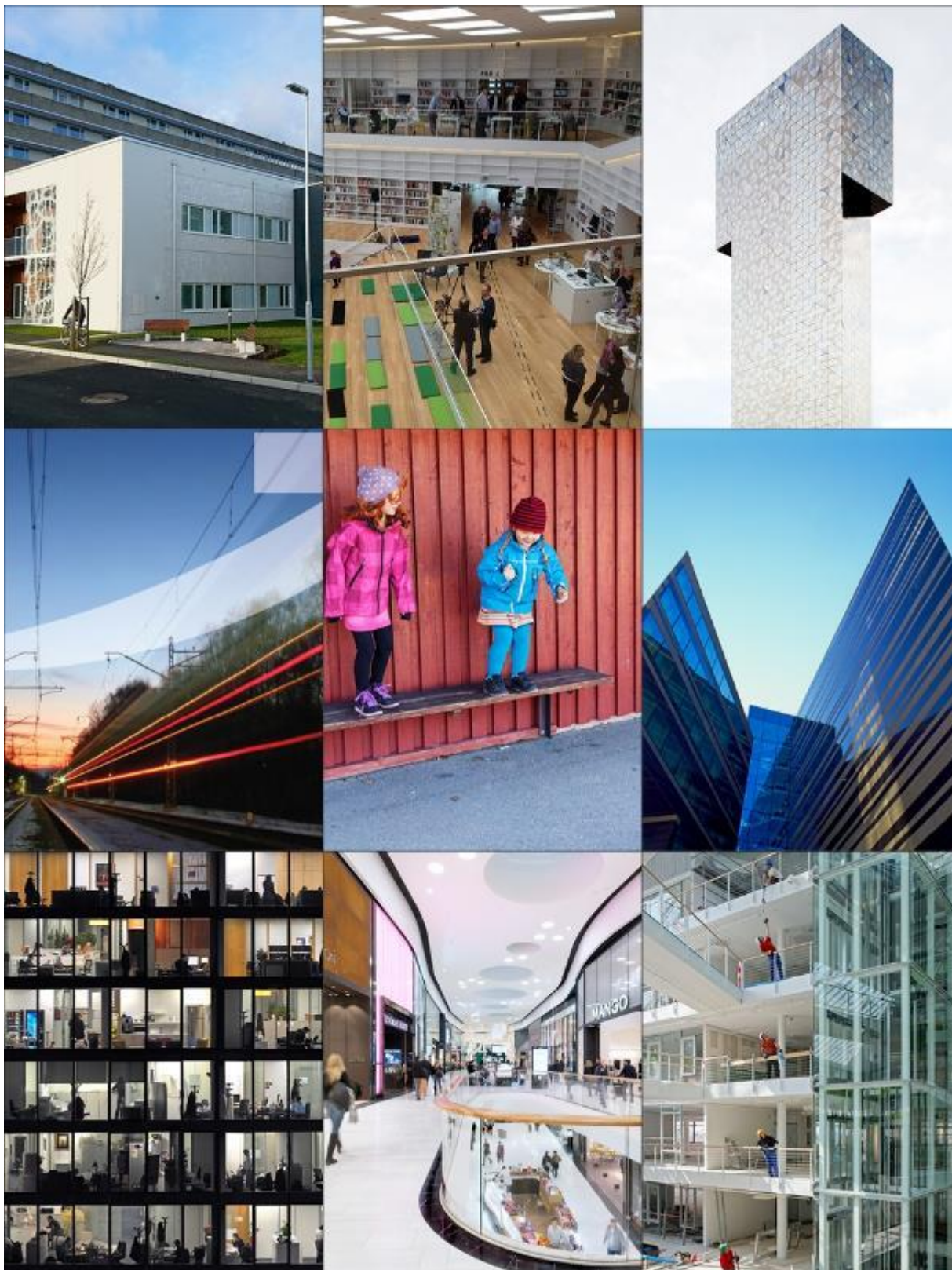


Fördjupad riskanalys

Detaljplan för Kv Yrket 3 och 4 samt del av Skytteholm 2:1 m.fl.

Underlag för detaljplanearbete

2023-04-21



Dokumenttyp: Fördjupad riskanalys
Uppdragsnamn: Detaljplan för Kv Yrket 3 och 4 samt del av Skytteholm 2:1 m.fl.
Solna Business Park, dp 1
Uppdragsnummer: 112720
Datum: 2023-04-21
Status: Underlag för detaljplanearbete
Uppdragsledare: Rosie Kvål
Handläggare: Rosie Kvål
Tel: 08-588 188 84
E-post: rosie.kval@bsl.se
Uppdragsgivare: Structor

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Version
2019-11-01	Rosie Kvål	Lisa Smas	Inledande riskanalys, ver 1
2019-11-14	Rosie Kvål	-	Inledande riskanalys, ver 2
2020-02-26	Rosie Kvål	Erik Hall Midholm	Detaljerad riskanalys, ver 1
2020-03-30	Rosie Kvål	-	Detaljerad riskanalys, ver 2
2020-06-12	Rosie Kvål	-	Detaljerad riskanalys, ver 3
2021-06-18	Rosie Kvål	Lisa Smas	Detaljerad riskanalys, ver 4
2021-10-01	Rosie Kvål	-	Detaljerad riskanalys, ver 5
2021-12-22	Rosie Kvål	-	Detaljerad riskanalys, ver 6
2022-05-01	Rosie Kvål	-	Detaljerad riskanalys, ver 7
2023-04-21	Rosie Kvål	-	Detaljerad riskanalys, ver 8

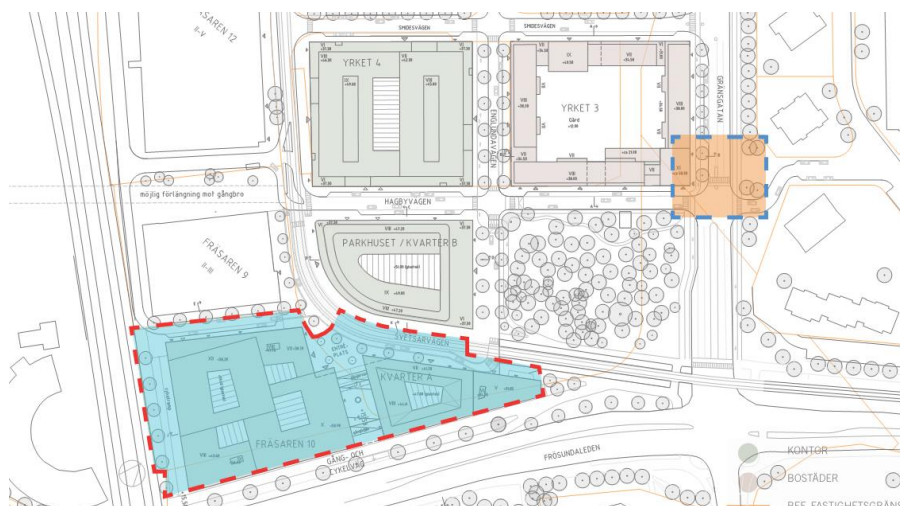
Revideringar sedan föregående version är markerade i marginalen likt detta stycke och utgörs av nya illustrationer.

Denna fördjupade riskanalys har tagits fram mellan 2020 och 2022 som underlag i arbetet med detaljplan för kvarteret Yrket och Fräsaren i Solna Business Park, Solna stad. Utredningen togs i ett första skede fram till plansamrådet som hölls sommaren-hösten 2020. Efter plansamrådet arbetades planförslaget om och utredningen uppdaterades under 2021–2022. Inför granskning beslutades att planområdet skulle delas upp. Detaljplan för Fräsaren 10 m.fl. kommer fortsatt att bedrivas i ett separat planärende. Detaljplan för Yrket 3 och 4 m.fl. omfattar fastigheterna Yrket 3, 4, det så kallade Parkhuset och parken i planområdets östra del (se figur nedan). Detaljplan för Yrket 3 och 4 m.fl. ska ut på granskning under vår/sommar 2023.

Då de avgränsningar och bedömningar kring risker, påverkan och konsekvenser som arbetades fram för det ursprungliga planförslagets omfattning fortfarande bedöms vara aktuella och relevanta har den fördjupade riskanalysen inte arbetats om. De bedömningar som gjorts avseende Yrket 3, Yrket 4, Parkhuset och parken bedöms fortfarande vara gällande och det är dessa delar av den fördjupade riskanalysen som ligger som underlag för den detaljplan som nu är föremål för granskning.



Aktuellt planförslag



Delar som utgått (blå) samt justerats (orange) sedan samrådet.

Sammanfattning

Ett planarbete har genomförts för ett område i den östra delen av Solna Business Park i Solna. Inom området planeras i huvudsak kontor och bostäder. Idag upptas planområdet av kontorsbyggnader, markparkering och parkmark.

I anslutning till, samt inom, planområdet finns flera riskkällor. Dessa är Mäljarbanan som ligger väster om planområdet, Frösundaleden (sekundär transportled för farligt gods) som ligger öster om planområdet samt Tvärbanan som går genom området. Vid exploatering inom planområdet måste hänsyn tas till möjliga risker kopplade till dessa riskkällor.

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.

I analysen har en inventering gjorts av möjliga olycksrisker kopplade till identifierade riskkällor. En kvalitativ analys av dessa har sedan gjorts. För de scenarier med bedömt hög risk i den kvalitativa analysen har en fördjupad analys genomförts. Den fördjupade analysen omfattar beräkningar av frekvens och konsekvens för respektive olycksscenario. Beräkningarna har sedan sammanställts och redovisas som individrisk och samhällsrisk. Resultatet av beräkningarna visar att individrisknivån utmed Frösundaleden och Mäljarbanan är acceptabel inom planområdet, både inomhus och utomhus. Samhällsriskerna är i stora delar acceptabel men ligger delvis på sådana nivåer att möjliga åtgärder ska vidtas om de anses rimliga. Det är framförallt möjliga olycksrisker kopplade till Mäljarbanan som bidrar till att risknivån i området inte är helt acceptabel. Som underlag till beräkningarna för prognosåret har en framtida utbyggnad av Mäljarbanan utgjort utgångspunkt.

Individrisken utmed Tvärbanan är acceptabel inomhus över 5 meter från spåret. Utomhus är risknivån sådan att åtgärder ska vidtas upp till 10 meter från spåret. Bebyggelse planeras som minst 7 meter från närmaste spårmittpunkt.

Den nya avgränsningen av planområdet till att omfatta kv Yrket 3 och 4 samt Parkhuset innebär att Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd följs till Mäljarbanan och Frösundaleden. De delar som ingick i samrådsförslaget men som nu utgått innebär att bebyggelse både utmed Mäljarbanan och Frösundaleden inte följde rekommenderade skyddsavstånd. Med anledning av tidigare avsteg samt att samhällsriskerna ligger inom ALARP föreslås ett antal säkerhetshöjande åtgärder, dessa redovisas nedan. Åtgärder med hänsyn till närhet till Frösundaleden och Mäljarbanan behöver dock inte tillämpas för aktuell detaljplan eftersom avstånden är så stora.

Frösundaleden

- Ytor mellan ny bebyggelse och Frösundaleden bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Inom 25 meter från Frösundaleden (mätt från närmaste väggkant) ska ny kontorsbebyggelse som vetter direkt mot vägen utan framförhängande bebyggelse utföras med följande åtgärder:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från vägen.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Frösundaleden alternativt på byggnadernas tak.

Mäljarbanan

- Ytor mellan ny bebyggelse och Mäljarbanan bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

- Nedanstående gäller för ny bostadsbebyggelse inom 50 meter och kontorsbebyggelse samt handel och restaurang inom 30 meter som vetter direkt mot Mälarbanan utan framförliggande bebyggelse
(*Studerat planförslag omfattar ingen bostadsbebyggelse inom 50 meter.*)
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från järnvägen alternativt på byggnadernas tak.
 - Fasader som vetter direkt mot järnvägen ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30 och som förhindrar vidare brandspridning in i byggnaden under minst 30 minuter.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot järnvägen ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

Om den planerade tråglösningen inte genomförs och spåren blir kvar i marknivå ska skyddsåtgärder avseende urspårning vidtas där avståndet mellan bebyggelse och närmaste spår understiger 25 meter.

Tvärbanan

- Byggnader ska inte placeras närmare än 5 meter från närmaste spår.
- Ytor inom 10 meter ska utformas så att de inte lockar till stadigvarande vistelse i större omfattning samt utföras så att de är lätta att ta sig bort från i händelse av olycka.
- Räddningstjänstens insatsmöjlighet ska beaktas i den fortsatta planeringen så att utformningen av området och placeringen i anslutning till Tvärbanan inte försämrar möjlighet till insats.

Ovan föreslagna åtgärder behöver beaktas i den fortsatta planprocessen. Det är upp till kommunen att bestämma vilka åtgärder som är lämpliga att vidta. Dessa ska sedan säkerställas i form av planbestämmelser.

Om föreslagna åtgärder vidtas är bedömningen att planerad bebyggelse blir lämplig med hänsyn till människors hälsa och säkerhet.

En känslighetsanalys har genomförts där ett större antal transporter på Frösundaleden har förutsatts och persontätheten utomhus ökats. Känslighetsanalysen visar att trots relativt omfattande förändringar blir risknivån inte oacceptabel. Slutsatsen är därför att genomförda beräkningar utgör ett robust underlag.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	4
1. INLEDNING	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte	8
1.3 Omfattning	8
1.4 Internkontroll	8
1.5 Förutsättningar	8
2. OMRÅDESBESKRIVNING	11
2.1 Planerad exploatering	11
2.2 Omgivande plan- och byggprojekt	13
3. RISKINVENTERING	14
3.1 Allmänt	14
3.2 Inventering av riskkällor	14
3.3 Transportleder för farligt gods – väg och järnväg	15
3.4 Tvärbanan	20
4. INLEDANDE RISKANALYS	22
4.1 Metodik	22
4.2 Identifiering av olycksrisker	22
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk	22
4.4 Slutsats inledande riskanalys	26
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	27
5.1 Allmänt	27
5.2 Sammanvägning av risk	27
5.3 Resultat av riskberäkningar	29
5.4 Värdering av risk	36
5.5 Hantering av osäkerheter	38
5.6 Känslighetsanalys	39
5.7 Påverkan på riksintresset	41
6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	42
6.1 Allmänt	42
6.2 Allmänna åtgärder	42
6.3 Byggnadstekniska åtgärder	43
6.4 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning	47
7. SLUTSATSER	49

8.	BILAGOR	50
9.	REFERENSER	50

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Ett planarbete har genomförts för ett område i den östra delen av Solna Business Park i Solna. Planarbetet omfattar fem fastigheter och inom området planeras kontor, bostäder, handel samt förskola.

I anslutning till samt inom planområdet finns flera riskkällor. Dessa är Mälarbanan som ligger väster om planområdet, Frösundaleden (sekundär transportled för farligt gods) som ligger öster om planområdet samt Tvärbanan som går genom området. Vid exploatering av området måste hänsyn tas till möjliga risker kopplade till dessa riskkällor. 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 omgivande vägar samt järnvägen omfattas inte av analysen.

I analysen studeras prognosåret 2040 med det aktuella planförslaget och omgivande befintlig och planerad bebyggelse. Mälarbanan förutsätts vara utbyggd enligt Trafikverkets järnvägsplan (se avsnitt 3.3.3).

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). Namn på interkontrollanten redovisas i kolumnen för internkontroll på sidan 2.

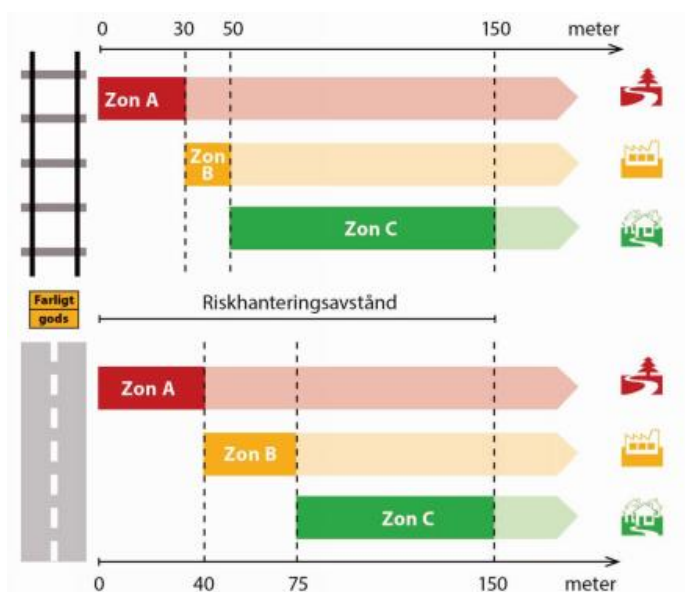
1.5 Förutsättningar

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 /1/. 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 rekommendationer 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 (obemannad)	E Tekniska anläggningar	B Bostäder
L Odling och djurhållning	G Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C Centrum
P Parkering (ytparkering)	J Industri	D Vård
T Trafik	K Kontor	H Detaljhandel
	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 /1/.

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 rekommenderas ett skyddsavstånd på minst 25 meter. Åtgärder ska åtminstone vidtas inom 30 meter från vägen.

Rekommendationen är även, vid sekundära transportleder, att 25 meter ska lämnas bebyggelsefritt. Avsteg kan dock vara möjligt i särskilda fall. Det gäller i så fall de vägar där det går få transporter och/eller de olyckor som kan inträffa endast kan få allvarliga konsekvenser inom ett kort avstånd (uppskattningsvis ca 30-40 meter).

För ny bebyggelse intill bensinstationer gäller Länsstyrelsens riktlinjer från 2000 /2/. Dessa innebär att 25 meter närmast bensinstationen bör lämnas bebyggelsefritt. Tät kontorsbebyggelse kan placeras på 25 meters avstånd och sammanhållen bostadsbebyggelse eller personintensiv verksamhet kan tillåtas på 50 meters avstånd.

Rekommendationerna avseende järnväg avser stambanor och liknande och omfattar inte all spårbunden trafik, t.ex. omfattas inte tunnelbanan eller Tvärbanan.

1.5.2 Hantering av osäkerheter

Riskanalys utgår generellt från underlag och metoder som innefattar osäkerheter. Dessa kan bland annat beröra antalet transporter av farligt gods, fördelningen mellan de olika farligt godsklasserna, konsekvenser av olyckor samt persontätheter.

Överlag görs konservativa bedömningar för att hantera osäkerheter i underlag och metoder. Ytterligare hantering av osäkerheterna kan dock vara nödvändigt och då främst i en eventuell fördjupad analys. En osäkerhetsanalys kan exempelvis omfatta följande delar:

- Ändrat antal transporter med farligt gods
- Förändrad fördelning mellan olika farligt godsklasser
- Ökat personantal

Vilka parametrar som ska studeras i känslighetsanalysen bestäms i den eventuella fördjupade analysen (se avsnitt 5.6).

2. Områdesbeskrivning

Det aktuella planområdet ligger i Solna Business Park i den sydvästra delen av Solna. Planområdet består numera av fastigheterna Yrket 3 och 4 samt del av Skytteholm 2:1. Planområdet avgränsas av Tvärbanan och Svetsarvägen i sydost-sydväst, fastigheter inom Solna Business Park i nordväst samt Grängsgatan i nordost (se figur 2.1).



Figur 2.1. Illustrationsplan april 2023.

Marknivån inom planområdet är i huvudsak plan med endast små höjdskillnader.

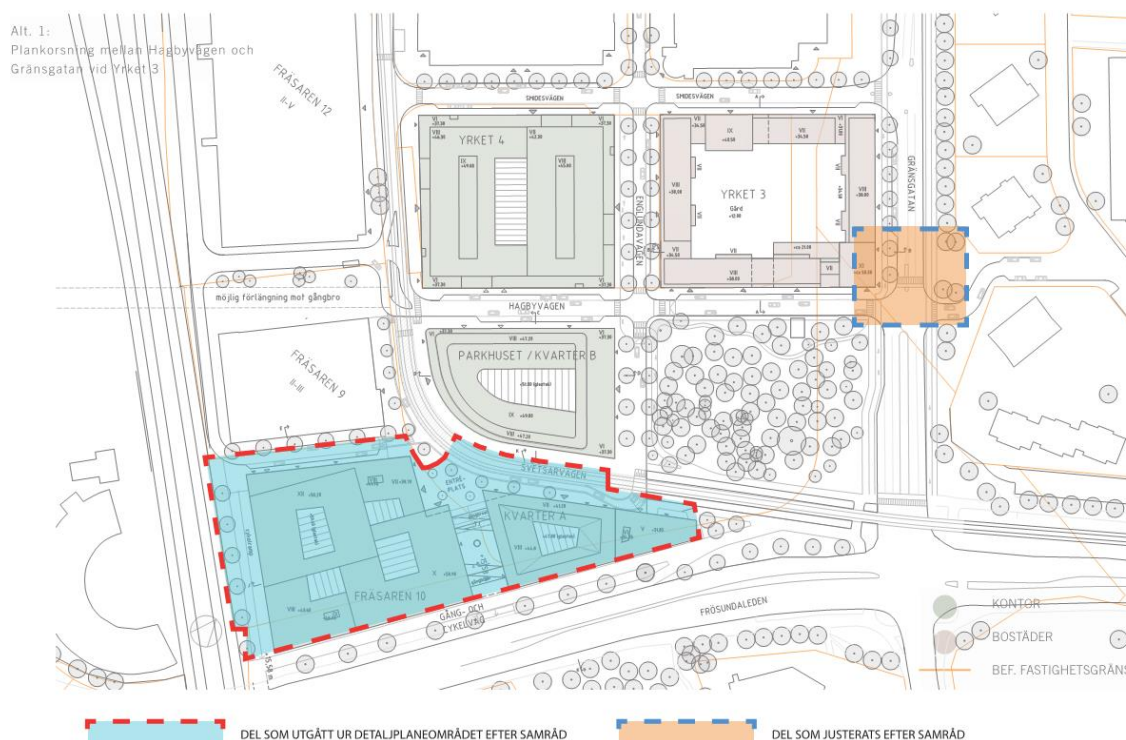
Analysen utgår enligt tidigare från den avgränsning av planområdet som var aktuell i samrådet (se figur 2.2). Den del av det analyserade området som ligger närmast Mälarbanan ligger idag på samma nivå som spårområdet. Den del av det studerade området som ligger närmast Frösundaleden ligger lägre än vägen. Mellan vägbanan och planområde ligger en gång- och cykelväg upphöjd gentemot vägbanan.

Inom det studerade området finns idag verksamheter, huvudsakligen i form av kontor samt parkmark och ytor för infrastruktur.

2.1 Planerad exploatering

Den markanvändning som undersöks i den fördjupade analysen omfattar verksamheter i form av kontor inom fyra kvarter och bostäder inom ett kvarter (Yrket 3), se figur 2.1. Bebyggelsen planeras med varierade höjder mellan 5 och 12 våningar. Mindre lokaler för handel och restauranger ska anordnas i bottenvåningarna.

I figur 2.2 redovisas vilka delar som utgått från planområdet men som fortfarande studeras i den fördjupade analysen. Utöver de kvarter som inte längre ingår i detaljplanen har även korsningen mellan Hagbyvägen och Grängsgatan bearbetas efter samrådet.



Figur 2.2. Illustration över planområdet samt de delar som tidigare ingick i planområdet samt vilken del som har justerats efter samråd.

I tabell 2.1 redovisas befintlig och planerad verksamhet för respektive fastighet inklusive de delar som inte längre ingår i den aktuella detaljplanen, dvs. Fräsaren 10 m.fl.

Tabell 2.1. Befintlig och planerad bebyggelse inom planområdet och kommande detaljplan.

Fastighet	Befintlig verksamhet	Planerad verksamhet	Volym, ny bebyggelse (m ²)
Yrket 3	Kontor i 4 våningar, produktion/lager	Bostäder i 6-11 våningar. Förskola med 6 avd.	30 000
Yrket 4	Kontor i 6 våningar	Kontor i 6-9 våningar.	40 000
Parkhuset	Markparkering, parkmark	Kontor i 6-9 våningar.	27 000
Fräsaren 10	Kontor i 4 våningar	Kontor i 7-12 våningar.	52 000
Kvarter A	Obebyggd gräsyta	Kontor i 5-8 våningar.	14 000

I tillägg till tabell 2.1 tillkommer ytor för handel, restauranger m.m. Dessa ytor utgör dock endast en liten andel av den totala ytan.

Bebyggelse inom planområdet enligt samrådsförslaget var ca 20 meter från närmaste spår på Mäljarbanan, ca 15 meter från Frösundaledens vägbana samt 7 meter från Tvärbanans spår. Med den nya avgränsningen av planområdet är avståndet till Mäljarbanan som minst 105 meter. Avståndet till Frösundaleden är 20 meter till park och 60 meter till kontor. Avståndet till Tvärbanan är samma som tidigare. Avståndet till bostäder är över 200 meter från Mäljarbanan, 115 meter till Frösundaleden samt 85 meter till Tvärbanan.

2.2 Omgivande plan- och byggprojekt

I direkt anslutning till planområdet pågår i nuläget i huvudsak två planprojekt, båda rör Mäljarbanans förläggning i tunnel genom Sundbyberg och i tråg förbi Solna Business Park samt vidare mot Huvudsta.

Projektet avseende Mäljarbanans dragning i tunnel genom Sundbyberg beskrivs närmare i avsnitt 3.3.3. Projektet påverkar risknivån inom planområdet genom att det förändrar förutsättningarna för Mäljarbanan.

I projektet med ombyggnaden av Mäljarbanan ingår även en överdäckning av delar av sträckan genom Solna. Detaljplanen för överdäckningen omfattar även ny omgivande bebyggelse. Förbi aktuellt planområde planeras en tråglösning där Mäljarbanans spår sänks ner jämfört med omgivande områden.

Detaljplanen för sträckan genom Solna var ute på samråd 2021 och omfattar ca 1 000 nya bostäder samt 100 000 kvadratmeter kontor. Detaljplanen medger en överdäckning från strax öster om Frösundaleden och ca 450 meter österut. Ny bebyggelse planeras Solna Stad att placera nära överdäckningen. Ingen bebyggelse planeras ovanpå överdäckningen.

Projektet innebär inte att någon ny riskkälla tillförs till området. Det medför dock att bebyggelsen på andra sidan Frösundaleden förtätas vilket kan ha påverkan på samhällsrisken.

Om projektet genomförs innebär det att en tunnelmynning hamnar ca 60-70 meter öster om planområdet. Vid olycka med farligt gods under överdäckningen kan skadeverkan kring tunnelmynningar bli större än om olycka sker i öppet läge. Avståndet är dock så stort att det endast är enstaka olyckshändelser som kan medföra en större påverkan till följd av närheten till tunnelmynningen.

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 m m) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området.

Inventeringen fokuserar på de riskkällor som ligger på ett sådant avstånd att Länsstyrelsens riktlinjer anger att de ska beaktas eller om de utgör en farlig verksamhet som bedöms kunna påverka risknivån inom planområdet.

För de aktuella riskkällorna görs en beskrivning av verksamheten samt en inventering av hantering och/eller transport av farliga ämnen. Inventeringen utgör grunden för den fortsatta analysen.

3.2 Inventering av riskkällor

Resultatet av riskinventeringen redovisas i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Inventering av riskkällor i planområdets närhet (samrådsförslag).

Riskkälla	Minsta avstånd till planområde (m)	Kommentar
Frösundaleden	ca 10-15	Sekundär transportled för farligt gods. Avstånd till byggnad (kontor) är 15 meter. <i>Avstånd enligt granskningsförslag: 20 meter till parkmark och 60 meter till kontor.</i>
Mälarbanan	enstaka	Järnväg med förekomst av person- och godstransporter. Avstånd till byggnad (kontor) är 20 meter. <i>Avstånd enligt granskningsförslag: > 100 meter</i>
Tvärbanan	0	Går genom området. Avståndet till bebyggelse (kontor) är som minst 7 meter. <i>Avstånd enligt granskningsförslag: 2-5 meter</i>
Bensinstation	100	Tanka ligger på andra sidan Frösundaleden.
Arvid Nordqvist	250	Rostning och lagring av kaffe, import av vin och livsmedel. Hanterar biogas. Befintliga bostäder ligger 110 meter från AN, avstånden till kontor är 40 m. Avståndet till planerade verksamheter inom planområdet överstiger 250 meter.

Avstånden till Frösundaleden, Mäljarbanan respektive Tvärbanan innebär att risker kopplade till dessa behöver studeras för den planerade bebyggelsen. Avståndet till bensinstationen och Arvid Nordqvist är så stort att de verksamheterna inte påverkar risknivån inom området. Transporter till och från Arvid Nordqvist kan påverka risknivån utmed leveransvägar. En sådan är exempelvis Grängsgatan som går nordost om planområdet. Tidigare använde verksamheten gasol som bränsle i rostningsmaskinerna. Sedan 2017 används stadsgas /3/. Transporterna med brännbara gaser till verksamheten har därmed försvunnit från lokalgator i området. I övrigt hanteras begränsade mängder kemikalier. Verksamheten planerar även att flytta från Solna. Någon vidare studie av verksamheten kommer inte att göras då den inte bedöms medföra någon påverkan på risknivån inom studerat område.

Övriga riskkällor som exempelvis andra transportleder för farligt gods (väg och järnväg) ligger minst 1,5 km från planområdet och påverkar inte risknivån inom planområdet.

3.3 Transportleder för farligt gods – väg och järnväg

3.3.1 Farligt gods

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 3.2 redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

Tabell 3.2. Farligt gods indelat i olika klasser enligt ADR-S/RID-S /4, 5/.

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.	Kiseljärn (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.

