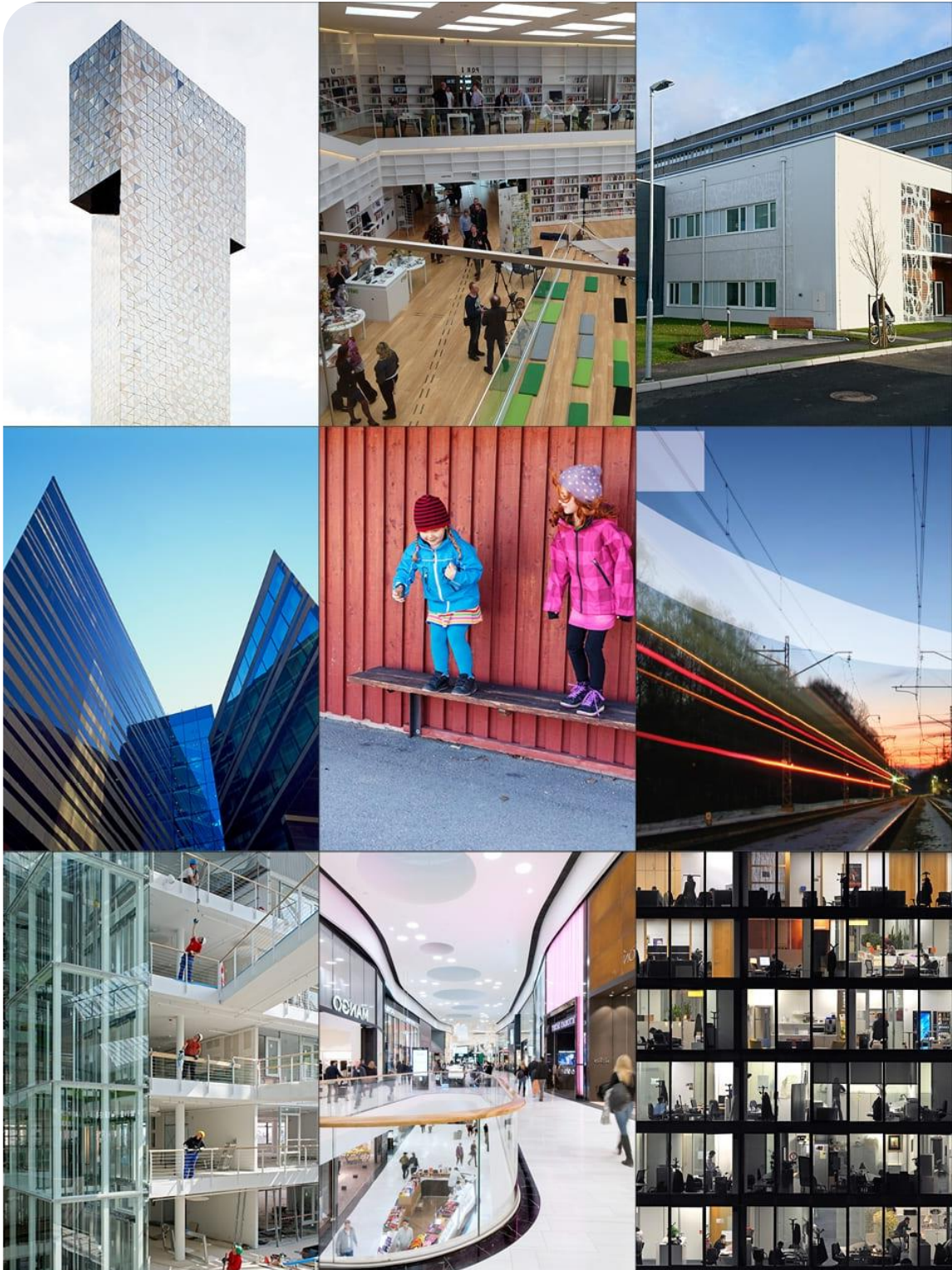


Risikanalyis

Solna station, övergripande riskanalys

Underlag för detaljplanearbete

2020-07-07



Stockholm • Falun • Gävle • Karlstad • Malmö • Örebro • Östersund

Box 9196 Långholmsgatan 27 10 tr 102 73 Stockholm 08-588 188 00 brandskyddslaget.se
info@brandskyddslaget.se Org nr: 556634-0278 Innehar F-skattebevis

Dokumenttyp: Riskanalys
Uppdragsnamn: Solna station, övergripande riskanalys
Uppdragsnummer: 111915
Datum: 2020-07-07
Status: Underlag för detaljplanearbete
Uppdragsledare: Rosie Kvål
Handläggare: Rosie Kvål + Erik Hall Midholm
Tel: 08-588 188 84 (Rosie)
E-post: rosie.kval@brandskyddslaget.se
Internkontroll: Lisa Smas
Uppdragsgivare: Skanska och Fabege

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Version
2019-01-09	RKL/EMM	LSS	Granskningshandling
2020-04-23	RKL	-	Underlag för detaljplan, version 1
2020-06-03	RKL	-	Underlag för detaljplan, version 2
2020-07-07	RKL	-	Underlag för detaljplan, version 3
2020-09-01	RKL	-	Underlag för detaljplan, version 3.1

Sammanfattning

Solna stad har påbörjat arbete med flera detaljplaner kring Solna station. De planerade exploateringarna innebär en vidare utbyggnad av Arenastaden samt görs med hänsyn till den framtida tunnelbaneuppgången i området. Genom området går Ostkustbanan med person- och godstågstrafik.

Närheten till Ostkustbanan innebär att riskerna från denna måste analyseras för att bedöma om den planerade bebyggelsen är lämplig med hänsyn till människors hälsa och säkerhet. En viktig aspekt vid bedömning av risknivån i ett område är den så kallade samhällsrisk. Samhällsrisk innebär att hänsyn tas till hela det område som påverkas vid en olycka. Samhällsrisk ökar när persontätheten i anslutning till en riskkälla ökar eftersom fler människor då kan påverkas vid en olycka.

I och med att flera av de nyligen påbörjade planarbetena ligger i anslutning till Ostkustbanans spår genom Solna har Solna stad beslutat att ta ett helhetsgrepp när det gäller riskpåverkan inom området. Riskanalysen omfattar även beaktande av närheten till Frösundaleden som utgör en rekommenderad sekundär transportled för farligt gods.

Syftet med analysen är att tydliggöra hur de tänkta exploateringarna påverkar risknivån inom området samt att utgöra underlag för planerade exploateringar utmed järnvägen 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.

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

I analysen har en inventering gjorts av trafiken på Ostkustbanan respektive Frösundaleden. Trafiken på järnvägen är omfattande och det förekommer trafik med både persontåg och godståg (inkl. transporter av farligt gods). Trafikverket har upprättat en spårstudie där det framgår att det finns planer på att utöka den aktuella sträckan av Ostkustbanan med två nya genomgående spår. Den planerade utbyggnaden har också beaktats i analysen eftersom detta medför att avståndet mellan järnväg och ny bebyggelse minskar jämfört med befintliga förhållanden.

Utifrån inventeringen har olycksscenarier kopplade till riskkällorna identifierats. En kvalitativ uppskattning av riskerna, d.v.s. sannolikhet och konsekvens, för respektive scenario har gjorts i syfte att fastställa vilka scenarier som bedöms kunna medföra skadliga konsekvenser för människor i området och som därför behöver beaktas vid fortsatt planering. Scenarier som bedömts kunna påverka det aktuella området utgörs av urspårning, tågbrand samt olyckor med inblandning av farligt gods (på Ostkustbanan samt Frösundaleden).

I den fördjupade riskbedömningen har risknivån beräknats i form av individrisk (den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla) och samhällsrisk (den risk som riskkällan utgör mot hela den kringliggande omgivningen). Den fördjupade analysen har genomförts med hänsyn tagen till den prognostiserade trafiksituationen år 2040 på Ostkustbanan där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.

Den fördjupade riskbedömningen visar att framförallt olycksrisker förknippade med Ostkustbanan påverkar risknivån inom det studerade exploateringsområdet. Närheten till Frösundaleden bedöms ha en begränsad påverkan på risknivån inom området.

Med anledning av den höga risknivån samt att planerad exploatering understiger Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till Ostkustbanan respektive Frösundaleden bedöms behov av att vidta säkerhetshöjande åtgärder föreligga.

När det gäller risker kopplade till Ostkustbanan visar beräkningarna att olycka som leder till gasmolnsexplosion har stor påverkan på risknivån. Åtgärder för att minska påverkan från uppkommen värmestrålning och tryckpåverkan från en sådan olycka är därför nödvändiga. Tryck från en sådan explosion är betydligt lägre än vid explosion med explosivämnen (som endast förekommer i mycket begränsad omfattning på Ostkustbanan). Dimensionerande last avseende explosionspåverkan är därför betydligt lägre än om olycka med explosivämnen varit dimensionerande. Även olyckor som leder till urspårning, brand och läckage av gaser föranleder behov av åtgärder. Förslag på åtgärder redovisas nedan:

- Ny bebyggelse som ligger i nivå med, eller lägre än, Ostkustbanans spår ska placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste genomgående huvudspår efter utbyggnad av Ostkustbanan, mätt från spårmittpunkt.
- Ny kontorsbebyggelse placeras minst 10 meter från närmaste driftspår till Hagalunds bangård, efter utbyggnad av Ostkustbanan.
- Ny bostads-/hotellbebyggelse ska placeras minst 35 meter från närmaste genomgående huvudspår och minst 15 meter från närmaste driftspår till Hagalunds bangård efter utbyggnad av Ostkustbanan.
- Ny kontorsbebyggelse ska placeras minst 15 meter från Frösundaleden (mätt från närmaste väggkant).
- Känslig verksamhet som exempelvis förskola, skola, äldreboende etc. bör placeras så att rekommenderade skyddsavstånd följs, dvs. minst 50 meter från närmaste genomgående spår på Ostkustbanan, alternativt placeras så att annan bebyggelse ligger mellan den känsliga verksamheten och Ostkustbanan. Detta gäller även förskolegård.
- Ytor mellan ny bebyggelse och Ostkustbanan respektive Frösundaleden ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Detta gäller inom 25 meter från Ostkustbanans genomgående spår, 15 meter från driftspår till Hagalunds bangård samt 15 meter från Frösundaleden.
- Inom 50 meter från Ostkustbanans genomgående spår och inom 25 meter från driftspår till Hagalunds bangård ska ny bostads-/hotellbebyggelse som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförliggande bebyggelse utföras med följande åtgärder:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Ostkustbanan.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Ostkustbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - Fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

- Inom 30 meter från Ostkustbanans genomgående spår och inom 15 meter från driftspår till Hagalunds bangård ska ny kontorsbebyggelse som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförliggande bebyggelse eller överdäckning utföras med följande åtgärder:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Ostkustbanan.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Ostkustbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - Fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30 samt utformas för att förhindra splittrerverkan vid explosion med karakteristiska tryck och impulstäthet motsvarande stor gasmolnsexplosion. Fönster tillåts vara öppningsbara.

Utmed de delar där de östra spåren däckas över föreligger inget behov av åtgärder i byggnadernas fasader. Följande gäller dock för överdäckningens konstruktion:

- Trafikverkets krav utgör dimensionerande förutsättningar (lägsta krav) avseende bland annat brand och urspårning.
 - Konstruktionen ska utföras så att den inte raseras vid explosion med karakteristiska tryck och impulstäthet motsvarande stor gasmolnsexplosion (100 kg TNT). *Detta är ett högre krav än Trafikverkets.*
- 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 Ostkustbanan.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Frösundaleden alternativt på byggnadernas tak.

Föreslagna åtgärder och restriktioner gällande markanvändning innebär en reducering av samhällsrisk. Åtgärderna medför att planerad ny bebyggelse och markanvändning får en begränsad påverkan på samhällsrisk för det aktuella exploateringsområdet och dess omgivning.

Observera att åtgärderna endast utgör förslag och att det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärder i samband med framtida planarbete. De åtgärder som man beslutar om ska sedan formuleras som planbestämmelser på ett sådant sätt att de är förenliga med Plan- och bygglagen (2010:900).

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	7
1.1 Bakgrund och syfte	7
1.2 Omfattning.....	7
1.3 Underlag	7
1.4 Internkontroll.....	8
1.5 Förutsättningar	8
2. OMRÅDESBESKRIVNING	10
2.1 Ny bebyggelse utmed Ostkustbanan.....	10
3. RISKINVENTERING	21
3.1 Allmänt.....	21
3.2 Inventering av riskkällor	21
3.3 Ostkustbanan.....	23
3.4 Frösundaleden (sekundär transportled för farligt gods)	25
4. INLEDANDE RISKANALYS	26
4.1 Metodik.....	26
4.2 Identifiering av olycksrisker	27
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk	27
4.4 Slutsats inledande riskanalys.....	30
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	32
5.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser	32
5.2 Sammanvägning av risk	32
5.3 Resultat av riskberäkningar	34
5.4 Värdering av risk	38
5.5 Hantering av osäkerheter	39
6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	41
6.1 Allmänt.....	41
6.2 Diskussion kring åtgärder	41
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning	46
7. SLUTSATSER	49
8. BILAGOR	50
9. REFERENSER	51

1. Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Solna stad har påbörjat arbete med flera detaljplaner kring Solna station. De planerade exploateringarna innebär en vidare utbyggnad av Arenastaden samt görs med hänsyn till den framtida tunnelbaneuppbyggnaden i området. Genom området går Ostkustbanan med person- och godstågstrafik. Ostkustbanan utgör ett riksintresse för kommunikation och planer finns på att bygga ut den aktuella sträckan med ytterligare två spår.

Närheten till Ostkustbanan innebär att riskerna från denna måste analyseras för att bedöma om den planerade bebyggelsen är lämplig med hänsyn till människors hälsa och säkerhet. En viktig aspekt vid bedömning av risknivån i ett område är den så kallade samhällsrisk. Samhällsrisk innebär att hänsyn tas till hela det område som påverkas vid en olycka. Samhällsrisk ökar när persontätheten i anslutning till en riskkälla ökar eftersom fler människor då kan påverkas vid en olycka.

I och med att flera av de nyligen påbörjade planarbetena ligger i anslutning till Ostkustbanans spår genom Solna har Solna stad beslutat att ta ett helhetsgrepp när det gäller samhällsrisk i området. Med anledning av detta görs denna analys. Även andra eventuella riskkällor i närområdet kommer att studeras.

Syftet med analysen är att tydliggöra hur de tänkta exploateringarna påverkar samhällsrisk i området samt att utgöra underlag för planerade exploateringar utmed järnvägen. Riskanalysen omfattar planerad ny bebyggelse inom hela det studerade området, d.v.s. pågående detaljplaner.

Detaljnivån på riskanalysen bedöms vara tillräcklig för att utgöra underlagshandling för detaljplaner, d.v.s. det bör inte behövas någon platsspecifik fördjupad riskanalys för respektive detaljplan.

1.2 Omfattning

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

Trafikanter på järnvägen och omgivande vägar omfattas inte av analysen.

Hela Ostkustbanans sträckning förbi de aktuella planområdena kommer att studeras. Vid beräkning av risknivå kommer både befintlig och planerad bebyggelse studeras.

1.3 Underlag

Följande dokument har använts som underlag till analysen:

- Detaljplan för kv. Farao m.fl., stadsdelen Råsunda i Solna stad (BND 2016:646), Antagandehandling, upprättad april 2018, reviderad maj 2018 /1/ (med tillhörande planbeskrivning)
- Detaljplan för kv. Ballongberget m.fl., stadsdelen Frösunda i Solna stad (BND 2015:99), Granskningshandling, upprättad maj 2017 /2/ (med tillhörande planbeskrivning)
- Detaljplan för del av Järva 4:17, P-hus vid Signalbron, stadsdelen Järva i Solna stad (BND 2017:502), Samrådshandling, upprättad juni 2018 /3/ (med tillhörande planbeskrivning)

Övriga källor som används redovisas löpande samt i avsnitt 9 *Referenser*.

1.4 Internkontroll

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

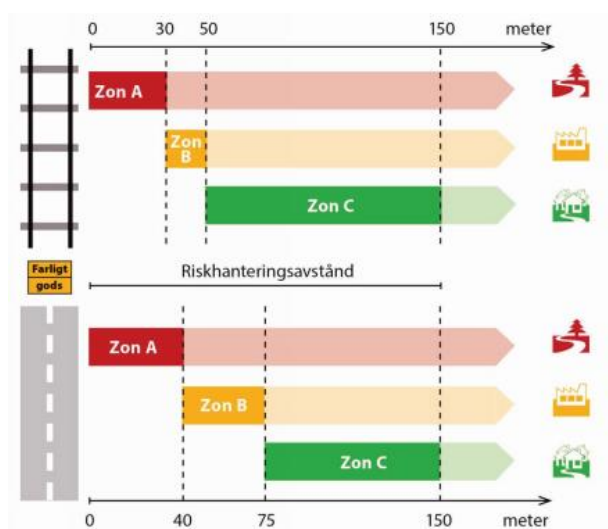
1.5 Förutsättningar

1.5.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

Ett flertal olika lagar reglerar när riskanalyser skall utföras. Enligt Plan- och bygglagen (2010:900) skall bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till boendes och övrigas hälsa. Sammanhållen bebyggelse skall utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst av olika olyckor. Översiktsplaner skall redovisa riskfaktorer och till detaljplaner ska vid behov en miljökonsekvensbeskrivning tas fram som redovisar påverkan på bland annat hälsa. Utförande av miljökonsekvensbeskrivning regleras i Miljöbalken (1998:808).

Länsstyrelsen i Stockholms Län har tagit fram riktlinjer för hur risker från transporter med farligt gods på väg och järnväg ska hanteras vid exploatering av ny bebyggelse /4/. Syftet med riktlinjerna är att ge vägledning och underlätta hanteringen av riskfrågor. Länsstyrelsen anser att möjliga risker ska studeras vid exploatering närmare än 150 meter från en riskkälla. I vilken utsträckning och på vilket sätt riskerna ska beaktas beror på hur riskbilden ser ut för det aktuella planförslaget.

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



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

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

Figur 1.1. Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /4/.

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 fall där det går få transporter och/eller de olyckor som kan inträffa endast kan få allvarliga konsekvenser inom ett kort avstånd.

För ny bebyggelse intill bensinstationer gäller Länsstyrelsens riktlinjer från 2000 /5/. 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.

1.5.2 Övrig lagstiftning

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

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

2. Områdesbeskrivning

Ostkustbanan går i nordsydlig riktning genom Solna kommun. Den sträcka av järnvägen som studeras utgår från där spåren kommer ut ur tunneln under Hagalundsberget i söder (d.v.s. strax söder om Frösundaleden) och går genom Arenastaden norrut mot Hagalunds bangård.



Figur 2.1. Översikt över aktuellt område.

Utmed den aktuella järnvägssträckan består befintlig markanvändning till stor del av kontor, bostäder, centrum och arena på den västra sidan och kontor, småindustri samt än så länge obebyggd mark på den östra sidan.

Järnvägen ligger till stor del i nivå med markområden västerut. Öster om järnvägen finns relativt stora höjdskillnader i anslutning till Frösundaleden, där omgivande markområden till ligger högre än järnvägen. Längre norrut minskar dock nivåskillnaden och omgivningen ligger där i nivå med järnvägen.

2.1 Ny bebyggelse utmed Ostkustbanan

I figur 2.2 redovisas de nya och planerade exploateringarna utmed Ostkustbanans sträckning utmed Arenastaden. I avsnitten nedan redovisas förutsättningar för de olika planområdena.

Planprocessen har kommit olika långt för redovisade planområden. För de planer som har varit på samråd och/eller granskning eller redan vunnit laga kraft finns sedan tidigare riskutredningar i lite olika omfattning. Se vidare under respektive avsnitt.



Kommande eller pågående planarbeten:

1. Solna station – Kv. Kairo & Farao
2. Solna station – Kv. Hagalund 3:1 & Hagalund 3:2
3. Kv. Tygeln 1 & Tygeln 3
4. P-hus vid Signalbron (del av Järva 4:17)

Gällande planer:

5. Kv. Farao m.fl.
6. Kv. Ballongberget
7. Kv. Signalen 3
8. Kv. Idrottsplatsen

Figur 2.2. Översikt över aktuellt område inklusive pågående planarbeten och byggprojekt.

Fullt utbyggt så förväntas den planerade nya bebyggelsen inom de planområden som markeras i figur 2.2 att omfatta sammanlagt ca 255 000 m² kontor och verksamheter samt ca 60 000 m² bostäder. Detta motsvarar ca 12 650 arbetsplatser samt ca 1 300 boende.

2.1.1 Området kring Solna station

Fabege Stockholm AB och Skanska Fastigheter Stockholm AB har i samråd med stadsledningsförvaltningen och miljö- och byggnadsförvaltningen arbetat fram ett förslag till vision för området kring Solna station.

Inriktningen är att Solna station ska utvecklas till en attraktiv och trygg knutpunkt som möjliggör en bra trafikantmiljö och effektiva byten mellan olika trafikslag. Ambitionen är att överbrygga den fysiska barriär som Ostkustbanan utgör och skapa en bättre koppling mellan Arenastaden, Solna station och Hagalund genom en partiell överdäckning av spårområdet.

Den planerade exploateringen av området kring Solna station omfattar påbörjade planarbeten inom Kv. Kairo väster om Ostkustbanan respektive inom Hagalund 3:1 och 3:2 samt Tygeln 1 och 3 öster om Ostkustbanan. Den planerade exploateringen utgör en fortsättning av den pågående byggnationen inom kv. Tygeln 2 (se avsnitt 2.1.8).

Kv. Kairo och Farao

Planområdet för Kairo och Farao ligger i direkt anslutning till Solna station på den västra sidan av järnvägen. Planerad markanvändning omfattar bostäder och kontor i 6-12 våningar. Den nya bebyggelsen ersätter befintliga kontorshus i området.

Den nya bebyggelsen omfattar ca 70 000 m² kontor och ca 20 000 m² bostäder.

I syfte att öka trafiksäkerheten för alla trafikanter ses gatustrukturen i och i anslutning till det aktuella området över. Inriktningen är att förlänga dragningen av Råsta strandväg utmed spårområdet fram till Frösundaleden. Råsta strandväg ska i och med detta ersätta Dalvägen som områdets huvudgata in i stadsdelen från Frösundaleden.

Bebyggelsen planeras som minst ca 20 meter från driftspåren mot Hagalund bangård. Avståndet till Ostkustbanans närmaste huvudspår är som minst ca 50 meter (inklusive nya spår).

I figur 2.3 redovisas en skiss över planerad bebyggelse inom Kv. Kairo och Farao.

Utvecklingsförslaget innebär även en partiell överdäckning av spårområdet i anslutning till den södra stationsbyggnaden. Överdäckningen omfattar de östra spåren fram till plattformskant samt delar av de västra spåren (se figur 2.4). Överdäckningen kommer att ansluta till det befintliga däckat mellan Frösundaleden och Solna stations biljetthall och sammanbinder stationen med en entré till den nya kontorsbyggnaden. Entréer planeras även mot Rättarvägen. Ovanpå överdäckningen planeras ingen bebyggelse eller ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Ytan ovanpå överdäckningen planeras enbart som kommunikationsytor.

Den nya byggnaden föreslås placeras i direkt anslutning till överdäckningen, vilket innebär att avståndet till närmaste överdäckt spår blir ca 5 meter och avståndet till närmaste öppet spår blir 20 meter. Våningsplanen under marknivå placeras längre från spåret, ca 9-10 meter från närmaste spårmitt. Befintligt avstånd mellan spår och bergskärning är idag ca 6 meter.

I figur 2.4 redovisas en vy mot söder över den planerade kontorsbyggnaden och den planerade överdäckningen.



Figur 2.4. Vy mot söder med planerad kontorsbyggnad till vänster i bild (Landskapslaget, 2020-06-30).

Det har inte upprättats någon riskanalys specifikt för detta planområde.

Del av kv. Tygeln

Den planerade utvecklingen av Tygeln 1 och Tygeln 3 innebär att Gårdsvägens gaturum kan fortsätta att utvecklas i enlighet med den sektion som lades fast i detaljplanen för Tygeln 2.

Inom **Tygeln 1** planerar Skanska att ersätta befintlig bilhandel med ett kontorshus samt parkeringsgarage under mark. Total yta är ca 53 000 kvm BTA varav ca 12 000 kvm BTA garage. Byggnaden uppförs med två garageplan under mark med stomme av betong. Ovanpå detta görs nio kontorsvåningar med bärande stomme, pelare, balkar och bjälklag av trä. Entréplanet planeras med en genomgående huvudentré, cykelparkering, miljörum, teknikutrymmen samt lokalyta mot järnvägen samt lokaler mot Gårdsvägen.

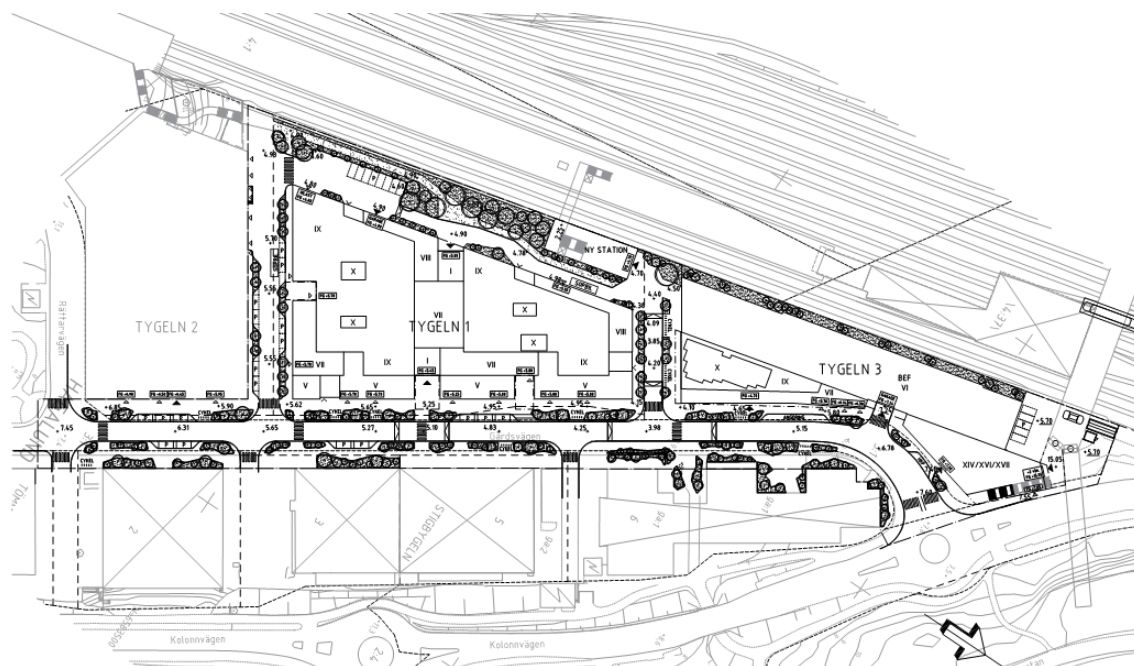
Avståndet till järnvägen är som minst 25 meter.

Inom **Tygeln 3** medger detaljplanen kontor och parkering. Det finns idag ett parkeringsgarage i fem våningar som ligger närmast järnvägen samt en kontorsbyggnad. Garaget kommer att vara kvar och förlängas söderut för att möjliggöra in- och utfart med den framtida exploateringen inom området. Ovanpå garaget planeras en teknikvåning. Mellan garaget och Gårdsvägen planeras kontor i två sammanbyggda byggnadskroppar. Kontoren planeras med mellan 7 och 16 våningar.

Avståndet mellan järnvägen och ny bebyggelse är som minst 25 meter. Det befintliga parkeringshuset ligger ca 7-8 meter från närmaste spår.

Utmed planområdet planeras utbyggnaden av Ostkustbanan ske med två nya spår väster om befintliga spår, vilket innebär att utbyggnaden av järnvägen inte påverkar avståndet mellan närmaste spår och den nya bebyggelsen.

I figur 2.5 redovisas utbyggnadsförslaget för Tygeln 1 och 3.



Figur 2.5. Skiss utbyggnad inom Tygeln 1 och 3 (Landskapslaget, 2019-12-16).

Det har inte upprättats någon riskanalys specifikt för detta planområde.

2.1.2 Kv. Farao m.fl.

Planområdet ligger väster om Ostkustbanan. Inom det studerade området planeras centrum, kontor, bostäder samt en förskola med 4-6 avdelningar. Befintlig bebyggelse kommer att vara kvar till viss del.