3.3.2 Frösundaleden

Allmänt

Frösundaleden utgör tillsammans med Huvudstaleden en länk mellan Ulvsundavägen (väg 279) och E4. Vägen går utmed planområdets sydöstra gräns och består av två filer i vardera riktningen. De båda körriktningarna är åtskilda av en mittbarriär bestående av en refug med staket. I höjd med den norra delen av planområdet finns även filer för anslutning till omgivande vägar. I höjd med den norra delen av planområdet finns en ljusreglerad korsning. Den skyltade hastigheten på vägen är 50 km/tim.

Vägen går på bro över Mäljarbanan vilket innebär att den utmed den större delen av planområdet ligger högre än planområdet. I höjd med den norra delen av planområdet ligger vägen i nivå med omgivande markområden.

Utmed vägen finns en gång- och cykelbana på vardera sida.

Trafikflödet på vägen är idag ca 30 000 fordon per dygn /6/. Enligt trafikprognos framtagen inom aktuellt planprojekt med planområdet fullt utbyggt fås ett trafikflöde förbi planområdet på 37 980 fordon per dygn. Andelen tung trafik uppskattas utifrån /6/ vara 7 %.

Det kortaste avståndet mellan Frösundaleden och planerad ny bebyggelse (kontor) inom planområdet är ca 15 meter.

Transporter av farligt gods

Frösundaleden är klassad som en sekundär transportled för farligt gods och utgör tillsammans med Huvudstaleden en länk mellan Ulvsundavägen (väg 279) och E4 som är klassade som primära transportleder för farligt gods. Sekundära transportleder ska i första hand användas för lokala transporter som ska ta den kortaste vägen till en primär transportled. Genomfartstransporter hänvisas till det primära vägnätet.

Det finns ingen officiell kartläggning över antalet transporter på vägen. En övergripande inventering av verksamheter som ger upphov till transporter med farligt gods inom upptagningsområdet för Huvudstaleden/Frösundaleden har därför gjorts inom ramen för denna riskanalys.

Inventeringen visar att det finns fem verksamheter samt sex bensinstationer i närområdet som eventuellt kan generera transporter med farligt gods på aktuell del av Frösundaleden (se figur 3.1).



Figur 3.1. Inventering av verksamheter som kan generera transporter med farligt gods på aktuell del av Frösundaleden. Planområdet läge är markerat med rött.

Av verksamheterna som redovisas ovan ska Arvid Nordqvist flytta från området och tre omfattar huvudsakligen transporter av mindre förpackningar, s.k. styckegods (verksamhet 2-4).

En del av verksamheterna ligger väster om aktuellt område och en del öster om. Vilken väg transporter till och från verksamheterna kör är osäkert. En mycket grov uppskattning är att transporter till/från verksamheterna öster om Solna Business Park kör via E4:an och således inte passerar aktuellt område.

Verksamheter väster om området utgörs av Solnaverket samt en bensinstation (OKQ8). Dessa beskrivs nedan.

Solnaverket

Vid Solnaverket (nr 1 i figur 3.1) produceras fjärrvärme och fjärrkyla. Vid produktionen av fjärrvärme används träpulver i första hand och eldningsolja (EO) 1 och 5 som reserv. Eldningsoljan planeras att ersättas med bioolja eller pellets. Tidigare levererades EO 5 med tankbåt, årsförbrukningen var då 1300 m³. Numera levereras EO 5 med tankbil och förvaras i cistern som rymmer 1 100 m³. Antalet leveranser är osäkert, men betydligt mindre levererad mängd än när leverans genomfördes med tankbåt. Förbrukningen av EO 1 omfattar 66 m³ per år. Leverans sker med tankbil två gånger per år.

Vid anläggningen används ammoniaklösning (24,5% ammoniak) för att rena rökgaserna från kväveoxider. Årsförbrukningen av ammoniak är 90 m³. Leverans sker med tankbil 2 gånger per år.

Gasol (från flaska) används för att starta processerna i pannorna. Årsförbrukningen av gasol är 300 kg. Leveranser sker 1-6 gånger per år.

Transporterna till Solnaverket förutsätts passera aktuellt planområde på Frösundaleden.

OKQ8 Hemvärnsgatan

OKQ8 på Hemvärnsgatan säljer drivmedel i form av bensin, diesel och fordonsgas. Utöver drivmedel säljer de gasolflaskor, spolarvätska, oljor, livsmedel m.m. samt har uthyrning av bilar och släp. Vid stationen finns även en biltvätt. Stationen har öppet 06-21 på vardagar och 08-21 på helger.

Stationen ligger ca 330 meter söder om planområdet.

Leveranser av fordonsgas sker via tankbil som levererar ett flak med komprimerad naturgas .

Leveranser av drivmedel sker huvudsakligen nattetid enligt verksamheten. Några uppgifter om frekvensen av leveranser har inte gått att få /7/.

Kontakt har även tagits med övriga bensinstationer utmed Frösundaleden (Circle K Centrumslingan, OKQ8 Ankdammsgatan) /8/. De uppgifter som erhållits omfattar antalet leveranser till OKQ8 på Ankdammsgatan som får leveranser av bensin och diesel ungefär en gång varje vecka. Etanol levereras var femte månad. Från Circle K erhöles inga uppgifter.

Eftersom erhållna uppgifter avseende antalet leveranser av drivmedel är bristfällig görs en uppskattning utifrån statistik sammanställt av Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet (SPBI). Enligt SPBI fanns 2017 totalt 2 670 försäljningsställen för drivmedel (vätskor) i Sverige. Under året såldes totalt ca 9,7 miljoner m³ drivmedel i form av vätskor varav 60 % diesel, 33% bensin, 6,6 % biodiesel och 0,4 % etanol /9/. Det blir i genomsnitt ca 3 630 m³ per station och år. Under samma period såldes ca 187 000 m³ fordonsgas vid totalt 168 stationer, vilket innebär en genomsnittlig försäljning på ca 1 100 m³ per station och år.

En lastbil med släp rymmer 53 m³. Ett rimligt antagande bedöms därför vara att en bensinstation får leveranser 2-5 gånger per vecka av vätska och 1-2 leveranser med gas (utifrån genomsnittet enligt SPBI). Jämfört med uppgifter från OKQ8 Ankdammsgatan så kan antalet leveranser utifrån SPBI utgöra en överskattning. Leverans av gasolflaskor uppskattas ske en gång per vecka. Samleveranser är vanliga till stationer inom samma företag/kedja vilket innebär att antalet leveranser per station inte nödvändigtvis utgör det totala antalet leveranser på Frösundaleden.

Sammanställning

I tabell 3.3 görs en sammanställning av de transporter som kan köra på Frösundaleden enligt genomförd inventering (se ovan).

Tabell 3.3. Uppskattat antal transporter på Frösundaleden utifrån genomförd inventering.

Verksamhet	Farligt gods klass	Antal transporter (per år)	Kommentar
Solnaverket	8 - Ammoniäklösning	2	Giftigt/frätande.
	3 - Eldningsolja	2	Brännbar vätska med hög flampunkt. Vätskan kräver uppvärmning för att bilda antändbara ångor.
Bensinstation	3 - Bensin, diesel	104-260 (endast stationer väster om detaljplanen) 520-1 300 (samtliga bensinstationer i figur 3.1)	Brännbar vätska. Bensin har låg flampunkt vilket innebär att ett läckage lätt kan antändas. Diesel har hög flampunkt liksom eldningsolja.

Verksamhet	Farligt gods klass	Antal transporter (per år)	Kommentar
	2.1 - Fordonsgas	52-104	Brännbar gas som förvaras under tryck.
	2.1 - Gasolflaskor	1-6	Brännbar gas som förvaras trycksatt i gasflaskor.
Totalt		161-374	

3.3.3 Mälärbanan

Allmänt

Mälärbanan är den järnvägssträcka som går från Stockholm C via Västerås till Hovsta norr om Örebro. Banans sträckning är norr om Mälaren. Mälärbansans sträckning genom Solna och Sundbyberg ligger i direkt anslutning till planområdets sydvästra gräns.

Banan består på den aktuella sträckan idag av två genomgående spår samt två utanförbyggande industris-/stickspår, ett på vardera sidan om huvudspåren. I höjd med planområdet finns växlar. Spåren ligger i marknivå utan höjdskillnad mot omgivande områden.

I tabell 3.4 redovisas trafikflödet på sträckan 2010 och 2040. Trafikflödet 2040 utgör maxkapaciteten på banan, dvs. ytterligare trafik kommer inte bli aktuellt däremot kan förhållandet mellan olika trafikslag (persontåg/godståg) förändras.

Tabell 3.4. Antal tåg per dygn på aktuell del av Mälärbanan /10/.

Tågtyp	2010	2040
Pendeltåg	160	264
Regionaltåg/fjärrtåg	50	114
Godståg	10	10
Totalt	220	388

Avståndet mellan närmaste spår på Mälärbanan (med planerad utbyggnad) och planerad ny bebyggelse inom planområdet (kontor) är ca 20 meter. I nuläget ligger spårområdet i nivå med omgivningen. I samband med utbyggnaden av Mälärbanan kommer spåren förläggas i ett tråg där överkant tråg är 5-6 meter över spårnivån.

Framtid

Trafikverket planerar att bygga ut Mälärbanan på sträckan Tomtebodavägen-Kalhäll genom att öka antalet spår från två till fyra. Järnvägsplanen för sträckan Huvudsta-Duvbo /11/ var ute på granskning under 2021. På den utbyggda banan kommer pendeltågen att gå på de inre spåren och regional- och fjärrtrafik gå på de yttre spåren. Godstrafik kan komma att gå både på de inre och yttre spåren beroende på kapacitet. I projektet ingår även att bygga en ny pendeltågsstation i Huvudsta samt att bygga om den befintliga stationen i Sundbyberg.

Mälärbansans sträckning förbi planområdet kommer att grävas ner och ligga i ett tråg. I höjd med Ekensbergsbron, ca 450 meter väster om planområdet, kommer spåren grävas ner och överdäckas genom de centrala delarna av Sundbyberg.

Den nya stationen planeras vid Ekenbergsbron med en uppgång mot Solna Business Park. Själva stationen kommer att förläggas under mark.

Transporter av farligt gods

På Mäljarbanan sker transporter av farligt gods. Enligt järnvägsplanen /10/ var andelen farligt gods generellt lägre än det nationella snittet på 5 % under perioden 2008-2016 och mängden transporterat gods var inte betydande på aktuell del av Mäljarbanan. En avvikelse från statistiken var 2014 då andelen farligt gods nästan utgjorde 5 % av all godstrafik. Det beror på en kraftig ökning av antalet transporter med brännbara vätskor. Ökningen omfattade dock enbart 2014 och inte efterföljande år.

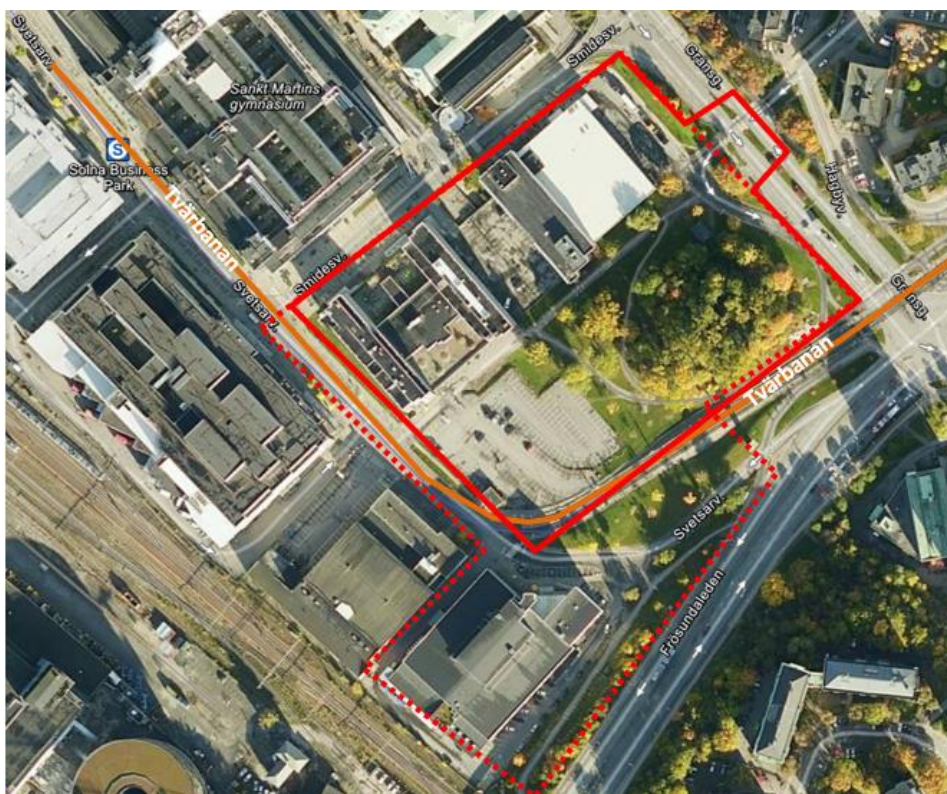
Statistiken avseende farligt gods som har legat till grund för järnvägsplanen är konfidentiell och redovisas därför inte i järnvägsplanen. Som underlag till beräkningarna har därför underlag avseende farligt godsmängder och fördelning mellan ämnen utifrån nationell statistik från åren 2011-2017 använts /12/. Andelen farligt gods av den totala godsmängden redovisas både utifrån den nationella statistiken (5 %) och ett grovt uppskattat värde för den aktuella järnvägssträckan (2 %). Det innebär ca 6-15 transporter med farligt gods per vecka på den aktuella sträckan.

Tabell 3.5. Uppskattat antal transporter med farligt gods per år på aktuell sträcka av Mäljarbanan 2040.

Klass	Ämne	Andel (%)	Antal transporter 2040	
			2 %	5 %
1	Explosiva ämnen	0,1	2	5
2	Gaser	27,4	599	1499
3	Brandfarliga vätskor	36,6	801	2002
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	2,7	60	150
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	13,9	305	763
6	Giftiga ämnen	1,8	39	99
7	Radioaktiva ämnen	0	0	0
8	Frätande ämnen	17,3	378	945
9	Övriga farliga ämnen	0,3	6	16
Totalt			2 190	5 475

3.4 Tvärbanan

Tvärbanans sträckning mellan Sundbyberg och Solna går genom Solna Business Park och passerar utmed planområdets sydöstra gräns samt viker av på Svetsarvägen och går där genom området (se figur 3.2).



Figur 3.2. Tvärbanans sträckning utmed och genom planområdet (röd heldragen linje). Planområdet enligt samrådsförslaget är markerat med en röd prickad linje.

Spårvägen består av två spår och trafikeras endast av persontrafik. Maximal hastighet för tvärbanan är 80 km/tim. Där Tvärbanan går i blandad gatumiljö är maximal hastighet 50 km/tim. Tvärbanan går i en skarp kurva genom planområdet vilket innebär att en lägre hastighet hålls, uppskattningsvis maximalt 30-40 km/tim. Ca 100 meter sydväst om planområdet ligger en hållplats. Tvärbanans sträckning genom planområdet är ca 250 meter lång.

Tvärbanan trafikeras av vagnar av typen A32 som är ca 30 meter långa och som har plats för maximalt 211 passagerare.

Turtätheten på Tvärbanan är var 10:e minut under högtrafik, annars varje kvart i vardera riktningen. Turtätheten är lägre på helgerna.

Avståndet mellan planerad ny bebyggelse (kontor) och närmaste spår på Tvärbanan är som minst ca 7 meter, vilket motsvarar det kortaste avstånd mellan befintlig bebyggelse inom Solna Businesspark (inte enbart planområdet) och Tvärbanan.

4. Inledande riskanalys

Den inledande analysen utgår från samrådsförslaget.

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 görs en fördjupad (kvantitativ) riskanalys. 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 som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens för det aktuella planområdet.

Frösundaleden

1. Olycka vid transport av farligt gods

Mälärbanan

2. Olycka med farligt gods
3. Urspårning
4. Tågbrand

Tvärbanan

1. Urspårning
2. Brand i spårvagn

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Transportleder för farligt gods – Frösundaleden och Mälärbanan

Olycka med farligt gods

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån ADR-S / RID-S /4, 5/.

På Mälärbanan kan samtliga typer av ämnen förekomma med undantag av klass 7. Även klass 1 och 9 innebär en extremt liten andel av det totala antalet transporter. På Frösundaleden förekommer enbart transporter med ämnen ur klass 2.1, 3 och 8.

I tabell 4.1 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 massexplosion. 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 massexplosion. Risk för splitter och kaststycken. Konsekvenserna normalt begränsade till närområdet.
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnexplosion, 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.

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

Frösundaleden

- Klass 2.1. Brännbara gaser (fordonsgas, gasol)
- Klass 3. Brandfarliga vätskor (bensin, diesel, eldningsolja)
- Klass 8. Frätande ämnen (ammoniaklösning, 24,5 %)¹

Av transporter på vägen utgörs ungefär en tredjedel av transporter med ämnen som inte medför så stora skadeområden och/eller där sannolikheten för en olycka som kan påverka omgivningen är extremt låg, som exempelvis diesel och eldningsolja. Ammoniak och bensin är ämnen som vid ett läckage kan innebära allvarliga skador på människors liv och hälsa. Den ammoniaklösning som hanteras vid Solnaverket har en relativt låg koncentration ammoniak (24,5 %), vilket innebär en begränsad förångning och att utsläppet späds ut snabbt med avståndet från läckageplatsen. Lösningen tillhör farligt godsklass 8. Dödliga koncentrationer har i tidigare projekt /13/ beräknats kunna uppstå inom ca 10 meter från läckaget. Avståndet till bebyggelse inom planområdet (kontor) är som minst 15 meter. Scenariot studeras ändå vidare till följd av erhållna synpunkter i samrådet.

¹ Scenariot läggs till utifrån erhållen synpunkt i samrådet

Mälarbanan

- Klass 1.1. Massexplosiva ämnen
- Klass 2.1. Brännbara gaser
- Klass 2.3. Giftiga gaser
- Klass 3. Brandfarliga vätskor
- Klass 5. Oxiderade ämnen och organiska peroxider

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

Sannolikheten för olyckor med farligt gods är generellt mycket låg. Antalet transporter både på Frösundaleden och Mälarbanan är begränsat, 7 respektive 6-15 transporter per vecka.

Konsekvenserna kan i värsta fall dock bli omfattande. Olycka med farligt gods på Frösundaleden och Mälarbanan bedöms kunna påverka risknivån inom planområdet. Olycka med ovan redovisade ämnen bör därför studeras vidare i en fördjupad riskanalys. Detta gäller både planerad ombyggnad av Mälarbanan samt befintligt utförande.

Urspårning på Mälarbanan

Det är relativt vanligt att tåg spårar ur. I de allra flesta fall hoppar dock bara ett hjulpar av respektive räl. 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.

Den planerade utbyggnaden av Mälarbanan innebär att spåren planeras att förläggas i ett tråg. Om detta sker innebär det att tråget begränsar tågets möjlighet att lämna spårområdet i samband med en urspårning. Eftersom lösningen med tråg inte är beslutad och fastlagd i en antagen detaljplan kommer även befintlig spårlösning i marknivå att studeras. Det innebär att en urspårning förutsätts kunna påverka risknivån inom planområdet närmast Mälarbanan.

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

Tågbrand på Mälarbanan

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 (20 m) bedöms en persontågsbrand ej innebära risk för brandspridning till området. Brand i persontåg bedöms därför ha en mycket begränsad påverkan på risknivån inom planområdet och behöver inte studeras vidare i en fördjupad analys.

Skadeområdet vid brand i godståg bedöms kunna bli mer omfattande. Värmestrålningen bedöms bli hög inom minst 25 meter och med hänsyn till detta bedöms en brand i godståg kunna innebära brandspridning till planerad bebyggelse.

Brandspridning begränsas till viss del av en eventuell tråglösning. Begränsningen är dock inte så stor att riskpåverkan uteblir. Oavsett lösning (tråg eller markförläggning) kan således olycksscenarioet innebära påverkan på risknivån inom området och bör därför studeras vidare i en mer fördjupad riskanalys.

4.3.2 Tvärbanan

Urspårning

Olyckshändelse som kan påverka planområdet utgörs bland annat av att en urspårad spårvagn lämnar spåret och kolliderar med människor eller byggnader. Det kortaste avståndet till byggnad är i detta fall ca 7 meter från närmaste spårmittpunkt. Utmed Tvärbanans sträckning genom Solna Businesspark och centrala Sundbyberg ligger befintlig bebyggelse som närmast ca 7 meter från Tvärbanans spår.

Urspårning kan enligt tidigare ske till följd av bland annat föremål på spårerna, vagnfel, hastighet etc.

Hur långt ett tåg spårar ur beror till stor del av hastigheten vid urspårningstillfället. Generellt gäller att ett tåg inte spårar ur längre än en vagnlängd eftersom de delar av tåget som inte spårar ur initialt "håller emot" den del av tåget som spårat ut. Tvärbanan består av tre sammanlänkade enheter med en längd om 30 meter. I de allra flesta fall hoppar dock enbart ett hjulpar av rälsen och tåget stannar inom spårområdet.

Hastigheten på banan är maximalt 80 km/tim. Där Tvärbanan går i gatumiljö med blandtrafik medges maximalt en hastighet på 50 km/tim /14/. Ofta är dock hastigheten lägre. I aktuellt fall finns en skarp kurva inom planområdet varför en maximal hastighet på ca 30-40 km/tim förutsätts.

För att beräkna det vinkelräta avståndet som ett tåg kan spåra ur används formeln $V^{0,55} / 15$. Där V är hastigheten vid urspårningsögonblicket. Vid en hastighet på 50 km/tim fås ett urspårningsavstånd på 8,6 meter. Tvärbanan går i kurva genom planområdet vilket innebär att hastigheten är lägre än 50 km/tim.

Beräkningsformeln ovan används normalt för att räkna urspårningsavståndet för tåg och inte spårväg. Tågvikten för spårvagnar är betydligt lägre än för gods- och persontåg som trafikerar järnväg. Ett urspårat tåg bedöms därför inte hamna lika långt från spåret som formeln ovan visar. Den lägre tågvikten innebär också att omfattningen av skador på byggnader blir mindre eftersom den totala kraften blir lägre.

Sannolikheten för urspårning bedöms vara mycket låg till följd av få inträffade händelser samt att hastigheten genom planområdet är låg. I den skarpa kurvan kan sannolikheten för urspårning vara något högre samtidigt som hastigheten är lägre till följd av kurvan.

En urspårning kan medföra att de urspårade vagnarna hamnar en bit från spåret. Huruvida personer inom planområdet skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen tågsetet hamnar efter urspårning. Enligt ovan uppskattas ett tåg maximalt kunna hamna 8,6 meter från spåret. Dock förväntas inte maximal hastighet uppnås på sträckan genom planområdet.

Den låga hastigheten innebär att ett urspårat tåg inte bedöms kollidera med planerade byggnader. Bedömningen utifrån ovanstående blir därför att eventuella konsekvenser inom planområdet till följd av en urspårningsolycka blir mycket små. Någon betydande risk för att byggnader ska träffas och skadas av ett urspårat tåg bedöms inte föreligga. Inte heller bedöms människor som vistas utomhus i direkt anslutning till byggnader utsättas för en oacceptabel risk till följd av närheten till tvärbanans spårområde.

Med hänsyn till det korta avståndet bör ändå en fördjupad analys genomföras för scenariot.

Brand i spårvagn

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

Med hänsyn till resenärernas säkerhet så följer utformningen av spårvagnar strikta regler för att reducera risken för omfattande bränder. Reglerna omfattar brandkrav som syftar till att förhindra både antändning och brandspridning i spårvagnen. Detta innebär att sannolikheten för en fullt utvecklad spårvagnsbrand är mycket låg. I tidigare utredningar avseende utbyggnaden av Tvärbanan bedöms en fullt utvecklad spårvagnsbrand kunna uppnå en maximal brandeffekt på ca 15 MW. Den maximala brandeffekten baseras på fullskaleförsöken från EUREKA. Detta motsvarar ungefär brand i en buss /16/.

Sannolikheten för att en brand i spårvagn, som sprider sig till intilliggande bebyggelse, leder till att personer inomhus omkommer bedöms vara mycket låg. Riskbidraget för personer inomhus från en yttre olycka bedöms därför vara litet. Scenariot kan exempelvis jämföras med sannolikheten för skador vid händelse av en större fordonsbrand i nära anslutning till bebyggelse.

Med hänsyn till det korta avståndet bör en fördjupad analys genomföras för scenariot.

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 Frösundaleden

- Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
- Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)
- Läckage av ammoniaklösning (klass 8)²

Olycka vid transport av farligt gods på Mäljarbanan

- Urspårning på Mäljarbanan
- Tågbrand 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 och antändning av brännbar vätska (klass 3)
- Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartad självantändning (klass 5)

Olycka på Tvärbanan

- Urspårning
- Brand i spårvagn

I den fortsatta planeringen av området måste hänsyn tas till ovanstående olycksrisker. En fördjupad analys görs därför av ovanstående risker. Den fördjupade analysen redovisas i avsnitt 5.

² Scenariot är medtaget till följd av synpunkt erhållen i samrådet

5. Fördjupad riskanalys

Den fördjupade analysen utgår från samrådsförslaget.

5.1 Allmänt

I den fördjupade analysen kvantifieras frekvensen för, samt konsekvenserna av, respektive olycksrisk. Vilken metod som används är beroende av riskkällans egenskaper. Underlag till beräkningar, valda metoder samt beräkningarna redovisas i bilaga A och B.

Frekvens- och konsekvensberäkningarna vägs sedan samman och redovisas i form av individrisk och samhällsrisk.

Beräkningarna görs för prognosåret 2040 med studerat planförslag samt omgivande befintlig och planerad bebyggelse. I beräkningarna förutsätts utbyggnaden av Mälarbanan vara genomförd i enlighet med avsnitt 3.3.3. För att belysa skillnaden mellan nulägets spår i ytläge och utbyggnadens tråglösning görs beräkningar även med spår i ytläge men med trafiksiffror för 2040. Utgångspunkten är dock att Mälarbanan kommer att förläggas i tråg förbi planområdet.

5.2 Sammanvägning av risk

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

5.2.1 Individrisk

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 den kumulerade frekvensen (per år) för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som den sammanlagda frekvensen för alla skadescenarier med ett skadeområde ≥ 100 meter.

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

Med hänsyn till ovanstående parametrars inverkan på framförallt konsekvenserna av respektive olycksrisk bedöms dock denna risknivå inte ge en rättvis bild av aktuella förhållanden inom det studerade området. Individrisken beräknas därför även med hänsyn till planerad bebyggelsestruktur, där det beaktas att den planerade bebyggelsen antingen har en reducerande eller eskalerande effekt på skadeavstånd och sannolikhet att omkomma.

5.2.2 Samhällsrisk

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.

Acceptanskriterierna för samhällsrisk avser 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg respektive väg. Samhällsriskens beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

Konsekvenserna kommer att beräknas för planförslaget med planerad bebyggelse och markanvändning.

5.2.3 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.

För riskvärdering av bebyggelse intill farligt gods-leder rekommenderar Länsstyrelsen i Stockholms län att riskkriterierna i publikationen *Värdering av risk /17/* används. I denna ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk, 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

Acceptanskriterierna i tabell 5.1 omfattar en lägre och en övre gräns. Risker som hamnar under den lägre gränsen är acceptabla och innebär normalt inga krav på åtgärder. Risker som hamnar över den övre gränsen är oacceptabla och ska reduceras genom åtgärder eller restriktioner.

Området mellan den lägre och den övre gränsen benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Inom detta område anses riskerna vara så stora att de noga måste beaktas och rimliga åtgärder vidtas för att sänka riskerna. För att bedöma rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder behöver därför begreppet *tolerabel risk* beaktas:

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 och markanvändning. Detta gäller framförallt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt *Värdering av risk /17/* bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreatiomsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För boende görs ingen korrigering.

Istället för att korrigera individrisken för olika individer enligt beskrivningen ovan så utgår riskanalysen från att risknivåer inom den nedre halvan av ALARP kan accepteras för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter utan behov av säkerhetshöjande åtgärder eftersom den faktiska individrisken för personer inom dessa verksamheter är betydligt lägre än den beräknade. För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, kan accepteras en risknivå som hamnar över den övre gränsen i angivna riskkriterier.

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även på inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Enligt Värdering av risk /17/ så bör en rimlig utgångspunkt vara att risker som ligger inom den övre delen av ALARP-området, d.v.s. nära gränsen för "oacceptabla risker" endast tolereras om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av ALARP-området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Underlåtenhet att genomföra ytterligare åtgärder skall då motiveras.

5.3 Resultat av riskberäkningar

5.3.1 Individrisk

Beräkning

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 skadeområden för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den väg- och 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.

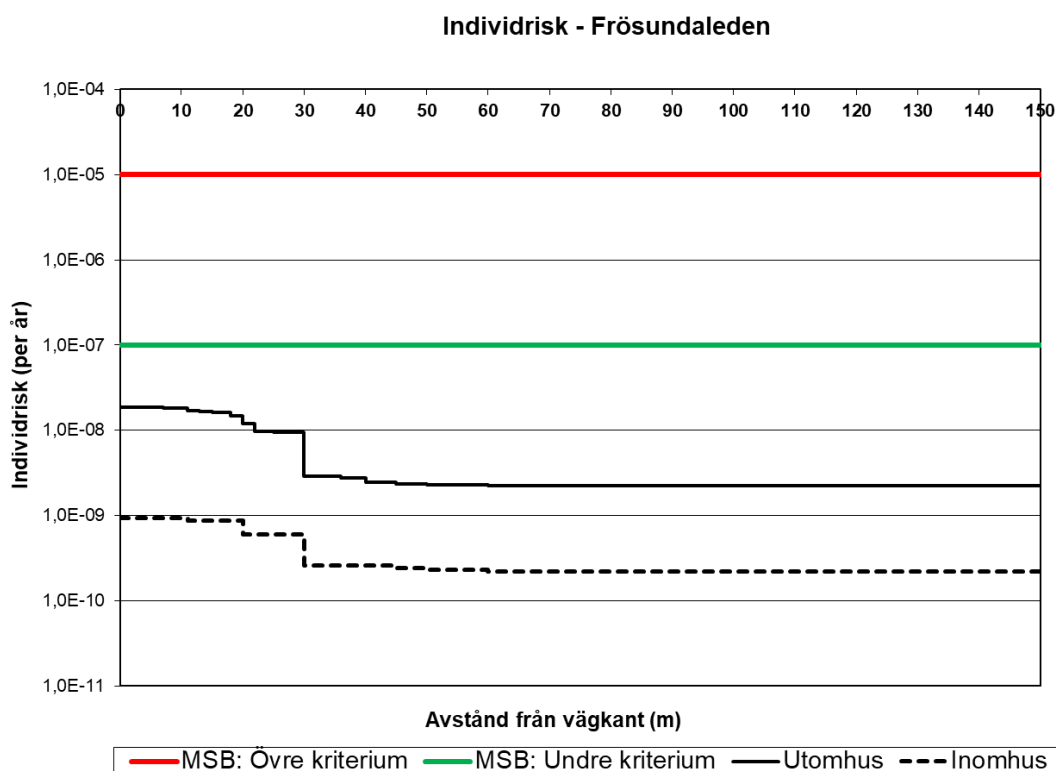
För att ta hänsyn till detta reduceras frekvensen beroende på skadeområdets utbredning. Grovt antas att ett scenario kan påverka en så stor andel av den studerade sträckan som scenariots skadeområde i båda riktningar utgör. Exempelvis innebär detta för ett olycksscenario med beräknat skadeområde ca 100 meter att frekvensen multipliceras med 0,2 för en 1 km lång järnvägssträcka.

- För vissa olycksscenarier 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.

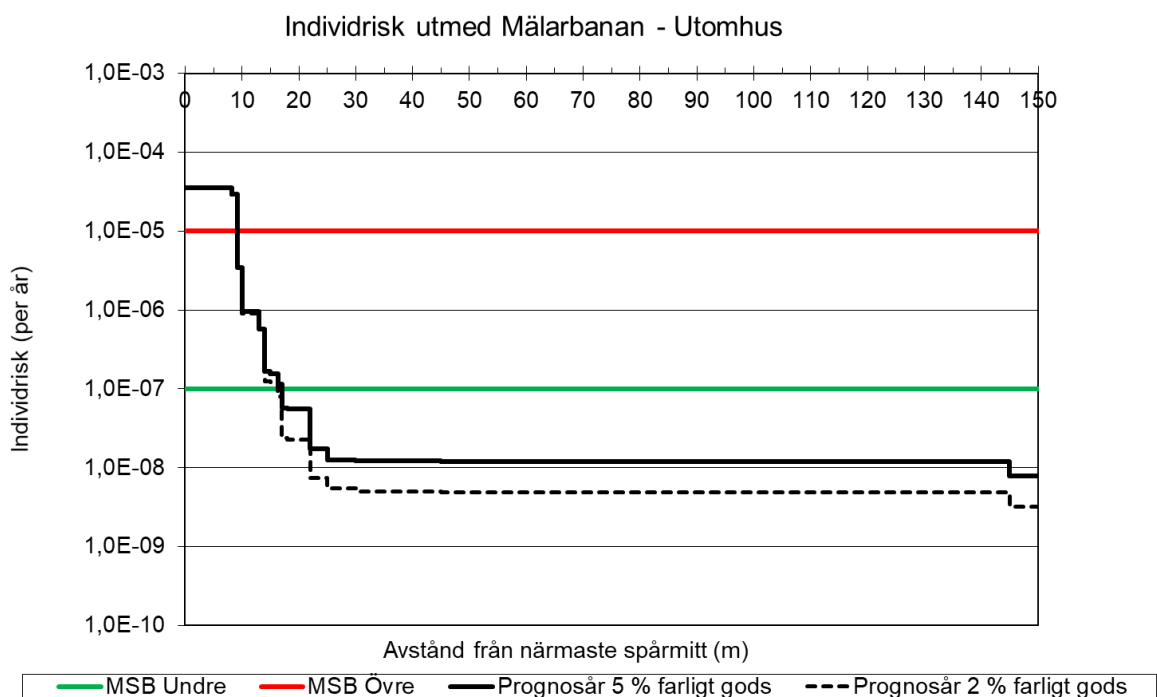
Resultat

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed Frösundaleden och Mäljarbanan för studerade risker (se avsnitt 4.4 samt bilaga A och B). För Mäljarbanan redovisas risknivån med, respektive utan, olycksscenarioet urspårning (för att visa effekten av den planerade tråglösningen).

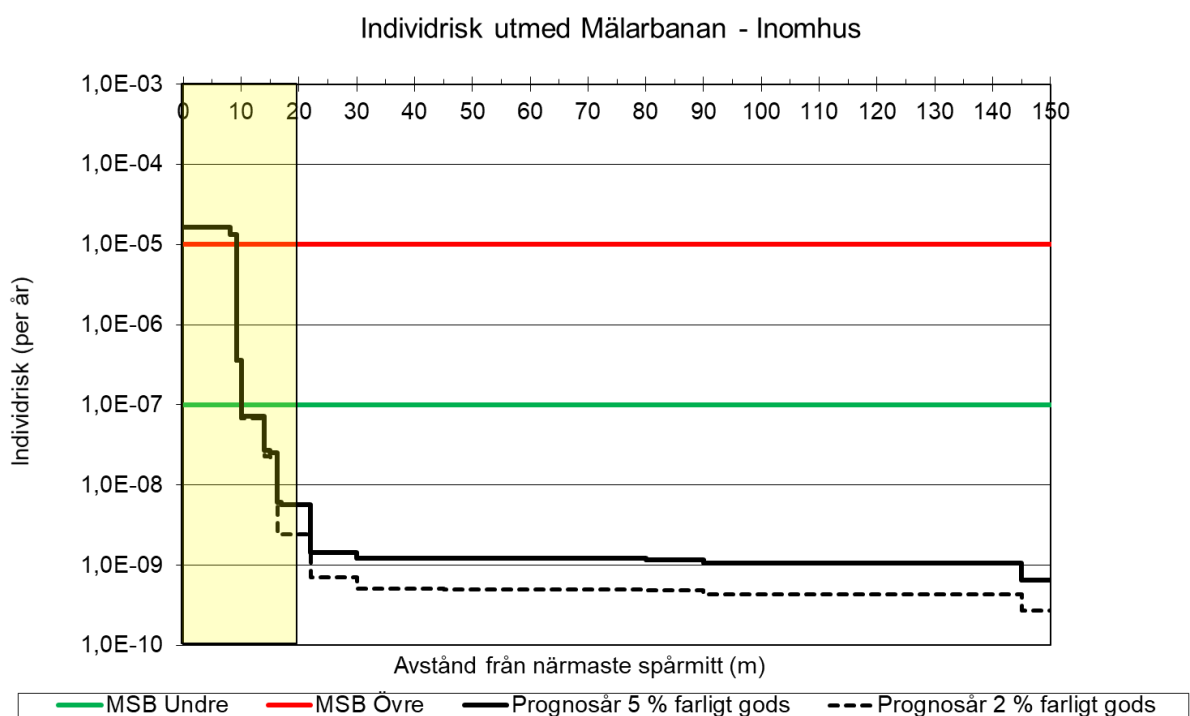
Individriska presenteras dels för oskyddade personer utomhus och dels för personer inomhus. Avståndet i figurerna utgår från närmaste väggkant respektive spårmit.



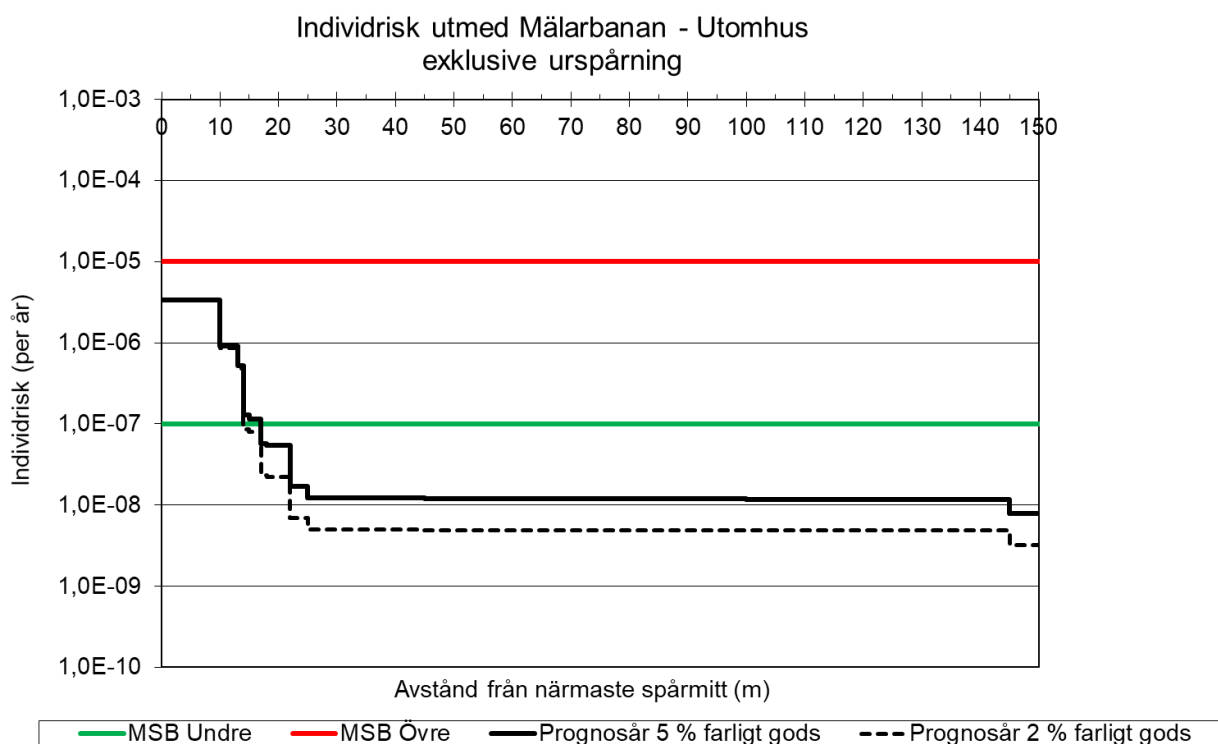
Figur 5.1. Individriska inomhus och utomhus utmed Frösundaleden. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)



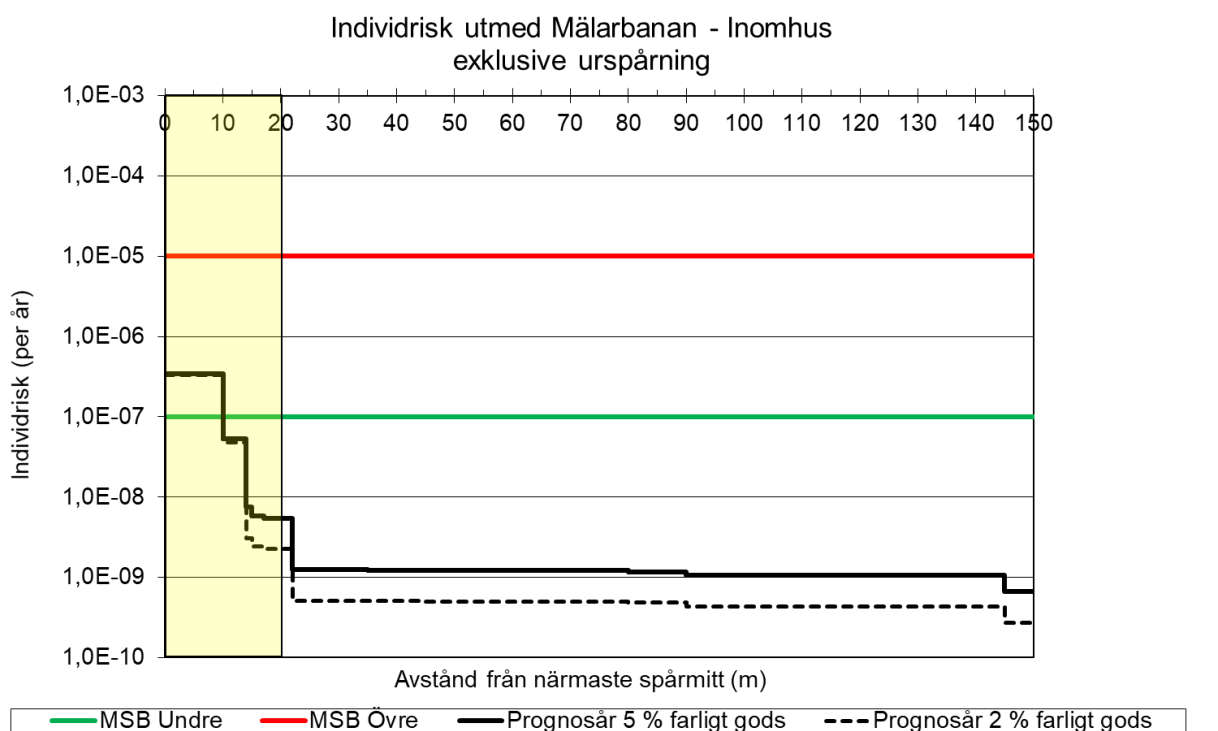
Figur 5.2. Individrisk utomhus utmed Mälarbanan – med urspårning
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)



Figur 5.3. Individrisk inomhus utmed Mälarbanan – med urspårning. Det gula fältet motsvarar område som ej är bebyggt inom planområdet. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

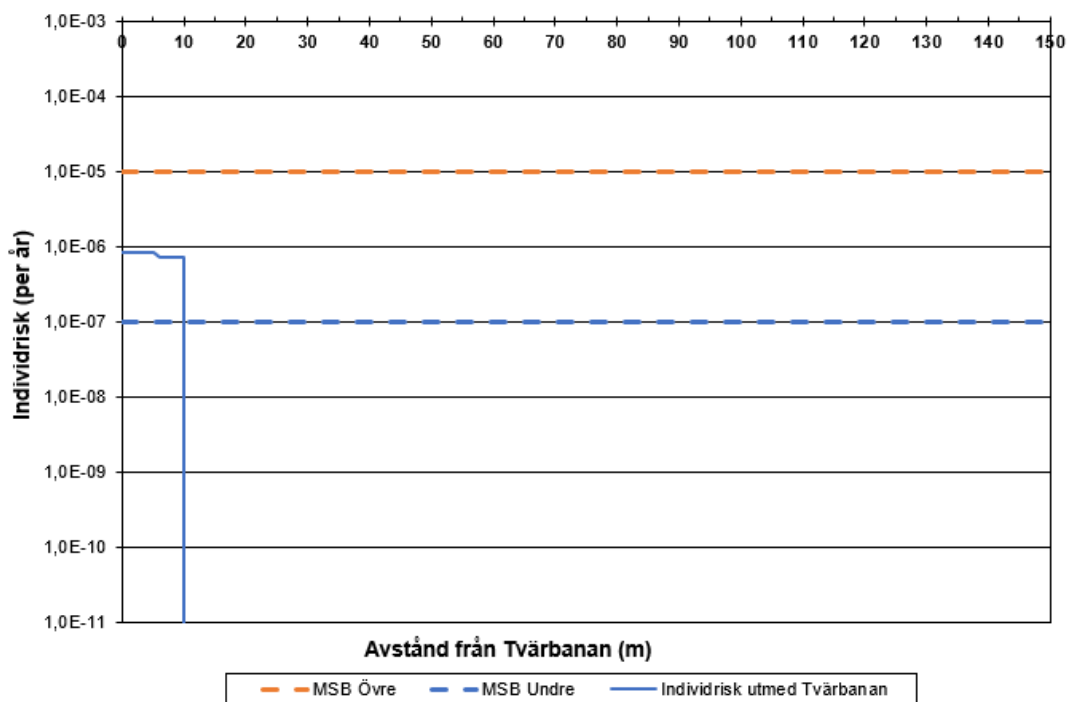


Figur 5.4. Individrisk utomhus utmed Mälärbanan – utan urspärning
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)



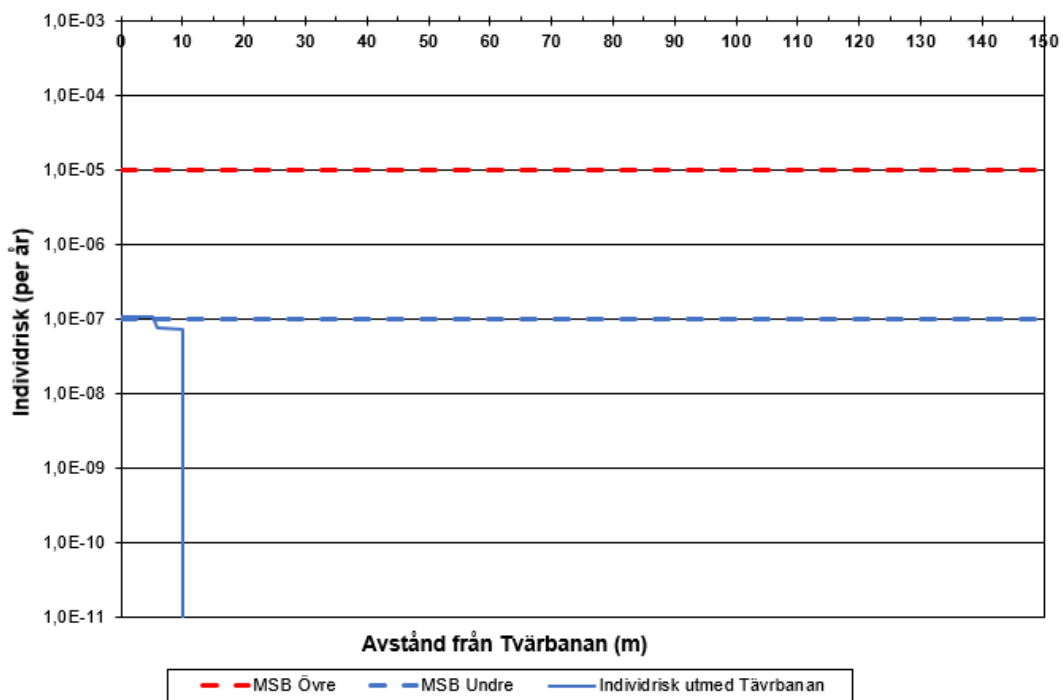
Figur 5.5. Individrisk inomhus utmed Mälärbanan – utan urspärning. Det gula fältet motsvarar område som ej är bebyggt inom planområdet. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

Individrisk utmed Tvärbanan - Utomhus



Figur 5.6. Individrisk utomhus utmed Tvärbanan.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

Individrisk utmed Tvärbanan - Inomhus



Figur 5.7. Individrisk inomhus utmed Tvärbanan.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

5.3.2 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 Frösundaleden och Mälardalen. I bilaga B redovisas omfattningen av det studerade området, vilket omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Samhällsriskens beräknas för planförslaget med planerad bebyggelse och markanvändning.

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 studerade riskkällor och bebyggelse inom planområdet. Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden utmed den studerade väg- och järnvägssträckan (1 000 meter) bedöms sannolikheten för att de beräknade konsekvenserna skulle uppstå oavsett var på sträckan som olyckan inträffar vara låg, dvs. beräknade risknivåer är specifika för just denna plats.

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.

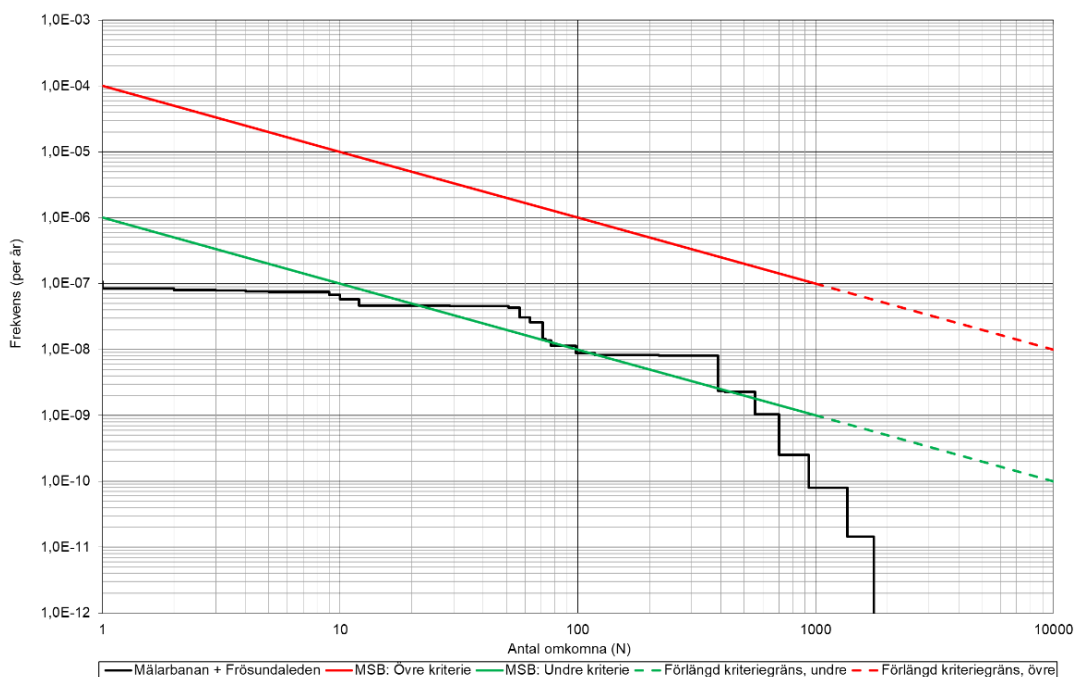
Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden på motstående sida om de studerade riskkällorna kan konsekvenserna bli annorlunda om olyckan riktas åt motsatt håll. Vid sammanställningen av samhällsriskens för de studerade riskkällorna antas dock att konsekvenserna kan inträffa oavsett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

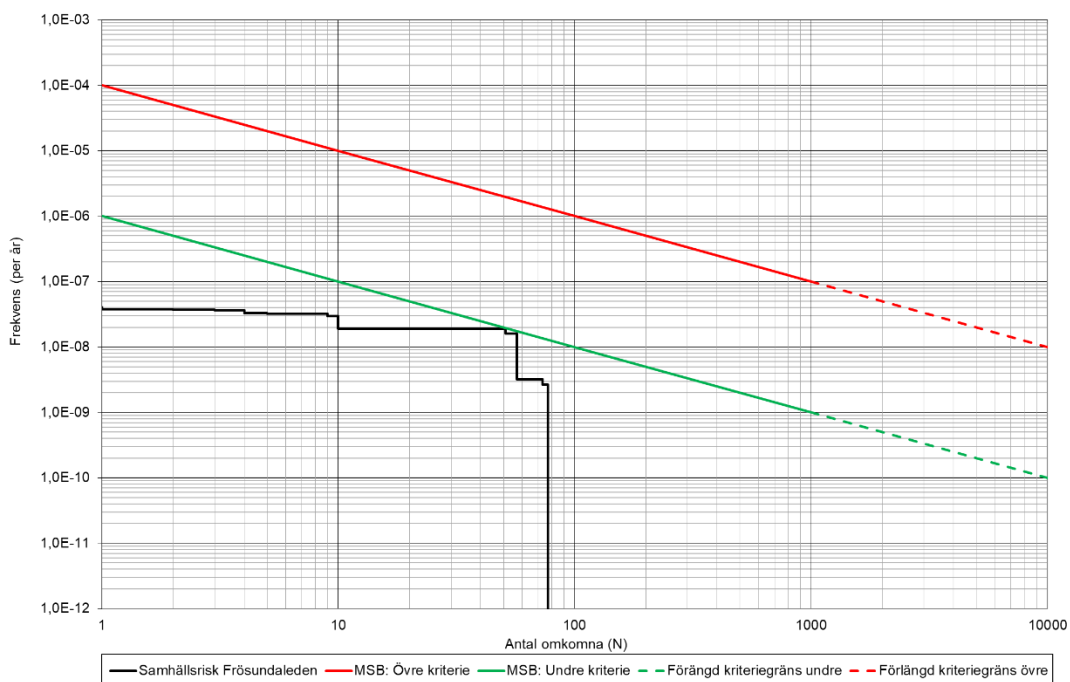
Resultat

Nedan redovisas samhällsriskens för området till följd av närheten till Frösundaleden och Mälardalen. Samhällsriskens visar risknivån med hänsyn till samtliga studerade olycksscenarier (se avsnitt 4.4 och bilaga A och B). Beräkningarna utgår från en framtida transportsituation 2040. Samtliga människor som kan förväntas uppehålla sig inomhus och utomhus inom möjliga skadeområden har beaktats i beräkningarna.

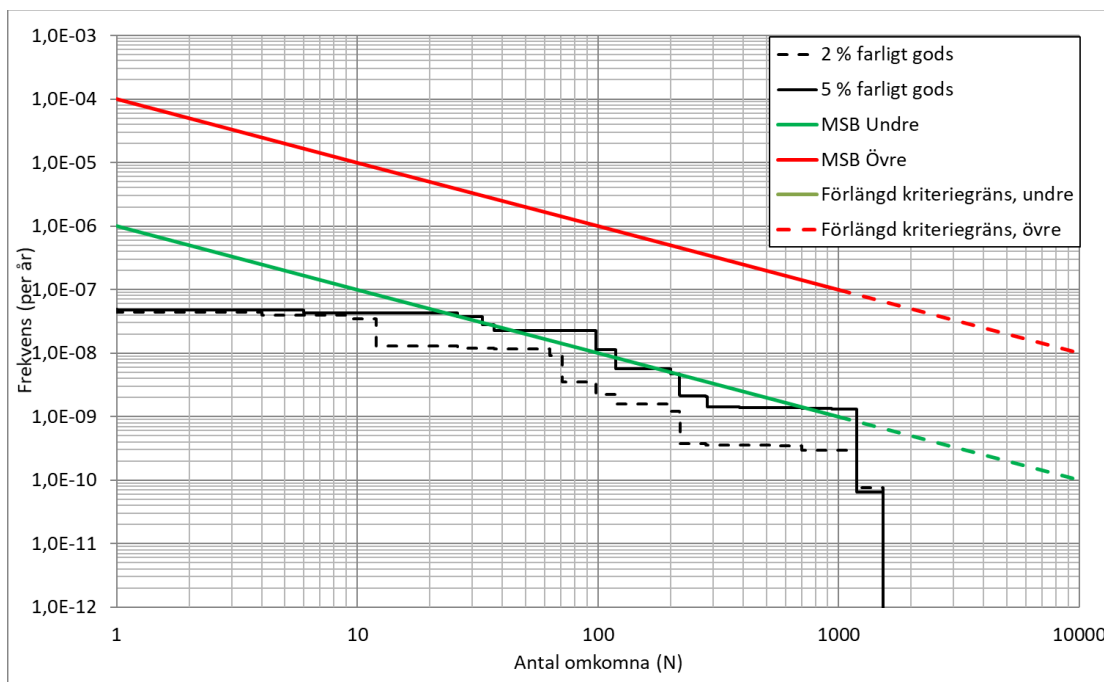
I figur 5.8 redovisas den sammanlagda risknivån med hänsyn både till Frösundaleden och Mälardalen. I figur 5.9 och 5.10 redovisas separata risknivåer för respektive riskkälla.



Figur 5.8. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med Frösundaleden och Mälarbanan. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)



Figur 5.9. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med Frösundaleden. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)



Figur 5.10. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med Mäljarbanan med hänsyn tagen till urspårning. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)

5.4 Värdering av risk

5.4.1 Individrisk

Utmed **Frösundaleden** är individrisknivån acceptabel, både inomhus och utomhus. Detta beror på det begränsade antalet transporter med farligt gods på vägen. Bebyggelse (kontor) planeras som minst ca 15 meter från vägen.

Utmed **Mäljarbanan** ligger individrisken inomhus och utomhus på oacceptabla nivåer eller inom ALARP inom 10-15 meter. På avstånd över 15 meter är risknivån acceptabel. Bebyggelsen (kontor) planeras som minst 20 meter från närmaste spårmitt (framtida).

Med avseende på individrisk föreligger inget behov av ytterligare åtgärder för att hantera studerade risker kopplade till Frösundaleden eller Mäljarbanan.

Olycksrisker förknippade med **Tvärbanan** innebär inte att individrisken hamnar ovanför det övre acceptanskriteriet, dvs. risknivån är inte oacceptabel. På korta avstånd upp till 10 meter från spåret är risknivån utomhus inom den s.k. ALARP-zonen. Människor som befinner sig inne i byggnader erhåller ett skydd av byggnadens konstruktion och fasad varför risknivån inomhus är lägre, på gränsen till helt acceptabel även inom 5 meter från spåret. Mellan 5 och 10 meter från spåret är risknivån inomhus helt acceptabel och över 10 meter från spåret medför Tvärbana inget riskbidrag mot omgivningen.

5.4.2 Samhällsrisk

Samhällsrisken i området till följd av närheten till Frösundaleden och Mäljarbanan är i stora delar acceptabel och ligger i delar i den nedre delen av ALARP, vilket innebär att åtgärder ska vidtas om de är rimliga i förhållande till den nytta de ger och den kostnad eller begränsning de medför. Det är bidraget från olyckor på Mäljarbanan som medför att risknivån inte är helt acceptabel. Bedömningen är densamma med eller utan tråglösning. Olyckor på Tvärbanan uppskattas inte medföra att personer omkommer (se bilaga B). Tvärbanan ger således inget bidrag till samhällsrisken i området.