Avståndet från närmaste bebyggelse till driftspåren mot Hagalunds bangård och Ostkustbanan är som minst ca 80 respektive 110 meter.



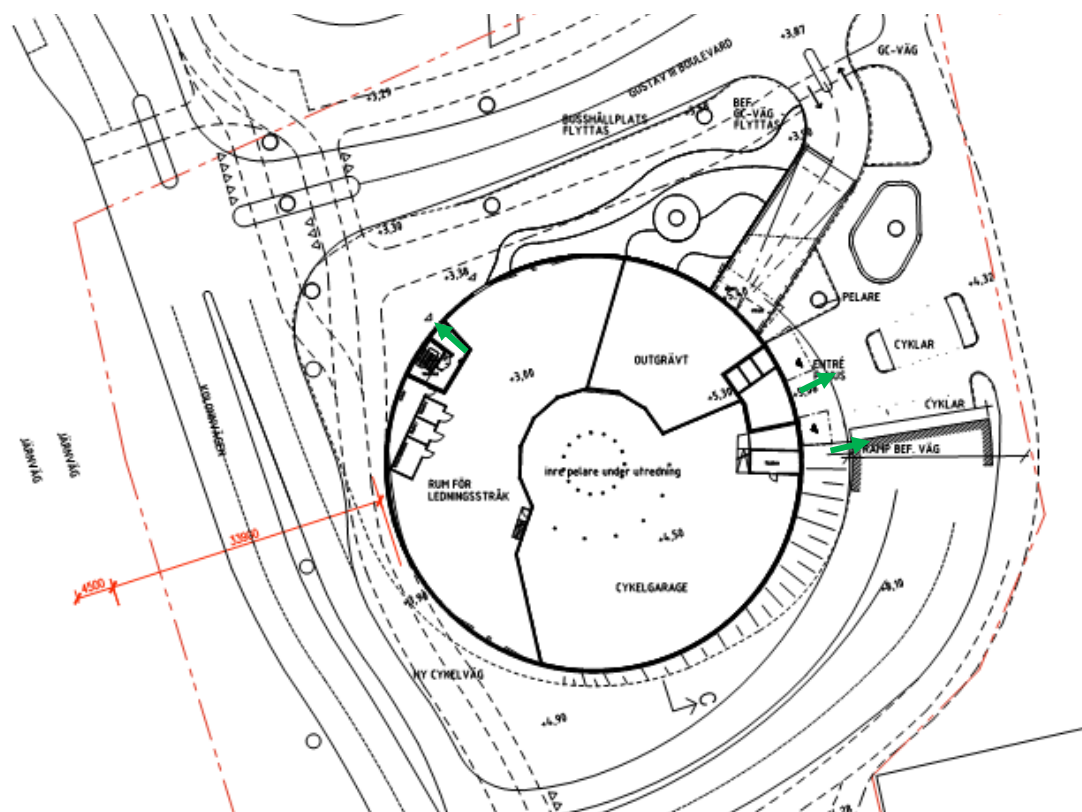
Figur 2.7. Situationsplan för Ballongberget, alternativ med bostäder. (källa: detaljplanens planbeskrivning). Byggnader utmed Kolonnvägen omfattar nybyggnad. Övriga byggnader är befintliga.

För detaljplanen har en riskanalys genomförts /7/. Utifrån resultatet av riskanalysen har planbestämmelser införts i detaljplanen som syftar till att reducera risker förknippade med närheten till järnvägen. Detaljplanen vann laga kraft 2019.

2.1.4 P-hus vid Signalbron

Planområdet ligger vid Signalbron öster om Ostkustbanan mitt emot Mall of Scandinavia och Friends Arena. Den planerade bebyggelsen består av en cirkulär byggnad som ska inrymma garage i 11 plan. In- och utfart sker mot Gustav III:s Boulevard under Signalbron. Totalt planeras för 570 parkeringsplatser.

Parkeringshuset utförs med "öppen" fasad, vilket innebär att den inte är helt sluten men har tillräckligt med öppen area för att få god luftgenomströmning vilket är en förutsättning då parkeringsdelen är tänkt att utgöra en enda brandcell. I bottenvåningen planeras parkering för cykel och MC samt en transformatorstation. Entréer och utrymningsvägar finns mot nordväst och öster (se gröna markeringar i figur 2.8). Huvudentré med hisshall mynnar åt öster.



Figur 2.8. Skiss tänkt parkeringshus (Archus arkitektur, 2018-04-24).

Parkeringshuset placeras mer än 30 meter från Ostkustbanan (inklusive nya spår).

För planområdet finns sedan tidigare en riskutredning /8/. Detaljplanen var ute på samråd under sommaren/hösten 2018 /3/.

2.1.5 Del av kv. Idrottsplatsen

Planområdet ligger på andra sidan Signalbron sett från detaljplanen för parkeringshuset.

Inom planområdet kommer en kombinerad simhall och kontorsbyggnad i nio våningar uppföras. Byggnaden placeras minst 30 meter från Ostkustbanan (inklusive nya spår).



Figur 2.9. Illustration över den nya simhallen inom kv. Idrottsplatsen (källa: detaljplanens planbeskrivning).

För planområdet har en riskanalys genomförts /9/. Utifrån resultatet av riskanalysen har planbestämmelser införts i detaljplanen som syftar till att reducera risker förknippade med närheten till järnvägen. Planen vann laga kraft 2018-09-21 /10/.

2.1.6 Kv. Signalen 3

Planområdet ligger öster om Ostkustbanan söder om det planerade parkeringshuset. Detaljplanen medger kontor och parkering med centrumverksamhet i bottenvåningen. Byggnaden är sex våningar hög. Avståndet mellan byggnad och Ostkustbanan är 45-50 meter.

Utmed planområdet planeras utbyggnaden av Ostkustbanan ske med två nya spår väster om befintliga spår, vilket innebär att utbyggnaden av järnvägen inte påverkar avståndet mellan närmaste spår och den nya bebyggelsen.



Figur 2.10. Illustration över den nya kontorsbyggnaden inom kv. Signalen 3 (källa: detaljplanens planbeskrivning).

För detaljplanen har en riskanalys gjorts /11/. Utifrån resultatet av riskanalysen har planbestämmelser införts i detaljplanen som syftar till att reducera risker förknippade med närheten till järnvägen. Planen vann laga kraft 2017-02-16 /12/.

Verksamheten är i drift sedan 2019.

2.1.7 Kv. Tygeln 2

Planområdet ligger i höjd med Solna stations södra entré, på den östra sidan om Ostkustbanan. Inom området har en kontorsbyggnad med nio våningar uppförts. I markplan mot Gårdsvägen finns verksamhetslokaler för handel. Inflyttning av hyresgäster påbörjades hösten 2019.

Planområdet ligger till mycket stor del på en höjd, 3-5 meter över spårområdet. Avståndet mellan byggnad och närmaste spår på Ostkustbanan är 20 meter.

Utmed planområdet planeras utbyggnaden av Ostkustbanan ske med två nya spår väster om befintliga spår, vilket innebär att utbyggnaden av järnvägen inte påverkar avståndet mellan närmaste spår och den nya bebyggelsen.



Figur 2.11. Längdsektion sett från norr över den nya kontorsbyggnaden inom kv. Tygeln 2 (källa: detaljplanens planbeskrivning).

För planområdet har en riskanalys genomförts /13/. Utifrån resultatet av riskanalysen har planbestämmelser införts i detaljplanen som syftar till att reducera risker förknippade med närheten till järnvägen. Planen vann laga kraft 2016-04-05 /14/.

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 aktuella planområden.

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. De avstånd som redovisas avser de kortaste avstånd mellan planområdesgränser inom studerat område och riskkälla. Avstånden är ungefärliga.

Tabell 3.1. Inventering av riskkällor i exploateringsområdets närhet.

Riskkälla	Avstånd till planområde (m)
Ostkustbanan	< 25
Frösundaleden sekundär transportled för farligt gods	< 10
E4 primär transportled för farligt gods	> 500
Bensinstation	> 350
Ishallar (kv. Idrottsplatsen) användning av ammoniak (50 kg) i slutet system	110

Avgränsning av riskinventering

Med hänsyn till att avståndet mellan aktuella detaljplaner och befintliga bensinstationer samt E4 (primär transportled för farligt gods) kraftigt överstiger 150 meter kommer dessa riskkällor inte att hanteras vidare i riskanalysen.

I riskutredningen som upprättats som underlagshandling till detaljplanen för del av Idrottsplatsen redovisas riskinventering och inledande riskanalys avseende riskkällor förknippade med hantering av ammoniak inom de tre befintliga ishallarna norr om den nya bebyggelsen /9/. Kylanläggningen rymmer maximalt 50 kg ammoniak som enbart ingår i själva kylmaskineriet. Förvaringen av ammoniak sker i avskilt rum inom ishallen som finns placerat ca 10 meter in på den östra fasaden, d.v.s. ej fasad som vetter mot planerad bebyggelse.

Med hänsyn till utrymmets placering i förhållande till aktuella planområden, den ringa mängden ammoniak som hanteras och aktuell avluftning är bedömningen ett eventuellt utsläpp inom ishallen utgör ett mycket litet hot för människor i omgivningen. Enligt rapporten "Hur farlig är en ishall med ammoniak?" /15/ medför ett utsläpp från en anläggning med upp till 60 kg ammoniak inte att det uppstår några skador på människor som befinner sig utanför förvaringsutrymmet. Enligt uppgifter ger verksamheten upphov till en transport av ammoniak per år. Riskbidraget från en trafikolycka involverande ammoniak kan således betraktas som försumbart. Riskkällor förknippade med ishallarnas kylanläggning kommer inte att hanteras vidare i riskanalysen.

Utifrån riskinventeringen görs bedömningen att det enbart är nedanstående riskkällor som behöver beaktas avseende samhällsrisik inom studerat område:

- Ostkustbanan
- Frösundaleden

3.2.1 Allmänt om 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 RID-S /16/ respektive ADR-S /17/.

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 eldningsoljor, lösningsmedel och industrikemikalier etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Kiseljárn (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 Ostkustbanan

3.3.1 Allmänt

Ostkustbanan går i norrsydlig riktning genom Solna kommun. I nuläget består banan utmed den studerade sträckan av fyra genomgående huvudspår. Parallellt med Ostkustbanan finns ett flertal driftspår som leder till/från Hagalunds bangårdsområde. Dessa spår ligger väster om Ostkustbanan.

Ostkustbanan trafikeras av pendeltåg, gods- och regional-/fjärrtåg samt Arlanda Express och på den aktuella sträckan är banan en av de mest trafikerade järnvägssträckorna i Sverige.

De två genomgående spåren i mitten trafikeras i första hand av pendeltåg och godståg med en hastighet av maximalt 140 km/h medan de två yttre spåren trafikeras av fjärrtåg och Arlanda Express med maximal hastighet 200 km/h. Det förekommer ingen hantering av gods på Hagalunds bangård vilket innebär att driftspåren endast trafikeras av tjänstetåg (tomma persontåg). Hastigheten på driftspåren understiger 100 km/h.

Ostkustbanan trafikeras idag av ca 550-560 tåg per vardagsmedeldygn, varav 6 godståg (summerat i båda riktningar) /18/.

3.3.2 Framtida förändringar

Utbyggnad av Ostkustbanan: Den maximala tågkapaciteten på Ostkustbanan bedöms vara i stort sett nådd. Planer finns på att bygga ut Ostkustbanan mellan Stockholm och Uppsala. 2010 tog Trafikverket fram en strategisk spårstudie /19/ där det framgår att planer finns på att utöka Ostkustbanan med två nya genomgående spår. 2016 uppdaterades den strategiska spårstudien i samband med att Trafikverket upprättade Riksintresseprecisering Ostkustbanan, delen Solna-Uppsala /20/.

Från Tomtebodavägen och vidare förbi Solna station har de framtida spåren skissats väster om nuvarande spår fram till söder om Enköpingsvägen i Ulriksdal. Vidare norrut har framtida spår skissats på vardera sidan om befintliga spår. Exakt var på den aktuella sträckan som utbyggnaden av järnvägen omfattar ett nytt spår på vardera sida om nuvarande spår är ännu inte fastställt.

Den planerade utbyggnaden innebär att avståndet mellan kringliggande bebyggelse och närmaste spår med genomgående trafik minskar med ca 11-12 meter utmed den del av sträckan där båda nya spåren planeras väster om befintliga spår. Utmed den del av sträckan där ett spår planeras på vardera sida om befintliga spår så minskar avståndet mellan kringliggande bebyggelse och närmaste spår med ca 7 meter.

Efter en utbyggnad av järnvägen planeras de två inre genomgående spåren trafikeras av i första hand pendeltåg, mellanspår av regionaltåg och godståg medan de yttre spåren ska trafikeras av fjärrtåg och snabbtåg. Trafikverket har meddelat att spårupplägget ska utformas utifrån att de yttersta spåren klarar en hastighet på 250 km/h.

Med hänsyn till planerad utbyggnad förväntas år 2040 totalt ca 1 135 tågrörelser/dygn /21/ (siffran inkluderar tjänstetåg som i huvudsak utgörs av lok o dylikt mellan Stockholms Central och Hagalunds bangård). Med utgångspunkt i prognostiserad fördelning av tågrörelser/dygn år 2040 erhållen från Trafikverket beräknas följande fördelning:

Snabbtåg:	327	(29 %)
IC (Arlanda express):	128	(11%)
Natttåg:	9	(<1 %)
Pendeltåg:	435	(38 %)
Tjänstetåg/tomtåg:	225	(20 %)
Godståg:	10	(1%)
Totalt:	1 135	

Rosersbergs kombiterminal: Det har identifierats ytterligare en faktor som kommer att påverka trafikmängden på Ostkustbanan inom en relativt snar framtid, nämligen den nya kombiterminalen i Rosersberg. Syftet med terminalen är att minska den långväga godstrafiken på väg genom att istället köra på järnväg för att sedan lasta om godset till lastbilar för lokala transporter. En av fördelarna med den nya kombiterminalen är att avlasta kombiterminalen i Årsta samt att minska transportererna på väg från söder till norr.

Enligt en analys som har upprättats av Vectura avseende de samhällsekonomiska effekterna som kombiterminalen medför prognostiseras terminalen hantera 40-70 000 containrar per år /22/. Detta motsvarar i medel 2,8 godståg per dygn, varav ca 2,5 godståg kommer söderifrån, d.v.s. förbi Solna station. Denna ökning antas dock vara inräknad i ovanstående prognostiserade ökning för Ostkustbanan.

3.3.3 Transporter av farligt gods

På Ostkustbanan förekommer transporter av farligt gods. Det krävs ett tillstånd för att frakta farligt gods på järnväg. Erhållet tillstånd innebär i princip att tillståndsinnehavaren får nyttja järnvägen på samma sätt som andra nyttjare. Normalt finns inga restriktioner kring vilka farligt godsklasser som är tillåtna att transportera.

Någon preciserad statistik avseende omfattning och fördelningen av farligt gods finns inte för aktuell järnväg. Exakt omfattning är därför okänd. En uppskattning kan dock göras utifrån nationell statistik där antalet transporter samt fördelningen mellan olika klasser uppskattas utifrån den genomsnittliga andelen av godstrafiken i Sverige som transporterar farligt gods.

Trafikanalys upprättar årliga statistikrapporter över den totala godstrafiken, inkl. farligt gods, på Sveriges järnvägar. Utifrån statistik över godsmängd per farligt godsklass under femårsperioden 2012-2017 /23/ uppskattas det totala antalet farlig godsvagnar på järnvägen. Under den studerade femårsperioden så har försändelser med farligt gods utgjort i genomsnitt 5 % av den totala godstrafiken. Detta skulle motsvara ca 5 480 vagnar med farligt gods per år på den aktuella sträckan år 2040.

Fördelningen mellan respektive farligt godsklass utgår från Trafikanalys nationella statistik. Dock görs några mindre justeringar med avseende på transporter av explosiva ämnen där hänsyn tas till tidigare lokala kartläggningar (MSB år 2006 /24/ och Green Cargo år 2005 /25/). Anledningen till dessa justeringar är framförallt att den nationella statistiken visar på mycket små transportmängder av explosiva ämnen under den studerade femårsperioden, < 0,001 %. För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarioer förknippade med explosiva ämnen 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.

I tabell 3.3 redovisas det totala antalet transporter med farligt gods samt fördelningen per farligt godsklass år 2040. Observera att underlaget redovisas i form av antal vagnar och inte antal tåg. Sammanställningen utgår från antagandet att ett godståg omfattar i genomsnitt 30 vagnar.

Tabell 3.3. Antal godsvagnar med farligt gods per år på Ostkustbanan utifrån nationell statistik år 2040.

Klass	Andel	Antal farligt godsvagnar
1. Explosiva ämnen och föremål	0,10%	5
2. Gaser	26,3%	1442
3. Brandfarliga vätskor	38,9%	2132
4. Brandfarliga fasta ämnen	4,3%	236
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	15,2%	833
6. Giftiga ämnen	2,1%	115
7. Radioaktiva ämnen	0,01%	1
8. Frätande ämnen	13,9%	762
9. Övriga farliga ämnen och föremål	0,4%	22
Totalt		5480

Enligt avsnitt 3.3.1 förekommer det ingen hantering av gods på Hagalunds bangård. Detta innebär att det inte förekommer några, eller mycket begränsade transporter med gods på driftspåren eller inom Hagalunds bangård. Transporterna av farligt gods går på de genomgående huvudspåren.

3.4 Frösundaleden (sekundär transportled för farligt gods)

3.4.1 Allmänt

Frösundaleden sammanbinder E4 i öster och väg 279 (Ulvsvandavägen) i väster. Vägen går söder om Solna station och Arenastaden. I höjd med det studerade exploateringsområdet består vägen av en trafikled två filer i vardera riktningen. Hastighetsbegränsningen är 50 km/h.

Enligt trafikprognos i den fördjupade översiktsplanen för Solna station från 2007 /26/ kommer fordonsflödet på Frösundaleden i höjd med stationen uppgå till 34-36 000 fordon per dygn år 2020. Enligt uppgifter från Solna stad som redovisas i riskanalysen utförd för kv. Byggmästaren 2 så är prognosen för 2030 ca 39 000 fordon per dygn /27/.

3.4.2 Transporter av farligt gods

Frösundaleden utgör en s.k. sekundär transportled för farligt gods /28/. Detta innebär att vägen rekommenderas för transporter som har start- eller målpunkt utmed vägen. Genomfartstransporter hänvisas dock i huvudsak till det primära vägnätet.

Någon detaljerad kartläggning av transporter med farligt gods på Frösundaleden har inte gjorts. Information om antalet transporter har hämtats från tidigare utförda kartläggningar och riskanalyser för andra planområden utmed Frösundaleden.

Enligt riskanalysen utförd för kv Byggmästaren 2 utmed Frösundaleden /27/ är det främst transporter med bensin och brandfarlig gas som förekommer på vägen. Totalt rör det sig om ca 3 600 transporter per år på Frösundaleden (se tabell 3.4). Det har även utförts en riskanalys för kv Bellona 5 /29/. Denna visar på en total förekomst på ca 2 840 transporter med farligt gods på Frösundaleden. Att de båda kartläggningarna inte visar samma resultat beror på att de är utförda av olika konsulter och vid olika tillfällen. De båda planområdena ligger också en bit från varandra. Siffrorna ligger dock i paritet med varandra.

Ytterligare transporter eller andra verksamheter utmed vägen andra verksamheter än vad som framgår av kartläggningarna har inte identifierats.

Tabell 3.4. Uppskattat antal transporter med farligt gods på Frösundaleden.

Klass	Transporter/år	
	Kv Byggmästaren	Kv Bellona
2.1. Brännbar gas (tankbilar)	Ca 300	360
2.3. Giftig gas (styckegods)	4	3
3. Brandfarliga vätskor (tankbilar)	3 300	2 454
8. Frätande ämnen	-	21
Totalt	3 604	2 838

4. Inledande riskanalys

4.1 Metodik

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

För identifierade olycksrisker görs en kvalitativ bedömning (inledande analys) av möjlig konsekvens av respektive händelse. En grov bedömning görs även av sannolikheten för att en olycka ska inträffa. Denna bedömning syftar i huvudsak till att avgöra om händelsen kan inträffa över huvudtaget, 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 aktuella planområden. För olycksrisker som anses kunna påverka risknivån inom de studerade områdena genomförs en fördjupad (kvantitativ) riskanalys. Olycksrisker som med hänsyn till små konsekvenser och/eller låg sannolikhet ej anses påverka risknivån inom de aktuella planområdena 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 aktuella planområden.

Ostkustbanan

1. Urspårning
2. Tågbrand
3. Olycka vid transport av farligt gods

Frösundaleden

1. Olycka vid transport av farligt gods

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Olycka på Ostkustbanan

Urspårning

Det är relativt vanligt att tåg spårar ur. I de allra flesta fall hoppar bara ett hjulpar av rälen och tåget stannar kvar inom spårområdet. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan tåget dock spåra ur och hamna längre från spåret. Urspårning utgör den absolut mest sannolika olyckshändelsen med tågtrafik.

Skadeområdet för en urspårning är kraftigt beroende av tågets hastighet samt omgivningens utformning. Skadeavståndet vid en urspårning understiger i princip alltid 25 meter (om järnvägen ligger mycket högre än omgivningen kan skadeområdet bli större). Detta skadescenario motsvarar en i stort sett helt snedställd tågsvagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är dock mycket låg.

Vid en nivåskillnad där järnvägsspåret ligger lägre än kringliggande områden bedöms skadeavståndet begränsas markant jämfört med om järnvägen ligger i nivå med omgivningen.

De aktuella detaljplanerna som redovisas i avsnitt 2.1 omfattar planläggning inom 30 meter från yttersta spår på båda sidor om järnvägen. För områdena längst söderut så medför nivåskillnaden mellan järnvägen och kringliggande områden ett naturligt urspårningsskydd. Övriga områden ligger i nivå med järnvägen.

Med anledning av det begränsade avståndet mellan järnvägen och planerad ny bebyggelse samt planläggning inom kringliggande områden bedöms urspårning kunna bidra till risknivån inom de studerade områdena. Olycksrisken bedöms därmed nödvändig att studeras i en mer fördjupad riskanalys med avseende på påverkan på risknivån inom kringliggande områden utmed Ostkustbanan.

Tågbrand

Konsekvenserna av en tågbrand är 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 persontåg bedöms vara relativt begränsat. Med hänsyn till avståndet mellan järnvägen och planerad bebyggelse bedöms en persontågsbrand ej innebära risk för brandspridning till området. Brand i persontåg bedöms därför ha en mycket begränsad påverkan på risknivån inom det studerade området.

Brand i godståg kan bli betydligt mer omfattande än brand i persontåg. Skadeområdet vid brand i godståg bedöms därmed kunna bli mer omfattande. Värmestrålningen bedöms bli hög närmast järnvägen och brandspridning till bebyggelse bedöms kunna ske inom ca 20-25 meter från järnvägen.

De aktuella detaljplanerna som redovisas i avsnitt 2.1 omfattar planläggning inom 30 meter från yttersta spår på båda sidor om järnvägen. Med anledning av det begränsade avståndet mellan järnvägen och planerad ny bebyggelse samt planläggning inom kringliggande områden bedöms tågbrand kunna bidra till risknivån inom de studerade områdena. Olycksrisken bedöms därmed nödvändig att studeras i en mer fördjupad riskanalys med avseende på påverkan på risknivån inom kringliggande områden utmed Ostkustbanan.

Olycka med farligt gods

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån RID-S /16/.

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 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 aktuella planområden:

- 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 aktuella planområden.

Beroende på om olycka med farligt gods sker på spår i öppet läge eller under den planerade överdäckningen kommer skadeutbredningen variera. En överdäckning innebär att olyckan stängs inne vilket ofta innebär en ökad påverkan under överdäckningen och minskad påverkan mot omgivningen. Vissa olyckor, exempelvis de som leder till gasmolnsexplosion, kan bli mer omfattande om de sker inneslutet.

4.3.2 Olycka på Frösundaleden (sekundär transportled för farligt gods)

Olycka med farligt gods

Enligt tabell 3.4 så förekommer det främst transporter av brännbara gaser och brandfarliga vätskor på Frösundaleden. Dessutom sker enstaka transporter av giftiga gaser (styckegods) samt frätande ämnen. I nedanstående avsnitt görs separata riskbedömningar avseende olycka med dessa farligt godsklasser på Frösundaleden i höjd med det aktuella exploateringsområdet vid Solna station. Bedömningen av potentiella konsekvenser utgår från tabell 4.1 ovan.

Enligt tabell 4.1 begränsas skadeavståndet till följd av ett läckage med frätande ämnen till närområdet kring olycksplatsen. Transporter av frätande ämnen på Frösundaleden bedöms utifrån detta inte påverka risknivån inom aktuella planområden. Någon ytterligare beskrivning av detta skadescenario bedöms därför inte behövas.

Brännbara gaser (klass 2.1)

En olycka med brännbar gas innebär att gas läcker ut och antänds (antingen under tryck eller när den spridits bort från utsläppskällan) eller att en gastank utsätts för utvändig brand vilket hettar upp gasen så att den expanderar snabbt. Beroende på utsläpps- och antändningsscenario kan konsekvenserna av olyckan variera. Skadeområden kan vara från tiotalet meter upp till ca 200 meter beroende på olyckstyp.

Brännbara gaser transporteras normalt trycksatta (och tryckkondenserade) i tankbilar eller i flaskpaket. Detta medför att behållarna normalt har högre hållfasthet än vanliga tankar för t.ex. vätsketransporter vilket i sin tur ger en begränsad sannolikhet för läckage även vid stor påverkan som vid exempelvis en trafikolycka. Då gasen kan spridas bort från olycksplatsen ökar dock sannolikheten för att utsläppet kommer i kontakt med en tändkälla och antänds.

Olyckor med tankbilar med brännbara gaser (klass 2.1) kan innebära påverkan mot det studerade exploateringsområdet, främst genom olyckshändelser som leder till gasmolnsexplosion och BLEVE som kan innebära stora skadeområden.

Hastigheten på Frösundaleden är låg (50 km/tim) vilket innebär att en kollisionsolycka endast bör leda till begränsade skador på tankbilen. Det innebär att sannolikheten för ett läckage av brännbar gas är mycket liten.

Det är en begränsad del av den planerade nya bebyggelsen som understiger länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till farligt godsled.

Utifrån beskrivningen ovan görs bedömningen att en olycka med brännbar gas på Frösundaleden innebär en begränsad påverkan på risknivån inom de studerade områdena. Med hänsyn till det begränsade avståndet till närmaste planområden görs dock bedömningen att olycksrisken bör studeras i en mer fördjupad riskanalys.

Giftiga gaser (klass 2.3)

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

Giftig gas transporteras enligt riskinventeringen som redovisas i avsnitt 3.4.2 enbart som styckegods i flaskor på Frösundaleden. Det innebär att ett eventuellt läckage blir begränsat i omfattning. Transporter med giftig gas sker enbart vid enstaka tillfällen per år. Detta tillsammans med den låga hastigheten på Frösundaleden medför en mycket låg sannolikhet för olycka utmed den aktuella sträckan.

Skadescenariots påverkan på risknivån inom aktuella planområden bedöms därför vara mycket begränsad. Någon vidare studie av scenariot eller behov av säkerhetshöjande åtgärder bedöms inte föreligga.

Brandfarliga vätskor (klass 3)

Brandfarliga vätskor utgör en av de klasser som är vanligast förekommande på Sveriges vägar. Transporter sker ofta i tankbilar. Läckage av vätska kan ansamlas i en pöl som avger brännbara ångor om dessa antänds kan en skarp pölbrand uppstå. En stor pölbrand (ca 400 m²) kan innebära skadeområden på upp till maximalt ca 40 meter.

En olycka med brandfarliga vätskor på Frösundaleden bedöms innebära en mycket begränsad påverkan på risknivån inom de studerade områdena. Med hänsyn till det begränsade avståndet till närmaste planområden görs dock bedömningen att olycksrisken bör studeras i en mer fördjupad riskanalys.

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 på Ostkustbanan

1. Urspårning
2. Brand i godståg
3. Olycka vid transport av farligt gods
 - 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)

Olycka på Frösundaleden

4. Olycka vid transport av farligt gods
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

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

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

5.2 Sammanvägning av risk

Risker avseende personsäkerhet presenteras och värderas i form av individrisk och samhällsrisk. Riskberäkningarna redovisas i sin helhet i bilaga C.

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 frekvensen för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan.