Med hänsyn till den beräknade samhällsrisken bedöms risknivån vara så hög att säkerhetshöjande åtgärder behöver vidtas för att sänka risknivån vid ny bebyggelse och ändrad markanvändning inom det studerade området. Se vidare avsnitt 6.

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 betydligt färre omkomna, se figur 5.8 och 5.10. Sannolikheten för det scenario som beräknats kunna medföra fler än 1 000 omkomna är extremt låg ($3,7 \times 10^{-12}$, dvs. en olycka på ca 270 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.

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) redovisar ingen strikt övre gräns avseende konsekvenser utan anger att för händelser i denna del av samhällsrisksdiagrammet 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 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 en relativt stor andel av tiden (10 %). 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, se figur 5.8 och 5.10. 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.

5.5 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 urspåringsfrekvenser 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.

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

Sammanställningar över faktiska transporter på aktuell del av Mäljarbanan visar enligt tidigare på betydligt färre transporter med farligt gods än vad nationell statistik visar. Med anledning av detta har risknivån beräknats även för en mindre andel farligt gods (2 %), men med samma fördelning mellan klasserna. Detta syftar till att belysa skillnaden i risknivå med en förutsatt lägre andel farligt gods. Nationell statistik är i detta fall att se som ett maxvärde.

- **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.

På samma sätt har risknivån beräknats både med förutsättningen att spåren ligger kvar i ytläge liksom idag samt med den tänkta tråglösningen.

- **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 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 innebär att hänsyn tas till ingående osäkerheter i analysen. Något behov av ytterligare analys av parametrar bedöms inte föreligga.

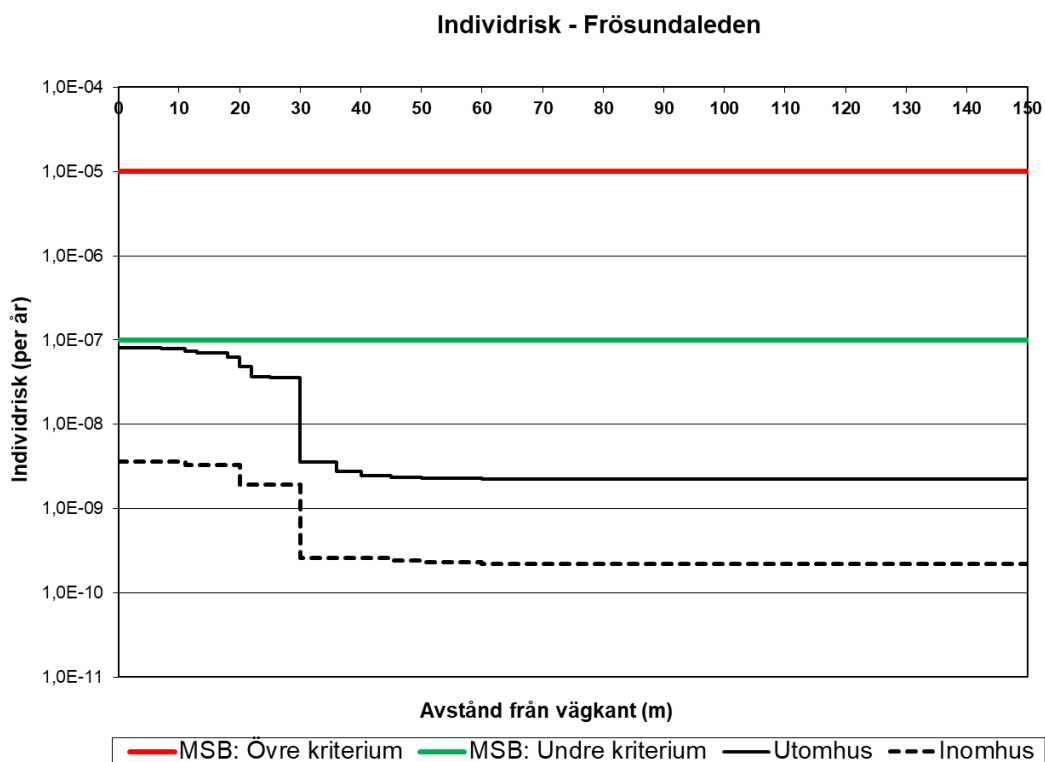
5.6 Känslighetsanalys

Med syfte att studera påverkan på risknivån när det gäller vissa osäkerheter har två känslighetsanalyser genomförts. Resultatet av dessa redovisas nedan. Underlag till beräkningarna och en mer utförlig beskrivning av känslighetsanalyserna görs i bilaga A (KA1) och bilaga B (KA2).

5.6.1 Känslighetsanalys 1 – ökat transportantal på Frösundaleden

Känslighetsanalys 1 innebär att antalet transporter med farligt gods klass 3 på Frösundaleden ökas till att omfatta transporter till samtliga bensinstationer i närområdet, vilket innebär en ökning med ca 500 % av klass 3.

I figur 5.11 redovisas individrisknivån med det ökade antalet transporter. Påverkan på samhällsriskerna är försumbar eftersom konsekvenserna av en olycka med farligt gods klass 3 är mycket små. Förändringen i antal transporter får därför ingen påverkan på samhällsriskkurvan.



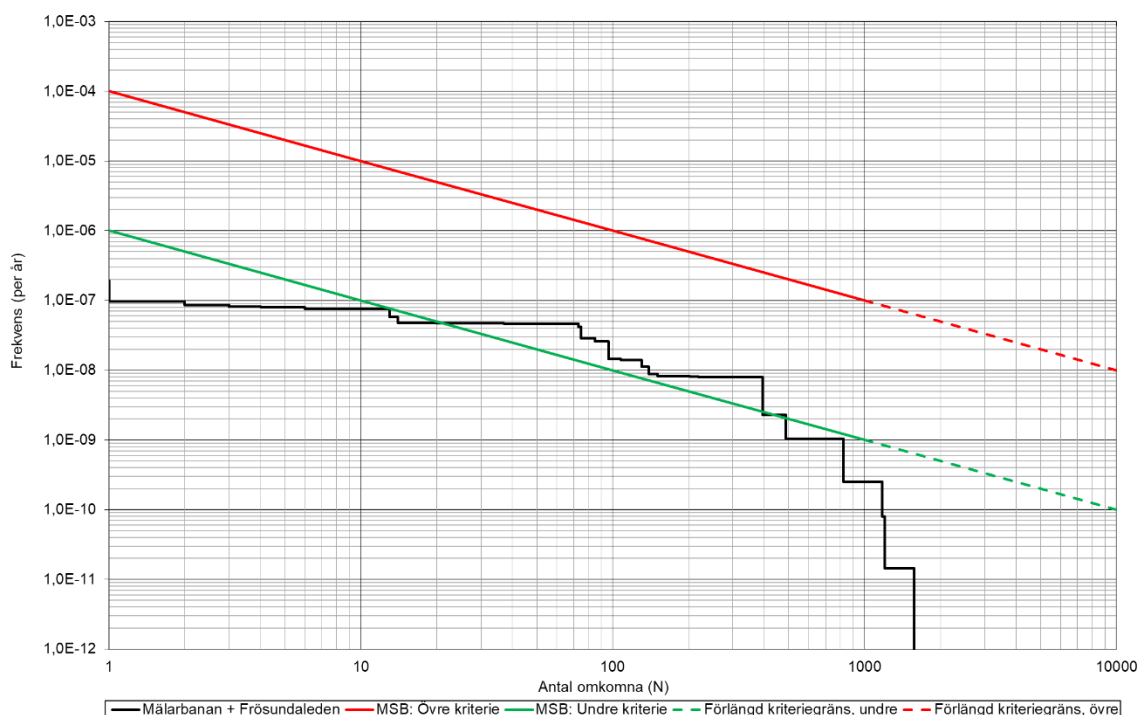
Figur 5.11. Individrisk inomhus och utomhus utmed Frösundaleden – Känslighetsanalys 1.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

Resultatet av känslighetsanalysen visar att individrisken fortfarande är acceptabel trots en mycket markant ökning av antalet transporter med farligt gods klass 3 på Frösundaleden.

5.6.2 Känslighetsanalys 2 – ökad persontäthet utomhus

Känslighetsanalys 2 innebär att persontätheten utomhus har ökats från 50 personer per hektar till 200 personer per hektar inom planområdet som bedöms ha högst persontäthet i närområdet.

I figur 5.12 redovisas den beräknade samhällsrisken för Mäljarbanan samt Frösundaleden med en ökad persontäthet utomhus.



Figur 5.12. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med Frösundaleden och Mälarbanan. Känslighetsanalys 2. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)

Med ett ökat personantal utomhus ökar risknivån något men blir fortfarande inte oacceptabel.

5.7 Påverkan på riksintresset

Mälarbanan omfattas av riksintresse för järnvägstrafik. Detaljplanen får inte medföra betydlig skada på riksintresset. Betydlig skada kan exempelvis uppstå om järnvägen inte kan nyttjas fullt ut eller dess framtida nyttjande begränsas.

Detaljplanen utförs med hänsyn tagen till maxkapacitet på järnvägen vilket innebär att även en framtida trafikering tas höjd för när det gäller buller, risk m.m. Redan idag finns byggnader på kort avstånd från järnvägen. Detaljplanen innebär inte att bebyggelse kommer närmare spåret. Höjd har också tagits till den framtida utbyggnaden av spårområdet.

Detaljplanen medför en ökad persontäthet i området. Ökningen innebär inte att risknivån i området blir oacceptabel och känslig bebyggelse som bostäder och förskola placeras på ett relativt stort avstånd från järnvägen. Närmast järnvägen planeras kontor vilket finns utmed aktuell järnvägssträcka redan idag.

Utifrån ovanstående görs en övergripande bedömning av att detaljplanen inte medför någon betydande påverkan på riksintresset Mälarbanan avseende aspekterna farligt gods och urspårning.

6. Säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

Enligt den fördjupade riskanalysen bedöms samhällsrisknivån för det studerade planområdet vara så hög att riskreducerande åtgärder ska beaktas vid exploatering.

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

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.

6.2 Allmänna åtgärder

6.2.1 Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Riktlinjer

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 figur 1.1) bör användas som riktvärden för placering av verksamheter.

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 6.3.

Även obebyggda ytor i närheten av en riskkälla behöver utformas med hänsyn tagen till riskpåverkan.

Bedömning utifrån studerat planförslag

Den nya bebyggelsen planeras som minst ca 15 meter från Frösundaleden och ca 20 meter från Mäljarbanans framtida spår. Närmast riskkällorna planeras endast gång- och cykelväg, vilket inte är att anse som stadigvarande vistelse. Parken i områdets nordöstra del ligger i den östra delen på ett avstånd om minst 28-45 meter från Frösundaleden.

I riskanalysen för överdäckning inom Sundbyberg rekommenderas ett skyddsavstånd till tråget på Mäljarbanan på 20 meter /18/. Detta bedöms vara acceptabelt med hänsyn till trågets positiva påverkan på risknivån. Bedömningen är rimlig och slutsatserna av riskanalysen för Mäljarbanan genom Sundbyberg tillämpas därför även för denna delsträcka.

Detaljplanen medger markanvändningen centrumverksamhet, med detta avses mindre ytor för handel och restaurang i bottenvåningarna.

Nya byggnader bör inte placeras närmaste Tvärbanans spår än 5 meter med hänsyn till individrisknivån. Enligt studerat förslag ligger bebyggelsen 7-10 meter från Tvärbanans spår. Med hänsyn till risker kopplade till Tvärbanan bör ytor utomhus inom 10 meter från spåret inte utföras så att människor i större omfattning lockas att vistas inom området. Detta gäller exempelvis större uteserveringar, torghandel etc. Mindre uteserveringar med goda möjligheter att sätta sig i säkerhet kan uppföras inom detta avstånd. Hållplats och angöring till byggnader kan också tillåtas inom detta avstånd.

Parkmark bedöms kunna införas utan restriktioner på avstånd över 25 meter från Frösundaleden och Mälarbanan.

Med hänsyn till beräknad samhällsrisknivå behöver ytterligare åtgärder vidtas. För att föreslagen bebyggelsestruktur inte ska innebära oacceptabla risker rekommenderas därför att kompletterande åtgärder vidtas (se nedan).

6.3 Byggnadstekniska åtgärder

Enligt ovan innebär föreslagen bebyggelse att de rekommenderade skyddsavstånd som redovisas i avsnitt 1.5.1 underskrids. Den planerade bebyggelsen innebär enligt den fördjupade riskanalysen en 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.

6.3.1 Utrymning

Riktlinjer

Utrymningsstrategin för bebyggelse i anslutning till en riskkälla 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).

Bedömning utifrån studerat planförslag

Ovanstående innebär att ny bebyggelse inom planområdet som vetter direkt mot Frösundaleden och Mälarbanan (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning) och som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd ska utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen/vägen. Utrymningsvägar får således finnas mot dessa riskkällor men det måste också finnas möjlighet att välja en annan utrymningsväg som mynnar på en trygg plats vid olycka på järnväg eller väg. Byggnad inom Fräsaren 10 ligger med en sida mot Mälarbanan och en sida mot Frösundaleden. Bedömningen är att det är acceptabelt. Sannolikheten för att det ska ske en samtidig olycka med farligt gods på Mälarbanan och Frösundaleden bedöms vara extremt osannolikt. Det bedöms därmed inte vara rimligt att ställa krav på att utrymning mot en trygg sida ska ske både bort från Mälarbanan och Frösundaleden. Det är betydligt viktigare att hitta en bra och funktionell lösning för att lösa byggnadens interna brandskydd eftersom sannolikheten att det brinner i byggnaden är betydligt större.

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 lätta att identifiera och nyttja. Trapphus som mynnar mot järnvägen bör utföras genomgående så utrymning möjliggörs bort från riskkällan.

För bebyggelse som inte vetter direkt mot riskkällan bedöms ovanstående åtgärd ha en begränsad effekt eftersom framförliggande bebyggelse har en avskärmade effekt som ökar möjligheten att utrymma bakomliggande byggnader.

Utrymning via fönster med räddningstjänstens stegutrustning uppfyller inte syftet med ovanstående åtgärdsförslag. Vidare bör det beaktas att om utrymningsstrategin från byggnader utformas med tillgång till enbart utrymningsvägar, som utgörs av trapphus som vetter mot riskkällan, så behöver fasaden mot riskkällan utformas så att strålningsnivån på utrymnande inte överstiger 2,5 kW/m² vid ett brandscenario med brännbara gaser eller brandfarliga vätskor. Det föreslås att åtgärden anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.4.

Ytor mellan byggnader och Tvärbanan inom 10 meter från spåret bör utformas så att människors på ett enkelt sätt kan ta sig från platsen.

För att säkerställa att utrymning kan ske på tillfredställande sätt vid en olycka på Frösundaleden och Mälarbanan bör detta säkerställas i plankartan, se vidare avsnitt 6.4.

6.3.2 Skydd mot brandspridning

Riktlinjer

För att minska sannolikheten att en brand (olycka med brännbar gas, brandfarlig vätska m.m.) 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 framförhållande 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 sitter kvar under hela brandförloppet genom att använda brandklassade, härdade eller laminerade glas.

Bedömning utifrån studerat planförslag

För att ytterligare begränsa risken för brandspridning in i byggnader rekommenderas att för ny bebyggelse ska fasader som vetter direkt mot Mälarbanan (d.v.s. ingen framförhållande bebyggelse eller avskärmning) utföras i obrännbart material som förhindrar vidare brandspridning in i byggnaden under minst 30 minuter alternativt med konstruktioner som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster bör utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Åtgärdsförslaget gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd. Fasadkravet gäller även dörrar.

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. Sannolikheten för att en farligt godsolycka sker samtidigt som ett fönster är öppet och att det till följd av detta sker en brandspridning in i byggnaden är mycket låg. Begränsningen av att inte ha öppningsbara fönster bedöms vara betydligt större än den riskreducerande effekten av en sådan åtgärd, framför allt när det gäller bostäder. 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.

Om tak utförs med växtlighet som inte uppfyller grundkraven i BBR ska hänsyn tas till risken för brand på Mälarbanan och Frösundaleden vid analys av taktäckningens brandspridningsförmåga. Detta gäller byggnader som ligger i anslutning till någon av riskkällorna. Detta behöver inte formuleras som ett krav eftersom BBR ställer krav på analys utförs. Det kan dock vara lämpligt att lägga till denna text i planbeskrivningen.

Med tanke på den låga risknivån utmed Frösundaleden, även med ett ökat antal transporter med klass 3, samt lokala förhållanden bedöms det inte motiverat att införa skydd som förhindrar utläckt vätska att rinna mot bebyggelsen. Förutsättningarna på platsen innebär att:

- De båda köriktningarna är åtskilda med en refug och ett stängsel (på en kort del av sträckan finns ett avåkningsräcke mellan köriktningarna).
- Mellan vägen och planområdet finns en gång- och cykelbana som är ca 4 meter bred och som är något förhöjd jämfört med vägen (ca 5 cm).
- Slänten från bron mot planområdet utgörs av allmän plats/parkmark som är gräsbeväxt med träd och buskar.

Ett vätskeläckage som sker på vägbanan kommer med stor sannolikhet att hålla sig kvar på vägbanan och spridas via den lokala dagvattenhanteringen. Om en tankbil hamnar utanför vägbanan mot planområdet är sannolikheten stor att ett läckage kan spridas mot planområdet. Vätskan kommer sannolikt rinna i olika hastighet och olika riktningar. Det ska mycket till för att en stor pöl ska ansamlas inom planområdet. Vägen är på sträckan rak utan mötande trafik eller korsningar. Sannolikheten för att ett fordon hamnar utanför vägområdet bedöms vara låg.

För att säkerställa att utrymning kan ske på tillfredställande sätt vid en olycka på Mälarbanan bör detta säkerställas i plankartan, se vidare avsnitt 6.4.

I bilaga C redovisas förutsättningar kring räddningstjänstens insatsmöjlighet vilket behöver beaktas i planarbetet.

6.3.3 Skydd mot spridning av gaser

Riktlinjer

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 enligt ovan att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta byggnadstekniska åtgärder som förhindrar brandspridning.

Andra möjliga åtgärder för att försvåra inläckage av hälsofarlig gas i byggnaderna 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.

Bedömning utifrån studerat planförslag

Det är osäkert hur stor riskreducerande effekt som de ventilationstekniska åtgärderna innebär för aktuella skadescenarier. 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.

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 Frösundaleden och Mälarbanan vidtas för ny bebyggelse som vetter direkt mot respektive riskkälla (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning). Åtgärdsförslaget gäller för ny bebyggelse inom 25 meter från Frösundaleden och 30 meter (kontor) respektive 50 meter (bostäder) från Mälarbanan. Inga bostäder är enligt studerat planförslag aktuella inom 50 meter. Avståndet mellan närmaste spår och bostäder är enligt förslaget ca 200 meter.

Nödavstängning av ventilationen kan vara en effektiv åtgärd om funktionen hanteras rätt. Ansvaret för att sköta funktionen måste åligga någon som vistas på platsen och som får utbildning i hur den ska hanteras och vid vilka scenarier den ska aktiveras. I bostäder är nödavstängningsfunktion inte en lämplig åtgärd då det är svårt att ha någon ansvarig på plats. Att anförtro ansvaret till de boende är inte att rekommendera. Även kontorsbyggnader där en central reception saknas är mindre lämpliga att utrusta med denna funktion. Funktionen är lämplig på platser där det finns en central funktion som exempelvis receptionspersonal på hotell, i konferensanläggningar etc.

För att säkerställa att utrymning kan ske på tillfredställande sätt vid en olycka på Frösundaleden och Mälarbanan bör detta säkerställas i plankartan, se vidare avsnitt 6.4.

6.3.4 Skydd mot explosion

Riktlinjer

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.

Bedömning utifrån studerat förslag

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 en mycket begränsad påverkan på risknivån inom det studerade området. Sådana ämnen transporteras dessutom enbart på Mälarbanan. 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.

6.3.5 Skydd mot urspårning

Riktlinjer

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 RÖK³) uppföras mellan byggnader och spår.

Konstruktioner ska dimensioneras utifrån gällande krav för konstruktioner över, eller i anslutning till trafikerade järnvägsspår, 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 skyddsral alternativt förhöjd kantbalk. Urspårningsskydd ska utföras i enlighet med Trafikverkets föreskrifter BVF 586.65 /20/.

Bedömning utifrån studerat planförslag

Vid utbyggnad av Mäljarbanan planeras järnvägsspåren att förläggas i ett tråg förbi planområdet. Tråget i sig kommer att fungera som ett urspårningsskydd. Ytterligare åtgärder avseende urspårning för att skydda verksamheter inom planområdet är därför inte nödvändiga.

Om en tråglösning inte genomförs rekommenderas att skyddsåtgärder avseende urspårning vidtas för bebyggelse inom 25 meter från närmaste spår.

6.3.6 Övrigt

När det gäller bebyggelsens närhet till Tvärbanan utmed vissa sträckor är det viktigt att säkerställa att bebyggelsens placering inte påverkar räddningstjänstens insatsmöjlighet.

6.4 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

Vid bebyggelse och förändrad markanvändning inom det aktuella planområdet rekommenderas att följande restriktioner och byggnadstekniska åtgärder vidtas:

Frösundaleden

- Ytor mellan ny bebyggelse och Frösundaleden bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Inom 25 meter från Frösundaleden (mätt från närmaste vägkant) ska ny kontorsbebyggelse som vetter direkt mot vägen utan framförliggande bebyggelse utföras med följande åtgärder:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från vägen.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Frösundaleden alternativt på byggnadernas tak.

³ RÖK = Rälsöverkant

Mälarbanan

- Ytor mellan ny bebyggelse och Mälarbanan bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Nedanstående gäller för ny bostadsbebyggelse inom 50 meter och kontorsbebyggelse samt handel och restaurang inom 30 meter som vetter direkt mot Mälarbanan utan framförliggande bebyggelse
(*Studerat planförslag omfattar ingen bebyggelse inom 50 meter.*)
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från järnvägen alternativt på byggnadernas tak.
 - Fasader som vetter direkt mot järnvägen ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30 och som förhindrar vidare brandspridning in i byggnaden under minst 30 minuter.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot järnvägen ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

Ovan redovisade avstånd gäller från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt på framtida spår.

Om den planerade tråglösningen inte genomförs och spåren blir kvar i marknivå ska skyddsåtgärder avseende urspårning vidtas där avståndet mellan bebyggelse och närmaste spår understiger 25 meter.

Tvärbanan

- Byggnader ska inte placeras närmare än 5 meter från närmaste spår.
- Ytor inom 10 meter ska utformas så att de inte lockar till stadigvarande vistelse i större omfattning samt utföras så att de är lätta att ta sig bort från i händelse av olycka.
- Räddningstjänstens insatsmöjlighet ska beaktas i den fortsatta planeringen så att utformningen av området och placeringen i anslutning till Tvärbanan inte försämrar möjlighet till insats.

Observera att ovanstående åtgärder endast utgör förslag och det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärder. För att säkerställa att ovanstående åtgärder vidtas krävs att dessa utformas som planbestämmelser i detaljplanen. De åtgärder som man beslutar om 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.

6.4.1 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 och brandskyddstekniska åtgärder.
- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på de studerade riskkällorna genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från dessa.

Med hänsyn till den beräknade risknivån inom planområdet samt planerad verksamhet och bebyggelse bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt. Med hänsyn till den låga risknivån och åtgärderna till stor del vidtas för att kompensera för det avsteg som görs från rekommenderade skyddsavstånd beräknas inte åtgärdernas effekt på risknivån.

7. Slutsatser

Aktuellt planområde ligger i ett utsatt läge i nära anslutning till tre olika riskkällor; Frösundaleden, Mälarbanan och Tvärbanan.

Utifrån genomförd analys konstateras att Frösundaledens bidrag till risknivån inom området är mycket begränsad och att risknivån utmed vägen är acceptabel. Mälarbanans bidrag till risknivån är mer omfattande även om risknivån delvis ligger på acceptabla nivåer. Åtgärder bör dock vidtas för att eftersträva en sänkning av risknivån samt att kompensera för det avsteg från rekommenderade skyddsavstånd som görs.

Ett förslag på åtgärder redovisas i analysen. Om dessa vidtas bedöms den planerade bebyggelsen vara lämplig med hänsyn till människors hälsa och säkerhet.

När det gäller Tvärbanan är påverkan på risknivån från denna liten och påverkar huvudsakligen individrisken utomhus inom 10 meter från spåret. Inga människor uppskattas omkomma till följd av olycka på Tvärbanan. Närmast Tvärbanan planeras kontor på som minst 7 meters avstånd. Bostäder planeras på betydligt större avstånd. Ytor utomhus inom 10 meter bör utformas så att det lätt går att ta sig därifrån. Det är också viktigt att den planerade bebyggelsen inte påverkar räddningstjänstens insatsmöjlighet eller försvårar drift- och underhåll av spårvägen.

8. Bilagor

Bilaga A – Frekvensberäkningar

Bilaga B – Konsekvensberäkningar

Bilaga C – Räddningstjänstens insatsmöjlighet

9. Referenser

- /1/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /2/ Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer, Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 2000:01
- /3/ Arvid Nordqvist H.A.B, Solna, Skriftliga uppgifter inför samråd, ÅF Infrastructure AB, 2016-05-26
- /4/ ADR-S 2023 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2022:3, 2022
- /5/ RID-S 2023 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2022:4, 2022
- /6/ PM Trafikanalys Solna Business Park, Sweco, 2019-06-14
- /7/ Samtal med OKQ8 Hemvärnsgatan, juni 2021
- /8/ Samtal med OKQ8 Ankdammsgatan samt Circle K Centrumsligan, juni 2021
- /9/ Svenska Petroleum & Biodrivmedels Institutet (SPBI), Statistik, www.spbi.se, besökt: 2018-03-26
- /10/ Mäljarbanan Huvudsta-Duvbo - Underlagsrapport till miljökonsekvensbeskrivning för järnvägsplan, Trafikverket, TRV 2015/87751, Rev B 2019-06-10
- /11/ Mäljarbanan, www.trafikverket.se, besökt 2021-12-22
- /12/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys
- /13/ Riskanalys del av Huvudsta 3:1 och kv Krukmakaren, Brandskyddslaget, 2019-04-05
- /14/ Trafiksäkerhet för sträckan genom Sundbyberg, Tvärbanan Kistagrenen, Trafikförvaltningen Stockholms läns landsting, 2016-12-09
- /15/ Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994
- /16/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999
- /17/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /18/ Fördjupad riskutredning för Mäljarbanans sträckning inom Sundbybergs stad, Briab, 2019-04-10
- /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

Solna Business Park

Uppdragsgivare

Structor

Uppdragsnummer

112720

Datum

2023-04-21

Handläggare

Rosie Kvål

Egenkontroll

RKL 2023-04-21

Internkontroll

LSS 2021-06-22

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 förknippas med omgivande riskobjekt:

Olycka vid transport av farligt gods på Frösundaleden

- Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
- Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)
- Läckage av ammoniaklösning (klass 8)

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 och antändning av brännbar vätska (klass 3)
- Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartat självantändning (klass 5)
- Urspårning på Mäljarbanan
- Tågbrand på Mäljarbanan

Olycka på Tvärbanan

- Urspårning
- Brand i spårvagn

Frekvensberäkningarna har utförts utifrån trafiksiffror för prognosår 2040.

Nedan redovisas frekvensberäkningar uppdelade på Frösundaleden (avsnitt 2), Mäljarbanan (avsnitt 5) och Tvärbanan (avsnitt 7).

2. Beräkningar Frösundaleden

2.1 Metodik

Frekvensberäkningarna utförs utifrån den metodik som presenteras i MSB:s rapport "Farligt gods – riskbedömning vid transport" /1/.

2.1.1 Trafikolycka med farligt gods

Den förväntade frekvensen för en trafikolycka där farligt godstransport är inblandad beräknas utifrån följande ekvation:

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

där

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

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen

O = Antal förväntade fordonsolyckor = Olyckskvot x Totalt trafikarbete x 10⁻⁶, där
Totalt trafikarbete = 365 dygn x Årsmedeldygnstrafik x Aktuell vägsträcka

2.1.2 Fordonsbrand

En fordonsbrand kan antingen uppstå till följd av en trafikolycka eller till följd av fordonsfel. Det statistiska underlag som ska användas för beräkning av frekvensen för fordonsbrand går dock inte att dela upp avseende dessa två scenarier. Detta beror på underlaget utgör antalet fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor och huruvida trafikolyckan startade som en fordonsbrand eller om branden uppkom till följd av trafikolyckan går ej att urskilja.

Under åren 1994-1999 rapporterades årligen i genomsnitt 64,7 fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor till Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS) /2/. Under motsvarande år rapporterades ca 15 700 trafikolyckor med personskada per år /3/. Utifrån detta så uppskattas sannolikheten för brand i fordon vid olycka till ca 0,4 % (64,7 / 15 700). Detta bedöms vara ett konservativt antagande då de polisrapporterade olyckorna med personskador inte utgör samtliga olyckor som kan leda till fordonsbrand.

/1/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

/2/ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27

/3/ Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005

3. Inventering av farligt godsleder

Tabell A.1. Förutsättningar för Frösundaleden – Indata till frekvensberäkningar.

Faktor	Beskrivning
Vägsträcka (km):	1
Bebyggelsemiljö:	Tätort (stad) / Landsbygd
Hastighetsbegränsning (km/h):	50
Gatu-/Vägtyp:	Trafikled
Årsmedeldygnstrafik (per dygn):	37 980
Andel tung trafik (%):	7
Farligt godsled:	Sekundär
Antal farligt godstransporter (per dygn):	1
X = Andel farligt godstransporter av totalt antal fordon (%):	0,003
O = Olyckskvot (trafikolycka per 10 ⁶ fkm):	1,5
Y = Andel singelolyckor (%):	10
Index för farligt godsolycka = Sannolikhet för utsläpp givet olycka (%):	2

I tabell 3.3 i huvudrapporten redovisas fördelningen mellan respektive farligt godsclasser på den studerade vägsträckan.

4. Resultat frekvensberäkningar Frösundaleden

4.1 Sammanställning

Tabell A.2. Beräknade olycksfrekvenser per år på studerad vägsträcka.

Skadescenario	Olycksfrekvens 2040
O = Antal förväntade trafikolyckor per år	20,8
O_{Fago} = Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor	1,1E-03
2. Gaser	3,1E-04
3. Brandfarliga vätskor	7,5E-04
8. Frätande ämne	5,7E-06

4.2 Klass 2. Gaser

4.2.1 Allmänt

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. Några transporter med ämnen ur klass 2.2 eller 2.3 har inte identifierats på Frösundaleden. Fördelningen mellan transport av klass 2.1 i tankbil och med styckegods redovisas i tabell 3.3 i huvudrapporten.

Tankbil

Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 2 % (Index för farligt godsolyckor, se tabell A.1). Gaser transporteras dock i regel under tryck i tankar med större tjocklek, vilket innebär högre tåligghet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks till 1/30 /1/. Sannolikheten för läckage av gas blir då $2\% \cdot 1/30 = 0,07\%$.

Givet läckage antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /1/:

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

Gasflaskor

Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 2 % (Index för farligt godsolyckor, se tabell A.1). Sannolikheten antas vara oberoende av antalet flaskor per transport. Den mest kritiska punkten på en gasflaska för utsläpp bedöms vara ventilen som vid en olycka kan slås av. Flaskornas egentyngd innebär att sannolikheten för att det ska gå håll på själva flaskan bedöms vara mycket låg. Utsläppsmängden beror därmed på antalet flaskor som skadas så allvarligt vid olyckan att dess respektive ventil slås av. Det antas att maximalt 5 flaskor skadas tillräckligt allvarligt, vilket utgör scenariot stort utsläpp. Sannolikhetsfördelningen för utsläpp från en flaska och 5 flaskor bedöms vara 75 % respektive 25 %.

4.2.2 Klass 2.1. Brännbara gaser

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.
- *Exploderande gasflaskor*: Motsvarande explosion då gasflaskor utsätts för en utbredd brand.

Transport med tankbil

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För utsläpp vid trafikolycka finns fördelningsstatistik /4/:

	Litet utsläpp	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
• omedelbar antändning (jetflamma):	10 %	15 %	20 %
• fördröjd antändning (gasmolnexplosion):	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.

Transport med gasolflaskor

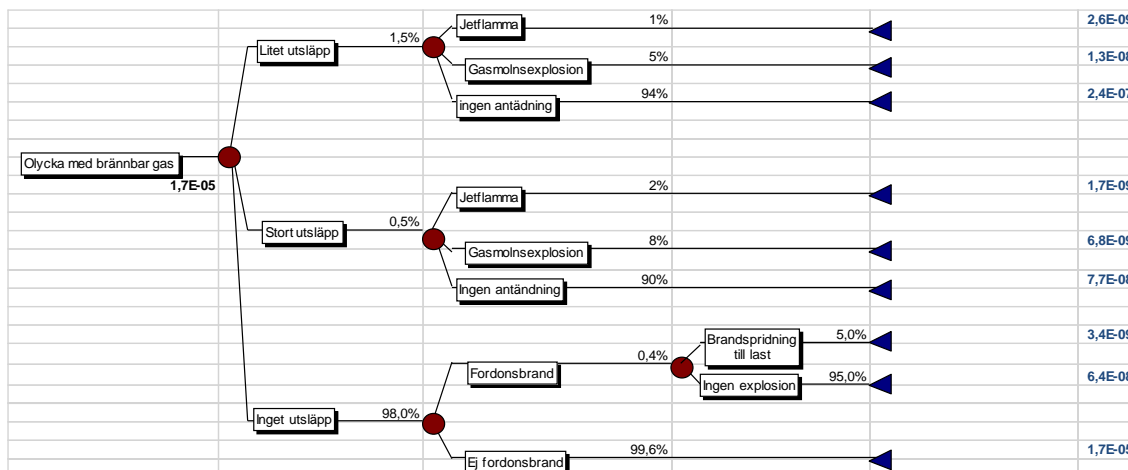
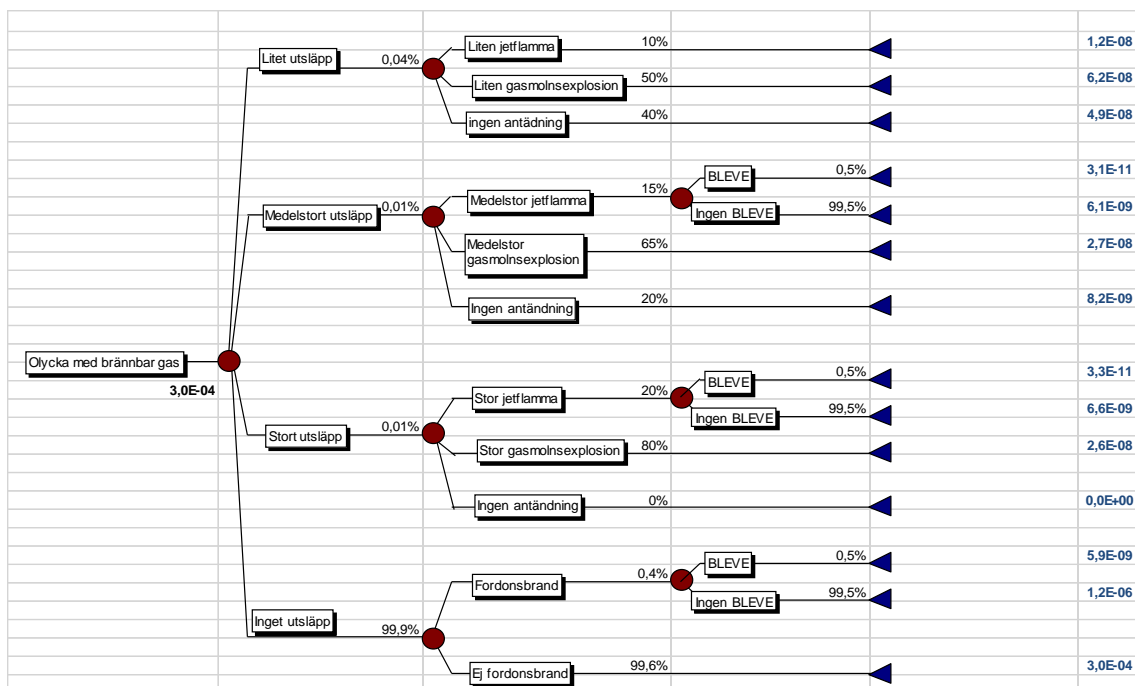
Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För gasflaskor uppskattas sannolikheten för antändning baserat på fördelningsstatistiken för tankbil /4/, men hänsyn tas till de begränsade utsläppsmängderna. Vid utsläpp från gasflaskor uppskattas sannolikheten för antändning mycket grovt vara 10 % av sannolikheten för utsläpp från tankbil:

	Litet	Stort
• omedelbar antändning (jetflamma):	1 %	2 %
• fördröjd antändning (gasmolnexplosion):	5 %	8 %
• ingen antändning:	94 %	90 %

Sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon är enligt tidigare ca 0,4 %. Vid transport av gasflaskor antas mycket grovt att sannolikheten för att en fordonsbrand blir så utbredd att den sprids till lasten och hettar upp en eller flera gasflaskor så mycket att de exploderar är 5 %. Uppskattningsvis exploderar ett stort antal av flaskorna i lasten, men sannolikheten för att flera flaskor exploderar samtidigt bedöms vara mycket låg. Explosionslasten blir därmed också låg.

Figur A.1 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara gaser.

/4/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993



Figur A.1. Händelsetråd olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1).

Överst: Transporter med tankbil

Underst: Transporter av gasflaskor.

4.3 Klass 3. Brandfarliga vätskor

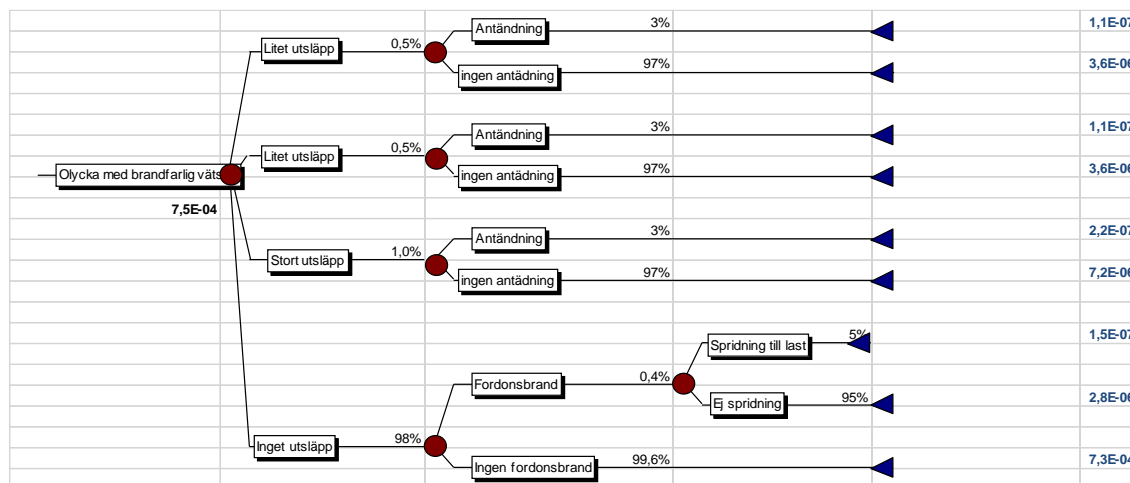
En mycket hög andel av de brandfarliga vätskor som transporteras uppskattas vara petroleumprodukter, d.v.s. transporter av bensin och diesel till bl.a. bensinstationer. I de fortsatta beräkningarna så antas det konservativt att samtliga vätsketransporter rymmer klass 1-vätskor, d.v.s. vätskorna har en låg flampunkt som innebär en hög sannolikhet för antändning.

Sannolikheten för att en trafikolycka med farligt godstransport inblandad där ämnet transporteras i tunnväggig tank leder till läckage uppskattas vara 2 % (Index för farligt godsolyckor, se tabell A.1). Det uppskattas att en stor andel av transportererna utgörs av tankbil med släp, vilket för tunnväggiga tankar innebär att sannolikhetsfördelningen mellan litet, medelstort och stort utsläpp är 25 %, 25 % respektive 50 % /1/.

Sannolikheten klass 1-vätskor antänds vid utsläpp till följd av en trafikolycka antas vara ca 3 % /1, 4/ oberoende av utsläppsstorleken.

Omfattande brand kan även uppstå om t.ex. en motorbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Enligt tidigare uppskattas sannolikheten för att en trafikolycka leder till fordonsbrand till ca 0,4 %. I ADR-S /5/ anges det krav på fordon som ska användas för transport av brandfarliga vätskor, vilket bl.a. innebär en begränsad sannolikhet för spridning av t.ex. motorbränder till lasten. Sannolikheten för antändning av lasten till följd av fordonsbrand vid trafikolycka uppskattas grovt vara ca 5 %.

Figur A.2 redovisar ett händelse-träd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska.



Figur A.2. Händelse-träd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3).

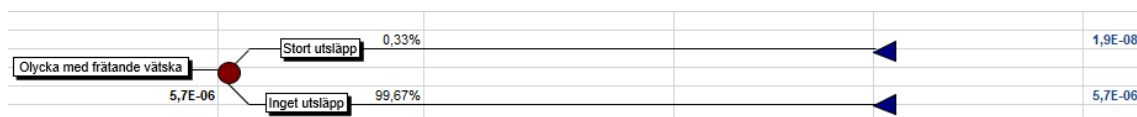
4.4 Klass 8. Frätande ämne (ammoniämsning)

Enligt huvudrapporten så förekommer två transporter med ammoniaklösning på Frösundaleden till Solnaverket varje år. Ämnet transporteras som vätska i tankbil.

Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 2 % (Index för farligt godsolyckor, se tabell A.1). Tanken är indelad i flera fack vilka rymmer 8 m³ vardera. En olycka har förutsatts omfatta läckage av hälften av innehållet i ett sådant fack (4 m³). Detta bedöms motsvara ett stort läckage, vilket enligt /1/ inträffar med sannolikheten 16,7 %.

Vid läckage förångas vätskan och giftig gas sprids med vinden.

Figur A.3 redovisar ett händelse-träd över olycka med transport av ammoniaklösning.



Figur A.3. Händelse-träd olycka med transport av ammoniaklösning (klass 8).

5. Beräkningar Mälarbanan

5.1 Allmänt - järnvägen

Planområdet angränsar mot Mälarbanan längs ca 250 meter. På den aktuella sträckan består järnvägen av två spår med genomgående tågtrafik.

/5/ ADR-S 2023 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2022:3, 2022

Tillåten maxhastighet på spåren är 200 km/h. Längs den aktuella sträckan förekommer idag växlar mellan spåren.

Framtid

Trafikverket planerar att bygga ut Mäljarbanan på sträckan TomtebodavKalhäll genom att öka antalet spår från två till fyra. Mäljarbanans sträckning förbi planområdet kommer att grävas ner och ligga i ett tråg. I höjd med Ekensbergsbron, ca 450 meter väster om planområdet, kommer spåren grävas ner och överdäckas genom de centrala delarna av Sundbyberg.

5.2 Tågtrafik

På den aktuella järnvägssträckan går persontåg och godståg. I tabell A.3 redovisas antalet tåg /6/ 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 /7/.

Tabell A.3. Sammanställning av antal tåg och vagnar på Mäljarbanan i anslutning till planområdet.

Typ av tåg	Idag		År 2040	
	Tåg per dygn	Vagnar per dygn	Tåg per dygn	Vagnar per dygn
Persontåg	210	2100	378	3780
Godståg - totalt	10	300	10	300
Totalt	220	2400	388	4080

5.3 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 där antalet transporter samt fördelningen mellan olika klasser på den aktuella järnvägen uppskattas 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 femårsperioden 2013-2018 /8/ uppskattas det totala antalet farlig godsvagnar respektive antalet vagnar med respektive farligt godsklass på den aktuella sträckan. Andelen farligt gods av den totala godsmängden redovisas både utifrån den nationella statistiken (5 %) och ett grovt uppskattat värde för den aktuella järnvägssträckan (2 %). Det innebär ca 1-4 transporter med farligt gods per vecka på den aktuella sträckan.

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.4.

/6/ Mäljarbanan Huvudsta-Duvbo - Underlagsrapport till miljökonsekvensbeskrivning för järnvägsplan, Trafikverket, TRV 2015/87751, Rev B 2019-06-10

/7/ Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2, Väg- och transportforsknings-institutet, 1994

/8/ 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. 4. Antal godsvagnar med farligt gods per år på aktuell järnvägssträcka för prognosåret 2040.

Klass	Andel	Antal farligt godsvagnar per år	
		Prognosår 2 %	Prognosår 5 %
1. Explosiva ämnen och föremål	0,10%	2	5
2. Gaser	27,4%	599	1499
3. Brandfarliga vätskor	36,6%	801	2002
4. Brandfarliga fasta ämnen	2,7%	60	150
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	13,9%	305	763
6. Giftiga ämnen	1,8%	39	99
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	0	0
8. Frätande ämnen	17,3%	378	945
9. Övriga farliga ämnen och föremål	0,3%	6	16
Totalt		2190	5475

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

6. Beräkningar olycka på Mäljarbanan

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 prognosår 2040.

6.1 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 /9/*:

	<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

/9/ 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 olycksscenarioer är kollisioner, antingen mellan spårfordon eller i plankorsningsolyckor. Enligt /10/ 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 5.1 och sammanställs i tabell A.5. 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.5. Beräknad frekvens för urspårning på aktuell sträcka med gällande tågtrafik (1 km).

Orsak	Olycksfrekvens (per år)
Urspårning persontåg	3,4E-03
Urspårning godståg	9,1E-04

Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär ovanstående urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca 3,1E-08 per tågkm.

Ovanstående värden kan jämföras med statistik över bantrafikskador /11/ respektive bantrafik /12/. Om man dividerar samtliga inrapporterade urspårningar med totala antalet tågkilometer (persontåg och godståg) under perioden 2001-2015 så blir den genomsnittliga olyckskvoten ca $7 \cdot 10^{-8}$ per tågkm. Statistiken över bantrafikskador redovisar dock ingen fördelning av antalet urspårning för persontåg respektive godståg. Det kan dock konstateras att för den aktuella perioden så utgör persontågskm ca 70 % av det totala antalet tågkm i Sverige. Detta kan jämföras med ca 99 % för den aktuella järnvägssträckan. Sannolikheten för urspårning är normalt betydligt högre för godståg än för persontåg, vilket kan förklara skillnaden i genomsnittlig olyckskvot enligt nationell statistik och aktuell sträcka.

Motiv till vald beräkningsmetod:

UIC har valts som metod att utgå från avseende olyckskvoter när det gäller urspårning. Denna metod baseras på ett större statistiskt underlag (EU) jämfört med den tidigare använda metoden "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen" framtagen av Banverket 2001 som enbart baseras på svensk statistik. UIC utgör även en underlagsrapport till EKS (Boverkets konstruktionsregler) och eurokoder som gäller bärande konstruktioner och bedöms därmed ha ett större genomslag både nationellt och internationellt. I tidigare utredningar har det även visat sig att olyckskvoter för godståg är likartade oavsett vald beräkningsmodell. "Modell för skattning..." går dessutom inte att använda för persontåg. Av dess anledningar har UIC valts för genomförda beräkningar.

6.1.1 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.

/10/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

/11/ Bantrafikskador 2015 (Statistikrapport 2016:20), Trafikanalys

/12/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys

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 /9/. Observera dock att den framtida planerade utbyggnaden innebär att järnvägen förläggs i ett tråg förbi planområdet, vilket innebär att tåget kommer att stanna i tråget vid en urspårning. Beräkningar avseende urspårning görs dock med syfte att ta höjd för en eventuell ändring i framtida planer.

I tabell A.5 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.

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 ekvationer för enkelspår respektive dubbelspår:

$$\text{Enkelspår: } P_2 = \left(\frac{b-a}{b}\right)^2 \times 0,5 \times \frac{c}{d}$$

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

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 /9/.

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 genomgående spåren som kan påverka risknivån inom planområdet. Spårområdets bredd innebär att urspårning på överlämningsbangården inte kan påverka risknivån öster om järnvägen.

Frekvensen för urspårning i anslutning till bebyggelse som kan påverka planområdet beräknas nedan. Beräkningarna utgår från urspårningsfrekvenser enligt tabell A.5.

$F_{1, \text{persontåg}} = 8,6E-04$ per år

$F_{1, \text{godståg}} = 1,5E-04$ per år

I tabell A.6-A.7 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på urspårning på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.6. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Persontåg**

a (meter)	P ₂	P ₃	Frekvens kollision (F1 x P2)	Frekvens byggnadskollaps (F1 x P2 x P3)
			Prognosår 2040	Prognosår 2040
0	39,9%	100,0%	3,4E-04	3,4E-04
1	33,3%	99,2%	2,9E-04	2,9E-04
2	27,5%	98,4%	2,4E-04	2,3E-04
3	22,4%	97,5%	1,9E-04	1,9E-04
4	18,0%	96,4%	1,6E-04	1,5E-04
5	14,2%	95,2%	1,2E-04	1,2E-04
6	11,0%	93,8%	9,5E-05	8,9E-05
7	8,4%	92,2%	7,2E-05	6,6E-05
8	6,1%	90,3%	5,3E-05	4,8E-05
9	4,4%	88,0%	3,8E-05	3,3E-05
10	3,0%	85,3%	2,6E-05	2,2E-05
11	1,9%	81,9%	1,7E-05	1,4E-05
12	1,2%	77,7%	1,0E-05	8,0E-06
13	0,7%	72,2%	5,8E-06	4,2E-06
14	0,3%	64,9%	3,0E-06	1,9E-06
15	0,2%	54,8%	1,5E-06	8,0E-07
16	0,1%	41,5%	7,6E-07	3,1E-07
17	0,1%	35,4%	4,8E-07	1,7E-07
18	0,0%	0,0%	2,1E-07	0,0E+00
19	0,00%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
20	0,00%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

Tabell A.7. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Godståg**

a (meter)	P ₂	P ₃	Frekvens kollision (F1 x P2)	Frekvens byggnadskollaps (F1 x P2 x P3)
			Prognosår 2040	Prognosår 2040
0	38,8%	100,0%	5,7E-05	5,7E-05
1	31,6%	98,6%	4,6E-05	4,5E-05
2	25,3%	97,0%	3,7E-05	3,6E-05
3	19,9%	95,2%	2,9E-05	2,8E-05
4	15,4%	93,1%	2,2E-05	2,1E-05
5	11,6%	90,7%	1,7E-05	1,5E-05
6	8,5%	87,9%	1,2E-05	1,1E-05
7	6,0%	84,6%	8,8E-06	7,5E-06
8	4,1%	80,6%	6,0E-06	4,8E-06
9	2,7%	75,8%	3,9E-06	2,9E-06
10	1,6%	69,9%	2,3E-06	1,6E-06
11	0,9%	62,4%	1,3E-06	8,2E-07
12	0,5%	53,0%	6,7E-07	3,6E-07
13	0,2%	41,8%	3,3E-07	1,4E-07
14	0,1%	33,3%	1,7E-07	5,8E-08
15	0,1%	0,0%	1,1E-07	0,0E+00
16	0,0%	0,0%	3,9E-08	0,0E+00
16,3	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

6.2 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 /13/. 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.8 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på tågbrand på den aktuella järnvägssträckan.

/13/ Statistik över olyckor på statens spåranläggningar år 2006, Banverket 2006

Tabell A.8. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i godståg på aktuell järnvägssträcka.

Scenario	Frekvens (per år)
Brand i godståg	8,8E-04
Mycket stor brand (3,7 %)	3,2E-05
Stor brand (32,7 %)	2,9E-04
Liten brand (46,7 %)	4,1E-04
Väldigt liten brand / rökutveckling (16,8 %)	1,5E-04

6.3 Järnvägsolycka med farligt gods

Olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods beräknas utifrån motsvarande metodik som redovisas i avsnitt 6.1-6.2. Med hänsyn till potentiella följdscenarier så kommer beräkningarna att omfatta dels **järnvägsolycka utan brand** ($F_{\text{urspårning}} + F_{\text{sammanstötning}}$) och dels **järnvägsolycka med brand** ($F_{\text{tågbrand}}$).

Frekvensberäkningarna för järnvägsolycka 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).

Järnvägsolycka utan brand: Följdscenarier med farligt gods vid järnvägsolycka utan brand förknippas med starka påkänningar till följd av t.ex. att vagnar spårar ur eller påverkas av motsvarande kraftiga påkänningar. Vid en urspårning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur /14/. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas då utifrån följande ekvation:

$$P = 1 - (1-X)^{3,5}$$

I tabell A.9 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka med farligt 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.

Tabell A.9. Beräknad olycksfrekvens per farligt godsklass på studerad järnvägssträcka.

Scenario	Järnvägsolycka med fago-vagn (per år)			
	Prognosår (2 % farligt gods)		Prognosår (5 % farligt gods)	
	Andel	Frekvens	Andel	Frekvens
klass 1	0,10%	6,2E-08	0,10%	1,5E-07
Klass 2	27,4%	1,7E-05	27,4%	4,1E-05
klass 3	36,6%	2,3E-05	36,6%	5,5E-05
klass 4	2,7%	1,7E-06	2,7%	4,1E-06
klass 5	13,9%	8,7E-06	13,9%	2,1E-05
klass 6	1,8%	1,1E-06	1,8%	2,7E-06
klass 7	0,0%	5,4E-09	0,0%	1,3E-08
klass 8	17,3%	1,1E-05	17,3%	2,6E-05
klass 9	0,3%	1,8E-07	0,3%	4,4E-07
Totalt		6,2E-05		1,5E-04

6.3.1 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 /15/. 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.

Enligt avsnitt 5.3 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 /16/ redovisades transportmängderna explosivämnen i kg, medan övriga farligt godsclasser 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 olycksscenarioer 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 hämtats från den riskanalys som genomförts för överdäckningen genom Sundbyberg /17/. Utifrån denna antas följande fördelning mellan olika transportmängder på respektive järnvägssträcka:

- 500 kg/vagn: 85 %
- 2 000 kg/vagn: 14,5 %
- 25 000 kg/vagn: 0,5 %

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:

Explosion p.g.a. tågbrand: Frekvensen för en tågbrand i en godsvagn utgår från tabell A.8 (se avsnitt 6.2). Enligt avsnitt 5.3 utgår vi ifrån förutsättningen att farligt gods utgör 2 % respektive 5 % av alla godsvagnar. Enligt tabell A.9 uppskattas explosiva ämnen utgöra 0,1 % av alla farligt godstransporter. Sannolikheten för att en farligt godsvagn med explosivämnen är inblandad i en tågbrand beräknas utifrån detta till:

$$2 \% \times 0,01 \% = 0,0002 \% \text{ respektive } 5 \% \times 0,01 \% = 0,0005 \%$$

Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /15/. Detta innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det leder till explosion.

/15/ RID-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2016:9, 2017

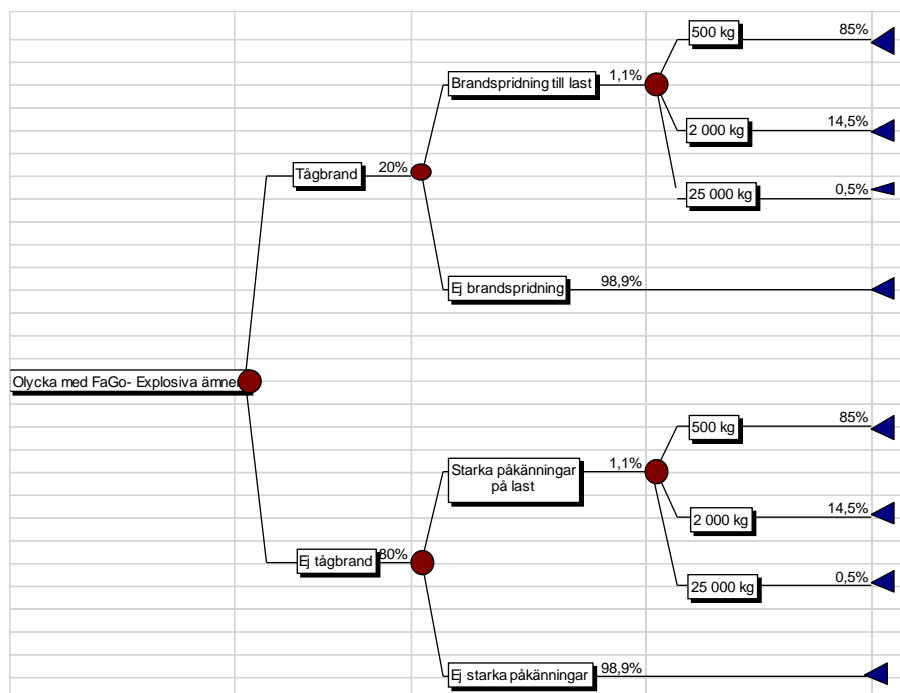
/16/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007 (www.msb.se)

/17/ Fördjupad riskutredning för Mälarbanans sträckning inom Sundbybergs stad, Briab, 2019-04-10

Skada på en godsvagn med explosiva ämnen bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /10/ (se vidare avsnitt 6.3.2). Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 6.2 (se tabell A.8). Förutsatt denna situation med skada på godsvagn och mycket stor brand antas sannolikheten för brandspridning till lasten och massexlosion vara 100 %. Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspårningsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten och orsakar massexlosion bedöms då till ca 1,1 % (30 % x 3,7 %).

Explosion p.g.a. starka påkänningar: Med avseende på de detaljerade regler som finns för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport i enlighet med RID-direktivet bedöms det vara låg sannolikhet för detonation givet en urspårningsolycka. Exempelvis finns regler som säger att vagn med explosiva ämnen ska skiljas från vagn som enligt RID-S ska vara försedd med varningsetikett 3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1 eller 5.2 av en skyddsvagn.

Figur A.4 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexlosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.10. Den totala frekvensen för olycka med explosiva ämnen utgörs av frekvensen för järnvägsolycka med explosivämnen + frekvensen för tågbrand i vagn med explosiva ämnen, se ovan. Sannolikheten för tågbrand utgår från förhållandet mellan dessa två delfrekvenser.



Figur A.4. Händelsetråd olycka med transport av explosiva ämnen (klass 1).

Tabell A.10. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Scenario	Prognosår (2 %)	Prognosår (5 %)
Järnvägsolycka med explosivämne (klass 1)	8,0E-08	1,9E-07
Urspårning	6,2E-08	1,5E-07
Tågbrand	1,8E-08	4,4E-08
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)		
500 kg	6,4E-10	1,5E-09
- P.g.a. starka påkänningar	6,0E-10	1,5E-09
- P.g.a. tågbrand	3,3E-11	8,3E-11

2 000 kg	1,1E-10	2,6E-10
- P.g.a. starka påkänningar	1,0E-10	2,5E-10
- P.g.a. tågbrand	5,6E-12	1,4E-11
25 000 kg	3,7E-12	9,1E-12
- P.g.a. starka påkänningar	3,5E-12	8,6E-12
- P.g.a. tågbrand	1,9E-13	4,9E-13

6.3.2 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 /8/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. I MSB:s kartläggning från september månad 2006 redovisas däremot klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna /16/. Enligt denna kartläggning förekom inga transporter med ämnen ur klass 2 på den aktuella sträckan under mätperioden. I de fortsatta beräkningarna antas det grovt att fördelningen mellan undergrupperna är 73 % brännbara gaser, 25 % icke giftiga och icke brännbara gaser respektive 2 % giftiga gaser.