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

Utmed den södra delen av den studerade järnvägssträckan är det en kraftig nivåskillnad mellan spår och kringliggande områden öster om järnvägen. Utmed denna sträcka bidrar urspårning inte till individrisknivån eftersom nivåskillnaden förhindrar att en urspårning lämnar spårområdet. Individrisken beräknas därför även med hänsyn tagen till nivåskillnader inom det aktuella exploateringsområdet.

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. Samhällsrisk beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både aktuella planområden samt omgivande bebyggelse.

Konsekvenserna kommer att beräknas för aktuellt planalternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom de aktuella planområdena samt för ett nollalternativ som innebär befintliga förhållanden inom aktuella planområden.

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. I publikationen *Värdering av risk /30/ ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, se Tabell 5.1.*

Tabell 5.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

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

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

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

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

5.2.4 Hantering av osäkerheter

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

Känslighetsanalysen redovisas i avsnitt 5.5.

5.3 Resultat av riskberäkningar

5.3.1 Individrisk

Beräkning av individrisk

Den platsspecifika individrisken redovisas i form av individriskprofiler som anger den avståndsberoende frekvensen för att en fiktiv person ska omkomma till följd av en negativ exponering från de studerade riskkällorna.

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

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

1. De konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B visar att andelen personer inom skadeområdet som bedöms omkomna minskar med avståndet från riskkällan. Detta innebär även att sannolikheten för att den fiktiva personen som studeras vid beräkning av individrisk omkommer också minskar med avståndet för respektive skadescenario. Med avseende på respektive skadescenario reduceras därför individrisken för olika avståndsnivåer enligt konsekvensberäkningarna.
2. De beräknade skadeområdena för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den järnvägs- respektive vägsträcka som studeras (1 000 m). Detta innebär att det inte är givet att en person som befinner sig inom kritiskt område i aktuella planområden 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 planområdena kan omkomma även om olyckan inträffar utanför den studerade sträckan.

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

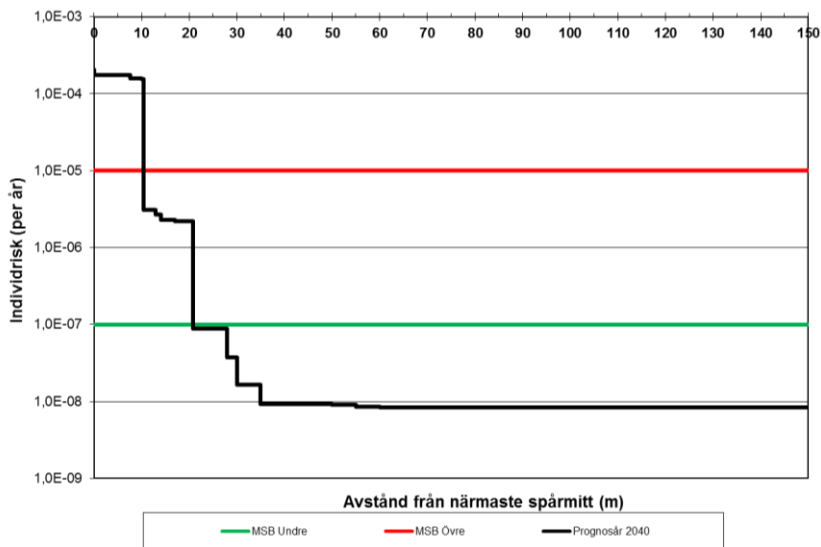
3. För vissa olycksscenarier förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) blir skadeområdet inte cirkulärt. Detta innebär i sin tur att det inte är givet att en person som befinner sig inom det kritiska området omkommer. För dessa scenarier reduceras frekvensen ytterligare med avseende på gasplymens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

Resultat Ostkustbanan

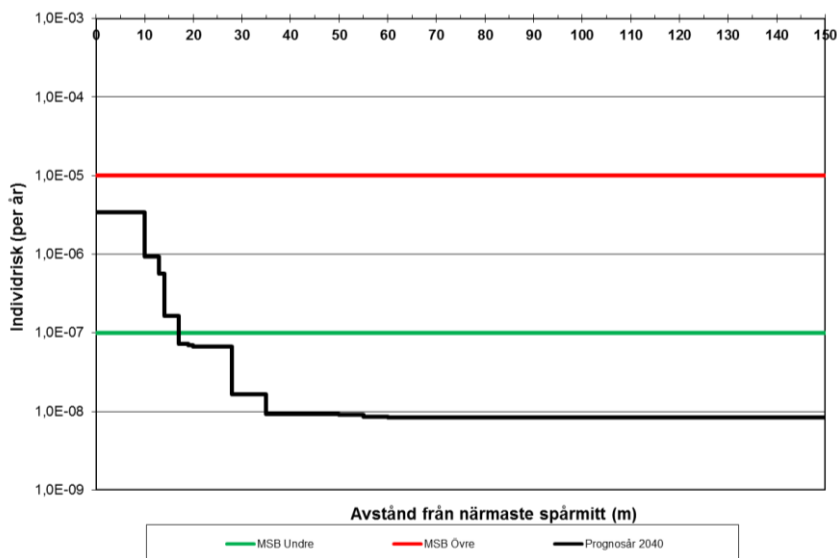
Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed Ostkustbanan. Individrisken presenteras för oskyddade personer utomhus (se figur 5.1 och figur 5.2) och har beräknats för olycka där spåret ligger i nivå med omgivande områden samt där omgivande områden ligger högre än spårområdet.

Individrisken redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.

Avståndet i diagrammet utgår från spårmittpå järnvägens närmaste spår efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan.



Figur 5.1. Individrisk utomhus utmed Ostkustbanan (mätt från närmaste spårmittpå järnvägens närmaste spår efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan). Utan hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmande barriärer inom aktuella planområden. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)



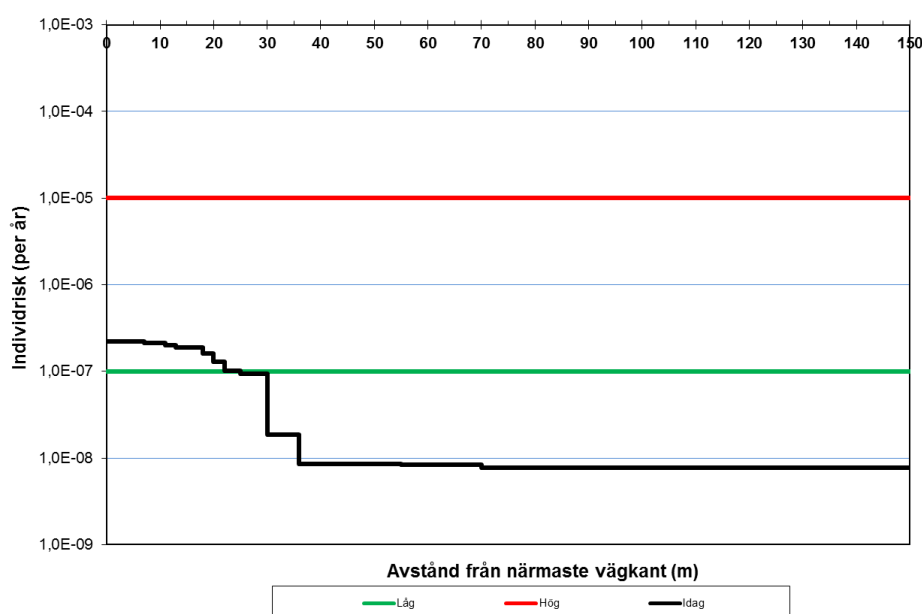
Figur 5.2. Individrisk utomhus utmed Ostkustbanan (mätt från närmaste spårmittpå järnvägens närmaste spår efter utbyggnad av järnvägen). Med hänsyn tagen till nivåskillnad som förhindrar påverkan inom omgivningen vid urspårning. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

Någon beräkning av individrisken vid olycka under den tänkta överdäckningen har inte genomförts eftersom det omfattar en så liten del av den totala sträckan, ca 70 meter. Risknivån kan jämföras med den där marknivån ligger över spårområdet. Överdäckningen medför sannolikt en viss dämpande effekt vilket innebär att den individrisknivån kan förväntas vara lite lägre vid olycka under däckets jämfört med olycka där spårområdet ligger lägre än omgivningen (se figur 5.2). Det gäller framförallt delar öster om den södra stationsentrén.

Resultat Frösundaleden (sekundär transportled för farligt gods)

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom området utmed Frösundaleden. Individrisken presenteras för oskyddade personer utomhus (se figur 5.3).

Individrisken redovisas för dagens trafiksiffror. Avståndet i diagrammet utgår från närmaste väggkant.



Figur 5.3. Individrisk utomhus utmed Frösundaleden (sekundär transportled för farligt gods). (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 järnvägen. I bilaga B redovisas omfattningen av det studerade området, vilket omfattar både aktuella planområden samt omgivande bebyggelse. Samhällsrisken beräknas för aktuella planalternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella området samt för nollalternativet som omfattar befintliga förhållanden avseende bebyggelse och markanvändning.

Det finns ett flertal olika parametrar som påverkar samhällsrisken, 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 aktuella planområden, vilket innebär där avståndet är som kortast mellan järnvägen och planerad bebyggelse. Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden utmed den studerade järnvägssträckan (1 000 meter) bedöms sannolikheten för att de beräknade konsekvenserna skulle uppstå oavsett var på sträckan som olyckan inträffar vara låg.

Vid sammanställningen av samhällsriskerna 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 aktuella planområden 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 aktuella planområden, d.v.s. skadeområdet är riktat i den riktning där bebyggelse planeras närmast järnvägen.

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 samhällsriskerna för de studerade riskkällorna antas dock att konsekvenserna kan inträffa oavsett åt vilket håll som olyckan riktas.

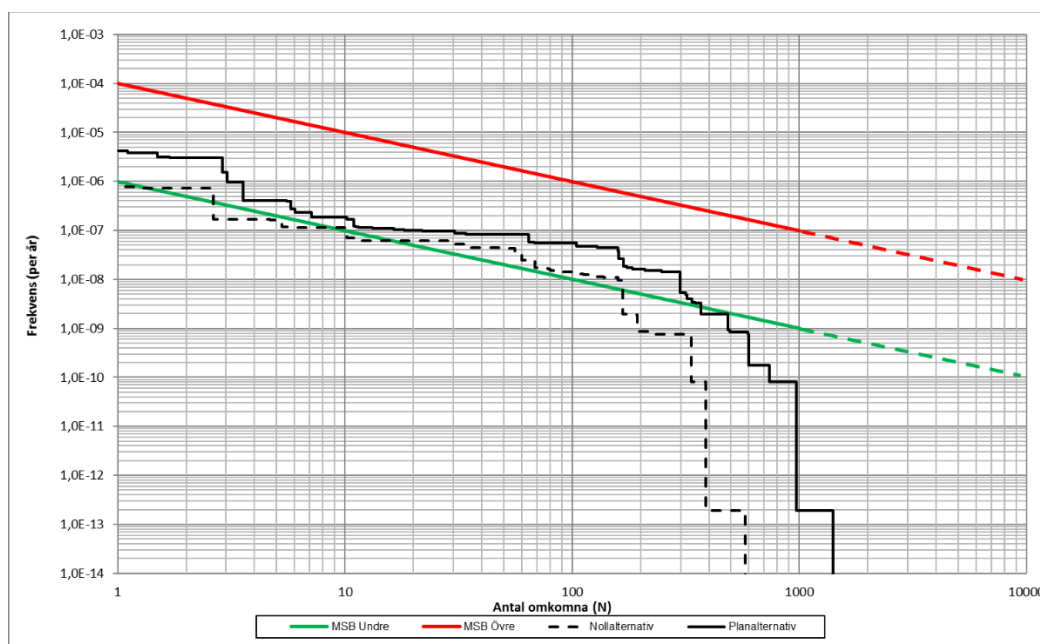
- Vidare antas respektive skadescenario inträffa då personantalet inom det studerade området är som störst, vilket innebär största möjliga konsekvenser.

Resultat Ostkustbanan och Frösundaleden

I figur 5.4 redovisas den beräknade samhällsriskerna inom det studerade området, d.v.s. aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse med avseende på olycksrisker förknippade med trafiken på Ostkustbanan och Frösundaleden (sekundär transportled för farligt gods).

Samhällsriskerna beräknas för aktuellt planalternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom aktuella planområden. Samhällsriskerna har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom aktuella planområden.

Samhällsriskerna redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av Ostkustbanan.



Figur 5.4. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan och Frösundaleden i anslutning till aktuella planområden vid Solna station.

5.4 Värdering av risk

5.4.1 Individrisk

Ostkustbanan

Med avseende på individrisk bedöms olycksriskerna förknippade med trafiken på Ostkustbanan hamna inom ALARP inom ca 20 meter från närmaste spårmitt. Inom ca 10 meter från Ostkustbanan så hamnar individrisken på en oacceptabel nivå.

Utmed den södra delen av den studerade järnvägssträckan där järnvägen ligger lägre än omgivningen är individrisken något lägre eftersom nivåskillnaden förhindrar att en urspårning påverkar omgivningen utanför spårområdet. Utmed dessa sträckor hamnar individrisken inom ALARP inom ca 10-15 meter från närmaste spårmitt. Individrisken hamnar dock inte på en oacceptabel nivå. Se figur C.2 i bilaga C.

Generellt hålls ett avstånd på minst 20-30 meter till stadigvarande vistelse samt ny bebyggelse från Ostkustbanans genomgående huvudspår (inkl. utbyggnad av järnvägen med två nya spår med föreslagen dragning enligt /20/). Med avseende på individrisk anses risknivån vara acceptabel inom aktuella områden där ny bebyggelse planeras, både utomhus och inomhus.

Inom planområdet Hagalund 3:1 och Hagalund 3:2 respektive inom området slänten mot "Blåkulla" planeras ny bebyggelse i direkt anslutning till bergskärning respektive tunnelmyning, vilket innebär att avståndet till järnvägen blir ca 5 meter. De nya byggnaderna ligger betydligt högre än järnvägen vilket eliminerar risker förknippade med urspårning och begränsar individrisken. Med avseende på individrisk anses dock risknivån inom dessa områden ligga på en nivå som är så hög att åtgärder ska vidtas för att sänka risknivån vid ny bebyggelse och ändrad markanvändning. Se vidare avsnitt 6.

Frösundaleden

Med avseende individrisk bedöms olycksrisker förknippade med farligt godstransporter på Frösundaleden hamna inom ALARP inom ca 20 meter från väggkant. Individrisken hamnar dock inte på en oacceptabel nivå.

Inom området slänten mot "Blåkulla" planeras ny bebyggelse som närmast ca 15 meter från Frösundaleden. Med avseende på individrisk anses risknivån inom detta område ligga på en nivå som är så hög att åtgärder ska vidtas för att sänka risknivån vid ny bebyggelse och ändrad markanvändning. Se vidare avsnitt 6.

Inom övriga planområden överstiger avståndet till Frösundaleden 45 meter. Med avseende på individrisk anses risknivån vara acceptabel inom aktuella områden där ny bebyggelse planeras.

5.4.2 Samhällsrisk

Samhällsriskerna från olycksriskerna förknippade med trafiken på Ostkustbanan och Frösundaleden bedöms delvis hamna inom den nedre halvan av ALARP-området. De olycksrisker som bidrar till att samhällsriskerna hamnar inom ALARP utgör olycksrisker förknippade med gaser. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt urspårning och tågbrand bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsrisknivån.

Samhällsriskerna från olycksriskerna förknippade med trafiken på Ostkustbanan och Frösundaleden bedöms delvis hamna inom den nedre halvan av ALARP-området. För olycksrisker med fler än 500 omkomna ligger dock samhällsrisknivån på en acceptabel nivå där marginalen till det nedre acceptanskriteriet är mycket stor.

De olycksrisker som bidrar till att samhällsriskerna hamnar inom ALARP utgör olycksrisker förknippade med brännbara gaser och urspårning på Ostkustbanan. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt tågbrand på Ostkustbanan bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsrisknivån. Olycksrisker förknippade med farligt godstransporter på Frösundaleden bedöms ha begränsad påverkan på samhällsrisknivån.

Vid jämförelse mot nollalternativet så kan det konstateras att den planerade bebyggelsen har en stor påverkan på samhällsriskerna inom det studerade området. För befintliga förhållanden inom det studerade området så ligger samhällsriskerna generellt på en acceptabel nivå.

Med hänsyn till den beräknade samhällsriskerna 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.

5.5 Hantering av osäkerheter

Riskutredningar är alltid förknippade med osäkerheter, framförallt rör osäkerheterna antagna mängder farligt godstransporter och fördelningar mellan de olika klasserna. Ändrade mängder eller fördelningar kan komma att påverka risknivån i både positivt och negativ bemärkelse. Den totala mängden farligt gods samt fördelningen mellan respektive klass har uppskattats utifrån nationell statistik över en femårsperiod. Det statistiska underlaget som används i analysen är behäftat med osäkerheter, både vad gäller antalet transporter och vilka ämnen som transporteras. Antagandet att andelen av godstrafiken som omfattar farligt gods kommer att motsvara dagens förhållanden även år 2040 är mycket osäkert. För att säkerställa att risknivån för området inte underskattas görs en känslighetsanalys avseende en ökning av antalet farligt godsvagnar. Fördelningen mellan respektive farligt godsclass är dock densamma som för grundförutsättningarna.

Vid beräkning av olycksfrekvenser har olyckskvoter för urspårning med persontåg respektive godståg hämtats från beräkningsmetod utgiven av den europeiska järnvägsunionen, *UIC Code 777-2*. I tidigare riskanalyser som utförts för detaljplaner längs med Ostkustbanan har frekvensberäkningar utförts enligt den metodik som presenteras i rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen /31/*. Med avseende på att olyckskvoterna som ligger till grund för beräkning av urspårning skiljer sig åt mellan de olika metoderna kommer följaktligen beräknade olycksfrekvenser för respektive sluthändelse att variera beroende av val av beräkningsmetodik.

Antagna persontätheter inomhus och utomhus i samband med olyckstillfället påverkar beräkningar av antalet drabbade i omgivningen givet olycka. På samma sätt har antaganden av när på dygnet olyckor förutsätts inträffa bäring på resultaten.

För att studera hur antalet farligt godsvagnar respektive val av beräkningsmetodik kan förväntas påverka resultaten tillsammans med antaganden om persontäthet inom det studerade området har kompletterande samhällsriskberäkningar utförts där dessa parametrar varieras. I Bilaga C redogörs de kompletterande beräkningarna.

Utförd känslighetsanalys påvisar följande:

- Även vid en mycket kraftig ökning av antalet farligt godstransporter på Ostkustbanan så hamnar samhällsriskerna fortfarande inom ALARP, och till stor del inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- Att använda en annan mer konservativ beräkningsmetodik för frekvensberäkningarna (VTI) skulle medföra en begränsad skillnad i samhällsrisknivån bortsett från skadescenarier förknippade med urspårning med persontåg där olycksfrekvensen ökar relativt kraftigt. Samhällsriskerna hamnar dock fortfarande inom ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- En annan mer konservativ beräkningsmetodik påverkar individrisken och innebär ett ökat avstånd från järnvägen där individrisken hamnar inom ALARP. På ett avstånd om ca 30 meter från järnvägens spår kommer individrisknivån dock ändå fortfarande vara acceptabel. Individrisknivån i anslutning till planerad byggnad som planeras minst 30 meter från det framtida planerade spåret är därmed att betrakta som acceptabel även med en konservativ beräkningsmetodik. Utmed den del av sträckan där planerad bebyggelse ligger högre än järnvägen har metodvalet en begränsad påverkan på individrisken eftersom nivåskillnaden eliminerar riskbidraget från urspårning.
- En kraftig ökning av konsekvenserna för respektive skadescenario bedöms också ha en begränsad påverkan på resultatet. Samhällsriskerna hamnar fortfarande inom ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.

6. Säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

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

Åtgärdernas omfattning behöver dock diskuteras, då acceptansnivån är beroende av markanvändning samt avstånd till aktuella riskkällor. Dessutom behöver bedömningen av åtgärder beakta vilket bidrag till risknivån som respektive olycksrisk innebär.

6.2 Diskussion kring åtgärder

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

Respektive avsnitt inleds med en generell beskrivning av restriktionerna och åtgärder. I kursiv text redovisas en specifik bedömning för aktuella planområden. I avsnitt 6.3 redovisas sedan en sammanställning av vilka restriktioner och åtgärder som rekommenderas för aktuella planområden.

6.2.1 Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

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 6.2.2.

Observera att avsteg från det rekommenderade bebyggelsefria området på 25-30 meter från farligt godsled ofta är mycket svåra att få igenom, speciellt för ny bostadsbebyggelse samt liknande bebyggelse. Eventuella avsteg innebär generellt krav på mycket omfattande byggnadstekniska åtgärder.

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

Inom planområden väster om Ostkustbanan planeras ny bebyggelse minst 50 meter från närmaste genomgående huvudspår (efter utbyggnad av Ostkustbanan). Den nya bebyggelsen planeras på ett avstånd från Ostkustbanan respektive Frösundaleden där individrisken är acceptabel. Både ny kontorsbebyggelse och bostadsbebyggelse uppfyller med god marginal Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (30 meter enligt figur 1.1). Ny bebyggelse (kontor) planeras 20 meter från befintligt driftspår. Enligt beräkningar i Bilaga B är maximalt urspåringsavstånd 13 meter. Motsvarande skadeavstånd gäller vid tågbrand. Placeringen av bebyggelsen utmed driftspåret till Hagalunds bangård bedöms därmed vara acceptabel.

Inom planområden öster om Ostkustbanan samt söder om Frösundaleden planeras ny kontorsbebyggelse inom 30 meter från järnvägens närmaste genomgående huvudspår (efter utbyggnad av Ostkustbanan) respektive från Frösundaleden. Inom området kv. Ballongberget planeras ny bostads- och hotellbebyggelse minst 35 meter från järnvägen. Den nya kontorsbebyggelsen planeras på ett avstånd från Ostkustbanan respektive Frösundaleden där individrisken hamnar inom ALARP. Bebyggelsen innebär att avsteg görs från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd.

Utifrån samhällsriskberäkningen görs bedömningen att planerad exploatering och föreslagna avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd kan accepteras. Kompletterande byggnadstekniska åtgärder behöver dock vidtas med hänsyn till gällande risknivåer, se avsnitt 6.2.2.

Med hänsyn till den höga risknivån, samt avståndet, rekommenderas att ytor mellan planerad ny bebyggelse och Ostkustbanan respektive Frösundaleden inte utformas så att de uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Detta gäller även för ytor ovanpå planerade överdäckningar av Ostkustbanans spår.

Det rekommenderas också att känslig och/eller svårutrymd verksamhet (t.ex. förskola, skola, äldreboende, LSS-boende etc.) inte placeras oskyddat, utan framförliggande bebyggelse, inom rekommenderade skyddsavstånd. Detta uppfylls med studerad utformning av de olika planområdena.

För att tillgodose att avstånden mellan riskkällor och bebyggelse samt utrymmen för stadigvarande vistelse utomhus motsvarar föreslagen situationsplan behöver detta anges som krav i detaljplan, se vidare avsnitt 6.3.

6.2.2 Byggnadstekniska åtgärder

Enligt ovan innebär föreslagen bebyggelse att de rekommenderade skyddsavstånd som redovisas i avsnitt 1.5.1 delvis underskrider för planerad kontorsbebyggelse och bostads-/hotellbebyggelse inom planområden öster om Ostkustbanan samt söder om Frösundaleden. Den planerade bebyggelsen innebär enligt den fördjupade riskanalysen en förhöjd samhällsrisknivå. För att acceptera avstegen samt för att reducera risknivån behöver kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas. Nedan redovisas diskussioner kring behovet av åtgärder.

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

Utrymningsstrategin för bebyggelse i anslutning till 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).

Ovanstående innebär att ny bebyggelse som vetter direkt mot Ostkustbanan respektive Frösundaleden ska utformas med åtminstone en utrymningsväg som inte mynnar mot respektive riskkälla.

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

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

Skydd mot urspårning

För att förhindra att ett urspårat 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 rälsöverkant) uppföras mellan byggnader och spår.

Planerad bebyggelse placeras på sådant avstånd att det inte föreligger risk för mekanisk verkan till följd av urspårning av ett höghastighetståg på spår närmast byggnad. Bebyggelse som planeras inom 30 meter från närmaste spår är skyddade mot urspårning genom kraftiga nivåskillnader eller framförliggande befintlig bebyggelse. Utredningen påvisar att planerad bebyggelse därmed planeras på sådant sätt att förutsättningar för att uppfylla de krav som ställs på hantering av extrema olyckslaster med avseende på närliggande järnvägsspår skapas utan att särskilda byggnadstekniska åtgärder behöver vidtas. Det är dock viktigt att säkerställa skyddet mot urspårning för de nedersta våningsplanen även vid den planerade överdäckningen. Detta oberoende av om delar av berget lämnas kvar eller inte. Berg eller konstruktion måste klara påkörning av ett urspårat tåg utan att byggnadens bärighet påverkas i någon större omfattning.

Skydd mot brand

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

Exempelvis kan väggar utföras i obrännbart material eller med konstruktioner som uppfyller brandteknisk avskiljning avseende täthet och isolering. Krav på att förhindra brandspridning gäller även fönster och glaspartier. Exempelvis kan fönster utföras så att de är intakta och sitter kvar under hela brandförloppet genom att använda brandklassade, härdade eller laminerade glas.

Enligt den fördjupade riskbedömningen har aktuella brandscenarier på Ostkustbanan respektive Frösundaleden begränsad påverkan på risknivån inom aktuella planområden. Planerad bebyggelse placeras generellt på ett sådant avstånd att det inte föreligger risk för brandspridning till byggnaden vid tågbrand eller olycka med brandfarliga vätskor. Avståndet begränsar dessutom sannolikheten för brandspridning in i byggnader vid olycka med brännbar gas.

För att ytterligare begränsa risken för brandspridning in i byggnader rekommenderas dock att ny bostads-/hotellbebyggelse inom 50 meter, samt ny kontorsbebyggelse inom 30 meter från Ostkustbanans närmaste spår utförs med krav på obrännbara fasader alternativt med konstruktioner som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster i fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan bör utföras i lägst brandteknisk klass EW 30.

Utmed de delar där de östra spåren däckas över föreligger inget behov av åtgärder i byggnadernas fasader. Det är dock viktigt att överdäckningens konstruktion uppfyller de krav på dimensionerande brandlast som Trafikverket anger. Något behov av större krav bedöms inte föreligga. Om allt berg sprängs bort måste de konstruktionsdelar som är under överdäckningen också uppfylla Trafikverkets krav på dimensionerande brandlast.

Bebyggelse som placeras inom 15 meter från driftspår till Hagalunds bangård behöver utföras med hänsyn till risken för tågbrand.

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

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

Skydd mot gaser

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

För olycka med brännbara gaser går det enligt ovan även att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta byggnadstekniska åtgärder som skyddar mot explosion (se nedan).

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 riskkällan. 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.

Enligt riskutredningen har olycksrisker med giftiga gaser på Ostkustbanan en mycket liten påverkan på risknivån medan brännbara gaser innebär ett relativt stort riskbidrag inom det studerade området. Det är osäkert hur stor riskreducerande effekt som de ventilationstekniska åtgärderna innebär. Åtgärderna bedöms dock normalt innebära relativt låga kostnader och inkräftar inte mer än marginellt på byggnadsutformningen. Nackdelen med åtgärderna är att de kan vara svåra att följa upp och att de inte kan regleras helt som planbestämmelser.

Med hänsyn till rimligheten i att vidta åtgärder i förhållande till riskbidraget och risknivå samt planerade verksamheter inom aktuella planområden så rekommenderas att åtgärder som skyddar mot gasspridning vid olycka på Ostkustbanan vidtas för ny bostads-/hotellbebyggelse inom 50 meter samt för kontorsbebyggelse inom 30 meter från järnvägens närmaste spår.

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

Skydd mot explosion

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

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

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

Enligt riskutredningen har olycksrisker med explosiva ämnen samt oxiderande ämnen och organiska peroxider på Ostkustbanan en mycket begränsad påverkan på risknivån inom det studerade området. 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. Med hänsyn till det bidrag som transporter av explosivämnen innebär på risknivån inom aktuella planområden bedöms det inte vara rimligt att dimensionera skyddsåtgärder för en massexplosion.

Enligt riskberäkningarna så innebär däremot en olycksrisk som förknippas med transporter av brännbara gaser som omfattar explosionsartade brandförlopp (stor gasmolnexplosion) ett betydande bidrag till samhällsrisken inom det studerade området. Med hänsyn till det bidrag som transporter av brännbara gaser innebär på risknivån inom aktuella planområden rekommenderas därför att åtgärder vidtas som begränsar konsekvenserna av stor gasmolnexplosion.