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 /1/. I /1/ 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 /1/ 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 /1/:

- 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.

- *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 /4/:

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

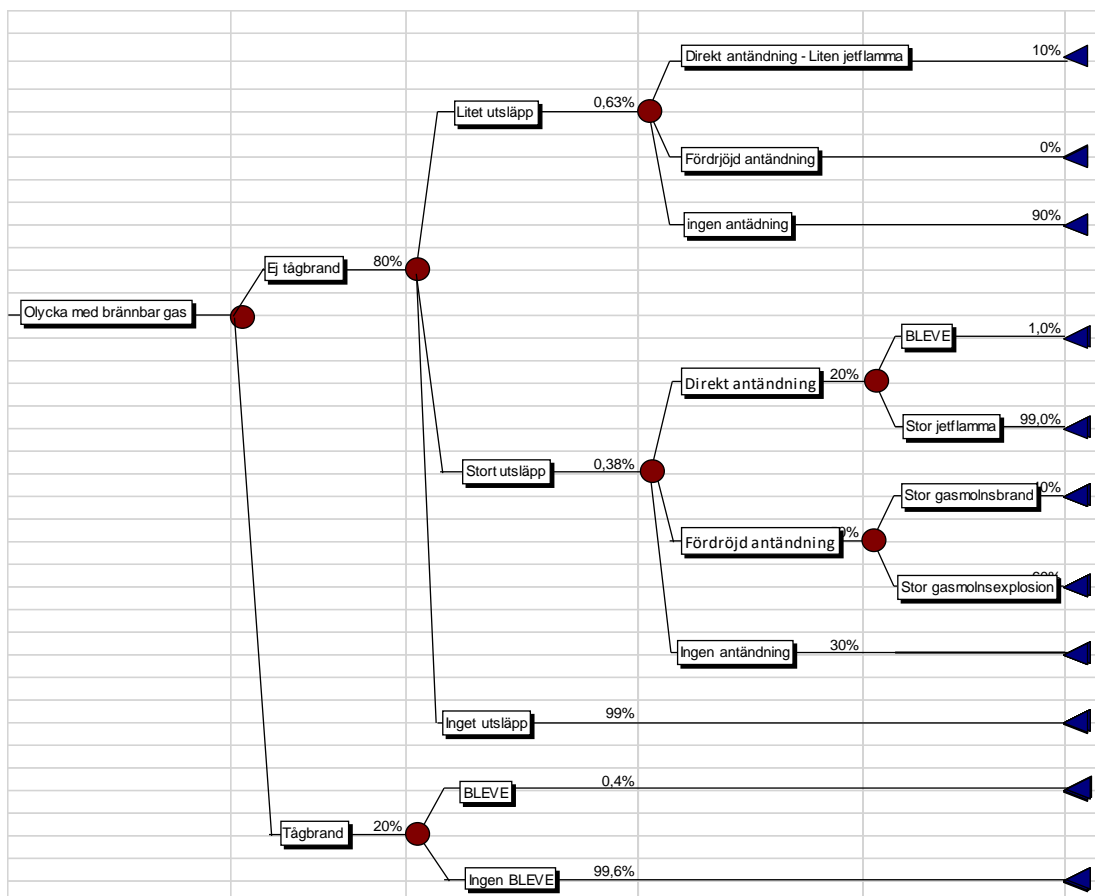
En **BLEVE** antas kunna uppstå i en oskadad tankvagn utan fungerande säkerhetsventil antingen om en stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om järnvägsolyckan leder till tågbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre 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 5.3 och 6.2 uppskattas frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med brännbara gaser:

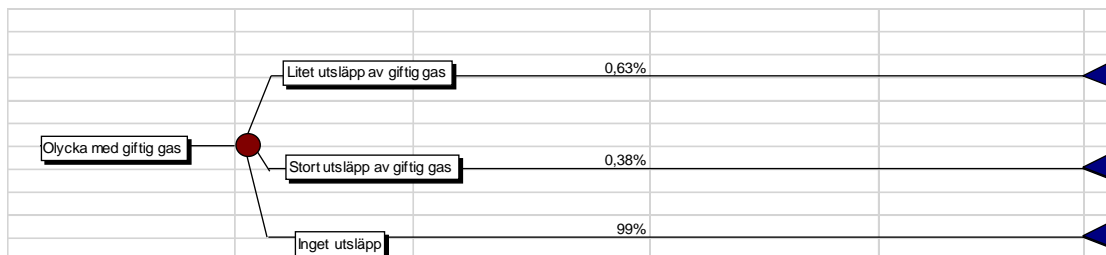
Scenario	Frekvens (per år)	
	Prognosår (2 % farligt gods)	Prognosår (5 % farligt gods)
Tågbrand i godståg (se tabell A.8)	8,8E-04	8,8E-04
Tågbrand i vagn med farligt gods	1,8E-05	4,4E-05
Tågbrand i vagn med brännbar gas	3,5E-06	8,8E-06

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

Figur A.5 och figur A.6 redovisar händelsesträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara respektive giftiga gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.11.



Figur A.5. Händelse-träd olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1).



Figur A.6. Händelse-träd olycka med transport av giftig gas (klass 2.3).

Tabell A.11. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av gaser.

Scenario	Frekvens (per år)	
	Prognosår (2 %)	Prognosår (5 %)
Järnvägsolycka med gas (klass 2)	2,2E-05	5,3E-05
Järnvägsolycka utan brand	1,7E-05	4,1E-05
Järnvägsolycka med brand	4,8E-06	1,2E-05
Järnvägsolycka med klass 2.1	1,6E-05	3,9E-05
Urspårning	1,2E-05	3,0E-05
Tågbrand	3,5E-06	8,8E-06
Direkt antändning av litet utsläpp - jetflamma	8,0E-09	1,9E-08
Fördröjd antändning av litet utsläpp	0,0E+00	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	9,5E-09	2,3E-08
Fördröjd antändning av stort utsläpp	2,4E-08	5,8E-08
-Stor gasmolnsbrand	9,6E-09	2,3E-08

Scenario	Frekvens (per år)	
	Prognosår (2 %)	Prognosår (5 %)
-stor gasmolnsexplosion	1,4E-08	3,5E-08
BLEVE	1,2E-08	2,9E-08
-pga jetflamma	9,6E-11	2,3E-10
-pga brand i godsvagn	1,2E-08	2,9E-08
Järnvägsolycka med klass 2.3	4,4E-07	1,1E-06
Litet utsläpp giftig gas	2,7E-09	6,6E-09
Stort utsläpp giftig gas	1,6E-09	4,0E-09

6.3.3 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 4.2. *Klass 2. Gaser* ovan.

För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % /1/.

Givet läckage antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /1/:

- 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 /7/:

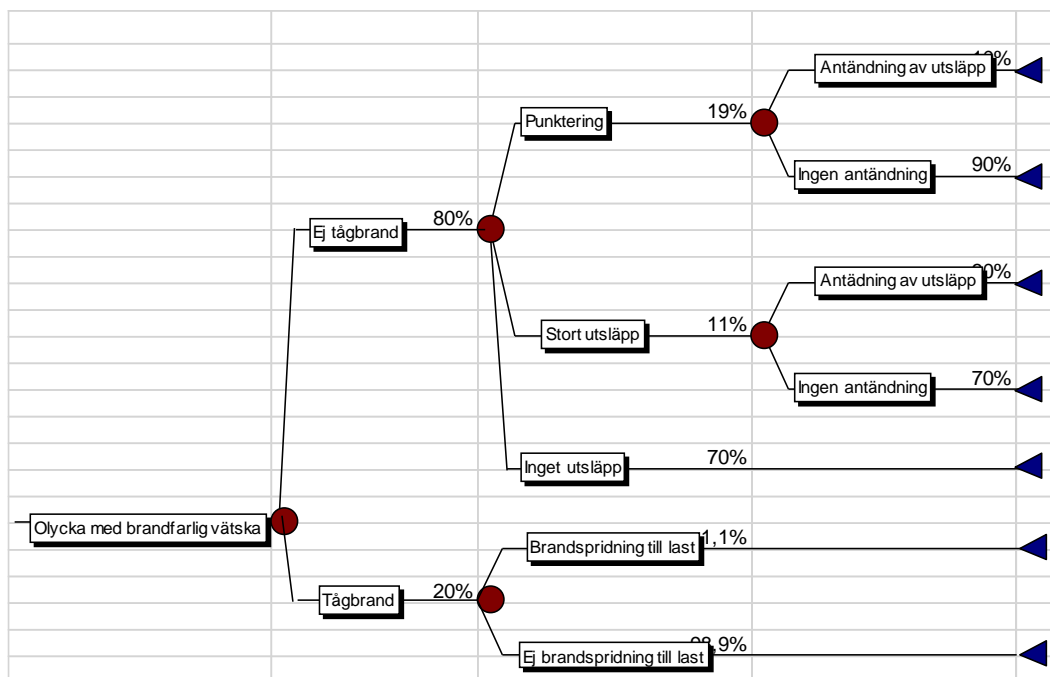
- Litet läckage: 10 %
- Medelstort läckage: 20 %
- Stort läckage: 30 %

Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Utifrån underlaget som redovisas i avsnitt 5.2 och 6.2 uppskattas frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med brandfarliga vätskor:

Scenario	Frekvens (per år)	
	Prognosår (2 % farligt gods)	Prognosår (5 % farligt gods)
Tågbrand i godståg (se tabell A.8)	8,8E-04	8,8E-04
Tågbrand i vagn med farligt gods	1,8E-05	4,4E-05
Tågbrand i vagn med brännbara vätskor	6,4E-06	1,6E-05

Med hänsyn till gällande regler enligt RID-S uppskattas sannolikheten för att en tågbrand växer sig stor och riskerar att spridas till lasten vara maximalt 5 % (d.v.s. hälften av vad som antas för en "vanlig godsvagn" enligt avsnitt 3.2).

Figur A.7 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.12.



Figur A.7. Händelseträd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3).

Tabell A.12. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska.

Scenario	Frekvens (per år)	
	Prognosår (2 %)	Prognosår (5 %)
Järnvägsolycka med brandfarlig vätska (klass 3)	2,9E-05	7,1E-05
Urspårning	2,3E-05	5,5E-05
Tågbrand	6,4E-06	1,6E-05
Liten pölbrand	4,4E-07	1,1E-06
Stor pölbrand	7,9E-07	1,9E-06
Godsvagnsbrand	6,5E-08	1,6E-07

6.3.4 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Olyckor med oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Om det blir involverat i en brand kommer dock brandens intensitet att öka. Vissa oxiderande ämnen kan även ge explosionsartade brandförlopp eller våldsamma reaktioner tillsammans med något bränsle, eller själva sönderfalla våldsamt om de hettas upp.

Ämnen ur klass 5 som i ren form kan sönderfalla explosivt utan blandning med något bränsle utgörs enligt /18/ av ammoniumdikromat, ammoniumnitrat, ammoniumperklorat samt väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid. Dessa ämnen och föreningar är termiskt stabila upp till relativt höga temperaturer, vilket innebär att ett explosivt sönderfall vid en transportolycka med dessa ämnen främst kan inträffa som följd av en brand. Ett explosionsscenario med dessa ämnen utan blandning av bränsle har en explosionslast som är ca 20-30 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl.

/18/ FOI Memo 2774 – Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI, 2009-04-20

Vidare finns det ett flertal ämnen ur klass 5 (bl.a. ammoniumnitrat, väteperoxider och vattenlösningar med över 60 % väteperoxid) som om de blandas med bränsle räknas som massexplosiva ämnen. Ett explosionsscenario med dessa ämnen med blandning av bränsle har en explosionslast som är 70-100 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl.

Enligt regelverket RID-S /15/ är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på järnväg. Andelen av de organiska peroxiderna på järnvägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid brand eller vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad. Utifrån den nationella statistiken från Trafikanalys utgör dock organiska peroxider en liten andel (< 5 %) av de totala transportmängderna av klass 5.

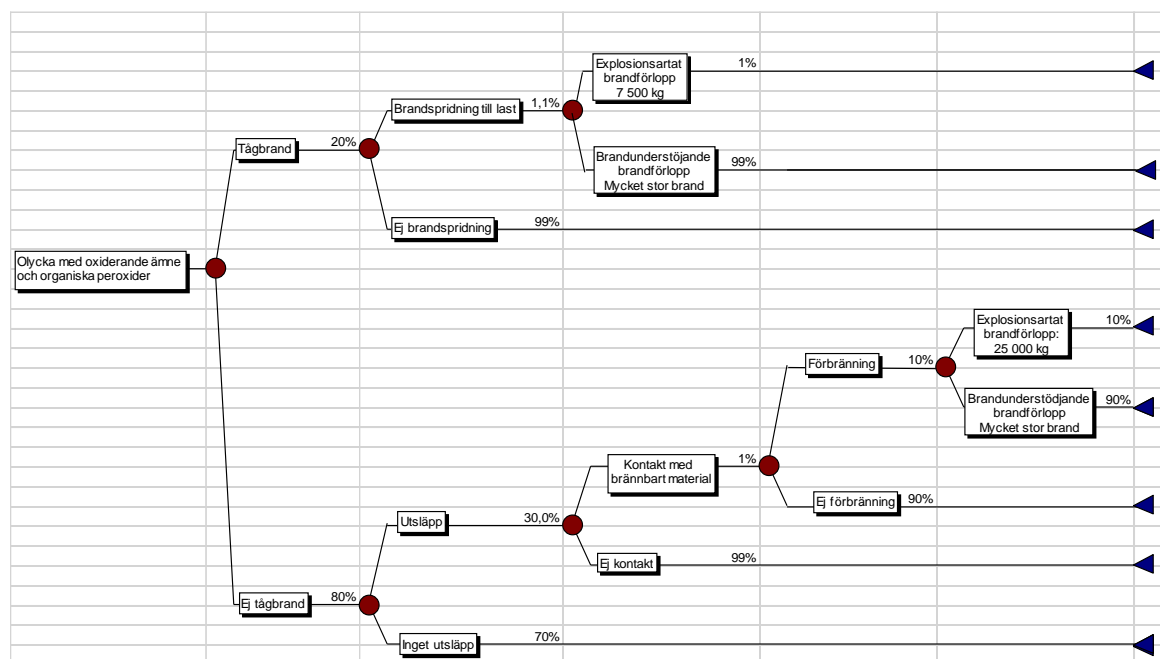
En stor del av den transporterade mängden klass 5-varor som är förknippade med explosionspotential efter förorening är ammoniumnitrat, som utgör ett fast oxiderande ämne (nyttjas vid framställning av sprängämne/emulsionsmatris samt konstgödsel). I utredningen ansätts samtliga klass 5-varor utgöras av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

Enligt regelverket RID-S /15/ är det dock inte tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % av brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolekvivalent) utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen).

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.

I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att 100 % av den totala mängden klass 5 som transporteras på järnvägen utgör ämnen som kan självantända explosionsartat vid brand eller vid förorening med brännbart material.



Figur A.8. Händelseträddiagram olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Tabell A.13. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Frekvens (per år)	
	Prognosår (2 %)	Prognosår (5 %)
Järnvägsolycka med oxiderande ämne (klass 5)	1,1E-05	2,7E-05
Järnvägsolycka utan brand	8,7E-06	2,1E-05
Järnvägsolycka med brand	2,4E-06	6,1E-06
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	2,5E-10	6,0E-10
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	2,7E-10	6,5E-10
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)	2,7E-08	6,5E-08
- P.g.a. tågbrand	2,4E-08	5,9E-08
- P.g.a. förorening av brännbart material	2,4E-09	5,8E-09

7. Beräkningar Tvärbanan

7.1 Inledning

Nedan beräknas bidraget till risknivån från olycksrisker förknippade med spårvägstrafiken för tredje man inom studerat område. Följande olycksrisker studeras:

- Urspårning
- Brand i spårvagn

I avsnitten nedan redovisas beräkningar av frekvenser för respektive olycksrisk.

7.2 Urspårning

En urspårning kan medföra att en eller flera spårvagnar hamnar en bit från spåret. Urspårningen kan leda till skador inom kringliggande område. Huruvida personer skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. Skadeavståndet är bl.a. beroende på spårvagnens hastighet vid urspårningstillfället samt omgivningens utformning.

Frekvensberäkningarna för urspårning utförs utifrån den metodik som redovisas i Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone /9/ avseende beräkning av följande faktorer:

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

$$F_1 = e_r \times d \times Z_d \times 365 \times 10^{-3} \quad \text{där}$$

e_r = urspårningsfrekvens per tågkm

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

Z_d = antal tåg per dygn

I /9/ redovisas urspårningsfrekvens för persontåg ($0,25 \cdot 10^{-8}$ per tågkm) respektive godståg ($2,5 \cdot 10^{-8}$ per tågkm). Dessa värden går inte att rakt av applicerbara på spårväg. Utifrån statistik från Trafikanalys över bantrafikskador /9/ respektive bantrafik /19/ under åren 2000-2014 så görs en grov bedömning av urspårningsfrekvensen för spårväg. Utifrån en jämförelse av antalet urspårningar samt det totala antalet tågkm för järnväg respektive spårväg så uppskattas urspårningsfrekvensen per tågkm för spårväg motsvara ca 40 % av den totala urspårningsfrekvensen per tågkm för järnväg (persontåg + godståg). Om hänsyn tas till ovanstående skillnad i urspårningsfrekvens mellan persontåg och godståg så uppskattas dock urspårningsfrekvensen per tågkm för spårväg vara 2 gånger större än för urspårningsfrekvensen för persontåg. I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att urspårningsfrekvensen för spårväg (e) är 10^{-8} per tågkm (d.v.s. 4 gånger större än för persontåg).

Trafiken på Tvärbanans Kistagren beräknas få 6-minuterstrafik år 2030. Detta motsvarar 150 avgångar i varje riktning och medför således 300 spårvagnspassager per dygn år 2030.

Sannolikheten att urspåret tåg kolliderar med byggnad (P_2) är beroende av tågets hastighet vid urspårningstillfället samt avståndet mellan järnvägsspår och byggnad. Sannolikheten beräknas med följande ekvation:

$$P_2 = \left(\frac{b-a}{b}\right)^2 \times 0,5 \times \frac{c}{d} \quad \text{där}$$

d = se ovan

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

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:

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

Frekvensen för urspårning beräknas för 300 spårvagnar per dygn enligt förutsättningarna ovan. I tabell A.14 nedan redovisas urspårningsfrekvens (F_1), maximalt vinkelrätt avstånd från spåret som vagnen kan hamna (b) samt sannolikhet (P_2) och frekvens (F_2) för att urspårad vagn kolliderar med byggnad eller annan verksamhet. Samtliga dessa faktorer är enligt ovan beroende av tågets hastighet vid urspårningstillfället. Hastighetsbegränsningen på Tvärbanans Kistagren kommer att variera mellan 20 och 80 km/h. För den aktuella sträckan bedöms dock hastigheten maximalt uppgå till ca 40 km/tim på grund hastighetsbegränsning till följd av spår i gatumiljö samt närhet till kurva.

Tabell A.14. Beräknad urspårningsfrekvens (F_1), maximalt vinkelrätt avstånd från spåret som spårvagnen kan hamna (b) samt sannolikhet (P_2) och frekvens (F_2) för att urspårad vagn kolliderar med byggnad eller annan verksamhet beroende på hastighetsbegränsning.

			a	P_2	F_2				a	P_2	F_2
V = 20 km/h	$F_1 = 5,5E-06$ per år	b = 5,2 m	1	26,3%	1,4E-06	V = 30 km/h	$F_1 = 1,2E-05$ per år	b = 6,5 m	1	30,3%	3,7E-06
			2	11,6%	6,4E-07				2	16,6%	2,0E-06
			3	3,8%	2,1E-07				3	7,8%	9,6E-07
			4	0,6%	3,3E-08				4	2,8%	3,5E-07
			5	0,003%	1,4E-10				5	0,6%	7,5E-08
								6	0,02%	2,7E-09	

			a	P ₂	F ₂
V = 40 km/h	F ₁ = 2,2E-05 per år	b = 7,6 m	1	32,8%	7,2E-06
			2	20,0%	4,4E-06
			3	11,10%	2,4E-06
			4	5,33%	1,2E-06
			5	2,01%	4,4E-07
			6	0,47%	1,0E-07
			7	0,03%	5,5E-09

Enligt tabell A.14 är det potentiella konsekvensområdet vid en urspårning beroende av spårvagnens hastighet. Vid hastighet 40 km/h kan urspårningen leda till konsekvenser inom maximalt 7,6 meter från spåret. Sannolikheten för att spårvagnen hamnar så långt från spåret är dock mycket låg, se tabell A.14. Skadeavståndet minskar kraftigt med en minskad hastighet.

Maximal hastighet på aktuell sträcka av Tvärbanan är 50 km/tim men hastigheten förbi planområdet är lägre på grund av den skarpa kurvan som finns inom planområdet.

I /9/ redovisas även ekvation för beräkning av **Sannolikheten att byggnad kollapsar till följd av kollision**. Denna ekvation förutsätter att en urspårning endast riskerar att leda till byggnadskollaps om tåget har en hastighet som överstiger 60 km/h. Ekvationen är baserad på järnvägsvagnar med avseende på vikt m.m. och bedöms inte vara applicerbar på spårvagn (lättare konstruktioner). Troligtvis skulle det krävas en betydligt högre hastighet för byggnadskollaps vid urspårning av spårvagn. Med hänsyn till spårvagnens vikt bedöms dock kollisionskraften vara så stor att lokala byggnadsskador kan inträffa inom det maximala skadeavståndet (b). För riskberäkningarna bedöms det därför vara tillräckligt att beräkna sannolikheten att en spårvagn kolliderar med byggnad.

7.3 Brand i spårvagn

Sannolikheten för en omfattande brand i spårvagn bedöms vara mycket låg. Det har inte identifierats någon statistik över spårvagnsbränder i Sverige. Frekvensen för brand kommer därför att uppskattas grovt utifrån statistik för brand i järnvägsfordon. Enligt statistik från Trafikverket under åren 1997-2006 /13/ avseende olyckskvoten för tågbrand respektive urspårning så bedöms olyckskvoten för tågbrand vara i genomsnitt ca 90 % av olyckskvoten för urspårning. Enligt tidigare antaganden skulle detta innebära ca $0,9 \cdot 10^{-8}$ per tågkm.

För en 1 km lång sträcka av Tvärbanan skulle dessa värden innebära $9,9 \cdot 10^{-4}$ tågbränder per år.

Det är dock en mycket begränsad andel av bränderna som blir så omfattande att de påverkar kringliggande områden. Statistiken i /13/ bygger på alla anmälda tågbränder, vilket även inkluderar rökutveckling. Givet "brand" enligt dessa förutsättningar bedöms sannolikheten för en utvecklad brand som sprids inom vagnen vara låg. Sannolikheten för att förhållandena är sådana att branden leder till en fullt utvecklad brand som motsvarar det dimensionerande brandscenariot enligt ovan bedöms vara mycket låg, uppskattningsvis < 5 % av alla bränder i spårvagn.

För en 1 km lång sträcka av Tvärbanan så uppskattas frekvensen för en fullt utvecklad brand i spårvagn till $4,9 \cdot 10^{-5}$ per år.

8. Känslighetsanalys – del 1

För att studera effekten på risknivån med ett ökat antal transporter på Frösundaleden genomförs beräkningar även för det scenario att alla bensinstationer som identifierats i närområdet (se figur 3.1 i huvudrapporten) får sina leveranser förbi planområdet. Det innebär att antalet transporter med brännbara vätskor förutsätts vara 1 300 per år i stället för 260 per år.

Antalet 1 300 bedöms vara ett betydligt högre antal transporter än vad som faktiskt förekommer på vägen. Jämför t.ex. uppgifterna från OKQ8 vid Ankdammsgatan om antal drivmedelsleveranser. Även den politiska inriktningen generellt innebär att mängden fossila drivmedel minskar, vilket kommer medföra ett minskat antal transporter med klass 3 vätskor på Frösundaleden och andra vägar i regionen.

Beräkningarna genomförs på samma sätt som i avsnitt 2. I tabell A.15 redovisas resultatet av frekvensberäkningarna.

Tabell A.5. Beräknade olycksfrekvenser per år på studerad vägsträcka med ett ökat antal transporter med klass 3.

Skadescenario	Olycksfrekvens 2040
O = Antal förväntade trafikolyckor per år	20,8
O_{Fago} = Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor	4.0E-03
2. Gaser	3,1E-04
3. Brandfarliga vätskor	3,7E-03
8. Frätande ämne	5,7E-06

BILAGA B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Solna Business Park

Uppdragsgivare

Structor

Uppdragsnummer

112720

Datum

2023-04-21

Handläggare

Rosie Kvål

Egenkontroll

RKL 2023-04-21

Internkontroll

LSS 2021-06-22

1. Inledning

I denna bilaga beräknas konsekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom planområdet. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker, vilka förknippas med omgivande riskobjekt:

Olycka vid transport av farligt gods på Frösundaleden

- Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
- Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)
- Läckage av ammoniaklösning (klass 8)

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 och antändning av brännbar vätska (klass 3)
- Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartat självantändning (klass 5)
- Urspårning på Mäljarbanan
- Tågbrand på Mäljarbanan

Olycka på Tvärbanan

- Urspårning
- Brand i spårvagn

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

I riskanalysen används riskmåttan **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. Förutsättningar

2.1 Allmänt om det studerade området

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 områden med planerad ny bebyggelse samt kringliggande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för planalternativet med planerad ny bebyggelse enligt beskrivningen som redovisas i avsnitt 2.1 i huvudrapporten.
- Figur B.1 visar det aktuella området som studeras i denna riskutredning samt dess närmaste omgivning.* I figuren är ungefärlig avgränsning av aktuellt planområde markerat med rött.
- Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka av Frösundaleden samt en sträcka av 1 km av Mäljarbanan. Konsekvensberäkningarna kommer att avgränsas till att studera respektive olycksscenario där de innebär så stora konsekvenser som möjligt med avseende på planerad ny bebyggelse.* I figur B.1 redovisas valda platser för olycka på Frösundaleden respektive Mäljarbanan.
- Det område som beaktas i konsekvensberäkningarna motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier (ca 300 meter radie kring riskkällan med hänsyn tagen till att den avskärmande effekten av ny och befintlig bebyggelse m.m.). Det beaktade området markeras i figur B.1.



Figur B.1. Översiktsbild över aktuellt planområde och dess omgivning.

Mörkgrå markering visar ungefärligt maximalt påverkansområde (ca 300 meter) för olycka på Frösundaleden och Mäljarbanan. Röd markering visar ungefärlig avgränsning av aktuellt planområde. Orangea stjärnor visar antagna placeringar av respektive olycksplats på studerade riskkällor.

*Observera att planområdets omfattning har ändrats sedan samrådet. Beräkningarna har inte justerats utan utgår från tidigare detaljplanegränser. Tidigare avgränsning är i figur B.1 markerad med röd streckad linje

2.2 Övergripande beskrivning av områden för planerad ny bebyggelse

I figur B.1 är aktuellt planområde markerat med rött. I avsnitt 2.1 i huvudrapporten beskrivs planerad ny bebyggelse. Nedan görs en övergripande beskrivning av den planerade nya bebyggelsen som underlag till konsekvensberäkningarna.

Beräkningarna är inte justerade utifrån planområdets nya avgränsning. Den tidigare beskrivningen har därför behållits eftersom den utgör grund för beräkningarna.

2.2.1 Nuläge

Planområdet upptas idag av kontorsverksamhet inom Yrket 3 och 4 samt Fräsaren 10. Söder om den befintliga parken finns idag en markparkering. Även mellan Yrket 3 och 4 finns idag en markparkering. I tabell B.1 redovisas ungefärliga volymer av befintliga kontorsbyggnader.

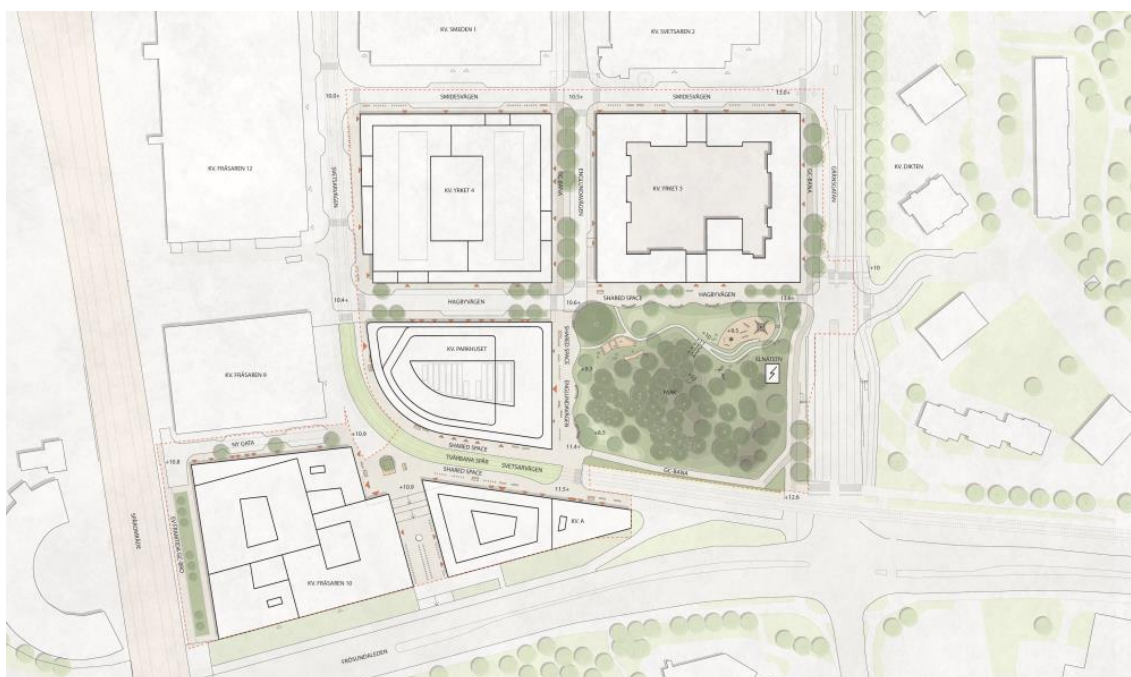
Tabell B.1. Befintlig och planerad bebyggelse inom planområdet.

Fastighet	Befintlig verksamhet	Ungefärlig byggnadsvolym (m ²)
Yrket 3	Kontor i 4 våningar, produktion/lager	7 000
Yrket 4	Kontor i 6 våningar	17 000
Fräsaren 10	Kontor i 4 våningar	16 000
Kvarter A	Obebyggd gräsyta	-
Parkhuset/kvarter B	Markparkering, parkmark	-

2.2.2 Planförslag

Inom planområdet föreslås ny bebyggelse i form av kontor, bostäder och eventuellt hotell. Inom planområdet finns även parkmark. Se omfattning och volymer av planerad bebyggelse i tabell 2.1 i huvudrapporten. Bostäder planeras endast inom fastigheten Yrket 3 (se figur B.2).

Inom planområdet ökar den totala byggnadsvolymen med ca 130 000 kvadratmeter jämfört med nuläget.



Figur B.2. Aktuellt planförslag (enligt samrådsförslaget).

2.3 Kringliggande bebyggelse

Enligt avsnitt 2.1 studeras ett område med ca 300 meters radie kring Frösundaleden och Mälarbanan (se figur B.1). Det motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier.

Inom skadeområdet består bebyggelsen huvudsakligen av bostäder, kontor naturmark och infrastruktur. Bebyggelsen är relativt tät öster om aktuellt planområde och tätare väster om planområdet (se figur B.1).

I samband med utbyggnaden av Mälarbanan har Sundbybergs stad genomfört ett planarbete för centrala Sundbyberg. Detaljplanen medger en relativt tät bebyggelse kring järnvägen som ska förläggas i tunnel genom de centrala delarna. Förbi planområdet kommer järnvägen att läggas i ett tråg. Ny bebyggelse inom planområdet för centrala Sundbyberg ligger utanför det område som studeras (se figur B.1).

Öster om planområdet har Solna stad påbörjat ett planarbete för en överdäckning av Mälarbanan inklusive ny bebyggelse i anslutning till överdäckningen. Delar av detta område ligger inom studerat skadeområde och en tätare bebyggelse inom området är trolig till följd av detaljplanen för överdäckningen. Eftersom ingen detaljplan finns antagen och omfattningen av bebyggelsen är okänd tas ingen höjd för eventuell framtida bebyggelse i anslutning till en eventuell överdäckning av Mälarbanan. I riskanalysen för den detaljplanen kommer riskfrågan utredas och en värdering av risknivån inklusive omgivande områden genomföras.

2.4 Tidpunkt för olycka

Både planerad bebyggelse inom aktuella planområdet och kringliggande bebyggelse bedöms kunna innebära att antalet personer inom det studerade området kan variera relativt kraftigt mellan olika tidpunkter.

Den planerade bebyggelsestrukturen innebär även att avståndet mellan riskkälla och områden där personer vistas stadigvarande (både inomhus och utomhus) varierar över dygnet.

Det skulle kunna identifieras ett otal olika förutsättningar som i sin tur påverkar antalet personer som kan omkomma vid de studerade olycksriskerna. Beräkningarna för respektive olycka avgränsas vidare till tre scenarier, nämligen:

- **Genomsnittligt normaldygn**
 - Dagtid (kl 07-22)
 - 85 % beläggning i kontor, förskola och parkeringsgarage
 - 50 % beläggning utomhus
 - 30 % beläggning i bostäder
 - Nattetid (kl 22-07)
 - 0 % beläggning i kontor, förskola och parkeringsgarage
 - 5 % beläggning utomhus
 - 100 % beläggning i bostäder
- **"Fullsatt område"**
 - 100 % beläggning inom samtliga verksamheter

2.5 Sammanställning

I tabell B.2 redovisas en sammanställning över uppskattat personantal inom studerat möjligt skadeområde. Sammanställning görs för olika tidpunkter på dygnet.

Tabell B.2. Uppskattat personantal inom studerat område (se avgränsning i figur B.1).

Verksamhet	Personantal		
	Dagtid	Nattetid	Fullsatt
Inom planområdet			
Kontor (140 000) <i>1 person per 20 m²</i>	5 681	0	6 683
Bostäder (30 000) <i>1 person per 30 m²</i>	300	1 000	1 000
Ytor utomhus (26 500 m ²) <i>50 personer per hektar</i>	66	7	133
Utanför planområdet			
Bostäder (64 000 m ²) Endast sydost om Frösundaleden <i>1 person per 30 m²</i>	640	2 133	2 133
Kontor (59 500 m ²) Endast nordväst om Frösundaleden <i>1 person per 20 m²</i>	2 529	0	2 975
Parkeringsgarage (22 000 m ²) Endast nordväst om Frösundaleden <i>1 person per 200 m²</i>	95	0	112
Förskola (600 m ²) Del av, sydost om Frösundaleden <i>1 person per 20 m²</i>	26	0	30
Ytor utomhus (181 000 m ²) <i>50 personer per hektar</i>	454	45	908

3. Beräkning av skadeavstånd Frösundaleden

3.1 Klass 2.1 Brännbara Gaser

3.1.1 Metodik

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

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

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 respektive lastbil med gasflaskor (totalt 20 ton) . Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol. I tabell B.3 redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B.3. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

Faktor	Tankbil	Gasolflaska
Lagringstemperatur	15°C	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C	7 bar övertryck vid 15°C
Tankdiameter	2,0 m	0,3 m
Tanklängd	18 m	0,5 m
Tankfyllnadsgrad	80 %	80 %
Tankens tomma vikt	50 000 kg	10 kg
Designtryck	15 bar övertryck	10 bar övertryck
Bristningstryck	4 x designtrycket	4 x designtrycket
Lufttryck	760 mmHg	760 mmHg
Väder	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
Omgivning	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar /1/:

	Tankbil	Gasflaskor
• Litet utsläpp:	0,09 kg/s	3,3 kg/s (avslagen flaskventil på en flaska)
• Medelstort utsläpp:	0,9 kg/s	
• Stort utsläpp:	17,8 kg/s	16,5 kg/s (avslagen flaskventil på 5 flaskor)

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.

3.1.2 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.

/1/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Utomhus: I tabell B.6 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /3/ 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 % vid olycka med tankbil och 25 % vid olycka med gasflaskor.

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 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område där värmestrålningen kan leda till 2:a gradens brännskada omkommer.

3.1.3 Resultat

I tabell B.4 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

Vid tät bebyggelsestruktur eller höga avskärmande barriärer så reduceras spridningen av gaser och det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att bebyggelsestrukturen inom det aktuella området medför att skadeavståndet reduceras med minst 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Gasol**. Inom kringliggande områden uppskattas bebyggelsestrukturen reducera tryck och impulstäthet med minst 50 %. Detta beaktas i de fortsatta konsekvensberäkningarna avseende skadeområden och uppskattat antal omkomna. I tabell B.4 redovisas därför även skadeavstånden vid framförliggande skyddande bebyggelse.

Tabell B.4. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse ca 50-75 % reduktion	
		bredd	längd	bredd	längd
Tankbil					
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	5-10
	50 % utomhus	15	15	15	5-10
Medelstor gasmolnexplosion	5 % inomhus	50	70	50	20-35
	50 % utomhus	50	70	50	20-35
Stor jetflamma	5 % inomhus	60	55	60	15-30
	50 % utomhus	60	55	60	15-30
Stor gasmolnexplosion	5 % inomhus	215	185	215	45-90
	50 % utomhus	215	185	215	45-90
BLEVE	5 % inomhus	440	220	440	55-110
	50 % utomhus	440	220	440	55-110
Gasflaskor					
Liten jetflamma	5 % inomhus	24	24	24	5-15
	50 % utomhus	24	24	24	5-15

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse ca 50-75 % reduktion	
		bredd	längd	bredd	längd
Liten gasmolnexplosion	5 % inomhus	85	45	85	10-25
	50 % utomhus	85	45	85	10-25
Stor jetflamma	5 % inomhus	55	55	55	15-30
	50 % utomhus	55	55	55	15-30
Stor gasmolnexplosion	5 % inomhus	95	60	95	15-30
	50 % utomhus	95	60	95	15-30
Exploderande gasflaskor	5 % inomhus	30	15	30	5-10
	50 % utomhus	30	15	30	5-10

3.2 Klass 3. Brandfarliga vätskor

3.2.1 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. Konsekvensberäkningar utförs för följande pölbrandscenarier:

- Liten pölbrand: 50 m²
- Medelstor pölbrand: 200 m²
- Stor pölbrand: 400 m²
- Tankbilsbrand ca 300 MW /2/ (antas grovt motsvara stor pölbrand, exkl. pölradi)

Beräkningarna av den infallande värmestrålning som analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar:

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /3/.

Flamhöjd (H_F) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /4/: $H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D$

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 3$.

/2/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

/3/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/4/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

Utfallande strålning (I_0) – Den utfallande strålningen (kW/m^2) 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 flammzonen 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 /5/: $I_0 = 58 \cdot 10^{-0,00823D}$

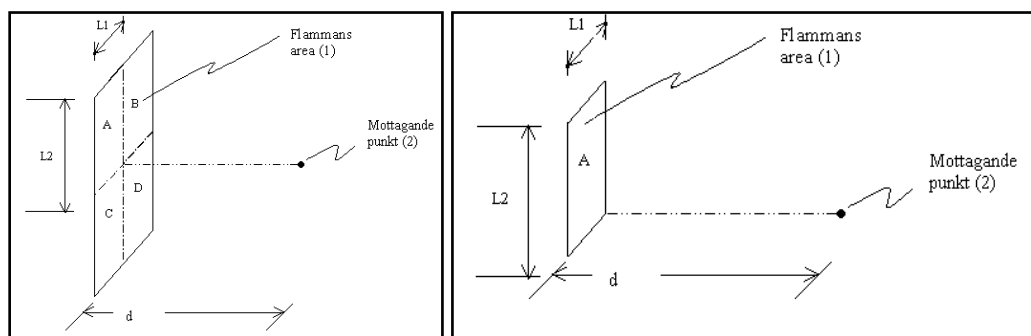
Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.2). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden 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 /6/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

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.2.



Figur B.2. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /7/:

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

$X = \frac{L_1}{d}$ och $Y = \frac{L_2}{d}$ enligt figur B.3.

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 beräknats för de olika pölbrandscenarierna (se tabell B.5).

/5/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

/6/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

/7/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

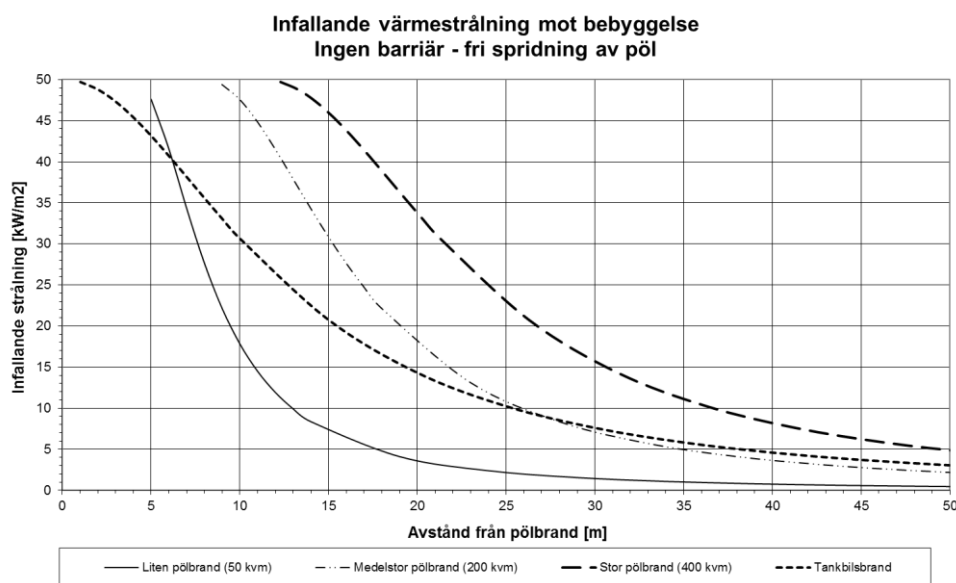
Tabell B.5. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

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)
Liten pölbrand	50	50 000	8,0	8,0	49,8
Medelstor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Stor pölbrand / Tankbilsbrand	400	400 000	22,6	22,6	37,7

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.3 (cirkulär brand utan barriär). Strålningen har beräknats på halva flammans höjd.

Enligt tabell B.3 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större pölbränder. 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.

I figur B.3 beaktas även pölarnas radie (ej för scenariot tankbilsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.



Figur B.3. Infallande strålning som funktion av avståndet från cirkulär pölbrand respektive tankbilsbrand vid fri spridning utan avskärmande barriär.

3.2.2 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.

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 /8/ 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 pölbranden 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 uppgifter avseende effekten av olika strålningsnivåer beroende på varaktighet /1, 3/. Outhärdlig smärta kan uppnås vid mycket kortvarig bestrålning (< 5-10 sekunder) med strålningsnivåer över 20 kW/m². Vid bestrålning under 1 minut innebär denna strålningsnivå även mycket hög sannolikhet för andra gradens brännskada.

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

3.2.3 Resultat

I tabell B.6 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario utifrån figur B.3.

Tabell B.6. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
		Oskyddad bebyggelse
Liten pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	11
	100 % <i>utomhus</i>	7
	50 % <i>utomhus</i>	11
	5 % <i>utomhus</i>	13
Medelstor pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	22
	100 % <i>utomhus</i>	13
	50 % <i>utomhus</i>	22
	5 % <i>utomhus</i>	25
Stor pölbrand	5 % <i>inomhus</i>	30
	100 % <i>utomhus</i>	18
	50 % <i>utomhus</i>	30
	5 % <i>utomhus</i>	36
Tankbilsbrand	5 % <i>inomhus</i>	20
	100 % <i>utomhus</i>	7
	50 % <i>utomhus</i>	20
	5 % <i>utomhus</i>	25

/8/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

3.3 Klass 8. Frätande ämne (ammoniaklösning)

3.3.1 Metodik

Ammoniaklösning med koncentrationen 24,5 % transporteras i tankbilar. Vid ett läckage av vätska kan giftiga ammoniakångor avgå och spridas med vinden. Mängden som avdunstar är beroende av temperatur och vindförhållanden.

Ammoniak är en färglös giftig gas med en starkt stickande lukt och redan mycket små mängder kan påverka människors hälsa allvarligt.

Flera faktorer påverkar hur långt dödliga doser av den giftiga gasen sprids. Några faktorer är utsläppets storlek, väderförhållanden och områdets utformning.

Spridningsberäkningar genomförs med programmet **ALOHA version 5.4.7**. Det har varit nödvändigt att genomföra ett antal antaganden, dessa redovisas nedan:

- Beräkningarna utgår från en koncentration på 25 % ammoniak.
- Tankbilen är indelad i sektioner om 8 m³ vardera. Bedömningen är att endast en sektion skadas vid en olycka och att hälften av innehållet läcker ut (resten ligger lägre än läckagehålet).
- Yta på ammoniakpöl sätts till 80 m². Totalt utläckt mängd sätts till 4 m³, vilket utgör hälften av ett fack i tankbilen.
- Vindhastighet förutsätts vara 3 m/s
- Temperatur sätts till 15°C

3.3.2 Bedömningskriterier

Vid simulering av gasutsläpp med **ALOHA 5.4.7** 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.

Spridningsberäkningarna redovisar gränsvärden utifrån Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemicals (AEGL). AEGL redovisar tre olika nivåer utifrån toxikologisk effekt på människor.

- **AEGL-1** definieras som den luftburna koncentrationen av ett ämne över vilken man beräknat att den allmänna befolkningen, inklusive känsliga individer, kan uppleva besvär, irritation eller vissa effekter som inte ger symtom. Effekterna är dock övergående och påverkar inte personens förmåga att agera.
- **AEGL-2** är den luftburna koncentrationen av ett ämne över vilken man beräknat att den allmänna befolkningen, inklusive känsliga individer, kan få irreversibla eller andra allvarliga och långvariga hälsoeffekter eller en nedsatt förmåga att fly från exponeringen.
- **AEGL-3** är den luftburna koncentrationen av ett ämne över vilken man beräknat att den allmänna befolkning, inklusive känsliga individer, kan drabbas av livshotande hälsoeffekter eller död.

Även brännbarhetsområde av gasmoln samt område där explosiv blandning kan uppstå har beräknats.

En grov uppskattning är att av de som utsätts för nivåer motsvarande AEGL-3 omkommer 5 % av de som vistas inomhus och 50 % av de som vistas utomhus.

3.3.3 Resultat

Resultatet av genomförda spridningsberäkningar efter 60 minuter redovisas i tabell B.7 nedan.

Tabell B.7. Resultatet av spridningsberäkningar.

Scenario	Utbredning i meter (längd x bredd)		
	Giftighet	Brännbar gas-blandning	Konsekvensområde explosion
Kollision	AEGL-3: 40 x 40 AEGL-2: 135 x 20 AEGL-1: 320 x 45	< 10	Ingen del av molnet är över nedre explosionsgränsen (LEL) under hela förloppet.

4. Beräkning av skadeavstånd Mälarbanan

4.1 Urspårning

4.1.1 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 tågsvagn. 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 i nivå med omgivningen i dagsläget, men järnvägen planeras att förläggas i tråg i samband med utbyggnaden till fyra spår.

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.

Konsekvensberäkningarna omfattar följande skadescenarier:

- 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)

4.1.2 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.

4.1.3 Resultat

I tabell B.8 redovisas de maximala skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt bilaga A är dock 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 dim. scenario, max).

Tabell B.8. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid urspårning.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeområde (m)	
		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%	320	8
Utomhus	100%	320	8
Urspårning godståg, dim.scenario max			
Inomhus	50%	320	16
Utomhus	100%	320	16
Urspårning godståg, worst case scenario			
Inomhus	50%	320	30
Utomhus	100%	320	30

4.2 Brand i godståg

4.2.1 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 cirka 100 MW och en mycket stor godsbrand uppskattas motsvara cirka 200 MW.

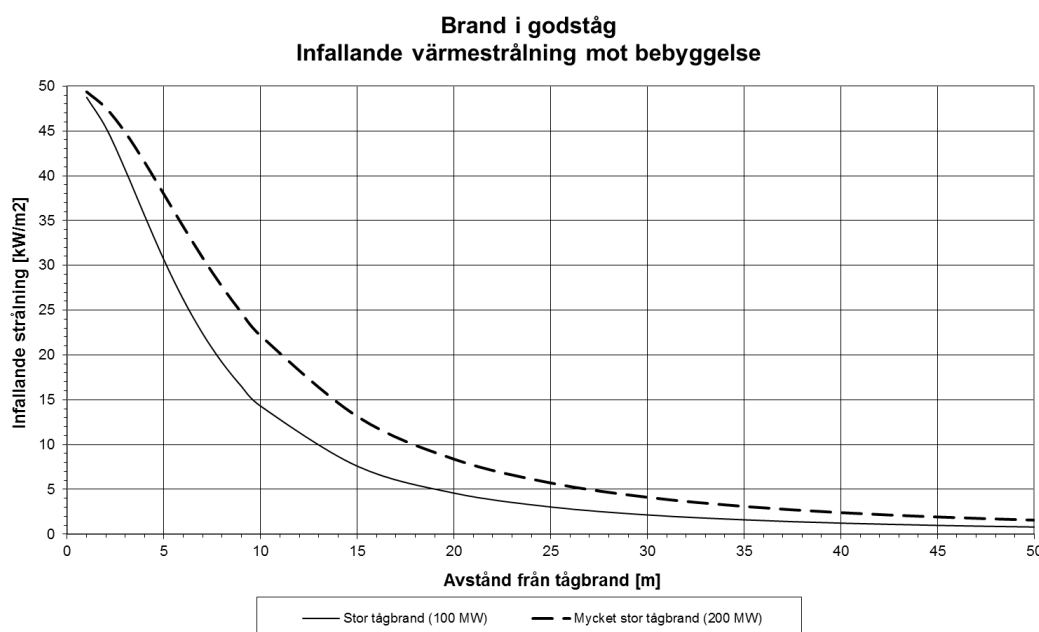
Beräkningarna av den infallande värmestrålningen som det analyserade området utsätts för i händelse av en olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar enligt beskrivning i avsnitt 3.2.1.

Utifrån beskriven metodik har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden för de olika scenarierna (se tabell B.9).

Tabell B.9. 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_o (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.4. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. Enligt tabell B.6 sjunker den utfallande strålningen med brandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större bränder. Soten och röken döljer själva flammans 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.



Figur B.4. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i godståg.

4.2.2 Bedömningskriterier

I avsnitt 3.2.2 redovisas bedömningskriterier avseende pölbrand. Motsvarande bedömningskriterier är tillämpbara vid en tågbrand.

4.2.3 Resultat

I tabell B.10 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Tabell B.10. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid brand i godståg.

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

4.3 Olycka med farligt gods

4.3.1 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 utredningsområdet. Konsekvensberäkningarna omfattar fyra skadescenarier utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A:

- 500 kg (transporter med < 500 kg)
- 2000 kg (transporter med 700-2 000 kg)
- 25000 kg (transporter vid >4000 kg)

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner* /9/. 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:

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

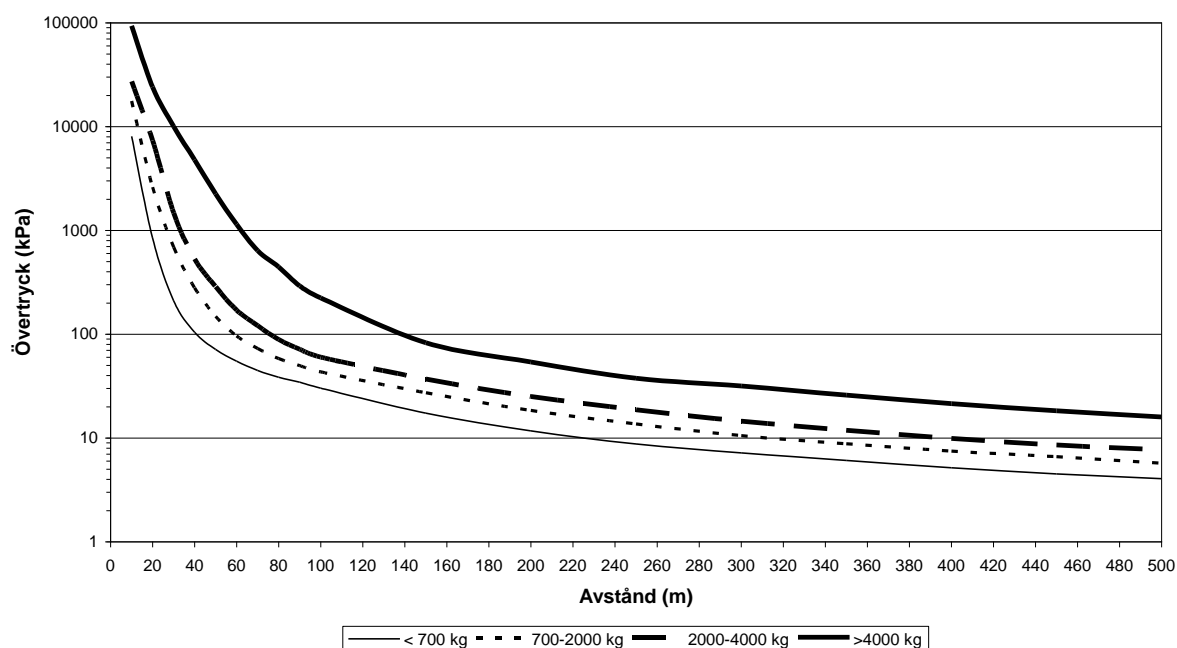
/9/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenerierna. I figur B.5 och figur B.6 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.

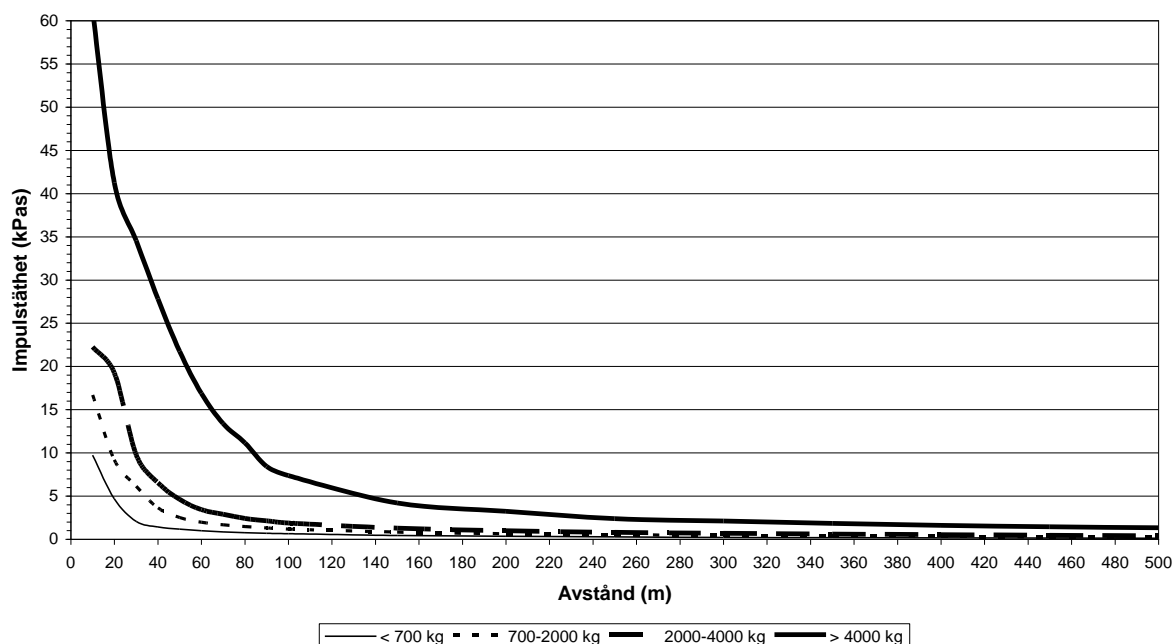
Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

Explosionens varaktighet t_+ beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel /9/:

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



Figur B.5. Max övertryck som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.



Figur B.6. 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 karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.11 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /9/.

Tabell B.11. 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.5 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.5 respektive figur B.6. 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 /10/:

- | | | | |
|----------------|---------|----------------|---------|
| • 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 avsnittet nedan uppskattas innebära följande sannolikhet för att omkomma:

- | | |
|--------------|-------|
| • 500 kg: | 10 % |
| • 2 000 kg: | 25 % |
| • 25 000 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.

Byggnadsdelarna har delats upp på bärande byggnadsdelar och icke bärande lätta respektive medeltunga byggnadsdelar. De infallande tryck som redovisas i figur B.5 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.5 respektive figur B.6.

I tabell B.12 redovisas skadeavstånden för dels icke skyddad bebyggelse och dels skyddad bebyggelse.

Observera att det dimensionerande skadescenariot med massexplosiva ämnen medför konsekvenser på båda sidor om järnvägen.

Tabell B.12. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
500 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	20	< 20
	15 % <i>inomhus</i>	80	< 30
	10 % <i>utomhus</i>	30	< 30
2 000 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	35	30
	15 % <i>inomhus</i>	175	100
	50 % <i>utomhus</i>	50	30
25 000 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	90	60
	15 % <i>inomhus</i>	600	200
	100 % <i>utomhus</i>	100	70

4.3.2 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
- *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.

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.

Nedan redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

- 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 /1/:

- 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
Se avsnitt 3.1.2.

Resultat

I tabell B.13 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

Beräkningarna i **Gasol** utgår från fri spridning av gas och tar ingen hänsyn till framförliggande 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 reduktion.

Observera att eftersom skadeområdena för respektive skadescenario, förutom för BLEVE, är plymformade och beroende av vindriktningen så bedöms scenarierna endast medföra konsekvenser på en sida av järnvägen. Scenariot BLEVE medför däremot konsekvenser på båda sidor om järnvägen.

Tabell B.13. 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 50 % utomhus	6	5	6	5
Liten gasmolnsexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	2	5	2	5
Stor jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	50	45	50	25
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	165	145	165	75
BLEVE	5 % inomhus 50 % utomhus	530	265	530	135

4.3.3 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**.

Nedan redovisas den indata som anges i **Spridning i Luft 1.2** med avseende på tankutformning, omgivningsstruktur och väder etc.

- 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, utsläppsscenarier 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 järnvägen.

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. Observera att eftersom skadeområdena för respektive skadeområde är plymformade och beroende av vindriktningen så bedöms scenarierna endast medföra konsekvenser på en sida av järnvägen.

Resultat

I tabell B.14 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 framförliggande 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 framförliggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs inget reducering.