Gasmolnexplosioner innebär betydligt lägre tryck än en explosion med explosivämne eller organiska peroxider och föranleder främst krav avseende fönster utmed riskkällan och att dessa ska vara intakta så att brandspridning från gasmolnet in i byggnaderna förhindras. För att skydda mot skador inomhus bör därför glaspartier och fönster som vetter direkt mot järnvägen inom 30 meter från Ostkustbanans närmaste spår utföras av glas som förhindrar omfattande splitterverkan vid stor gasmolnexplosion. Även den planerade överdäckningen behöver utföras med hänsyn tagen till risken för gasmolnexplosion.

I tidigare utredningar där beräkningar av påverkan från en gasmolnsexplosion har genomförts (bl.a. Idrottsplatsen, Solna och Hornsbergskvarteren, Stockholm) har dimensionerande scenario satts till att en hel gastanks innehåll släpps ut och antänds (40 resp. 16 ton tryckkondenserad gasol). Utifrån beräkningar har man i de utredningarna kommit fram till att det dimensionerande scenariot ungefär motsvarar en olycka med 100 kg explosivämne (TNT). Detta sätts därför även i denna analys som dimensionerande lastfall för olycka med brännbar gas. Det innebär ett högre krav än vad Trafikverket ställer på sina tunnlar. I ett par andra projekt har större explosionslaster använts som dimensionerande, bland annat Hagastaden. De projekten har berört överdäckningar över väg. Den högre lasten beror på att man i de projekten har utgått från olycka med explosivämne som dimensionerade explosionsscenario. Transporter av explosivämnen i större mängder är betydligt mer vanligt på väg än på järnväg, där endast mycket begränsade mängder (100-talet kilo) förekommer. I Hagastaden förekommer också stadigvarande verksamhet i betydande omfattning ovanpå överdäckningen, vilket inte är aktuellt vid Solna station.

P.g.a. den låga olycksfrekvensen har däremot BLEVE ett begränsat bidrag till samhällsrisk som inte bidrar till att samhällsriskerna hamnar inom ALARP. Med hänsyn till det bidrag BLEVE innebär på risknivån bedöms det inte vara rimligt att dimensionera skyddsåtgärder för denna olycksrisk.

Utmed de delar där de östra spåren däckas över föreligger inget behov av åtgärder i byggnadernas fasader ovanför överdäckningen. Det rekommenderas dock att överdäckningens konstruktion inklusive eventuellt oskyddade konstruktionsdelar nedanför däckets dimensioneras med hänsyn till risken för gasmolnsexplosion (lastfall motsvarande 100 kg TNT).

Det är tillåtet att, ur risksynpunkt, utföra aktuella fönster öppningsbara. Bedömningen utgår från en sammanvägning av risknivån samt att sannolikheten uppskattas vara låg för att fönster är öppna under längre tid. Det bör framgå i detaljplan eller i planbeskrivning att aktuella fönster tillåts vara öppningsbara även utan verktyg, nyckel eller liknande.

Det föreslås att ovanstående åtgärder anges som krav i detaljplan, se vidare avsnitt 6.3.

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

Vid bebyggelse och förändrad markanvändning inom det aktuella området kring Solna station rekommenderas att följande restriktioner och byggnadstekniska åtgärder vidtas:

- Ny bebyggelse som ligger i nivå med, eller lägre än, Ostkustbanans spår ska placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste genomgående huvudspår efter utbyggnad av Ostkustbanan, mätt från spårmittpunkt.
- Ny kontorsbebyggelse placeras minst 10 meter från närmaste driftspår till Hagalunds bangård, efter utbyggnad av Ostkustbanan.
- Ny bostads-/hotellbebyggelse ska placeras minst 35 meter från närmaste genomgående huvudspår och minst 15 meter från närmaste driftspår till Hagalunds bangård efter utbyggnad av Ostkustbanan.
- Ny kontorsbebyggelse ska placeras minst 15 meter från Frösundaleden (mätt från närmaste väggkant).

- Känslig verksamhet som exempelvis förskola, skola, äldreboende etc. bör placeras så att rekommenderade skyddsavstånd följs, dvs. minst 50 meter från närmaste genomgående spår på Ostkustbanan, alternativt placeras så att annan bebyggelse ligger mellan den känsliga verksamheten och Ostkustbanan. Detta gäller även förskolegård.
- Ytor mellan ny bebyggelse och Ostkustbanan respektive Frösundaleden ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Detta gäller inom 25 meter från Ostkustbanans genomgående spår, 15 meter från driftspår till Hagalunds bangård samt 15 meter från Frösundaleden.
- Inom 50 meter från Ostkustbanans genomgående spår och inom 25 meter från driftspår till Hagalunds bangård ska ny bostads-/hotellbebyggelse som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförliggande bebyggelse utföras med följande åtgärder:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Ostkustbanan.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Ostkustbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - Fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.
- Inom 30 meter från Ostkustbanans genomgående spår och inom 15 meter från driftspår till Hagalunds bangård ska ny kontorsbebyggelse som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförliggande bebyggelse eller överdäckning utföras med följande åtgärder:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Ostkustbanan.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Ostkustbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - Fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30 samt utformas för att förhindra splitERVERKAN vid explosion med karakteristiska tryck och impulstäthet motsvarande stor gasmolnexplosion. Fönster tillåts vara öppningsbara.

Utmed de delar där de östra spåren däckas över föreligger inget behov av åtgärder i byggnadernas fasader. Följande gäller dock för överdäckningens konstruktion:

- Trafikverkets krav utgör dimensionerande förutsättningar (lägsta krav) avseende bland annat brand och urspårning.
- Konstruktionen ska utföras så att den inte raseras vid explosion med karakteristiska tryck och impulstäthet motsvarande stor gasmolnexplosion (100 kg TNT). *Detta är ett högre krav än Trafikverkets.*

- Inom 25 meter från Frösundaleden (mätt från närmaste väggkant) 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 Ostkustbanan.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Frösundaleden alternativt på byggnadernas tak.

6.3.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

De åtgärder som redovisas ovan bedöms ha följande effekt inom det studerade området:

- 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 utväldig brand samt eventuella explosioner med brännbar gas genom skyddsavstånd i kombination med förstärkta fönster och glaspartier i fasad mot järnvägen.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av urspårning genom skyddsavstånd och nivåskillnader.
- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på angränsande järnväg eller transportled för farligt gods genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från riskkällan.

Genom att bedöma de föreslagna åtgärderna riskreducerande effekt erhålls en kvantifiering av den nya samhällsrisk som där åtgärderna beaktats. Detta redovisas i bilaga C. Med hänsyn till den beräknade risknivån inom studerade områden bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt.

7. Slutsatser

Det aktuella exploateringsområdet kring Solna station ligger i ett utsatt läge med hänsyn till olycksrisker förknippade med trafiken på Ostkustbanan. Järnvägen innebär relativt omfattande transportmängder farligt gods. Det uppskattas kunna förekomma transporter av samtliga farligt godsklasser.

Trafikverket har planer på att i framtiden utöka Ostkustbanan med två nya spår mellan Stockholm och Uppsala. En framtida utbyggnad av järnvägen har beaktats i den fördjupade riskbedömningen där hänsyn tas till kortare avstånd mellan spår och kringliggande bebyggelse samt ökad hastighet på de nya spåren i förhållande till befintliga järnväg.

Den södra delen av exploateringsområdet angränsar mot Frösundaleden som är en rekommenderad sekundär transportled för farligt gods.

Genomförd riskbedömning av identifierade risker förknippade med intilliggande riskkällor visar att olycksriskerna påverkar risknivån inom det studerade området. Detta gäller framförallt samhällsrisk.

Transporter av farligt gods på Frösundaleden har en begränsad påverkan på risknivån.

Delar av planerad ny bebyggelse öster om Ostkustbanan samt söder om Frösundaleden understiger Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till järnväg och farligt godsled. Ny bebyggelse planeras dessutom inom den rekommenderade bebyggelsefria zonen utmed järnvägen. Med anledning av den höga risknivån samt aktuella avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade avstånd föreslås att säkerhetshöjande åtgärder vidtas i syfte att reducera "nettotillskottet" av oönskade händelser som avsteget medför.

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

Föreslagna åtgärder innebär en reducering av samhällsrisk. Åtgärderna medför att planerad ny bebyggelse och markanvändning får en begränsad påverkan på samhällsrisk för aktuella planområden och dess omgivning.

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Riskberäkningar

9. Referenser

- /1/ Detaljplan för kv. Farao m fl, stadsdelen Råsunda i Solna stad (BND 2016:646), Antagandehandling, upprättad april 2018, reviderad maj 2018
- /2/ Detaljplan för kv. Ballongberget m fl, stadsdelen Frösunda i Solna stad (BND 2015:99), Granskningshandling, upprättad maj 2017
- /3/ Detaljplan för del av Järva 4:17, P-hus vid Signalbron, stadsdelen Järva i Solna stad (BND 2017:502), Samrådshandling, upprättad juni 2018
- /4/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /5/ Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer, Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 2000:01
- /6/ Riskanalys Dp kv Farao m fl, Brandskyddslaget, 2017-11-10
- /7/ Riskhänsyn i detaljplan Ballongberget Solna, Tyréns AB, Förhandskopia 2017-03-31
- /8/ PM Risk Signalen 1, Brandskyddslaget, 2018-11-20
- /9/ Riskutredning avseende människors säkerhet och hälsa, detaljplan för del av kv Idrottsplatsen, Risktec Projektledning, 2018-06-01
- /10/ Detaljplan för del av kv. Idrottsplatsen m.m., stadsdelen Järva i Solna stad (BND 2016:879), Upprättad juni 2018, Laga kraft 2018-09-21
- /11/ Inledande riskanalys Signalen 3 m fl, Brandskyddslaget, 2016-04-08
- /12/ Detaljplan för del av kv. Signalen, stadsdelen Järva i Solna stad (BND 2015:2874), Upprättad juni 2016, Laga kraft 2017-02-16
- /13/ Riskanalys Tygel 2, Brandskyddslaget, 2015-12-02
- /14/ Detaljplan för fastigheten Tygel 2 m fl, stadsdelen Hagalund i Solna stad (BND 2015:138), Upprättad december 2015, Laga kraft 2016-04-05
- /15/ Hur farlig är en ishall med ammoniak? – Beräkningar av riskavstånd vid vådautsläpp av ammoniak samt hur stora byggnader påverkar spridningen av gaser, FOA, 1998
- /16/ RID-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2016:9, 2017
- /17/ ADR-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2016:8, 2017
- /18/ Uppgifter från Jens Tiricke, Trafikverket angående trafiksiffror Ostkustbanan, september 2013
- /19/ Ostkustbanan Stockholm – Uppsala, PM Strategisk spårstudie, Banverket, 2010-03-11
- /20/ Riksintresseprecisering Ostkustbanan, delen Solna – Uppsala, publikation 2016:102, Trafikverket, juni 2016
- /21/ Uppgifter erhållna från Cecilia Häckner, TrV, per mejl daterat 2017-03-08. Kompletterat med tjänstetåg/tomtåg enligt uppgifter i Trafikverkets granskningsyttrande för ”Detaljplan för del av kv. Idrottsplatsen m.m., stadsdelen Järva i Solna stad”.
- /22/ Samhällsekonomi för Stockholm Kombiterminal Norr: Rosersberg, Vectura Consulting AB, 2009-03-09 (reviderad 2009-10-12)
- /23/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys

-
- /24/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007 (www.msb.se)
 - /25/ RID-transporter mars - maj 2005 utförda av Green Cargo, sträckan Karlberg-Årstabroarna, Green Cargo, 2005
 - /26/ Fördjupad översiktsplan för Solna stationsområde, Stadsbyggnadsförvaltningen Solna stad, antagen 29 oktober 2007
 - /27/ Kv. Byggmästaren 2, Solna – Riskutredning avseende transport av farligt gods på Frösundaleden, samrådshandling, version E, Tyréns, 2016-02-24
 - /28/ 01FS 2016:10 – Länsstyrelsens i Stockholms läns kungörelse om sammanställning av rekommenderade vägar och lokala trafikföreskrifter för transporter av farligt gods i Stockholms län; (dnr 451-10401-2016), mars 2016
 - /29/ Kv. Bellona 5, Solna – Riskbedömning, Brandgruppen, 2015-09-29
 - /30/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
 - /31/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn	Solna station, övergripande riskanalys		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum	
Skanska och Fabege	111915	2020-07-07	
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll	
Rosie Kvål / Erik Hall Midholm	RKL 2020-07-07	LSS	2019-01-09

1. Inledning

I denna bilaga beräknas frekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom det studerade området. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker:

Olycka på Ostkustbanan

1. Urspårning
2. Tågbrand
3. Olycka vid transport av farligt gods
 - 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)

Olycka på Frösundaleden

4. Olycka vid transport av farligt gods
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)

Frekvensberäkningarna utförs för en 1 km lång järnvägssträcka respektive vägsträcka.

Beräkningarna utförs utifrån förutsättningar avseende bl.a. spårutformning och trafiksiffror m.m. för prognosår 2040 enligt riskinventeringen som redovisas i avsnitt 3 i huvudrapporten.

2. Beräkningar Ostkustbanan

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.

2.1 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 /1/*:

	<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

Ytterligare järnvägsolyckor som kan medföra efterföljande olycksscenarier är kollisioner, antingen mellan spårfordon eller i plankorsningsolyckor. Enligt /2/ 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 beräknas för persontåg respektive godståg på en **1 km järnvägssträcka**. Beräkningarna utgår från olyckskvot för **spår med växlar**. Frekvensen utförs för trafiksiffror för prognosår 2040 (1124 persontåg respektive 10 godståg per dygn):

- Urspårning persontåg: $1,0 \cdot 10^{-2}$ urspårningar per år
- Urspårning godståg: $9,1 \cdot 10^{-4}$ urspårningar per år
- **Urspårning totalt:** **$1,1 \cdot 10^{-2}$ urspårningar per år**

Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär ovanstående urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $2,7 \cdot 10^{-8}$ per tågkm.

2.1.1 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.

/1/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

/2/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

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 /1/.

I avsnitt 2.1 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 (se avsnitt 2.1)

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

$$d_{\text{persontåg, 250 km/h}} = 250^2/80 = 780 \text{ m}$$

$$d_{\text{godståg, 140 km/h}} = 140^2/80 = 245 \text{ m}$$

$$d_{\text{driftspår, 100 km/h}} = 100^2/80 = 125 \text{ m}$$

Sannolikheten att urspårat 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 = 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 $V^{0,55}$

$$b_{\text{persontåg, 250 km/h}} = 250^{0,55} = 20,8 \text{ m}$$

$$b_{\text{godståg, 140 km/h}} = 140^{0,55} = 15,1 \text{ m}$$

$$b_{\text{driftspår, 100 km/h}} = 100^{0,55} = 12,6 \text{ m}$$

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:

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

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

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

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 /1/.

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

Frekvensberäkningarna utgår från planerad utbyggnad av Ostkustbanan enligt beskrivningen i avsnitt 3 i huvudrapporten. Utformningen av spårområdet innebär att sannolikheten för skador inom det studerade området till följd av en urspårning begränsas. Bredden på spårområdet, hastighetsgränsen på sträckan, samt utformningen av ytan mellan järnvägen och omgivningen innebär att det endast är urspårning på driftspår samt de två yttersta västra genomgående spåren som kan påverka risknivån inom kringliggande områden väster om järnvägen. För kringliggande områden öster om järnvägen bedöms det endast vara urspårning på de två yttersta östra genomgående spåren som kan påverka risknivån. Delar av omgivande områden ligger dessutom högre än spåret, vilket innebär att ett urspårat tåg inte kommer att påverka planerad bebyggelse.

I beräkningarna förutsätts en jämn fördelning av tågtrafiken i respektive riktning, d.v.s. 50 % av tågen antas trafikera de västra spåren, respektive de östra spåren. Resultaten från genomförd fördjupad analys av urspårningsfrekvens redovisas i tabell A.1 nedan. Beräkningarna har utgått från antagandet att ca 230 persontåg per dygn (50 % av snabbtåg, IC och nattåg med maxhastighet 250 km/h) respektive 5 godståg per dygn (50 % av godståg) trafikerar de studerade västra respektive östra genomgående spåren.

$$F_{1, \text{genomgående persontåg}} = \left(50\% \times \frac{327+128+9}{1124} \times 1,0 \cdot 10^{-2}\right) \times 780 \times 10^{-3} = 1,7 \cdot 10^{-3}$$

$$F_{1, \text{genomgående godståg}} = (50\% \times 9,1 \cdot 10^{-4}) \times 245 \times 10^{-3} = 1,1 \cdot 10^{-4}$$

Vidare antas det mycket grovt att alla tjänstetåg (ca 225 per dygn) trafikerar driftspåren mot Hagalund.

$$F_{1, \text{driftspår}} = \left(\frac{225}{1124} \times 1,0 \cdot 10^{-2}\right) \times 125 \times 10^{-3} = 2,6 \cdot 10^{-4}$$

I tabell A.1-A.3 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på urspårning på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.1. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Persontåg.**

Avståndet utgår från närmaste genomgående spår efter utbyggnad av Ostkustbanan.

a (meter)	P ₂	P ₃	Frekvens kollision (F1 x P2)	Frekvens byggnadskollaps (F1 x P2 x P3)
0	40,9%	100,0%	6,8E-04	6,8E-04
1	35,0%	99,6%	5,8E-04	5,8E-04
2	29,6%	99,1%	4,9E-04	4,9E-04
3	24,8%	98,6%	4,1E-04	4,1E-04
4	20,6%	98,1%	3,4E-04	3,3E-04
5	16,9%	97,5%	2,8E-04	2,7E-04
6	13,7%	96,7%	2,3E-04	2,2E-04
7	10,9%	95,9%	1,8E-04	1,7E-04
8	8,5%	95,0%	1,4E-04	1,3E-04
9	6,5%	93,9%	1,1E-04	1,0E-04
10	4,8%	92,7%	8,0E-05	7,4E-05
11	3,5%	91,2%	5,8E-05	5,3E-05
12	2,4%	89,4%	4,0E-05	3,6E-05
13	1,6%	87,2%	2,7E-05	2,3E-05
14	1,0%	84,4%	1,7E-05	1,4E-05
15	0,6%	80,7%	9,8E-06	7,9E-06
16	0,3%	75,8%	5,3E-06	4,0E-06
17	0,2%	68,8%	2,6E-06	1,8E-06
18	0,1%	58,3%	1,3E-06	7,5E-07
19	0,05%	42,4%	7,5E-07	3,2E-07
20	0,03%	0,0%	4,6E-07	0,0E+00
20,8	0,00%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

Tabell A.2. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Godståg.**

Avståndet utgår från närmaste genomgående spår efter utbyggnad av Ostkustbanan.

a (meter)	P ₂	P ₃	Frekvens kollision (F1 x P2)	Frekvens byggnadskollaps (F1 x P2 x P3)
0	38,1%	100,0%	4,3E-05	4,3E-05
1	30,4%	97,9%	3,4E-05	3,3E-05
2	23,9%	95,5%	2,7E-05	2,6E-05
3	18,4%	92,8%	2,1E-05	1,9E-05
4	13,8%	89,7%	1,5E-05	1,4E-05
5	10,1%	86,0%	1,1E-05	9,7E-06
6	7,1%	81,8%	8,0E-06	6,5E-06
7	4,8%	76,7%	5,4E-06	4,1E-06
8	3,1%	70,7%	3,4E-06	2,4E-06
9	1,8%	63,3%	2,1E-06	1,3E-06
10	1,0%	54,5%	1,1E-06	6,2E-07
11	0,5%	44,2%	5,7E-07	2,5E-07
12	0,2%	34,7%	2,8E-07	9,7E-08
13	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

Tabell A.3. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Tjänstetåg (persontåg) på driftspår. Avståndet utgår från närmaste driftspår efter utbyggnad av Ostkustbanan.**

a (meter)	P ₂	P ₃	Frekvens kollision (F1 x P2)	Frekvens byggnadskollaps (F1 x P2 x P3)
0	36,1%	100,0%	9,3E-05	9,3E-05
1	27,4%	93,7%	7,0E-05	6,6E-05
2	20,3%	86,6%	5,2E-05	4,5E-05
3	14,5%	78,6%	3,7E-05	2,9E-05
4	10,0%	69,6%	2,6E-05	1,8E-05
5	6,6%	59,7%	1,7E-05	1,0E-05
6	4,1%	49,2%	1,0E-05	5,1E-06
7	2,3%	39,2%	6,0E-06	2,3E-06
8	1,2%	33,4%	3,1E-06	1,0E-06
9	0,6%	0,0%	1,5E-06	0,0E+00
10	0,3%	0,0%	7,7E-07	0,0E+00
11	0,2%	0,0%	4,8E-07	0,0E+00
12	0,1%	0,0%	2,5E-07	0,0E+00
13	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

2.2 Brand i godståg

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 brandsorsak.

Enligt statistik från Trafikverket så rapporterades 107 brandhändelser i godståg under perioden januari 2002 till juli 2012 /3, 4/. Under motsvarande tidsperiod producerades ca 0,44 miljarder godstågskm på järnvägen /5,6/. Detta ger en total olyckskvot på $2,4 \cdot 10^{-7}$ bränder per godstågskm.

Utifrån den redovisade statistiken i /4/ kategoriseras tågbränderna utifrån brandstorlek där statistiken visar på följande fördelning, se tabell A.4.

/3/ Tunnelsäkerhet Dimensionerande brandeffektkurvor i godståg (Trafikverket publ.nr. 2016:117), Brandskyddslaget AB på uppdrag av Trafikverket, 2016

/4/ PM Statistik godståg (Trafikverket rapport 101107-22-025-121), Brandskyddslaget på uppdrag av Trafikverket, 2015

/5/ Bantrafik 2006, Statens institut för kommunikationsanalys Rapport 2008:2

/6/ Bantrafik 2012, Trafikanalys, Statistik Rapport 2013:28

Tabell A.4. Fördelning av brandstorlek vid brand i godståg.

Kategori	Beskrivning	Andel
Mycket stor brand	Branden är så stor att motsvarande en hel vagn blivit utbränd eller att beskrivningen i insatsrapporten visar på en brand som varit svårt att släcka p.g.a. intensitet eller omfattning.	3,7%
Stor brand	Branden är så stor att det krävs mer än en handbrandsläckare för att släcka den. Detta bedöms likvärdigt med att branden är större än 1 MW.	32,7%
Liten brand	Branden har självslocknat eller släckts med maximalt en handbrandsläckare.	46,7%
Väldigt liten brand	I händelsebeskrivningen beskrivs endast rökutveckling och ingen faktisk brand.	16,8%

I tabell A.5 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på brand i godståg på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.5. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i godståg på aktuell järnvägssträcka för prognosår 2040.

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

2.3 Järnvägsolycka med farligt gods

2.3.1 Allmänt

Olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods beräknas utifrån motsvarande metodik som redovisas i avsnitt 2.1-2.2.

Med hänsyn till potentiella följdscenarier så kommer beräkningarna att omfatta **järnvägsolycka utan brand** ($F_{urspärning}$) + **järnvägsolycka med brand** ($F_{tågbrand}$).

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 urspärning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur /7/. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas då utifrån följande ekvation:

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

/7/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Enligt riskinventeringen som redovisas i avsnitt 3 i huvudrapporten utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 5 % av den totala godstrafiken. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas utifrån ovanstående ekvation till:

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

I tabell A.6 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka utan brand i farligt godsvagn. 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.6. Beräknad olycksfrekvens för järnvägsolycka med farligt gods utan brand (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,1%	1,5E-07
Klass 2	26,3%	3,9E-05
Klass 3	38,9%	5,8E-05
Klass 4	4,3%	6,4E-06
Klass 5	15,2%	2,3E-05
Klass 6	2,1%	3,1E-06
Klass 7	0,0%	1,4E-08
Klass 8	13,9%	2,1E-05
Klass 9	0,4%	6,0E-07
Totalt		1,5E-04

Järnvägsolycka med brand: Sannolikheten för att en farligt godsvagn utsätts för brandpåverkan beräknas utifrån ekvationen: $P = X$. Enligt ovan utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 5 % av den totala godstrafiken, d.v.s. $P = 5 \%$.

I tabell A.7 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med brand i farligt godsvagn. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka 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.7. Beräknad olycksfrekvens för järnvägsolycka med farligt gods med brand (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,1%	4,4E-08
Klass 2	26,3%	1,2E-05
Klass 3	38,9%	1,7E-05
Klass 4	4,3%	1,9E-06
Klass 5	15,2%	6,7E-06
Klass 6	2,1%	9,2E-07
Klass 7	0,0%	4,0E-09
Klass 8	13,9%	6,1E-06
Klass 9	0,4%	1,8E-07
Totalt		4,4E-05

Utifrån resultatet av tabell A.6 och tabell A.7 beräknas frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods med brand utgöra ca 20 % av den totala olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods, d.v.s. $4,4E-05 / (1,5E-04+4,4E-05)$.

2.3.2 Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Enligt 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 /8/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella området bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

I de fortsatta beräkningarna förutsätts det konservativt att alla transporter av explosiva ämnen utgörs av ämnen ur riskgrupp 1.1.

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 högst oklart, men med stor sannolikhet rör det sig om mindre mängder som transporteras som styckegods.

Enligt nationell statistik /9/ så transporteras mycket begränsade mängder explosiva ämnen på svenska järnvägar (totalt ca 2-28 ton per år under perioden 2013-2017). I Räddningsverkets (nuvarande MSB) /10/ kartläggning från september månad 2006 uppgick den totala mängden av transporterade klass 1 varor till 100 kg. Det bör dock noteras att transporter av explosiva ämnen normalt inte skyltas, vilket innebär att det är svårt att få tillförlitliga uppgifter om dessa transporter.

För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarier förknippade med explosivämnen så antas det konservativt att det kan förekomma enstaka stora transporter av explosivämnen.

Antagandet som beräkningarna för Ostkustbanan baseras på är följande (detta antagande motsvarar det som utförts i den riskutredning som utförts för Mälärbansans sträckning genom Solna och Sundbyberg /11/):

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

-
- /8/ RID-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2016:9, 2017
 - /9/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys
 - /10/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007
 - /11/ Riskutredning för Mälärbansans sträckning mellan Solna stad och Sundbybergs stad (Huvudsta – Duvbo), Briab Brand & Riskingenjörerna AB, 2018-02-28

Explosion p.g.a. tågbrand: Frekvensen för en tågbrand i en godsvagn utgår från tabell A.5 (se avsnitt 2.2). Enligt avsnitt 2.3.1 utgör farligt gods ca 5 % av alla godsvagnar och explosiva ämnen uppskattas utgöra max 0,1 % av alla farligt godstransporter (se tabell A.6). Sannolikheten för att en farligt godsvagn med explosivämnen är inblandad i en tågbrand beräknas utifrån detta till $5 \% \times 0,01 \% = 0,0005 \%$.

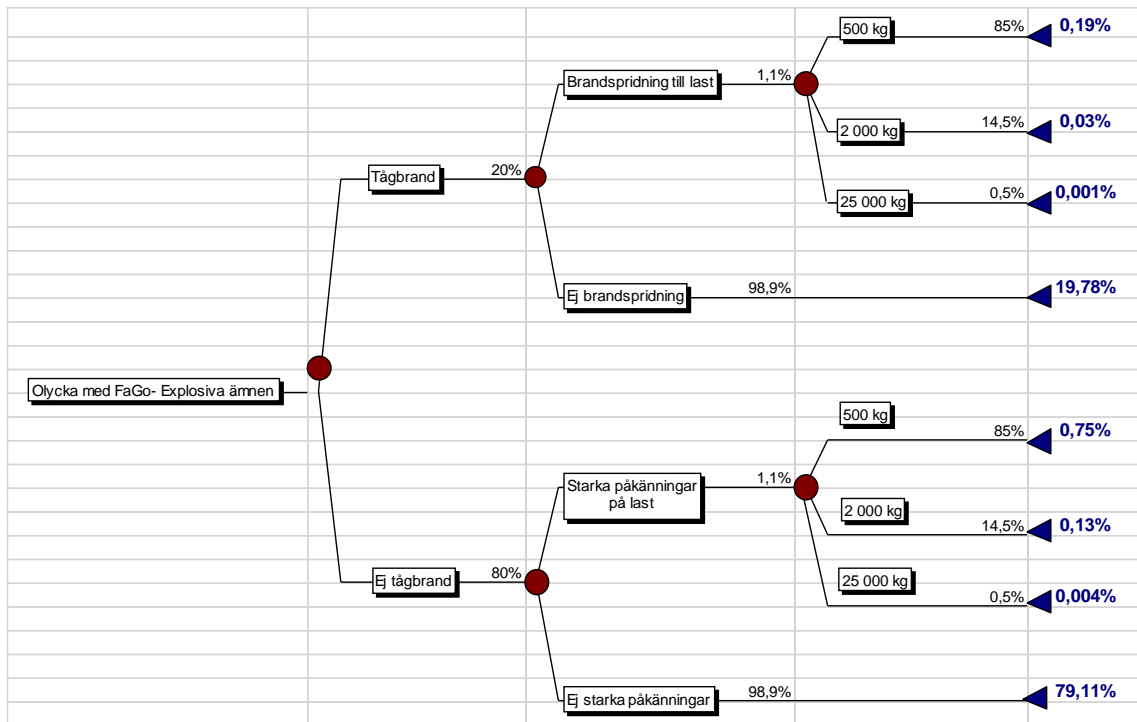
Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /8/. Detta innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det leder till explosion.