Tabell B.14. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadesscenario	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	4	10	0	0	4	10
	50%	0	0	20	30	0	0	20	15
	5%	4	15	30	50	4	15	30	25
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	20	50	140	250	20	25	140	125
	50%	80	260	240	370	80	130	240	185
	5%	190	345	360	430	190	172,5	360	215

4.3.4 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 järnvägen 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 /11/. Det krävs relativt små lutningar för att vätska 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: 100 m²
- Stor pölbrand: 200 m²
- Godsvagnsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW (effekten motsvarar det värde som anges i /2/ för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

Beräkningsmetodiken följer den som redovisas i avsnitt 4.2.1. Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.15).

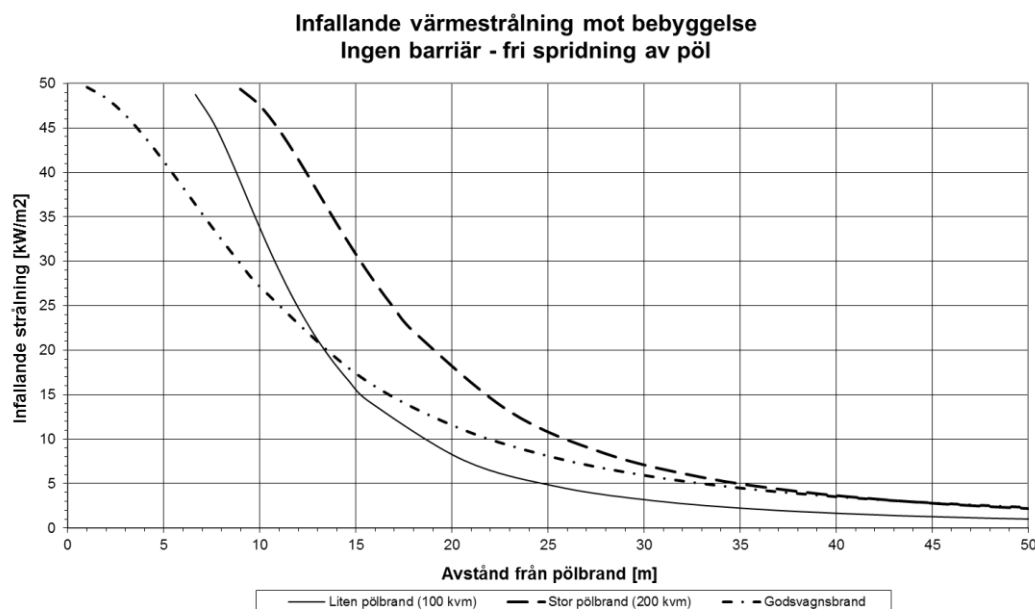
/11/ Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensin i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998

Tabell B.15. 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_o (kW/m ²)
Liten 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.7. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I diagrammen beaktas även pölarnas radie (ej för scenariot godsvagnsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.

Enligt tabell B.15 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.7. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand inkl. pölradie.

Bedömningskriterier
Se avsnitt 3.2.2.

Resultat

I tabell B.16 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario utifrån figur B.7 ovan.

Tabell B.16. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

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

4.3.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Metodik

En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till något följdscenario som innebär allvarliga personskador. Det finns dock ämnen inom denna farligt godsclass 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 /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).

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 ej underskatta konsekvenserna av det aktuella skadescenariot kommer konsekvensberäkningarna att utgå från de beräkningar som redovisas i avsnitt 4.3.1 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 4.3.1*.

Resultat

I tabell B.17 redovisas skadeavstånden för skadescenario med ämne ur klass 5.

Tabell B.17. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (m)
Dimensionerande scenario (motsvarar 7 500 kg ekvivalent trotyl)	100 % inomhus	60
	15 % inomhus	400
	50 % utomhus	75
Worst case scenario (motsvarar 25 000 kg ekvivalent trotyl)	100 % inomhus	90
	15 % inomhus	600
	100 % utomhus	100
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarar stor pölbrand)	5 % inomhus	17
	100 % inomhus	7
	15 % inomhus	17
	100 % utomhus	22

5. Beräkning av skadeavstånd Tvärbanan

5.1 Urspårning

I /13/ redovisas även ekvation för beräkning av **Sannolikheten att byggnad kollapsar till följd av kollision**. Denna ekvation förutsätter att en urspårning endast riskerar att leda till byggnadskollaps om tåget har en hastighet som överstiger 60 km/h. Ekvationen är baserad på järnvägsvagnar med avseende på vikt m.m. och bedöms inte vara applicerbar på spårvagn (lättare konstruktioner). Troligtvis skulle det krävas en ännu högre hastighet för byggnadskollaps vid urspårning av spårvagn. Med hänsyn till spårvagnens vikt bedöms dock kollisionskraften vara så stor att lokala byggnadsskador kan inträffa inom det maximala skadeavståndet. Inga betydande skador på människor inomhus bedöms utifrån ovanstående uppkomma i samband med en urspårning. Människor som befinner sig utomhus inom det område där den urspårade vagnen hamnar bedöms kunna skadas allvarligt. Inga dödsfall bedöms uppkomma till följd av en urspårad spårvagn.

5.2 Brand i spårvagn

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

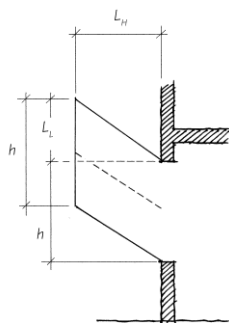
Med hänsyn till resenärernas säkerhet så följer utformningen av spårvagnar strikta regler för att reducera risken för omfattande bränder. Reglerna omfattar brandkrav som syftar till att förhindra både antändning och brandspridning i spårvagnen. Detta innebär att sannolikheten för en fullt utvecklade spårvagnsbrand är mycket låg. I tidigare utredningar avseende utbyggnaden av Tvärbanan bedöms en fullt utvecklade spårvagnsbrand kunna uppnå en maximal brandeffekt på ca 15 MW. Den maximala brandeffekten baseras på fullskaleförsöken från EUREKA. Detta motsvarar ungefär brand i en buss /2/.

Konsekvenserna för brand i spårvagn beräknas utifrån nedanstående metodik. Beräkningarna omfattar beräkning av den infallande värmestrålningen mot kringliggande områden och en bedömning av hur detta påverkar bebyggelse och personer.

5.2.1 Flamstorlek

Samtliga fönster i tåget antas gå sönder till följd av branden varför flammor ut genom fönstret har beräknats med formel för fönsterflamma (drag) enligt figur B.8 nedan.

/13/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002



Figur B.8. Flamma ut genom fönster vid drag.

Nedanstående formler har använts i beräkningarna /3/:

Flamhöjd (m):
$$L_L = 1,366 \times \left(\frac{1}{u}\right)^{0,43} \times \left(\frac{\dot{Q}}{\sqrt{A_v}}\right) - h$$

Flammans horisontella projektion (m):
$$L_H = 0,605 \times \left(\frac{u^2}{h}\right)^{0,22} \times (L_L + h)$$

Flammans bredd (m):
$$w_f = w + 0,4 \times L_H$$

där

\dot{Q} = utvecklad effekt (MW), max 15 MW enligt ovan.

u = vindhastighet (m/s), antas till 1 m/s, vilket ger en konservativ flamhöjd

A_v = Tågets totala fönsteröppningsarea (m²), sammanlagt 15 m² för spårvagn (en sida).

h = fönstrets höjd (m), ca 1 m

w = fönstrets bredd (m), ca 1 m per fönster, sammanlagt ca 15 m per spårvagnssida

Med ovanstående förutsättningar så erhålls följande värden:

$L_L = 4,3 \text{ m}$ mätt från undersida fönster blir höjden på den totala strålände ytan ca 5 m.

$L_H = 3,2 \text{ m}$

$w_f = 2,3 \text{ m}$ per fönster, totalt per spårvagnssida blir $w_f = 16,3 \text{ m}$

5.2.2 Flamtemperatur

Medelflamtemperaturen T_f antas vara 800°C (1073 K). Detta utgår från uppmätta temperaturer vid fullskaleförsök. Bakgrundsstrålning från tåget har också beaktats.

5.2.3 Värmestrålning

Den utfallande värmestrålningen, E , (kW/m²) är beroende av flamtemperatur och den brinnande massans emissionstal. Emissionstalet, det vill säga materialets förmåga att avge värmeenergi, är beroende av materialets temperatur och egenskaper, särskilt vid ytan.

Värmestrålningen beräknas enligt följande ekvation:

$$E = \varepsilon \times \sigma \times T_f^4$$
 där:

ε = Emissionstal [-], ansätts konservativt till 1,0

σ = Stefan-Boltzmanns konstant = $5,67 \times 10^{-11}$ kW/m²K⁴

T_f = Flammans temperatur [K], 1073 K enligt ovan.

Med ovanstående förutsättningar så erhålls följande värde:

$$E = 75 \text{ kW/m}^2$$

Den infallande strålningen, E_p utgår från flammans emitterade strålning samt synfaktorn och beräknas genom:

$$E_p = F \times E \quad \text{där}$$

F = Synfaktorn (-), som anger hur stor andel av den emitterade strålningen som når den mottagande punkten eller ytan (se figur B.9).

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 flammen i själva verket normalt smalnar av väsentligt upp till. Synfaktorn mellan flammen och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt:

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

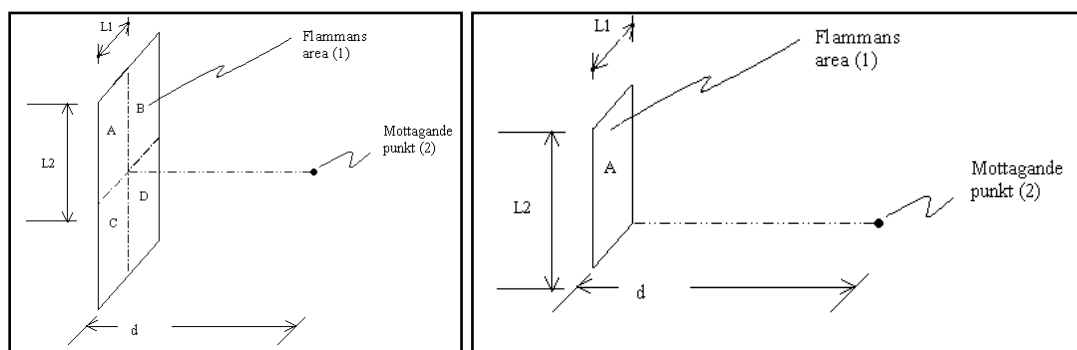
där $F_{A1,2}$ beräknas enligt följande ekvation:

$$F_{A1,2} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right)$$

där:

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt figur B.9.}$$

$F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas på samma sätt för dess mått.



Figur B.9. Synfaktor.

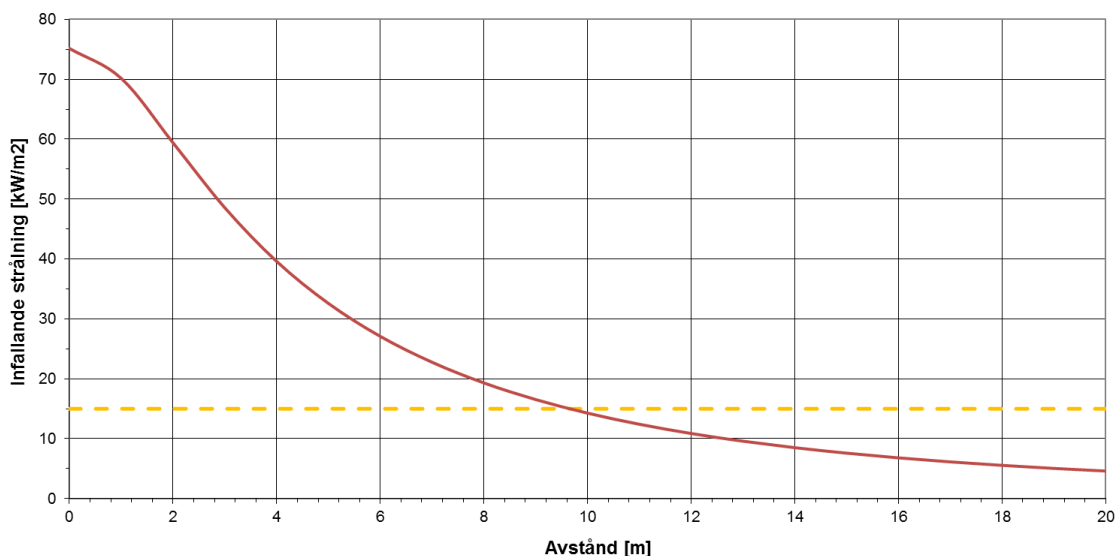
5.2.4 Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.2.2 för värmestrålningens påverkan på människor.

För att branden ska spridas till intilliggande bebyggelse krävs ett långvarigt brandförlopp med en relativt hög infallande värmestrålning mot byggnaderna. Kritisk strålningsnivå för brandspridning till byggnader ansätts enligt riktlinjer från Boverket /8/ till 15 kW/m^2 om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas.

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.10. I figuren redovisas även nivån för kritisk värmestrålning.

Brand i spårvagn (15 MW)



Figur B.10. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i spårvagn (15 MW).

Enligt figur B.10 kan en brand i spårvagn (maximal brandeffekt) innebära brandspridning till kringliggande bebyggelse inom ca 9-10 meter från spårvägen. Inom detta avstånd riskerar även personer som vistas oskyddade utomhus att skadas allvarligt. På avstånd över 9-10 meter föreligger inte risk för brandspridning.

Några dödsfall till följd av scenariot bedöms dock inte uppkomma med hänsyn till varseblivningstiden och möjligheten för människor att sätta sig i säkerhet. Det är endast kontorsbyggnader som ligger så nära som 7 meter. Bostäderna ligger betydligt längre från spåret.

6. Beräkning av antal omkomna

I tabell B.18-B.19 redovisas beräknat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2) inom det studerade området (aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse).

Tabell B.18. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka med farligt gods på Frösundaleden.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna		
	Planalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 2.1 Brännbar gas Tankbil			
Liten jetflamma	0	0	0
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område			
Liten gasmolnsexplosion	0	0	0
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område			
Medelstor jetflamma	0	0	0
Normaldygn - dag	0	0	0

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna		
	Planalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område			
Medelstor gasmolnsexplosion	2	0	3
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	3	1	4
Fullsatt område			
Stor jetflamma	1	0	2
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	2	0	2
Fullsatt område			
Stor gasmolnsexplosion	50	6	56
Normaldygn - dag	9	1	9
Normaldygn - natt	65	11	76
Fullsatt område			
BLEVE	42	9	51
Normaldygn - dag	7	1	8
Normaldygn - natt	54	18	72
Fullsatt område	0	0	0
Klass 2.1 Brännbar gas Flaskor			
Liten jetflamma			
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0
Liten gasmolnsexplosion			
Normaldygn - dag	1	0	1
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	1	0	1
Stor jetflamma			
Normaldygn - dag	1	0	1
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	2	0	2
Stor gasmolnsexplosion			
Normaldygn - dag	3	0	3
Normaldygn - natt	1	0	1
Fullsatt område	4	1	5
Exploderande gasflaskor			
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0
Klass 3 Brandfarlig vätska			
Liten pölbrand	0	0	0

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna		
	Planalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område			
Medelstor pölbrand	0	0	0
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område			
Stor pölbrand	0	0	0
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område			
Tankbilsbrand	0	0	0
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0
Klass 8 Läckage av ammoniaklösning			
Normaldygn - dag	7	1	8
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	8	1	9

Tabell B.19. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka med farligt gods på Mälardalen.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna		
	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspärning			
Urspärning persontåg, dim.scenario min			
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0
Urspärning persontåg, dim.scenario max			
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0
Urspärning persontåg, worst case scenario			
Normaldygn - dag	5	0	6
Normaldygn - natt	1	0	1
Fullsatt område	7	1	8
Urspärning godståg, dim.scenario min			
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna		
	Inomhus	Utomhus	Totalt
Urspårning godståg, dim.scenario max			
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0
Urspårning godståg, worst case scenario			
<i>Normaldygn - dag</i>	5	0	6
<i>Normaldygn - natt</i>	1	0	1
<i>Fullsatt område</i>	7	1	8
2. Brand i godståg			
Stor tågbrand (100 MW)			
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)			
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0
3. Olycka vid transport av farligt gods			
Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen			
500 kg masseexplosion			
<i>Normaldygn - dag</i>	29	0	29
<i>Normaldygn - natt</i>	5	0	5
<i>Fullsatt område</i>	38	0	38
2 000 kg masseexplosion			
<i>Normaldygn - dag</i>	253	2	255
<i>Normaldygn - natt</i>	41	0	41
<i>Fullsatt område</i>	324	4	328
25 000 kg masseexplosion			
<i>Normaldygn - dag</i>	1342	17	1358
<i>Normaldygn - natt</i>	217	2	219
<i>Fullsatt område</i>	1719	33	1753
Klass 2.1 Brännbar gas			
Liten jetflamma			
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0
Liten gasmolnsexplosion			
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna		
	Inomhus	Utomhus	Totalt
Stor jetflamma			
Normaldygn - dag	7	1	9
Normaldygn - natt	1	0	1
Fullsatt område	9	3	12
Stor gasmolnsexplosion			
Normaldygn - dag	62	9	71
Normaldygn - natt	11	1	12
Fullsatt område	80	18	98
BLEVE			
Normaldygn - dag	311	77	388
Normaldygn - natt	55	8	63
Fullsatt område	402	154	556
Klass 2.3 Giftig gas			
Litet utsläpp			
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1
Stort utsläpp			
Normaldygn - dag	660	44	703
Normaldygn - natt	113	5	118
Fullsatt område	849	88	937
Klass 3 Brandfarlig vätska			
Liten pölbrand			
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0
Stor pölbrand			
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0
Godsvagnsbrand			
Normaldygn - dag	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0
Klass 5 Oxiderande ämnen			
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)			
Normaldygn - dag	414	1	414
Normaldygn - natt	58	0	58

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna		
	Inomhus	Utomhus	Totalt
<i>Fullsatt område</i>	525	1	526
Explosionsartad brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)			
<i>Normaldygn - dag</i>	1342	17	1358
<i>Normaldygn - natt</i>	217	2	219
<i>Fullsatt område</i>	1719	33	1753
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)			
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0
Klass 8 Läckage av ammoniaklösning			
<i>Normaldygn - dag</i>	0	1	1
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	1	1

7. Känslighetsanalys – del 2

Med syfte att studera påverkan på risknivån vid variationer indata har en känslighetsanalys genomförts. Denna undersöker påverkan på risknivån vid en ökning av personantalet utomhus. Som indata används 50 personer per hektar. Detta värde har i känslighetsanalysen ökat till 200 personer per hektar, dvs. 0,02 personer per kvadratmeter eller 1 person per 50 kvadratmeter.

Beräkningarna är genomförda i enlighet med vad som redovisas i denna rapport.

Samhällsrisckurvan med det ökade personantalet redovisas i huvudrapporten, avsnitt 5.6.2.

BILAGA C – Räddningstjänstens insatsmöjlighet

Uppdragsnamn

Solna Business Park

Uppdragsgivare

Structor

Uppdragsnummer

112720

Datum

2023-04-21

Handläggare

Rosie Kvål

Egenkontroll

RKL 2023-04-21

Internkontroll

LSS 2021-06-20

1. Inledning

Följande avsnitt avser att beskriva förutsättningar för räddningstjänstens insats inom planområdet samt hur planerad utformning beaktar dessa.

2. Räddningsväg

Räddningsväg och uppställningsplats ska utformas vad avser exempelvis fri höjd, marklutning, bredd, svängradie och bärighet så att räddningstjänstens större fordon kan ta sig fram.

Om gatunätet eller motsvarande inte ger åtkomlighet ska särskild räddningsväg anordnas som ger god framkomlighet. Räddningsväg ska vara skyltad och ha uppställningsplatser för erforderliga fordon.

Räddningsväg ska vara utformad enligt följande:

- körbanebredd minst 3,0 m och vertikalradien minst 50 m
- svängradie minst 7 m
- fri höjd minst 4,0 m
- fri portalbredd minst 3,5 m (gäller även vid passage av utstickande byggnadsdelar, träd, buskar eller andra sidohinder)
- tåla axeltrycket 100 kN
- hårdgjort ytlager
- högsta längslutning om 8 % och högsta tvärfall om 2 % samt
- vinterväghållas

3. Uppställningsplats

Notera att räddningstjänsten ej faller stege över elledningar såsom tvärbanan.

3.1 Uppställningsplats för stegutrymning med höjdfordon

Uppställningsplats för räddningstjänstens höjdfordon ska vara utformad enligt följande:

- minst 5 m bred och minst 12 m lång
- placeras utanför ytterkanten av de balkonger eller fönster som ska kunna nås med höjdfordon
- avståndet får inte överstiga 9 m räknat från uppställningsplatsens kant till ytterkant balkong eller fönster som ska kunna nås med höjdfordon
- inte ha större lutning än 8,5 % i någon riktning
- tåla axeltrycket 100 kN
- vinterväghållas
- det ska vara möjligt att komma till platsen utan att behöva backa fordonet. Däremot kan det accepteras att höjdfordonet får backa ut från uppställningsplatsen
- stegen eller hävaren ska kunna resas till avsedd angreppspunkt utan att hindras av utskjutande byggnadsdelar, träd eller dylikt

3.2 Upptällningsplats för bärbar stege

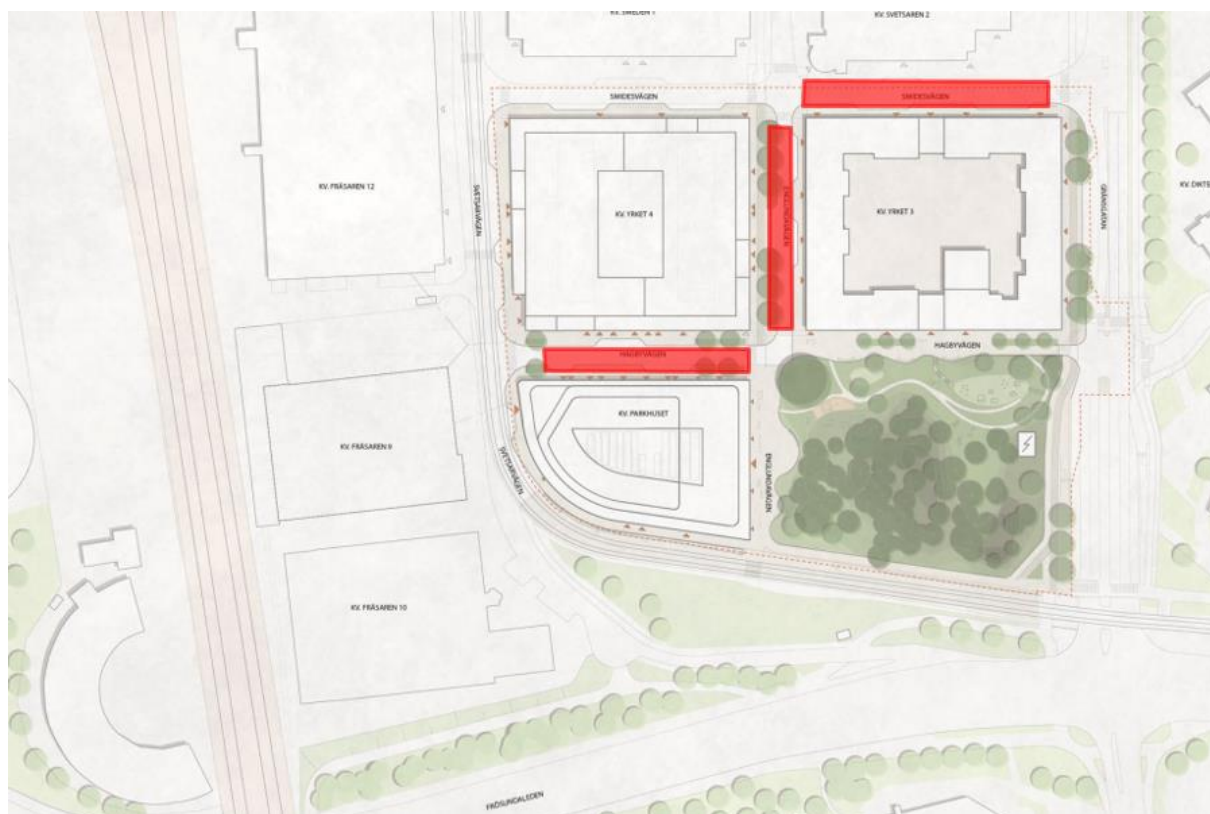
Utanför fönster eller balkong där bärbar stege är tänkt att användas ska marken anpassas för utrymning.

Avståndet mellan räddningsfordonens upptällningsplats och upptällningsplats för bärbar stege ska understiga 50 m.

Upptällningsplatser för bärbar stege ska vara utformade enligt följande:

- en plan markyta (max. ca 10° sidlutning och 10° längdlutning) om minst 3,0 x 3,0 m.
- kanten på ytan placeras ca 1,0 m horisontellt ut från angreppspunkt på fasad (fönsterkarm eller balkongräcke). Stegens lutning mot fasaden kommer alltid att vara 75° (vid max längd 11 m kommer stegen att hamna ca 3 m horisontellt ut från angreppspunkten).
- vid sidan av den plana ytan behövs ett fritt utrymme om ca 4 m för att kunna resa stegen.
- stegen ska kunna resas till avsedd angreppspunkt utan att hindras av utskjutande byggnadsdelar, träd eller dylikt.

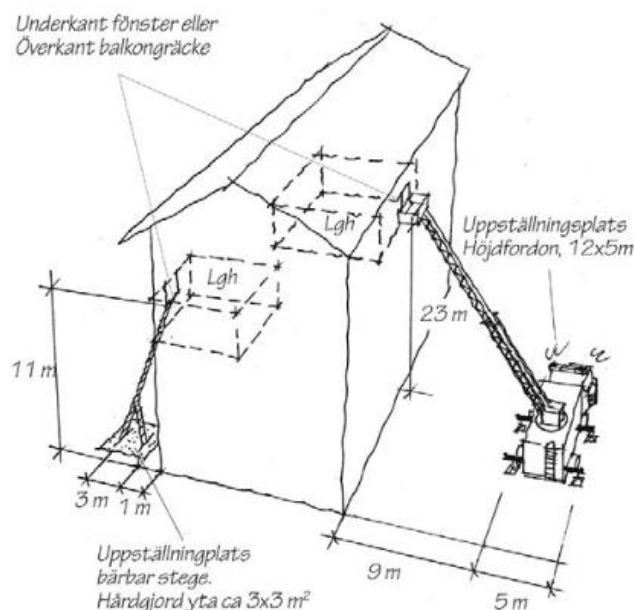
I figur C.1 redovisas lämpliga platser för upptällning av räddningstjänstens fordon med hänsyn även tagen till maximalt djup vid översvämning enligt genomförd skyfallsanalys. Enligt information från Storstockholms brandförsvär /1/ kan deras fordon köra i som högst 0,50 m vattendjup. Dock kan inte upptällningsplatsen ha en högre vattennivå än 0,20 m. Vanliga fordon (t.ex. ambulans, polis) kan inte köra i vattendjup som överstiger ca 0,3 m. För gående uppstår en nedsatt framkomlighet redan vid 0,1-0,3 meters vattendjup. Väg mellan upptällningsplats och byggnad bör därför ha ett maximalt vattendjup på 0,30 m.



Figur C.1. Möjlighet till upptällning av räddningsfordon.

/1/ Uppgifter erhållna från Lina Holgersson, Storstockholmsbrandförsvär, möte 2020-02-14.

I figur C.2 en principskiss avseende krav på uppställningsplatser för höjdfordon och bärbar stege.

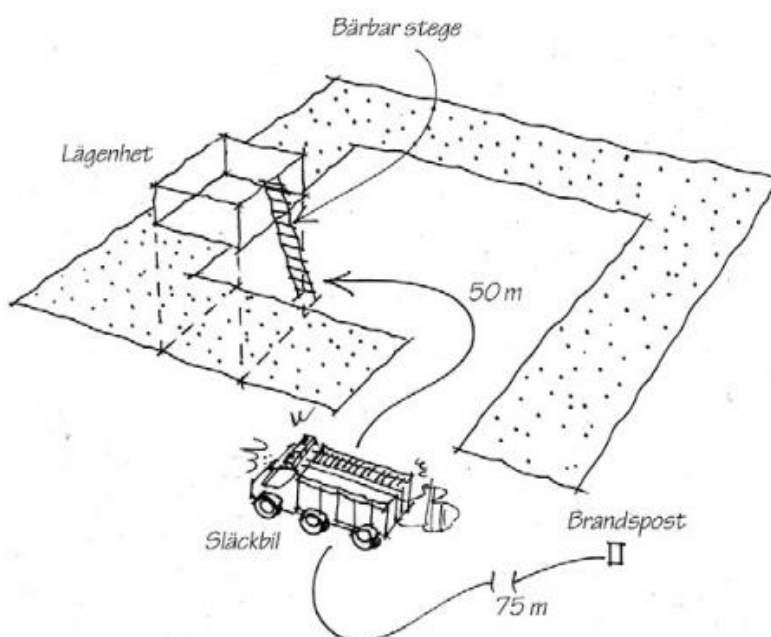


Figur C.2. Principskiss uppställningsplats för höjdfordon och bärbara stegar.

4. Brandvattenförsörjning

4.1 Förutsättning

Brandposter inom området ska vara placerade så att avståndet mellan uppställningsplats för räddningsfordon och närmaste brandpost ej överstiger 75 meter. Vidare gäller att avstånd från uppställningsplatsen för räddningsfordon till mest angreppsväg i byggnad ej överstiger 50 meter, se principskiss nedan.



Figur C.3. Principskiss avstånd brandpost – räddningsfordon – angreppsväg.