Skada på en godsvagn med explosiva ämnen bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /2, 7/. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.4). Förutsatt denna situation med skada på godsvagn och mycket stor brand antas sannolikheten för brandspridning till lasten och massexplosion 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 massexplosion bedöms då till ca 1,1 % ($30 \% \times 3,7 \%$).

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 med en skyddsvagn från vagn som enligt RID-S är försedd med varningsetikett 3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1 eller 5.2.

Det finns idag ingen känd forskning kring hur stor kraft som behövs för att initiera detonation av det fraktade godset vid en trafikolycka. Sannolikheten för uppkomst av våldsam kollision som kan föranleda lasten att detonera till följd av starka påkänningar i samband med en urspårning bedöms som mycket låg. Mot bakgrund av den ringa information som finns tillgänglig utgår beräkningarna konservativt från att sannolikheten för detonation givet starka påkänningar är lika stor som för att en brand sprider sig till lasten i samband med urspårningsolycka, d.v.s. ca 1,1 %.

Figur A.1 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexplosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.8.



Figur A.1. Händelseträd olycka med transport av explosiva ämnen.

Tabell A.8. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med explosivämne (klass 1)	1,9E-07
Järnvägsolycka utan brand	1,5E-07
Järnvägsolycka med brand	4,4E-08
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
500 kg	1,6E-09
- P.g.a. starka påkänningar	1,5E-09
- P.g.a. tågbrand	8,3E-11
2 000 kg	2,7E-10
- P.g.a. starka påkänningar	2,5E-10
- P.g.a. tågbrand	1,4E-11
25 000 kg	9,2E-12
- P.g.a. starka påkänningar	8,7E-12
- P.g.a. tågbrand	4,9E-13

2.3.3 Klass 2 – Gaser

Allmänt

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 /9/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. I Räddningsverkets (numera MSB) kartläggning från september månad 2006 redovisas däremot klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna /12/. Enligt denna kartläggning består den största andelen (ca 98 %) av brännbara gaser på Ostkustbanan, men kartläggningen redovisar inga transporter av giftiga gaser. Sett till ett generellt genomsnitt på samtliga järnvägar visar kartläggningen att fördelningen mellan undergrupperna är ca 73 % brännbara gaser, 25 % icke giftiga och icke brännbara gaser respektive 2 % giftiga gaser. I beräkningar tas utgångspunkt i den mer generella statistiken.

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

Sannolikheten för läckage av farligt gods till följd av järnvägsolycka varierar beroende på om godset transporteras i en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för utsläpp är mycket låg. Generellt gäller att tjockväggiga tankar har en sannolikhet för läckage som är 1/30 av den för tunnväggiga tankar /7/. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 %.

Observera att det i /7/ 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 %.

I /7/ anges en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %). Värdena avser både tunnväggiga och tjockväggiga vagnar.

I konsekvensberäkningarna studeras endast litet respektive stort läckage. I de fortsatta beräkningarna antas det grovt att samtliga medelstora utsläpp motsvarar stora utsläpp. Sannolikheten för litet (punktering) respektive stort utsläpp givet olycka är då ca 0,625 % respektive ca 0,375 %.

/12/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007 (www.msb.se)

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.
- *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 /13/:

	Litet	Stort
• omedelbar antändning: (jetflamma)	10 %	20 %
• fördröjd antändning: (gasmolnsexplosion/gasmolnsbrand)	0 %	50 %
• ingen antändning:	90 %	30 %

Enligt *VROM – Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book" /14/* kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 60 respektive 40 %.

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 omfattar en tågbrand 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.

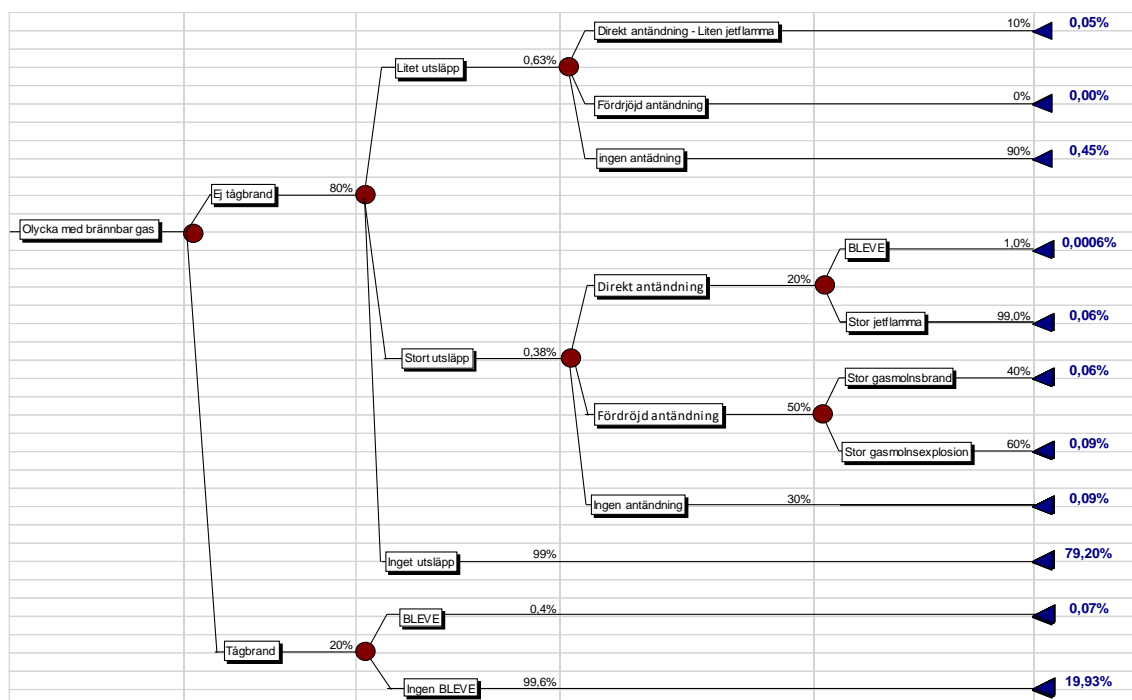
Sannolikheten för att förhållandena kring något av dessa scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 1 % för respektive scenario.

Sannolikheten för BLEVE till följd av tågbrand antas (p.g.a. att det förutsätter en icke fungerande säkerhetsventil m.m.) endast vara 10 % givet en mycket stor brand i godsvagn. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.4).

Figur A.2 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara gaser som redovisar de förutsättningar som krävs för att olika skadescenarier ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.9.

/13/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993

/14/ Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VROM), Nederländerna, 2005



Figur A.2. Händelse-träd olycka med transport av brännbara gaser.

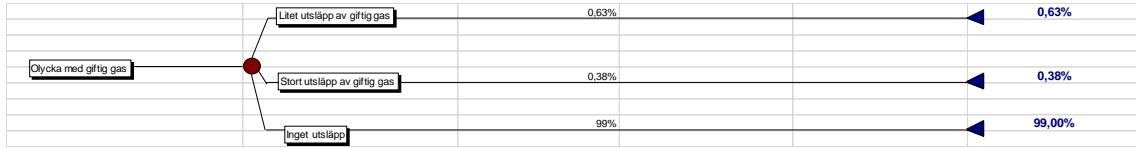
Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med gas (klass 2)	5,1E-05
Järnvägsolycka utan brand	4,0E-05
Järnvägsolycka med brand	1,2E-05
Järnvägsolycka med klass 2.1	3,8E-05
Urspårning	2,9E-05
Tågbrand	8,5E-06
Direkt antändning av litet utsläpp - jetflamma	1,9E-08
Fördröjd antändning av litet utsläpp	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	2,2E-08
Fördröjd antändning av stort utsläpp	5,6E-08
-Stor gasmolnsbrand	2,3E-08
-stor gasmolnsexplosion	3,4E-08
BLEVE	2,8E-08
-pga jetflamma	2,3E-10
-pga brand i godsvagn	2,8E-08

Klass 2.3. Giftiga gaser

För giftiga gaser studeras följande scenarier beroende av läckagestorlek: litet respektive stort utsläpp enligt fördelningen ovan.

Figur A.3 redovisar händelsesträd över följdscenarier vid en olycka med transport av giftiga gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.10.



Figur A.3. Händelsesträd olycka med transport av giftig gas.

Tabell A.10. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av giftiga gaser på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.3	1,0E-06
Litet utsläpp giftig gas	6,4E-09
Stort utsläpp giftig gas	3,9E-09

2.3.4 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 *Klass 2. Gaser* ovan. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % /7/.

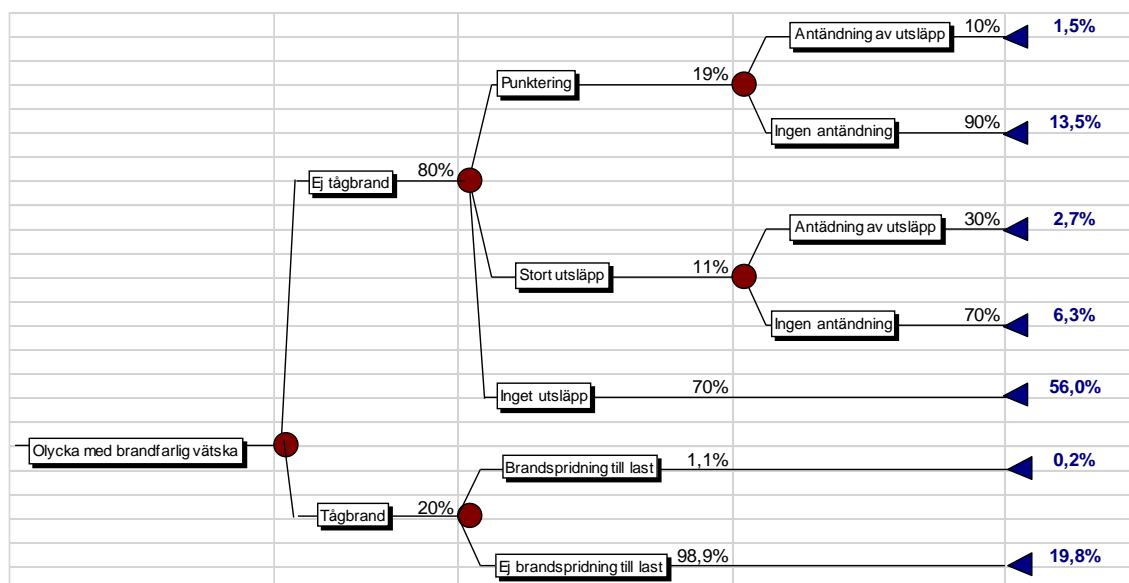
I /7/ anges enligt tidigare en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %).

I konsekvensberäkningarna studeras endast litet respektive stort läckage. I de fortsatta beräkningarna antas det grovt att samtliga medelstora utsläpp motsvarar stora utsläpp. Sannolikheten för litet (punktering) respektive stort utsläpp givet olycka är då ca 19 % respektive ca 11 %.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg skall antändas är 10 % och 30 % /7/.

Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Med hänsyn till gällande regler enligt RID-S förutsätts att tågbranden är så omfattande att större delar av tanken påverkas under en längre tid samtidigt som tanken skadas så mycket att det sker ett utsläpp för att branden ska antas antända den brandfarliga vätskan. Skada på tank bedöms enligt ovan uppstå i 30 % av fallen medan sannolikheten för en mycket stor brand är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.4). Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspåringsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till ca 1,1 % (30 % x 3,7 %).

Figur A.3 redovisar ett händelsesträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.11.



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

Tabell A.11. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 3	7,6E-05
Urspårning	5,9E-05
Tågbrand	1,7E-05
Liten pölbrand	1,1E-06
Stor pölbrand	2,1E-06
Godsvagnsbrand	1,7E-07

2.3.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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.

Enligt regelverket RID-S /8/ 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 av de totala transportmängderna av klass 5 (< 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 ansåts samtliga klass 5-varor utgöras av ammoniumnitrat.

Enligt RID-S /8/ är det dock inte tillåtet att ammoniumnitrat med mer än 0,2 % av brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolekivalent) 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. Nämda 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.

Detonation p.g.a. tågbrand: Frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med klass 5 utgår från tabell A.7 (se ovan). Det finns detaljerade regler för hur oxiderande ämnen och organiska peroxider skall förpackas och hanteras vid transport /8/, vilket innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det detonerar.

Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar. Skada på en godsvagn med klass 5 bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /7/. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.4). Förutsatt denna situation med skada på godsvagn och mycket stor brand antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 100 %. Sannolikheten för att brand som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till ca 1,1 % (30 % x 3,7 %). Med hänsyn till gällande regler så bedöms dock sannolikheten för att branden leder till ett explosionsartat brandförlopp vara begränsad, uppskattningsvis högst 10 %.

Detonation p.g.a. förorening av brännbart material: Enligt ovan är sannolikheten för utsläpp 30 % (25 + 5 %). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska förorenas med brännbart material bedöms som låg, 1 % (i princip krävs att en tank med brännbar vätska skadas i närheten för att risk för omfattande förorening och blandning föreligger). Vidare bedöms att sannolikheten för ett explosionsartat brandförlopp givet förorening och blandning vara högst 10 %.

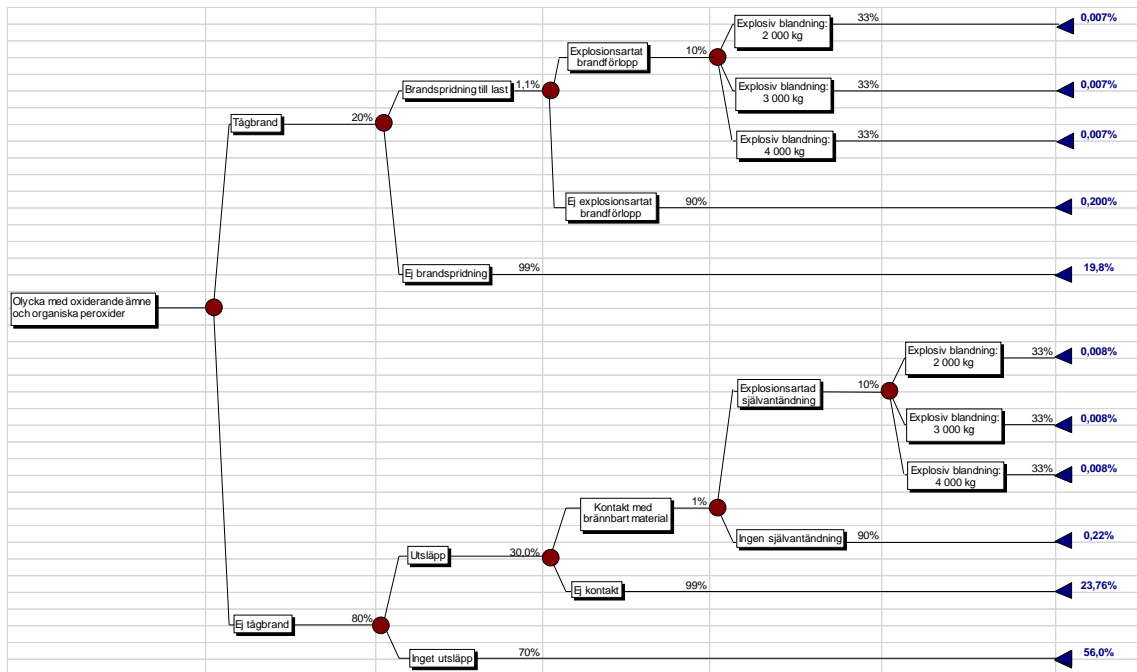
Det råder stora osäkerheter i den explosiva blandning som kan bildas till följd av ett utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider som förorenas med brännbart material. Hur stor den explosiva blandningen blir är beroende på utsläppsmängden oxiderande ämne samt tillgången till brännbart material. I den riskanalys som togs fram för Fördjupad översiktsplan för Göteborg 1996 /15/ angavs att den explosiva blandning som kan bildas vid ett utsläpp av klass 5 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. Sannolikheten för detta skadescenario bedöms dock vara extremt låg. Bl.a. krävs att det skadedrabbade tåget transporterar både klass 5 och klass 3 samt att utsläpp sker från både en vagn med klass 5 och en vagn med klass 3. Skadescenariot bedöms inte vara rimligt som förutsättning även för en mycket låg andel av skadeutfallen.

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 /15/, dimensionerande scenario för olycka med oxiderande ämnen på väg, ca 3 ton trotyl. Dessutom beaktas avvikelser från detta dimensionerande scenario enligt motsvarande antagande som utförts i den riskutredning som utförts för Mälarbanans sträckning genom Solna och Sundbyberg /11/:

- 2 000 kg: 33 %
- 3 000 kg: 33 %
- 4 000 kg: 33 %

Figur A.5 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.12.

/15/ Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1996



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

Tabell A.12. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med oxiderande ämne (klass 5)	3,0E-05
Järnvägsolycka utan brand	2,3E-05
Järnvägsolycka med brand	6,7E-06
Explosionsartat brandförlopp p.g.a. brand eller vid självantändning	
2 000 kg massexplösiv blandning	4,5E-09
- P.g.a. tågbrand	2,2E-09
- P.g.a. förorening av brännbart material	2,4E-09
3 000 kg massexplösiv blandning	4,5E-09
- P.g.a. tågbrand	2,2E-09
- P.g.a. förorening av brännbart material	2,4E-09
4 000 kg massexplösiv blandning	4,5E-09
- P.g.a. tågbrand	2,2E-09
- P.g.a. förorening av brännbart material	2,4E-09

3. Beräkningar Frösundaleden

3.1 Trafikolycka – allmänt

Frekvensberäkningarna utförs utifrån den metodik som presenteras i MSB:s rapport "Farligt gods – riskbedömning vid transport" /7/. Beräkningarna utgår från den indata som redovisas i avsnitt 3 i huvudrapporten avseende faktorerna:

- Antal fordonkm – aktuell sträcka x antal fordon
- Vägstandard
- Hastighetsbegränsning

Vid beräkning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$$\text{Antal förväntade fordonsolyckor} = O = \text{Olyckskvot} \times \text{Totalt trafikarbete} \times 10^{-6}$$

Där det totala trafikarbetet per år beräknas enligt följande:

$$\text{Totalt trafikarbete} = 365 \times \text{ÅDT} \times \text{Aktuell vägsträcka}$$

Frösundaleden utgörs av en tvåfälsväg utan mittavskiljning och hastighetsbegränsning 50 km/h. Vid beräkning av frekvensen för en trafikolycka på den aktuella vägsträckan används schablonolyckskvot för en trafikled i tätort med hastighetsbegränsning 50 km/h, vilket ger en olyckskvot på 1,5 trafikolyckor per 10⁶ fordonskilometer /7/.

Frekvensen för urspårning beräknas för en **1 km vägsträcka**. I beräkningarna antas ett trafikflöde på ca 39 000 fordon per dygn.

Det totala trafikarbetet på den aktuella sträckan blir då:

$$39\,000 \text{ (fordon)} \cdot 365 \text{ (dygn)} \cdot 1,00 \text{ (km)} = 14\,235\,000 \text{ fordonskilometer per år.}$$

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$$\text{Antal förväntade fordonsolyckor} = O = 1,5 \times 14\,235\,000 \times 10^{-6} = 21,4 \text{ olyckor per år}$$

3.1.1 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) /16/. Under motsvarande år rapporterades ca 15 700 trafikolyckor med personskada per år /17/. 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 personsador inte utgör samtliga olyckor som kan leda till fordonsbrand.

/16/ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27

/17/ Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005

3.2 Trafikolycka med farligt gods

3.2.1 Allmänt

Den förväntade frekvensen för en trafikolycka där farligt godstransport är inblandad beräknas utifrån följande ekvation /7/:

$$O_{FaGo} = O \times (X \times Y) + (1 - Y) \times (2X - X^2) \text{ där}$$

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

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen (beror på vägstandard och hastighet enligt /7/)

Schablonvärde för en trafikled i tätort med hastighetsbegränsning 50 km/h ger att andelen singelolyckor är 10 % /7/.

Enligt utförda kartläggningar (se avsnitt 3 i huvudrapporten) transporteras ca 2 840-3 600 farligt godstransporter per år på Frösundaleden. Med maximalt antal farligt godstransporter och trafikmängd enligt avsnitt 3.1 ger detta X = 0,026 %.

$$O_{FaGo} = 21,4 \times (0,00026 \times 0,10) + (1 - 0,10) \times (2 \times 0,00026 - 0,00026^2) = 1,1 \times 10^{-2} \text{ olyckor med farligt gods per år}$$

I tabell A.14 redovisas den förväntade frekvensen för trafikolycka med farligt gods på den aktuella vägsträckan. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för olycka med farligt gods är oberoende av vilken last som ryms i lastbilen, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass. Fördelningen mellan farligt godsklasser utgår från maximalt identifierade antal transporter utifrån utförda kartläggningar (se avsnitt 3 i huvudrapporten).

Tabell A.13. Beräknade frekvenser per farligt godsklass på Frösundaleden (1 km).

Klass	Andel	Olycksfrekvens (per år)
2.1. Brännbar gas (tankbilar)	9,8%	1,0E-03
2.3. Giftig gas (styckegods)	0,1%	1,1E-05
3. Brandfarliga vätskor (tankbilar)	89,6%	9,4E-03
8. Frätande ämnen	0,6%	6,0E-05
Totalt		1,1E-02

Utifrån frekvensberäkningarna som redovisas i tabell A.14 samt de övergripande konsekvensbeskrivningarna i den inledande riskanalysen (se avsnitt 4 i huvudrapporten) bedöms det vara ämnen ur följande klasser som är relevanta att beakta vid bedömning av risknivån för de aktuella exploateringsområdena:

- Klass 2.1. Brännbara gaser
- Klass 3. Brandfarliga vätskor

3.2.2 Klass 2.1. Brännbara gaser

Sannolikheten för utsläpp av farligt gods till följd av en trafikolycka (Index för farligt godsolyckor) ansätts utifrån uppgifter i /7/ med hänsyn till aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning.

Schablonvärde för en trafikled i tätort med hastighetsbegränsning 50 km/h ger att sannolikheten för utsläpp är 2 % /7/. Gaser transporteras dock i regel under tryck i tankar med större tjocklek, vilket innebär högre tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks till 1/30 /7/. Sannolikheten för läckage av gas blir då $2\% \times 1/30 = 0,07\%$.

Givet läckage antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /7/:

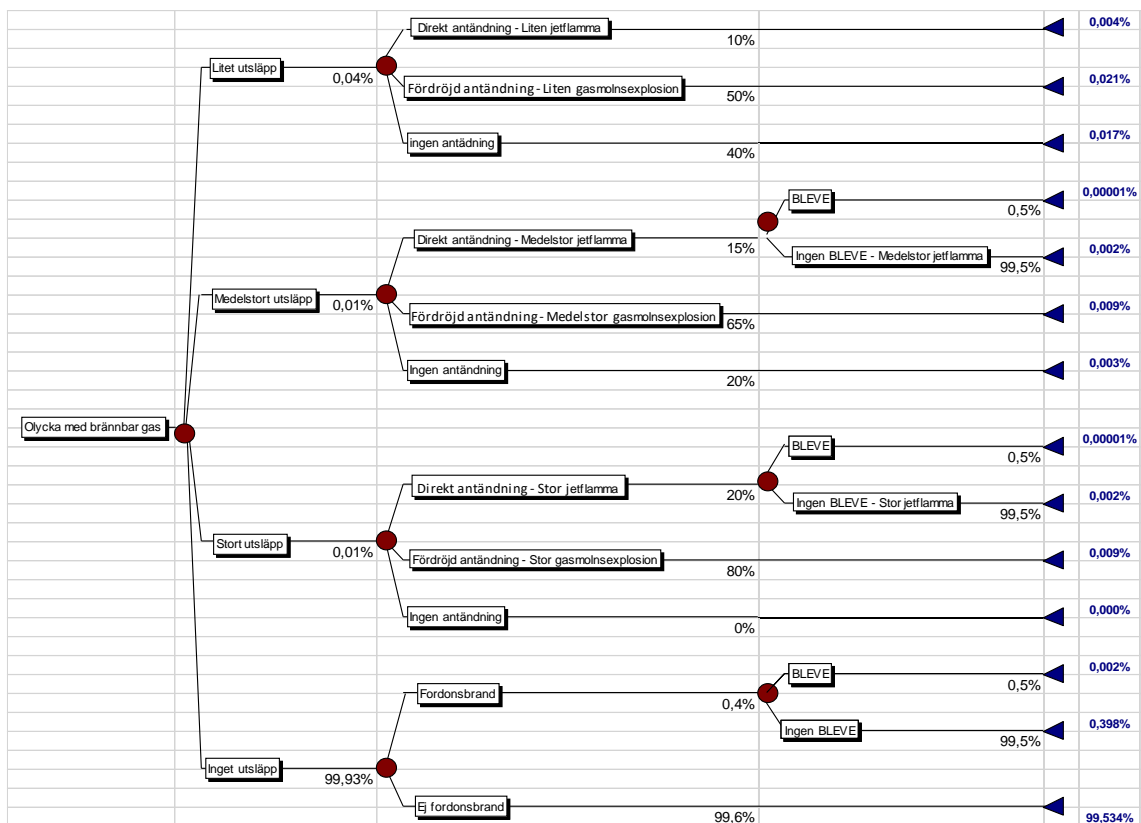
- Litet läckage: 62,5 %
- Medelstort läckage: 20,8 %
- Stort läckage: 16,7 %

För utsläpp vid trafikolycka med tankbil ansätts följande fördelning över sannolikhet för antändning beroende på utsläppsstorlek /13/:

	Litet utsläpp	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
• omedelbar antändning (jetflamma):	10 %	15 %	20 %
• fördröjd antändning (gasmolnsexplosion):	50 %	65 %	80 %
• ingen antändning:	40 %	20 %	0 %

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

Figur A.6 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.15.



Figur A.6. Händelsetråd olycka med transport av brännbara gaser på Frösundaleden.

Tabell A.14. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser på studerad vägsträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Olycka med brännbar gas (klass 2.1)	1,0E-03
Liten jetflamma	4,2E-08
Liten gasmolnexplosion	2,1E-07
Medelstor jetflamma	2,1E-08
Medelstor gasmolnexplosion	9,2E-08
Stor jetflamma	2,3E-08
Stor gasmolnexplosion	9,0E-08
BLEVE	2,1E-08

3.2.3 Klass 3. Brandfarliga vätskor

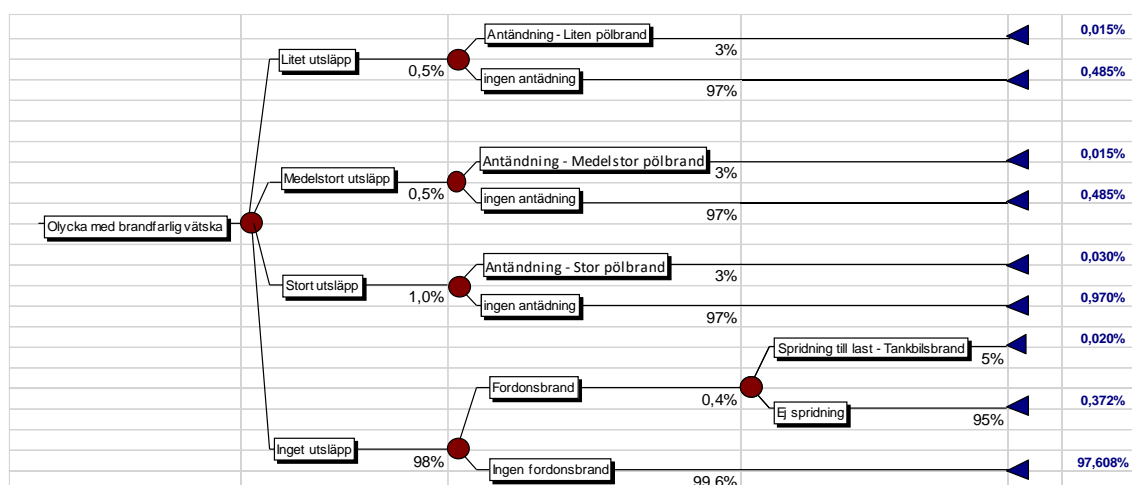
En mycket hög andel av de brandfarliga vätskor som transporteras uppskattas vara petroleumprodukter, d.v.s. transporter av bensin och diesel till bl.a. bensinstationer. I de fortsatta beräkningarna så antas det konservativt att samtliga väsketransporter omfattas av tankbilar som rymmer klass 1-vätskor, 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 beror på vägstandard och hastighet. Schablonvärde för en trafikled i tätort med hastighetsbegränsning 50 km/h ger, enligt avsnitt 3.2.2, att sannolikheten för utsläpp är 2 % /7/.

Det antas att en stor andel av transporter utgörs av tankbil med släp, vilket för tunnväggiga tankar innebär att sannolikhetsfördelningen mellan litet, medelstort och stort utsläpp är 25 %, 25 % respektive 50 % /7/. Sannolikheten för att klass 1-vätskor antänds vid utsläpp till följd av en trafikolycka antas vara ca 3 % /7, 13/ 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 /18/ 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.8 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarliga vätskor. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.21.



Figur A.7. Händelsetråd olycka med transport av brandfarlig vätska på Frösundaleden.

Tabell A.15. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska på studerad vägsträcka (1 km).

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Olycka med brandfarlig vätska (klass 3)	9,4E-03
Liten pölbrand	1,4E-06
Medelstor pölbrand	1,4E-06
Stor pölbrand	2,8E-06
Tankbilsbrand	1,8E-06

/18/ ADR-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2016:8, 2017

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn	Solna station, övergripande riskanalys		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum	
Skanska & Fabege	111915	2020-07-07	
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll	
Rosie Kvål / Erik Hall Midholm	RKL 2020-07-07	LSS	2019-01-09

1. Inledning

I denna bilaga beräknas konsekvenserna av de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom det studerade området. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker:

Olycka på Ostkustbanan

1. Urspårning
2. Tågbrand
3. Olycka vid transport av farligt gods
 - 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)

Olycka på Frösundaleden

4. Olycka vid transport av farligt gods
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)

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

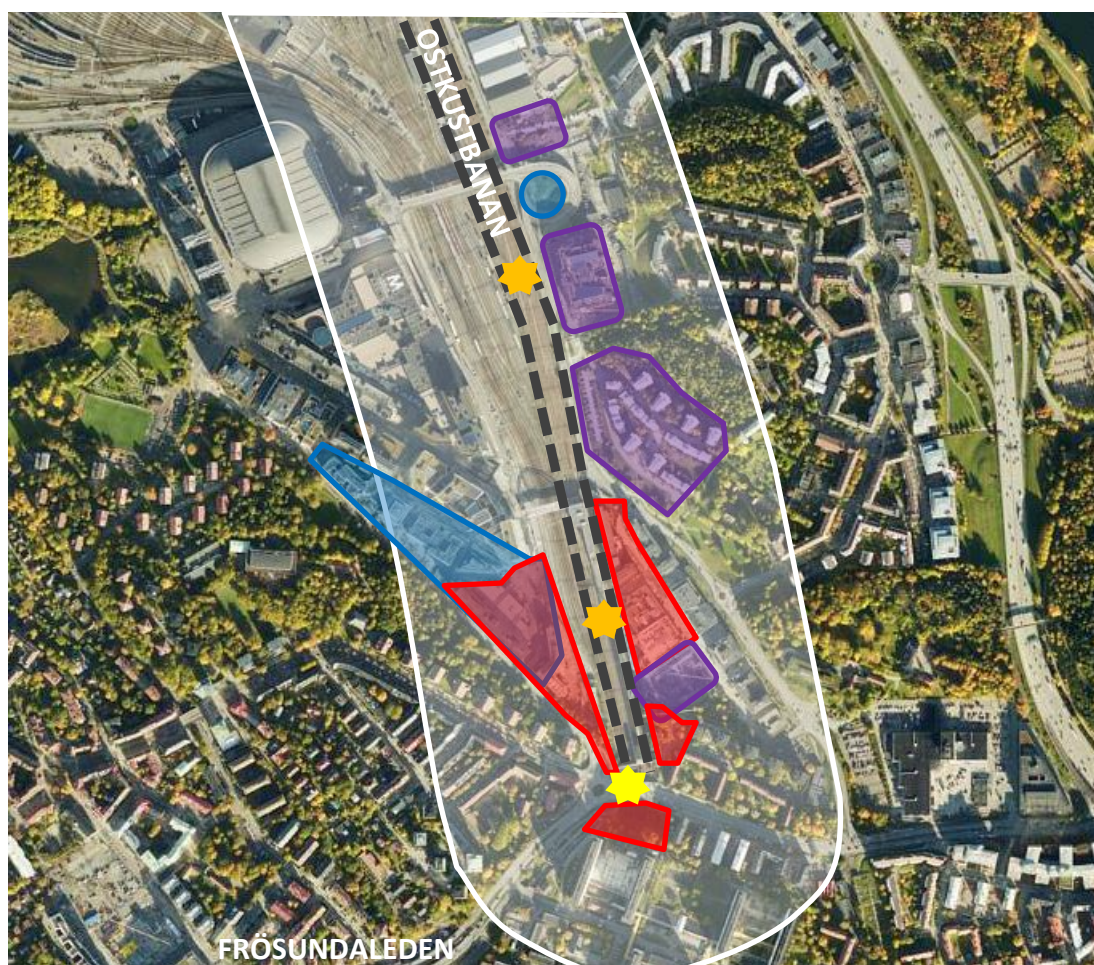
I riskanalysen används riskmåten **individrisk** och **samhällsrisk**. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område (avsnitt 2) respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk (avsnitt 3).

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 (pågående planarbeten samt detaljplaner som har vunnit laga kraft och där byggnation pågår) samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för det planerade planalternativet med planerad ny bebyggelse enligt beskrivningen som redovisas i avsnitt 2.1 i huvudrapporten respektive för nollalternativet (d.v.s. utan planerad ny bebyggelse). För nollalternativet beaktas utbyggnad av ny bebyggelse enligt de detaljplaner som har vunnit laga kraft (d.v.s. kv. Idrottsplatsen, kv. Signalen, Farao, Ballongberget och kv. Tygeln 2).
- Figur B.1 visar det aktuella området som studeras i denna riskutredning samt dess närmaste omgivning. I figuren är områden med planerad ny bebyggelse markerade med rött (pågående planarbeten), blått (pågående planarbeten som varit på samråd/granskning) respektive lila (gällande planer som vunnit laga kraft 2016-2019).
- Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka av Ostkustbanan. Konsekvensberäkningarna kommer att avgränsas till att studera respektive olycksscenario där de innebär så stora konsekvenser som möjligt med avseende på planerad ny bebyggelse. Med hänsyn till den varierande bebyggelsestrukturen och markanvändningen (framförallt avseende befintlig bebyggelse) utmed den studerade sträckan så kommer två olycksplatser att beaktas för respektive skadescenario, se markeringar i figur B.1.
- 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). Det beaktade området markeras med vitt i figur B.1.



Figur B.1. Översiktsbild över aktuellt område vid Solna station och dess omgivning. Vit markering visar ungefärligt maximalt påverkansområde för olycka på Ostkustbanan, ca 300 meter. Röd, blå respektive lila markering visar områden för planerad ny bebyggelse. Orange stjärnor visar antagen placering av respektive olycka på Ostkustbanan. Gul stjärna visar antagen placering av respektive olycka på Frösundaleden.

2.2 Övergripande beskrivning av områden för planerad ny bebyggelse

I figur B.1 är områden för planerad ny bebyggelse markerade med rött (pågående planarbeten påbörjade 2018), blått (pågående planarbeten som varit på samråd/granskning) respektive lila (gällande planer som vunnit laga kraft 2016-2019). I avsnitt 2.1 i huvudrapporten beskrivs de aktuella områdena för planerad ny bebyggelse var för sig. Nedan görs en övergripande beskrivning av den planerade nya bebyggelsen i sin helhet, vilket kommer att beaktas som planalternativ i konsekvensberäkningarna.

Inledningsvis beskrivs nollalternativet (d.v.s. befintliga förhållanden) för de aktuella områdena.

2.2.1 Nollalternativ

Gällande förhållanden för de aktuella planområden som är markerade i figur B.1 varierar relativt mycket. Merparten av planområdena är idag bebyggda med allt från kontorsbyggnader, bilhandlare och parkeringsgarage till enstaka bostadshus.

I nedanstående avsnitt beskrivs gällande förhållanden för de aktuella planområdena som är markerade i figur B.1. Sammantaget omfattar befintlig bebyggelse inom dessa områden ca 85 000 m² kontor och verksamheter samt ca 40 000 m² bostäder. Detta motsvarar ca 5 170 arbetsplatser samt ca 500 boende.

Området kring Solna station

Inom **kv. Kairo och Farao**, väster om järnvägen, finns idag kontorsbebyggelse i 4-5 våningsplan. Total BTA uppskattas till ca 63 000 m². Med en persontäthet inom kontor motsvarande gällande dimensionerande värden enligt BBR (se vidare avsnitt 2.3) skulle detta kunna innebära sammanlagt ca 4 200 arbetsplatser inom området. Befintlig bebyggelse ligger minst ca 30 meter från driftspår mot Hagalund. Avståndet till Ostkustbanans närmaste huvudspår är som minst ca 50 meter.

Inom **Tygeln 1 och Tygeln 3** finns idag en bilhandel i två våningsplan, ett kontorshus i fem våningsplan samt ett parkeringsgarage i fem våningsplan. Ovanpå garaget har Adidas idag ett showroom i om ca 1 750 m². Total BTA uppskattas till ca 20 000 m². Det antas att under genomsnittliga normaldygn så vistas det ca 500 personer inom området. Vid evenemang i Adidas showroom bedöms personantalet kunna bli nära det dubbla. Avståndet mellan befintlig bebyggelse och närmaste spår på Ostkustbanan är som minst ca 8 meter till garage, 13 meter till kontor och 15 meter till bilhandel.

Inom **kv. Hagalund 3:1 och Hagalund 3:2** finns idag ett bostadshus samt en restaurangbyggnad. I övrigt är området obebyggt.

Slätten mot "Blåkulla" är idag obebyggt.

Kv. Ballongberget

Ballongberget är idag ett homogent bostadsområde. Kvartersbebyggelsen består av sex stycken terrasserade punkthus i nio våningar och en lamellhusbebyggelse i fem våningar som följer nivåkurvorna i den kuperade terrängen. Enligt gällande planbeskrivning omfattar bebyggelsen ca 240 bostadslägenheter i varierande storlek. Det uppskattas att ca 500 personer bor inom området. Närmaste befintliga bostadshus ligger ca 65 meter från Ostkustbanan.

Den nya detaljplanen som vann laga kraft 2019 innebär ytterligare 225-300 lägenheter samt eventuellt 200 hotellrum. En förskola planeras också inom området.

Del av Järva 4:17

Markytan vid Signalbron är idag obebyggd.

Gällande planer (pågående eller planerad byggnation)

Enligt avsnitt 2.1 så beaktar nollalternativet pågående eller planerad utbyggnad av ny bebyggelse enligt de detaljplaner som har vunnit laga kraft (d.v.s. kv. Idrottsplatsen, kv. Signalen och kv. Tygeln 2).

Inom **kv. Idrottsplatsen** planeras en ny byggnad innehållande simhall och kontor. Den nya byggnaden omfattar ca 25 000 m² uthyrbar lokalyta och kommer att inrymma ca 1 250 arbetsplatser. Simanläggningen kommer att ha en kapacitet på ca 360 personer. Det genomsnittliga samtida besöksantalet under en normal vardag uppskattas vara högst ca 100 personer. Vid särskilda event på helgdag, t.ex. vid uppvisning, kan det maximala personantalet uppgå till cirka 560 stycken personer. Byggnaden hamnar minst 30 meter från Ostkustbanan (inklusive nya spår).

Inom **kv. Signalen 3** byggs en ny kontorsbyggnad i sex våningar med centrumändamål i bottenvåning och parkeringsgarage under mark. Total BTA blir ca 50 000 m² och byggnaden kommer att inrymma ca 2 500 arbetsplatser. Den nya byggnaden ligger ca 45-50 meter från Ostkustbanan.

Inom kv. Tygeln 2 byggs en ny kontorsbyggnad i 15 våningar med centrumändamål i bottenvåningen samt parkeringsgarage under mark. Total blir det ca 50 000 m² uthyrbar yta och byggnaden kommer att inrymma ca 2 500 arbetsplatser. Planområdet ligger till mycket stor del på en höjd, 3-5 meter över spårområdet. Avståndet mellan byggnad och närmaste spår på Ostkustbanan är 20 meter.

2.2.2 Planalternativ

De planerade bebyggelseförslagen för aktuella planområden som är markerade i figur B.1 omfattar huvudsakligen kontorsbebyggelse och flerbostadshus. Generellt hålls ett avstånd på minst 30 meter mellan ny bebyggelse och Ostkustbanans genomgående huvudspår (inkl. utbyggnad av järnvägen med två nya spår med förslagen dragnings enligt /1/). Inom kv. Tygeln 1 och Tygeln 2 är avståndet minst 25 meter.

I anslutning till Solna stations norra entréhall planeras en partiell överdäckning av spåren på östra sidan av järnvägen samt delar av spåren på den västra sidan. Ingen bebyggelse planeras ovanpå överdäckningen.

Fullt utbyggt så förväntas den planerade nya bebyggelsen inom de planområden som är markerade i figur B.1 att omfatta sammanlagt ca 255 000 m² kontor och verksamheter samt ca 60 000 m² bostäder. Detta motsvarar ca 12 650 arbetsplatser samt ca 1 300 boende.

Planalternativet innebär därmed att antalet arbetsplatser ökar med en faktor 2,5 jämfört med nollalternativet. Antalet boende ökar med en faktor 3,5 jämfört med nollalternativet.

2.3 Kringliggande bebyggelse

Enligt avsnitt 3.1 studeras ett område med ca 300 meters radie kring järnvägen, vilket motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier, se markering i figur B.1.

Kringliggande bebyggelse varierar både avseende verksamhet och avstånd till Ostkustbanan.

Öster om Ostkustbanan

Norr om kv. Idrottsplatsen återfinns tre befintliga ishallar (den tredje finns inte med i figur B.1, den har ersatt utomhusrinken). Ishallarna ligger ca 20-25 meter från närmaste befintliga järnvägsspår.

I övrigt är avståndet mellan Ostkustbanan och bebyggelse på den östra sidan om järnvägen relativt stort. Bakom kv. Idrottsplatsen och kv. Signalen 2 finns områden med flerbostadshus i 5 våningsplan som ligger ca 200 meter från järnvägen. Söder om Signalbron finns enstaka verkstads- och lagerbyggnader som ligger ca 80 meter från järnvägen.

Utmed Gårdsvägen, i höjd med kv. Tygeln 1, 2 och 3 finns kontorshus i 4-5 våningsplan. Avståndet är som minst ca 50 meter till järnvägen men ökar söderut till ca 130 meter i höjd med kv. Hagalund 3:1 och 3:2. Områdena bakom denna bebyggelse (öster om Kolonnvägen) är relativt obebyggd och består främst av parktytor.

Väster om Ostkustbanan

Avståndet till befintlig kringliggande bebyggelse på den västra sidan av spårområdet varierar utmed den studerade sträckan. Mellan Ostkustbanans genomgående spår och Arenastaden ligger Hagalunds bangårdsområde, vilket gör att avståndet till spår där det transporteras farligt gods blir minst ca 65 meter till närmaste befintliga byggnad som utgörs av ett kontorshus i sex våningsplan med en högdal i 13 plan.

/1/ Riksintresseprecisering Ostkustbanan, delen Solna – Uppsala, publikation 2016:102, Trafikverket, juni 2016

Längre norrut ökar avståndet till kringliggande bebyggelse. Avståndet till köpcentrumet Mall of Scandinavia och hotellet Arena Gate är ca 100 meter respektive 150 meter och Friends Arena ligger drygt 200 meter från närmaste genomgående huvudspår. Dessa verksamheter kan dock innebära mycket höga personantal. För Friends Arena gäller detta dock inom relativt begränsade tidsperioder.

Enligt den riskanalys som utgör underlagshandling till detaljplanen för Nationalarenan uppskattas hela planområdet (ca 175 000 m², upp till 500 meter från närmaste genomgående godsspår) kunna belastas av upp till 12 500-30 000 personer under ett normaldygn. Nattetid minskade personantalet till 3 000-4 000 personer, främst boende (> 150 meter från närmaste genomgående godsspår). Som max uppskattades upp mot 100 000 personer kunna vistas inom planområdet samtidigt. Detta är inom hela Arenastaden. Den del av området som studeras i denna riskutredning utgör ungefär hälften av den totala Arenastaden.

Områden utmed Frösundaleden

Bebyggelsen utmed den aktuella sträckan av Frösundaleden utgörs främst av flerbostadshus. Norr om vägen består bebyggelsen av lägre bostadsbebyggelse i 3-4 våningsplan (med undantag för några enstaka högre punkthus) och avståndet till Frösundaleden är ca 5-15 meter. Söder om vägen består bebyggelsen av något högre bostadshus i 6-15 våningsplan och avståndet till Frösundaleden är ca 30 meter.

2.4 Sammanställning

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. Med anledning av den varierande bebyggelsestrukturen och planerad markanvändning inom det studerade området beräknas konsekvenserna, enligt avsnitt 2.1, för två olycksplatser. Beräkningarna för respektive olycksplats avgränsas vidare till tre scenarier, nämligen:

Södra halvan

1. **Genomsnittligt normaldygn:**

- 1.1 Dagtid (kl 08-22) – Ca 50 % beläggning inom kontor och verksamheter respektive bostadshus m.m. inom planområdena och i omgivningen. Sammanlagt uppemot 6 800 personer inom det studerade området, varav ca 350 personer utomhus.
- 1.2 Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse. 100 % beläggning inom bostadshus. 0 % inom övrig bebyggelse. Sammanlagt ca 2 000 personer inom det studerade området, varav högst ca 100 personer utomhus.

2. **"Fullsatt område"** – Full beläggning inom all bebyggelse (kontor, verksamheter och bostäder m.m.). Sammanlagt ca 13 650 personer inom det studerade området, varav ca 685 personer utomhus.

Norra halvan

1. **Genomsnittligt normaldygn** (Inget evenemang inom simhall, ishallar, Friends Arena m.m. Däremot mycket folk inom köpcenter, kontors- respektive bostadsbebyggelse):

- 1.1 Dagtid (kl 08-22) – personer i hela området med undantag för inom arenan samt på arenatorg. Ej fullbelagda idrottsarenor. Ca 50 % beläggning inom kontor och verksamheter respektive bostadshus m.m. inom planområdena och i omgivningen. Sammanlagt uppemot 28 700 personer inom det studerade området, varav ca 1 440 personer utomhus.
- 1.2 Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse. 100 % beläggning inom bostadshus. 0 % inom övrig bebyggelse. Sammanlagt ca 4 500 personer inom det studerade området, varav högst ca 225 personer utomhus.
2. ”Fullsatt område” – evenemang i samtliga idrottsanläggningar (även Friends Arena) samtidigt som maximal belastning i köpcenter, butiker samt bostäder och kontor. Sammanlagt 57 560 ca 26 000 personer inom det studerade området, varav ca 2 880 personer utomhus. Uppskattas inträffa ungefär en gång per vecka och persontätheten antas gälla i medel ca 4-5 timmar per evenemang.

3. Beräkning av skadeavstånd/-områden

3.1 Urspåring

I bilaga A redovisas beräkningar av urspåringsfrekvens 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 urspåring understiger i princip alltid 25-30 meter vinkelrätt ut från spåret. Detta skadescenario motsvarar en helt snedställd tågagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är extremt låg, se bilaga A.

Med hänsyn till gällande hastighetsbegränsningar på den aktuella järnvägssträckan (250 km/h för snabbtåg, IC och natttåg samt 140 km/h för godståg och pendeltåg på genomgående spår respektive 100 km/h för tjänstetåg på driftspår) beräknas det maximala vinkelräta avståndet från spåret som vagnen kan hamna till ca 21 meter vid urspåring med persontåg och ca 15 meter vid urspåring med godståg på genomgående spår respektive ca 13 meter vid urspåring med tjänstetåg på driftspår).

De ekvationer som används för beräkning av sannolikhet och frekvens som funktion av avståndet från järnvägen i bilaga A gäller för en obebyggd omgivning som ligger ungefär i samma nivå som järnvägen. Utmed den aktuella sträckan går järnvägen ungefär i nivå med omgivningen. Det studerade planområdet ligger dock enligt tidigare högre än järnvägen. Ny bebyggelse planeras minst ca 31-32 meter från närmaste spårmitte även efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan. En urspåring kommer därför endast att påverka obebyggda ytor inom planområdet.

Konsekvensberäkningarna kommer att omfatta nedanstående skadescenarier. Beräkningarna kommer att omfatta två dimensionerande scenarier med skadeavstånd som motsvarar de beräkningar som redovisas i bilaga A. För att inte underskatta konsekvenserna av det aktuella skadescenariot studeras dessutom ett worst case scenario med skadeavstånd som motsvarar de maximala skadeavstånd som uppmätts vid urspåring. 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.

- Urspåring Ostkustbanan (hastighetsbegränsning 250 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd <10 meter

- Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 10-21 meter
- Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)
- Urspårning driftspår (hastighetsbegränsning 100 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd < 6 meter
 - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 6-13 meter
 - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)

Skadezonen utbredning i längsled utmed järnvägen antas konservativt motsvara den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas i bilaga A. För samtliga scenarier ovan antas skadezonen i längsled utmed järnvägen vara 780 meter vid urspårning på Ostkustbanan respektive 125 meter vid urspårning med driftspår.

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. Ju lägre våningsantal ju 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.

3.2 Brand i godståg

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 avståndet mellan spår och planområdet.

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

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

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /2/.

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /3/:

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

/2/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/3/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 2$.

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 flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /4/:

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

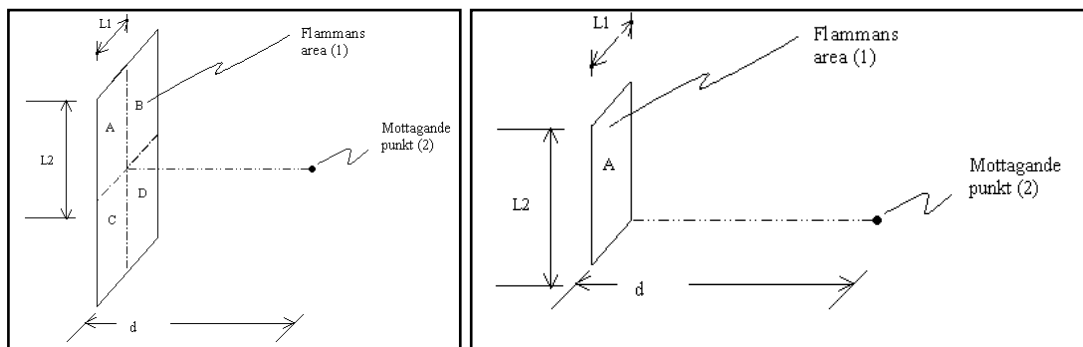
Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.1). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /5/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

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

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

$\Theta_1 = \Theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.1.



Figur B.2. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /6/:

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

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

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

/5/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

/6/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

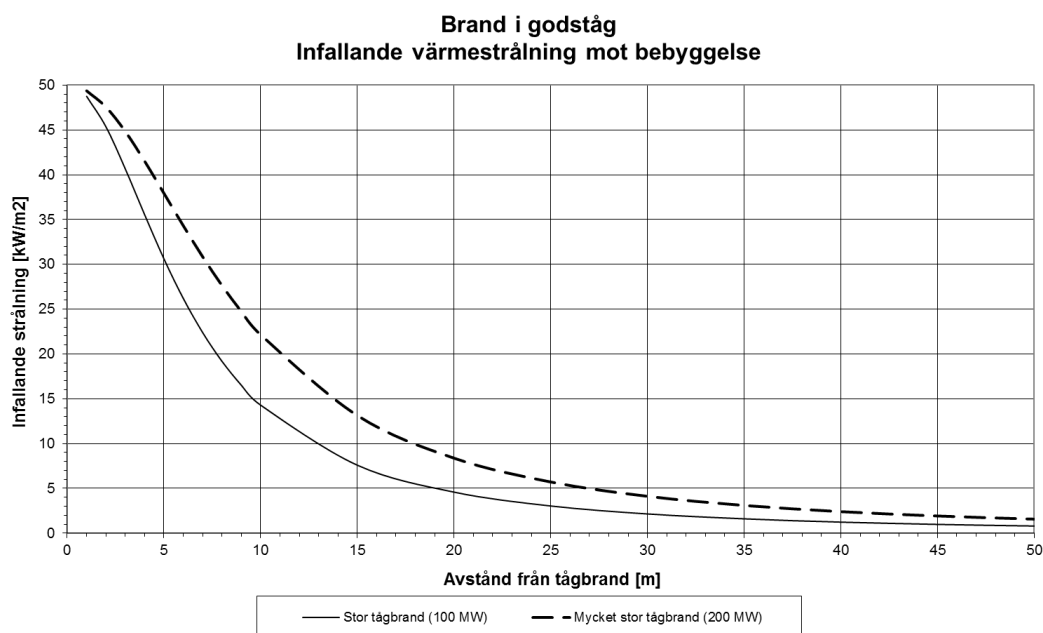
Infallande strålning (I) – Den från branden infallande värmestrålningen (kW/m²) som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom: $I = F \times I_0$

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden för de olika scenarierna (se tabell B.1).

Tabell B.1. 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)
Stor tågbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Mycket stor tågbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8

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



Figur B.3. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i godståg.

Bedömningskriterier

Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada.

I tabell B.2 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning.

Tabell B.2. Effekter av olika strålningsnivåer /2, 7/.

Konsekvens	Strålningsintensitet [kW m ⁻²]
Ingen smärta vid långvarig bestrålning av bar hud	≤ 1
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 1 minut	
- 100 % sannolikhet	19
- 50 % sannolikhet	7,5
Ingen smärta vid bestrålning av bar hud under 1 minut	< 2,5
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 20 sekunder	
- 100 % sannolikhet	43
- 50 % sannolikhet	17
Outhärdlig smärta vid bestrålning av bar hud under 2	20
Antändning av lättantändliga material, t.ex. gardiner	
med sticklåga	10
vid långvarig bestrålning	20
Antändning av obehandlat trä	
med sticklåga eller vid bestrålning under 5 minuter	15
vid långvarig bestrålning	30

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmeinstrålningen 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 tågbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

En oskyddad person **utomhus** som upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmeinstrålning under en kortare stund innan hen reagerar. Sannolikheten för att oskyddade personer utomhus omkommer bedöms utifrån tabell B.2. 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

/7/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

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

Resultat

I tabell B.3 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.3. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid tågbrand.

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

3.3 Olycka med farligt gods Ostkustbanan

3.3.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Metodik

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

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

- 500 kg
- 2000 kg
- 25 000 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:

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

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenarierna. I figur B.3 och figur B.4 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av $1,8 \cdot X$ kg i fri luft.

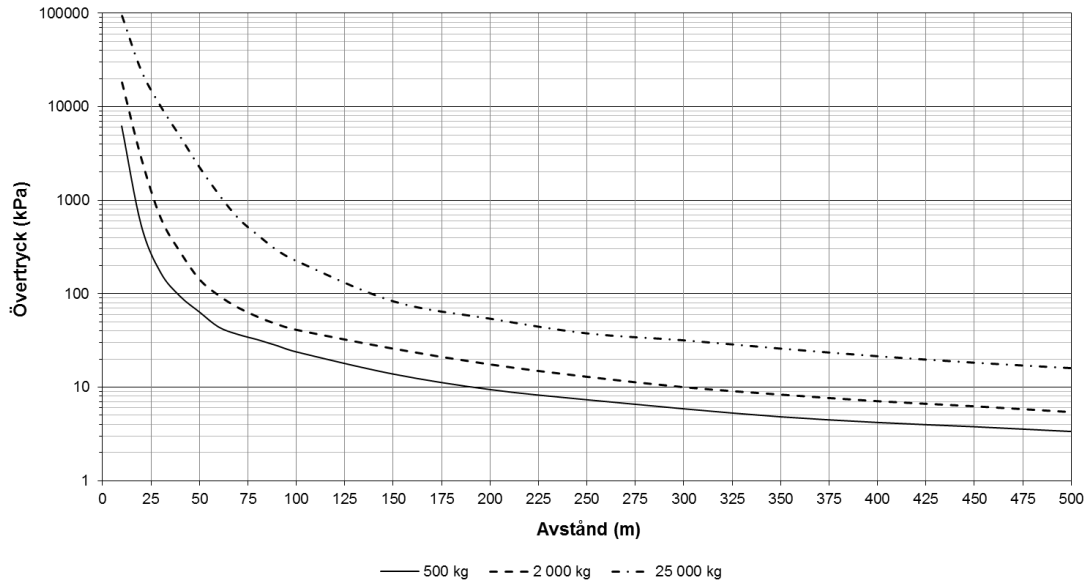
För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

/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)

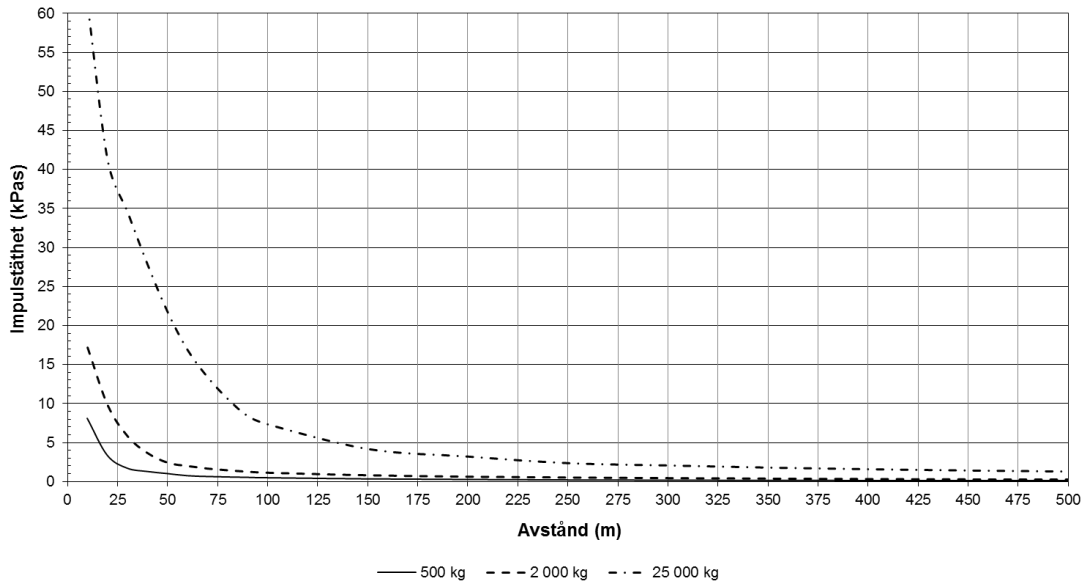
Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

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

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



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



Figur B.5. 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.4 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /7/.

Tabell B.4. Karaktäristiska tryck (P_c) respektive impuls (I_c) för olika byggnadsdelar.

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

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

Utomhus: En människa tål tryck relativt bra och riskerar i huvudsak att förolyckas p.g.a. kringflygande föremål eller att de trillar omkull av tryckvågen. Med avseende på tryck så går gränsen för dödliga skador vid /7/:

- 1 % omkomna 180 kPa
- 10 % omkomna 210 kPa
- 50 % omkomna 260 kPa
- 90 % omkomna 300 kPa
- 99 % omkomna 350 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 50 %
- 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. I tabell B.6 redovisas skadeavstånden 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.3 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.3 respektive figur B.4. I tabell B.5 redovisas skadeavstånden för dels icke skyddad bebyggelse och dels skyddad bebyggelse.

Tabell B.5. Beräknade konsekvenser – skadeområden för byggnadsras (helt eller delvis) samt för oskyddade personer utomhus, vid massexplosion.

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

3.3.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

Detta avsnitt studerar utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1) på:

- Ostkustbanan
- Frösundaleden

Metodik

För brännbara gaser kan följande 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 40-55 ton gas) respektive tankbil (ca 25 ton). Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol.

I tabell B.6 redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B.6. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

Faktor	Järnvägsvagn	Tankbil
Lagringstemperatur	15°C	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C	7 bar övertryck vid 15°C
Tankdiameter	2,5 m	2,0 m
Tanklängd	19 m	18 m
Tankfyllnadsgrad	80 %	80 %
Tankens tomma vikt	50 000 kg	50 000 kg
Designtryck	15 bar övertryck	15 bar övertryck
Bristningstryck	4 x designtrycket	4 x designtrycket
Luftryck	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 gasmolnsexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar i enlighet med riktlinjer i /10/:

Järnväg

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

Väg

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

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

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

Bedömningskriterier

Sannolikheten för att omkomma är bl.a. beroende av den infallande värmestrålningen. Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada.

Utomhus: I tabell B.7 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /7/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. I riskberäkningarna uppskattas det grovt att ca 50-100 % av de människor som vistas inom belyst skadeområde enligt tabell B.6 riskerar att omkomma.

/10/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

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. För jetflamma uppskattas det 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-3:e gradens brännskada. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt spridd brand sprids in i byggnaden omkommer.

För gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms sannolikheten för brandspridning vara låg med hänsyn till kortvariga brandförlopp. Konsekvenser inomhus kan dock uppstå p.g.a. tryckpåverkan. Utifrån detta uppskattas grovt att 5 % av personer som befinner sig inomhus inom belyst skadezon enligt tabell B.7 förväntas omkomma.

Resultat

I tabell B.7 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 bedöms reducera skadeavståndet (längden) för respektive scenario med åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Gasol**. I tabellen redovisas därför även skadeavstånden vid framförliggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs ingen reducering.

Tabell B.7. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Olycka på Ostkustbanan					
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

Tabell B.7. Forts.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Olycka på Frösundaleden					
Liten jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	6	5	6	5
Liten gasmolnexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	2	5	2	5
Medelstor jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	15	15	15	15
Medelstor gasmolnexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	50	70	50	35
Stor jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	60	55	60	30
Stor gasmolnexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	215	185	215	100
BLEVE	5 % inomhus 50 % utomhus	440	220	440	110

3.3.3 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, utsläppsscenarioer har simulerats för utsläpp av giftig gas:

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

Gasernas spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. **Spridning i Luft 1.2** genererar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning. Skadeområdena för ett utsläpp av giftig gas blir större ju lägre vindstyrkan är. I simuleringarna antas därför vindstyrkan vara relativt låg, ca 3 m/s.

Skadeområdet inomhus är dessutom beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas konservativt att ventilationsintagen för samtlig bebyggelse är placerade högst 3 meter över marken.

Bedömningskriterier

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

Resultat

I tabell B.8 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt avsnitt 5.3.1 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 ingen reducering.

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

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)							
		Oskyddad bebyggelse				Skyddad bebyggelse			
		Inomhus		Utomhus		Inomhus		Utomhus	
		bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd
Litet utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0	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

3.3.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

Detta avsnitt studerar utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor (klass 3) på:

- Ostkustbanan
- Frösundaleden

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

Utformningen av spårområdet med makadam och dränering innebär att spridningen av ett vätskeutsläpp på järnväg bedöms bli relativt begränsat, även vid ett stort utsläpp, eftersom underlagets genomsläpplighet är god. I försök har det även påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av underlagets utformning och lutningar /11/. Det krävs relativt små lutningar för att vätskan ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m.

Med avseende på pölbrand antas det grovt att pölen har cirkulär utbredning, vilket ger en högre strålningsnivå. Scenariot godsvagnsbrand kommer att studeras utifrån motsvarande metodik, men i detta fall tas ingen hänsyn till pölens utbredning.

Konsekvensberäkningar utförs för följande skadescenarier:

Järnväg

- Liten pölbrand: 100 m²
- Stor pölbrand: 200 m²
- Tankvagnsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW
(effekten motsvarar det värde som anges i /12/ för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

Väg

- Liten pölbrand: 50 m²
- Medelstor pölbrand: 200 m²
- Stort pölbrand: 400 m²
- Tankbilsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW
(effekten motsvarar det värde som anges i /12/ för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

Beräkningsmetodikerna följer den som redovisas i avsnitt 3.2.

Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.9).

Tabell B.9. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

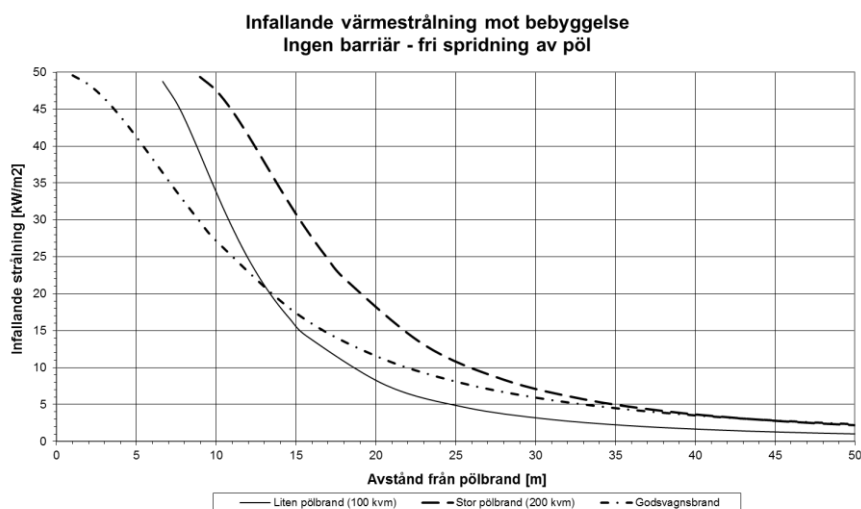
Scenario	Brinnande yta A _f (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D _f (m)	Flammhöjd H _f (m)	Utfallande strålning I ₀ (kW/m ²)
<u>Olycka på Ostkustbanan</u>					
Liten pölbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Stor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Godsvagnsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0
<u>Olycka på väg</u>					
Liten pölbrand	50	50 000	8,0	8,0	49,8
Medelstor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Stor pölbrand	400	400 000	22,6	22,6	37,7
Tankbilsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0

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

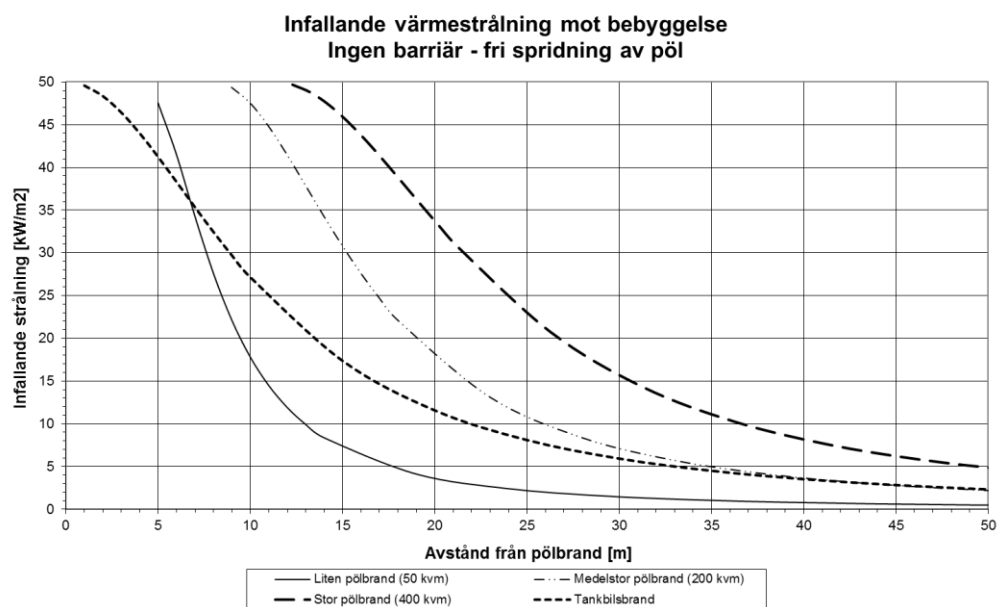
/12/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.5 och figur B.6. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I diagrammen beaktas även pölarnas radie (ej för tankbilsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.

Enligt tabell B.9 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.6. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand respektive godsvagnsbrand vid olycka på Ostkustbanan.



Figur B.7. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand respektive tankbilsbrand vid olycka på Frösundaleden.

Bedömningskriterier
Se avsnitt 2.2.

Resultat

I tabell B.9 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.10. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Olycka på Ostkustbanan		
Liten pölbrand (100 MW)	5% inomhus	15
	100% utomhus	9
	50% utomhus	15
	5% utomhus	18
Stor pölbrand (200 MW)	5% inomhus	22
	100% utomhus	13
	50% utomhus	22
	5% utomhus	25
Godsvagnsbrand (300 MW)	5% inomhus	17
	100% utomhus	7
	50% utomhus	17
	5% utomhus	22
Olycka på Frösundaleden		
Liten pölbrand (50 MW)	5% inomhus	11
	100% utomhus	7
	50% utomhus	11
	5% utomhus	13
Medelstor pölbrand (200 MW)	5% inomhus	22
	100% utomhus	13
	50% utomhus	22
	5% utomhus	25
Stor pölbrand (400 MW)	5% inomhus	30
	100% utomhus	18
	50% utomhus	30
	5% utomhus	36
Tankbilsbrand (300 MW)	5% inomhus	17
	100% utomhus	7
	50% utomhus	17
	5% utomhus	22

3.3.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Metodik

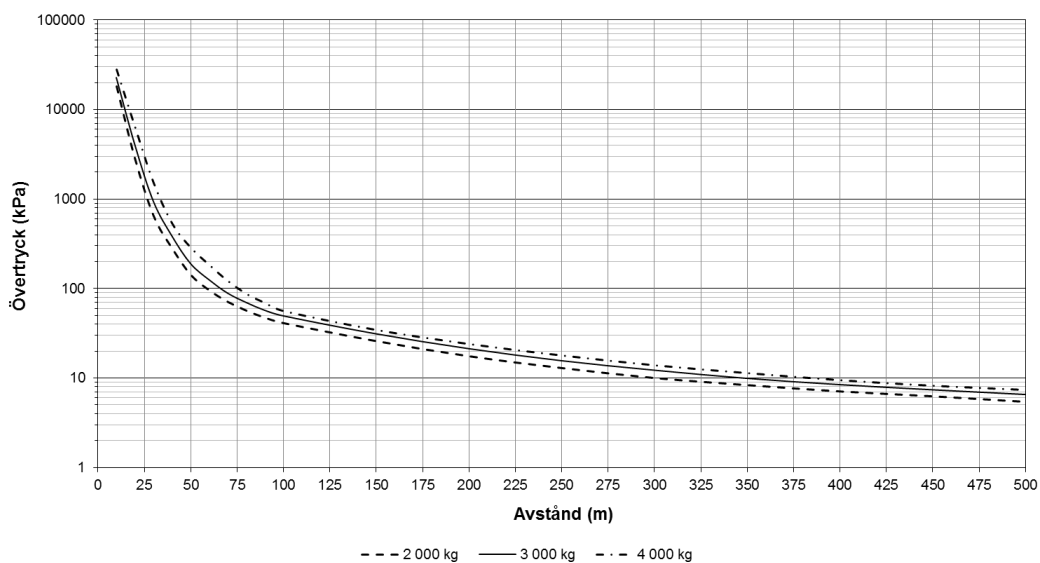
En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till något följdscenario som innebär allvarliga personskador. Det finns dock ämnen inom denna farligt godsklass som, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.), kan leda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

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

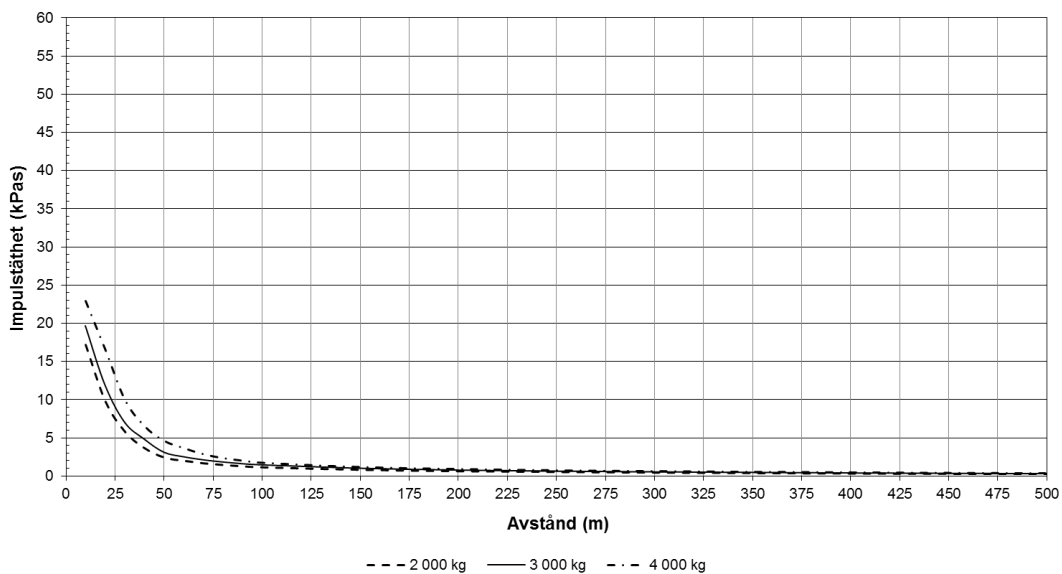
- 2 000 kg
- 3 000 kg
- 4 000 kg

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /9/* och som beskrivs i avsnitt 2.3.1.

I figur B.7 och figur B.8 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.



Figur B.8. Max övertryck som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.



Figur B.9. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Bedömningskriterier

Se avsnitt 2.3.1.

Resultat

I tabell B.11 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario med ämne ur klass 5.

Tabell B.11. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
2 000 kg explosionsartat brandförlopp	100 % <u>inomhus</u>	35	30
	15 % <u>inomhus</u>	175	100
	50 % <u>utomhus</u>	50	30
3 000 kg explosionsartat brandförlopp	100 % <u>inomhus</u>	40	30
	15 % <u>inomhus</u>	200	125
	50 % <u>utomhus</u>	55	35
4 000 kg explosionsartat brandförlopp	100 % <u>inomhus</u>	60	40
	15 % <u>inomhus</u>	300	150
	50 % <u>utomhus</u>	60	40

4. Beräkning av antal omkomna

4.1 Resultat

I tabell B.12-B.14 redovisas beräknat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2) inom det studerade området (aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse). Enligt beskrivningen i avsnitt 2 så utförs beräkningarna avseende olycka på Ostkustbanan för två potentiella olycksplatser: olycka utmed den studerade järnvägssträckans södra halva (se tabell B.12) respektive norra halva (se tabell B.13). Avseende olycka på Frösundaleden utförs beräkningarna endast för en olycksplats: i höjd med aktuella planområden (se tabell B.14).

4.1.1 Olycka på Ostkustbanan

Tabell B.12. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka på **Ostkustbanan – Södra halvan**.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planalternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspårning						
Urspårning persontåg, dim.scenario min						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, dim.scenario max						
Normaldygn - dag	3	1	4	2	0	3
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	6	1	7	5	1	5
Urspårning persontåg, worst case scenario						
Normaldygn - dag	4	1	6	5	1	6
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	9	3	11	10	1	11
Urspårning godståg, dim.scenario min						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, dim.scenario max						
Normaldygn - dag	2	0	2	1	0	1
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	4	0	5	1	0	1
Urspårning godståg, worst case scenario						
Normaldygn - dag	4	1	6	5	1	6
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	9	3	11	10	1	11

Tabell B.12. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planalternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
2. Brand i godståg						
Stor tågbrand (100 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	1	0	1	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)						
Normaldygn - dag	1	0	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	1	0	1	0	0	0
3. Olycka vid transport av farligt gods						
Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen						
500 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	54	0	55	12	0	12
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	109	0	109	23	0	23
2 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	198	1	199	78	0	78
Normaldygn - natt	11	0	11	0	0	0
Fullsatt område	395	2	397	156	1	157
25 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	686	16	702	281	7	289
Normaldygn - natt	11	0	11	0	0	0
Fullsatt område	1371	32	1403	563	14	577
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor jetflamma						
Normaldygn - dag	9	4	13	3	2	5
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	19	8	26	6	3	9

Tabell B.12. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planalternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	113	55	169	45	24	69
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	227	111	338	90	47	138
BLEVE						
Normaldygn - dag	191	108	299	105	62	168
Normaldygn - natt	20	14	34	0	0	0
Fullsatt område	381	216	598	210	125	335
Klass 2.3 Giftig gas						
Litet utsläpp						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	2	0	1	1
Stort utsläpp						
Normaldygn - dag	395	89	484	155	39	194
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	790	177	967	310	78	388
Klass 3 Brandfarlig vätska						
Liten pölbrand						
Normaldygn - dag	1	0	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	2	0	2	0	0	0
Stor pölbrand						
Normaldygn - dag	3	0	3	1	0	1
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	6	0	6	1	0	1
Godsvagnsbrand						
Normaldygn - dag	1	0	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	3	0	3	0	0	0

Tabell B.12. Forts.

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planalternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 5 Oxiderande ämnen						
2000 kg massexplosion						
Normaldygn - dag	184	0	184	80	0	80
Normaldygn - natt	13	0	13	2	0	2
Fullsatt område	367	0	368	160	0	160
3 000 kg massexplosion						
Normaldygn - dag	246	0	247	108	0	108
Normaldygn - natt	15	0	15	4	0	4
Fullsatt område	493	1	493	216	0	216
4 000 kg massexplosion						
Normaldygn - dag	370	0	370	159	0	159
Normaldygn - natt	18	0	18	7	0	7
Fullsatt område	739	1	740	317	0	318

Tabell B.13. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka på **Ostkustbanan – Norra halvan**.

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planalternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspårning						
Urspårning persontåg, dim.scenario min						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, dim.scenario max						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	1	1
Urspårning persontåg, worst case scenario						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	1	1
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	2	2	0	2	2
Urspårning godståg, dim.scenario min						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, dim.scenario max						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0

Tabell B.13. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planalternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Urspårning godståg, worst case scenario						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	1	1
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	2	2	0	2	2
2. Brand i godståg						
Stor tågbrand (100 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
3. Olycka vid transport av farligt gods						
Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen						
500 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	6	0	6	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	13	0	13	0	0	0
2 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	53	1	53	0	1	1
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	106	1	107	0	1	1
25 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	336	11	346	0	10	10
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	671	22	693	0	20	20
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnexplosion						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0

Tabell B.13. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planalternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Stor jetflamma						
Normaldygn - dag	3	3	6	0	2	2
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	6	5	11	0	5	5
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	66	38	104	0	36	36
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	132	77	209	0	71	71
BLEVE						
Normaldygn - dag	108	51	159	9	47	56
Normaldygn - natt	13	-2	11	13	-2	11
Fullsatt område	216	102	317	18	94	112
Klass 2.3 Giftig gas						
Litet utsläpp						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	1	1
Stort utsläpp						
Normaldygn - dag	231	67	298	28	62	90
Normaldygn - natt	41	10	50	41	10	50
Fullsatt område	463	133	596	55	125	180
Klass 3 Brandfarlig vätska						
Liten pölbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor pölbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Godsvagnsbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0

Tabell B.13. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planalternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 5 Oxiderande ämnen						
2000 kg massexplosion						
Normaldygn - dag	68	0	68	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	136	0	137	0	0	0
3 000 kg massexplosion						
Normaldygn - dag	110	0	110	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	220	0	221	0	0	0
4 000 kg massexplosion						
Normaldygn - dag	174	0	174	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	347	1	348	0	1	1

4.1.2 Olycka på Frösundaleden

Tabell B.14. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka på **Frösundaleden**.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planalternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
4. Olycka vid transport av farligt gods						
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnexplosion						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Medelstor jetflamma						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	0	0
Medelstor gasmolnexplosion						
Normaldygn - dag	3	8	11	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	7	15	22	0	0	0

Tabell B.14. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planalternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Stor jetflamma						
Normaldygn - dag	9	7	16	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	19	14	33	0	0	0
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	42	22	65	7	4	10
Normaldygn - natt	7	4	10	7	4	10
Fullsatt område	85	45	129	13	7	20
BLEVE						
Normaldygn - dag	105	55	160	39	21	60
Normaldygn - natt	20	11	30	20	11	30
Fullsatt område	210	111	321	79	41	120
Klass 3 Brandfarlig vätska						
Liten pölbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Medelstor pölbrand						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	2	0	0	0
Stor pölbrand						
Normaldygn - dag	1	2	3	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	3	3	6	0	0	0
Godsvagnsbrand						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	0	0

Bilaga C - Riskberäkningar

Uppdragsnamn	Solna station, övergripande riskanalys		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum	
Skanska & Fabege	111915	2020-07-07	
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll	
Rosie Kvål / Erik Hall Midholm	RKL 2020-07-07	LSS	2019-01-09

1. Inledning

I denna bilaga beräknas den sammanvägda risken (frekvens x konsekvens) för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom planområdet.

Den sammanvägda risken kommer att redovisas med riskmåttan individrisk respektive samhällsrisk.

2. Beräkning av individrisk

2.1 Metodik

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 järnvägs- respektive vägsträcka 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 järnvägs- respektive vägsträcka.

3. 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.

2.2 Bedömningskriterier

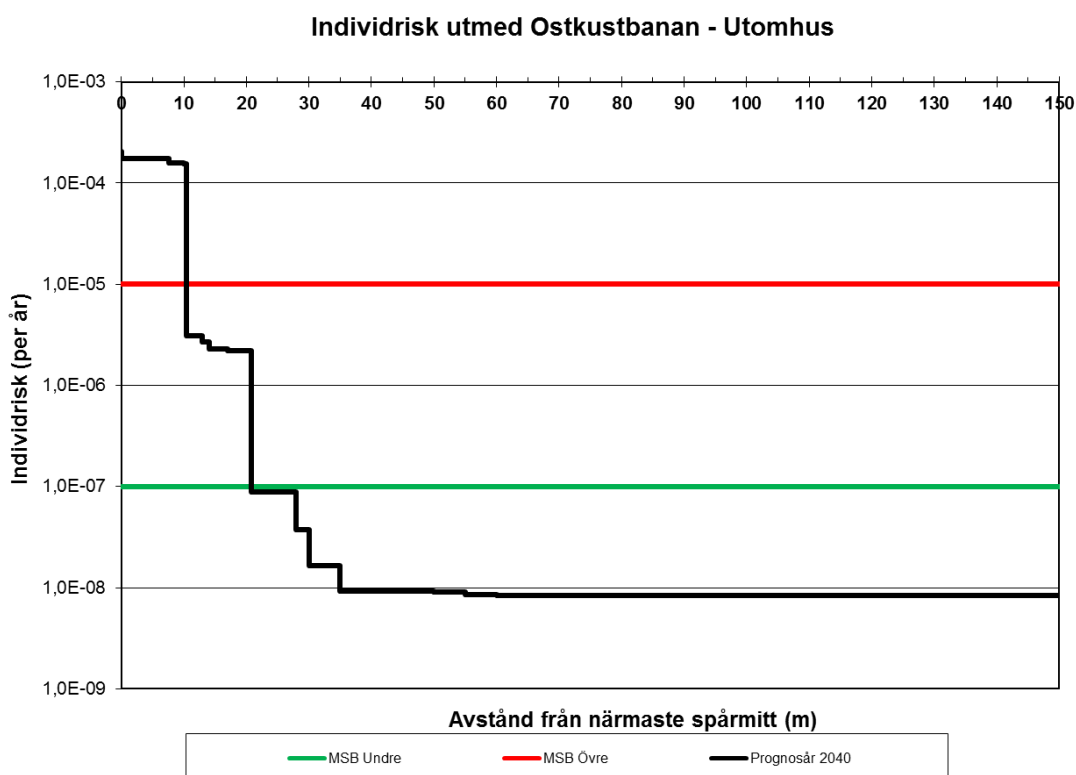
Den beräknade individrisken kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.1 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammen nedan.

2.3 Resultat

2.3.1 Ostkustbanan

I figur C.1 redovisas individrisken för de studerade planområdena och dess omgivning som funktion av avståndet till järnvägen. Individrisken redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.

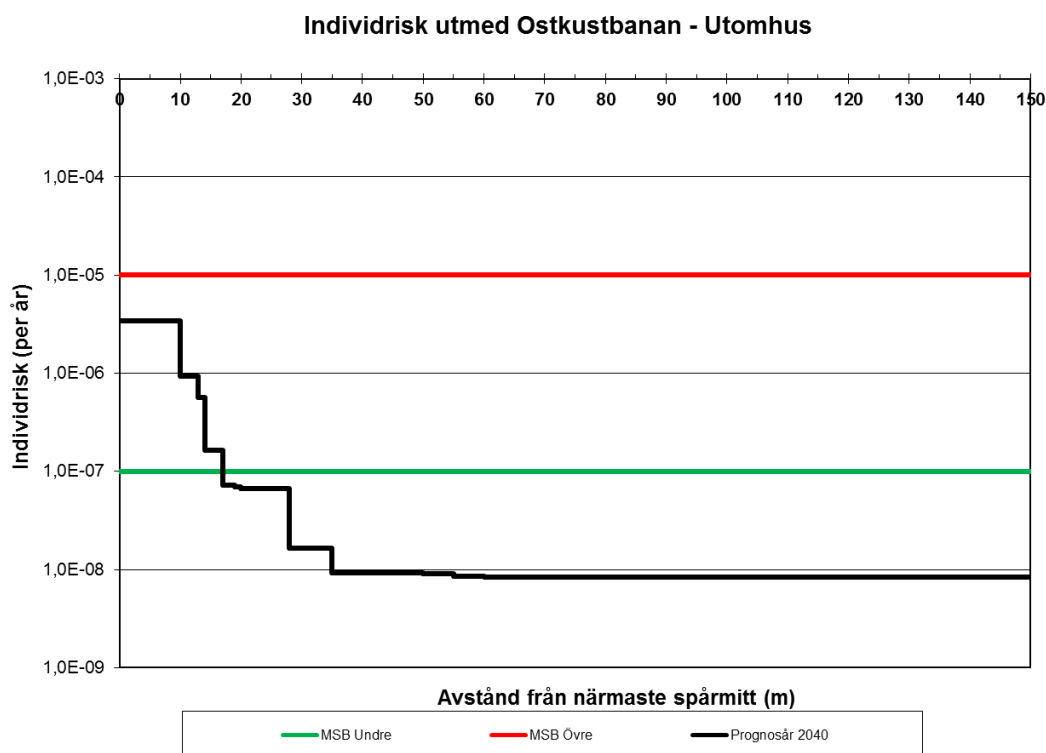
Avståndet i diagrammet utgår från spårmitt på järnvägens närmaste spår efter planerad utbyggnad av Ostkustbanan. Riskprofilen som redovisas gäller för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuella konsekvensreducerande effekter av exempelvis framföriggande bebyggelse eller nivåskillnader.



Figur C.1. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Ostkustbanan (mätt från närmaste spårmitt efter utbyggnad av järnvägen). Utan hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmande barriärer. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

/1/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997

Utmed den södra delen av den studerade järnvägssträckan är det en kraftig nivåskillnad mellan järnvägen och kringliggande områden. Utmed denna sträcka bidrar urspårning inte till individrisknivån eftersom nivåskillnaden förhindrar att en urspårning lämnar spårområdet. I figur C.2 redovisas individrisken för den södra delen av sträckan (från Hagalundsberget fram till Tygeln 2). Individrisken redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.



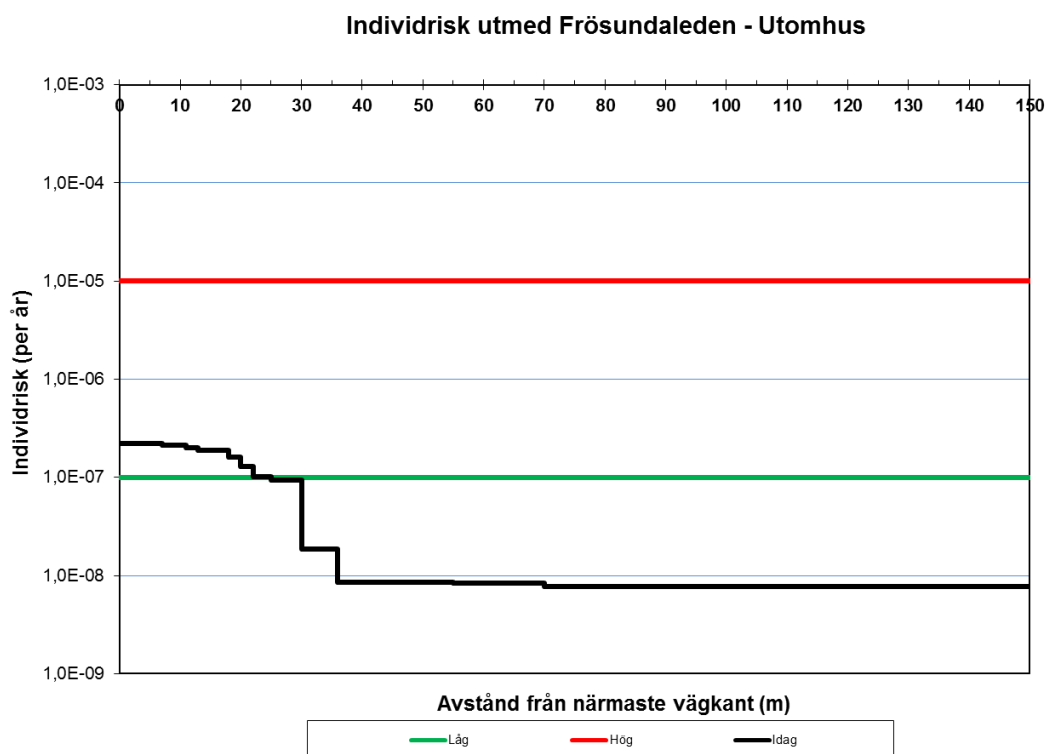
Figur C.2. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Ostkustbanan (mätt från närmaste spårmitt efter utbyggnad av järnvägen). Med hänsyn tagen till nivåskillnad som förhindrar påverkan inom omgivningen vid urspårning. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

2.3.2 Frösundaleden (sekundär transportled för farligt gods)

I figur C.3 redovisas individrisken för de studerade planområdena och dess omgivning som funktion av avståndet till Frösundaleden. Avståndet i diagrammet utgår från närmaste väggkant/kantsten.

Riskprofilerna som redovisas gäller för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuella konsekvensreducerande effekter av exempelvis framförliggande bebyggelse eller nivåskillnader.

Individrisken redovisas för prognosår 2040.



Figur C.3. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Frösundaleden (mätt från närmaste väggkant).
Utan hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmade barriärer inom planområdet.
 (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

3. Beräkning av Samhällsrisk

3.1 Metodik

Samhällsrisknivån presenteras som en F/N-kurva, vilket anger den kumulativa frekvensen för N, eller fler än N, antal omkomna inom det studerade området till följd av olycka på järnvägen respektive Frösundaleden. I bilaga B redovisas omfattningen av det studerade området, vilket omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Samhällsrisken beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom de aktuella planområdena samt för nollalternativ med befintlig markanvändning inom planområdena. Vid beräkning av samhällsrisken beaktas såväl bebyggelse och markanvändning inom planområdet samt i närområdet.

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

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

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

- Enligt avsnitt 2.1 så blir skadeområdet för vissa skadescenarier förknippade med gaser samt urspårning inte cirkulära. Konsekvensberäkningarna för dessa scenarier har genomförts för förutsättningar som medför så stora konsekvenser som möjligt för det studerade exploateringsområdet.

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 samhällsriskerna 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.

Den planerade bebyggelsen innebär att persontätheten inom området kommer att variera både under dygnet och mellan olika dygn. Den normala beläggningen dagtid bedöms vara betydligt lägre än maximala beläggningar. Nattetid vistas det huvudsakligen personer inom planerad och kringliggande bostadsbebyggelse. Variationerna i beläggning inom det studerade området har beaktats i konsekvensberäkningarna, se bilaga B. Konsekvensberäkningarna utförs för följande scenarier:

Genomsnittligt normaldygn:

Dagtid (kl 08-22) – Ca 54 % av ett år.

Nattetid (kl 22-08) – Ca 42 % av ett år.

”Fullsatt område” – Ca 4 % av ett år.

3.2 Bedömningskriterier

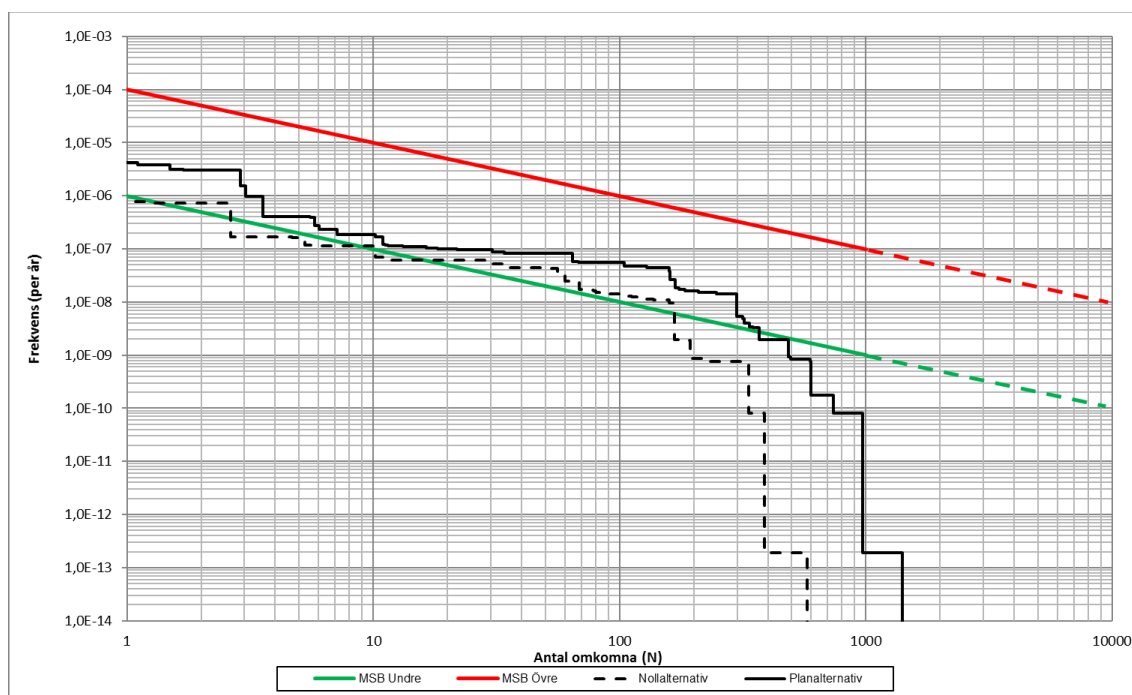
Den beräknade samhällsriskerna kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.1 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammet nedan.

3.3 Resultat

3.3.1 Samhällsrisk utan åtgärder

I figur C.4 redovisas den beräknade samhällsriskerna inom det studerade området, d.v.s. aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse. Samhällsriskerna beräknas för planerat planalternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom aktuella planområden. Samhällsriskerna har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom aktuella planområden.

Samhällsriskerna redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av Ostkustbanan.



Figur C.4. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan samt Frösundaleden i anslutning till aktuella planområden vid Solna station.

3.3.2 Samhällsrisk med åtgärder

I avsnitt 6 i huvudrapporten beskrivs vilka säkerhetshöjande restriktioner och åtgärder som behöver vidtas vid ny bebyggelse samt ändrad markanvändning för det studerade planområdet.

De rekommenderade åtgärderna innebär att samhällsrisken minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.4 redovisas den beräknade samhällsrisken för utförandealternativet utan respektive med rekommenderade åtgärder.

För utförandealternativ med åtgärder antas att åtgärderna har följande reducerande effekter:

Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Ny bebyggelse som ligger i nivå med, eller lägre än, Ostkustbanans spår ska placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste genomgående huvudspår efter utbyggnad av Ostkustbanan, mätt från spårmittpunkt.

Ny bostads-/hotellbebyggelse ska placeras minst 35 meter från närmaste genomgående huvudspår efter utbyggnad av Ostkustbanan.

Åtgärden eliminerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för olycksrisker med skadeavstånd som understiger skyddsavstånden samt reducerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för övriga olycksrisker. Åtgärden har störst effekt på olycksscenarioet urspårning där konsekvenserna inomhus elimineras för en klar majoritet av potentiella skadescenarier.

Ny kontorsbebyggelse ska placeras minst 15 meter från Frösundaleden (mätt från närmaste väggkant).

Ytor mellan ny bebyggelse och Ostkustbanan respektive Frösundaleden ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser eller uteserveringar) bör placeras så att avstånden är minst 30 meter till närmaste genomgående huvudspår efter utbyggnad av Ostkustbanan, mätt från spårmit. Restriktionerna gäller även för planerade överdäckningar av Ostkustbanans spår.

Åtgärden reducerar antalet omkomna utomhus för olycksrisker med skadeavstånd som understiger dessa avstånd samt reducerar antalet omkomna utomhus för övriga olycksrisker. Åtgärdsförslaget har beaktats i riskberäkningarna genom att persontätheten inom dessa områden har ansatts som mycket låg. Konsekvensberäkningarna beaktar inte i detalj placering av ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse eftersom dessa förutsättningar kan förändras.

Byggnadstekniska åtgärder

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

Inom 50 meter från järnvägens närmaste spår ska det från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse inom ny bebyggelse som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförliggande bebyggelse finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Ostkustbanan.

Inom 25 meter från Frösundaleden (mätt från närmaste väggkant) ska det från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse inom ny bebyggelse som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförliggande bebyggelse finnas minst en utrymningsväg som mynnar bort från Frösundaleden.

Åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus för olycksrisker som ej innebär direkt skada invändigt, t.ex. olycka med brännbar respektive giftig gas samt brandfarlig vätska. Den reducerande effekten sker framförallt i kombination med nedanstående åtgärder för skydd mot gaser och brand. Riskreducerande effekt för enbart denna åtgärd antas grovt till 0 %.

Skydd mot brand

För bostad-/hotellbebyggelse inom 50 meter samt för kontorsbebyggelse inom 30 meter från järnvägens närmaste spår gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

- Fasader som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförliggande bebyggelse ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
- Fönster som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförliggande bebyggelse ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

För kontorsbebyggelse inom kv. Hagalund 3:1 och 3:2 samt inom Slänten mot "Blåkulla" kan skydd i fasader ersättas med åtgärder i planerade överdäckningar av Ostkustbanans spår.

Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att det är en begränsad del av planerad bebyggelse som planeras inom ovanstående skyddsavstånd (ca 2/3 av planerad ny bostads-/hotellbebyggelse inom Kv. Ballongberget samt planerad kontorsbebyggelse inom kv. Tygeln 1 och 3, kv. Hagalund 3:1 och 3:2 samt inom Slänten mot "Blåkulla").

Vid olycka på den södra halvan av den studerade järnvägssträckan har åtgärderna en relativt hög reducerande effekt, då sammanlagt ca 50 % av planerad bebyggelse planeras inom ovanstående skyddsavstånd (ca 55 % av kontorsbebyggelse respektive 0 % av bostads-/hotellbebyggelse).

Vid olycka på den norra halvan av den studerade järnvägssträckan har åtgärderna en relativt begränsad reducerande effekt, då sammanlagt ca 10-15 % av planerad bebyggelse planeras inom ovanstående skyddsavstånd (0 % av kontorsbebyggelse respektive ca 65 % av bostads-/hotellbebyggelse).

Inom de delar där åtgärder vidtas antas det att konsekvenserna reduceras med 100 % vid tågbrand och olycka med brandfarliga vätskor samt med ca 50-100 % vid olycka med brännbara gaser (den reducerande effekten sker i kombination med nedanstående åtgärder för skydd mot explosion). Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %.

Skydd mot gaser

För bostad-/hotellbebyggelse inom 50 meter samt för kontorsbebyggelse inom 30 meter från järnvägens närmaste spår gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

- Ny bebyggelse som vetter direkt mot Ostkustbanan utan framförliggande bebyggelse ska utföras med friskluftsintag placerade mot trygg sida, d.v.s. bort från Ostkustbanan alternativt på byggnadernas tak. Mekaniska ventilationssystem ska utföras med central nödavstängningsfunktion (manuell).

Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att det är en begränsad del av planerad bebyggelse som planeras inom ovanstående skyddsavstånd (ca 2/3 av planerad ny bostads-/hotellbebyggelse inom kv. Ballongberget samt planerad kontorsbebyggelse inom kv. Tygeln 1 och 3, kv. Hagalund 3:1 och 3:2 samt inom Slänten mot "Blåkulla").

Vid olycka på den södra halvan av den studerade järnvägssträckan har åtgärderna en relativt hög reducerande effekt, då sammanlagt ca 50 % av planerad bebyggelse planeras inom ovanstående skyddsavstånd (ca 55 % av kontorsbebyggelse respektive 0 % av bostads-/hotellbebyggelse).

Vid olycka på den norra halvan av den studerade järnvägssträckan har åtgärderna en relativt begränsad reducerande effekt, då sammanlagt ca 10-15 % av planerad bebyggelse planeras inom ovanstående skyddsavstånd (0 % av kontorsbebyggelse respektive ca 65 % av bostads-/hotellbebyggelse).

Inom de delar där åtgärder vidtas antas det att konsekvenserna reduceras med 50 % vid utsläpp av giftig gas (de reducerande konsekvenserna för brännbar gas sker i kombination med skyddsåtgärder mot brand och explosion). Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %.

Skydd mot explosion

För kontorsbebyggelse inom 30 meter från järnvägens närmaste spår gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

- Fönster och glasparter i fasad som vetter direkt mot Ostkustbanan ska utformas för att förhindra splitterverkan vid explosion med karakteristiska tryck och impulstäthet motsvarande stor gasmolnsexplosion på Ostkustbanan. Fönster tillåts vara öppningsbara.

För kontorsbebyggelse inom kv. Hagalund 3:1 och 3:2 samt inom Slänten mot "Blåkulla" kan skydd i fasader ersättas med åtgärder i planerade överdäckningar av Ostkustbanans spår.

Ovanstående åtgärdskrav utgör planbestämmelse i gällande detaljplan för kv. Idrottsplatsen /2/.

Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att det är en begränsad del av planerad bebyggelse som planeras inom ovanstående skyddsavstånd (planerad kontorsbebyggelse inom kv. Tygeln 1 och 3, kv. Hagalund 3:1 och 3:2 samt inom Slätten mot "Blåkulla" samt planerad bebyggelse inom kv. Idrottsplatsen).

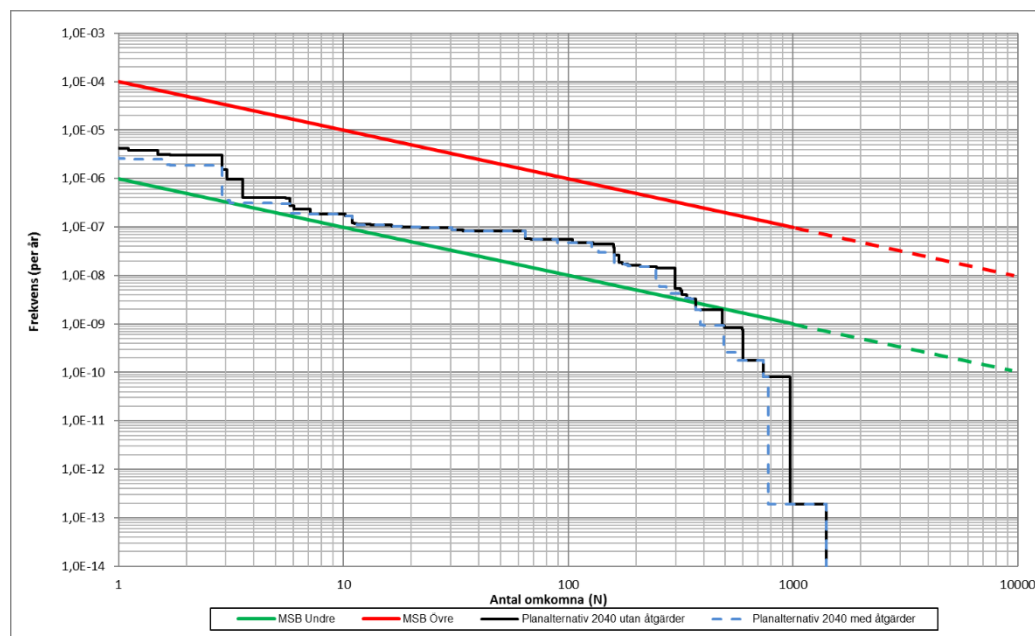
Vid olycka på den södra halvan av den studerade järnvägssträckan har åtgärderna en relativt hög reducerande effekt, då sammanlagt ca 50 % av planerad bebyggelse planeras inom ovanstående skyddsavstånd (ca 55 % av kontorsbebyggelse respektive 0 % av bostads-/hotellbebyggelse).

Vid olycka på den norra halvan av den studerade järnvägssträckan har åtgärderna en relativt begränsad reducerande effekt, då sammanlagt ca 30 % av planerad bebyggelse planeras inom ovanstående skyddsavstånd (ca 37 % av kontorsbebyggelse ink. simhall respektive ca 0 % av bostads-/hotellbebyggelse).

Inom de delar där åtgärder vidtas antas det att konsekvenserna reduceras med ca 50-100 % vid olycka med brännbara gaser (den reducerande effekten sker i kombination med nedanstående åtgärder för skydd mot brand enligt ovan). Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %.

Sammanvägning

De rekommenderade åtgärderna innebär att samhällsriskerna minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.5 redovisas den beräknade samhällsriskerna för utförandealternativet utan respektive med rekommenderade åtgärder. Samhällsriskerna redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.



Figur C.5. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan i anslutning till aktuellt planområde för studerat utförandealternativ utan, respektive, med rekommenderade restriktioner och åtgärder. Prognosår 2040.

/2/ Detaljplan för del av kv. Idrottsplatsen m.m. i Stadsdelen Järva i Solna stad (BND 2016:879), Laga kraft 2018-09-21

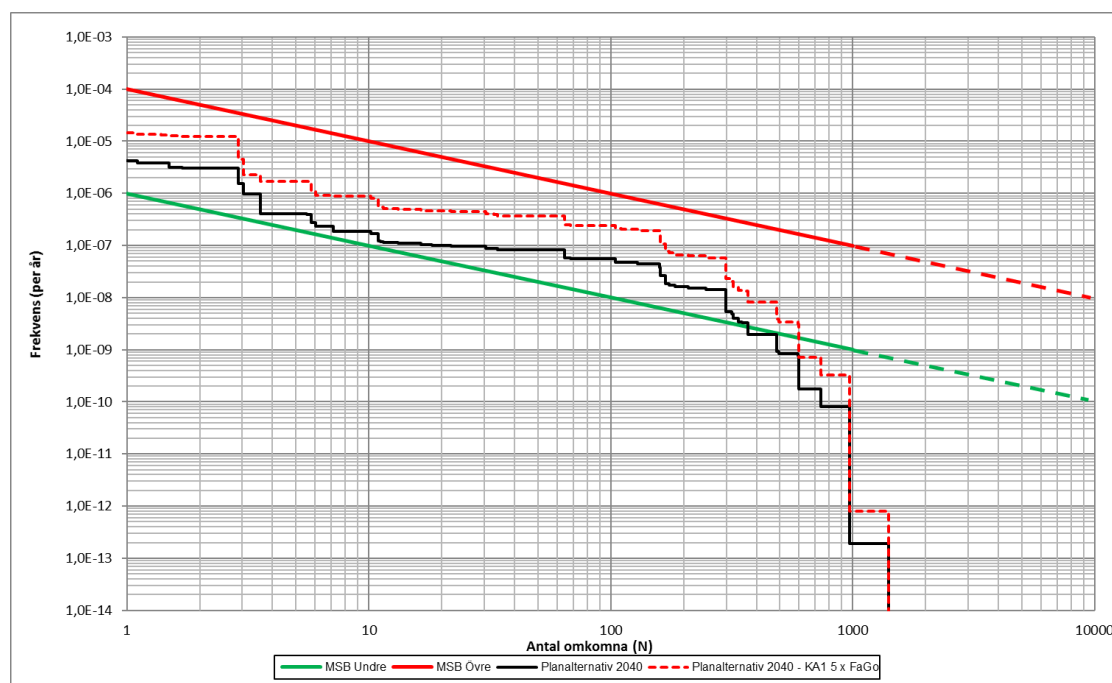
4. Känslighetsanalys

Med hänsyn till osäkerheter i det statistiska underlaget upprättas en känslighetsanalys som beaktar förändrade förutsättningar avseende dels frekvensberäkningar och dels avseende konsekvensberäkningar. Känslighetsanalysen omfattar sammanvägning av samhällsrisker för de förändrade förutsättningarna och utförs endast för utförandealternativet.

4.1 Känslighetsanalys 1 – Förändrat antal farligt godsvagnar

Denna del av känslighetsanalysen omfattar att det uppskattade antalet farligt godsvagnar på Ostkustbanan respektive Frösundaleden antas öka med en faktor 5 i förhållande till de dimensionerande transportmängderna för prognosår 2040.

I figur C.6 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 1.



Figur C.6. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan och Frösundaleden i anslutning till aktuella planområden vid Solna station. Känslighetsanalys del 1 – Förändrat antal farligt godsvagnar.

4.2 Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetod

Statistikinsamling för järnvägen görs kontinuerligt. Trafikanalys gör varje år en sammanställning avseende bantrafikskador samt bantrafik som utgör en del av den officiella statistiken. I hela Sverige har det i närtid (2006–2015) inträffat 91 urspårningar vid tågrörelse på järnväg /3/. Det sammanlagda trafikarbetet under åren 2006–2015 kan utifrån statistiken uppskattas till totalt ca 1400 miljoner tågkilometer, varav persontrafiken står för ca 100 miljoner tågkilometer per år och godstrafiken står för ca 40 miljoner tågkilometer per år /4/.

/3/ Bantrafikskador 2015 – Statistik. Trafikanalys, rapport 2016:20 (Sveriges officiella statistik). Innehåller även historiska översikter.

/4/ Bantrafik 2016, Trafikanalys, Statistik 2017:21.

Sannolikheten för en tågurspårning i medeltal (oberoende av bankaraktär och tågtyp) blir då ca $6,5 \times 10^{-8}$ per tågakilometer. Denna siffra ligger relativt nära värden presenterade i *UIC Code 777-2* (Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär beräknade urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $2,7 \times 10^{-8}$ per tågkm, se bilaga A) och tar vidare ingen hänsyn till specifika korrelationer såsom exempelvis växlars förväntade påverkan på urspårningsfrekvensen. Jämförelsen indikerar att metodik enligt *UIC Code 777-2* återger rimliga resultat.

I tidigare riskanalyser som utförts för detaljplaner längs med Ostkustbanan har frekvensberäkningar utförts enligt den metodik som presenteras i rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen /5/*.

Enligt metodiken beräknas frekvensen för urspårning med följande sannolikheter för urspårning förknippade med olika typer av felfaktorer:

- Rälsbrott $5,0 \cdot 10^{-11}$ / vagnaxelkm
- Solkurvor $1,0 \cdot 10^{-5}$ / spårkm
- Spårlägesfel $4,0 \cdot 10^{-10}$ / v.a.km
- Vagnfel $5,0 \cdot 10^{-10}$ / v.a.km (persontåg)
 $3,1 \cdot 10^{-9}$ / v.a.km (godståg)
- Lastförskjutning $4,0 \cdot 10^{-10}$ / v.a.km godståg
- Annan orsak $5,7 \cdot 10^{-8}$ / tågkm
- Okänd orsak $1,4 \cdot 10^{-7}$ / tågkm

Antalet vagnaxelkilometer uppskattats utifrån schablonmått för vagnantal och vagnaxlar för olika typer av tågmodeller sett till aktuell tågtrafik.

Vid passage över en växel kan urspårning även ske p.g.a. felfaktorer förknippade med växeln. Utöver ovanstående faktorer bör därför även följande faktorer beaktas:

- Växel sliten, trasig $5,0 \cdot 10^{-9}$ / tågpassage
- Växel ur kontroll $7,0 \cdot 10^{-8}$ / tågpassage

Med samma ingångsvärden som belysts i Bilaga A. *Frekvensberäkningar* kan frekvensen för urspårning beräknas enligt tabell C.1.

/5/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

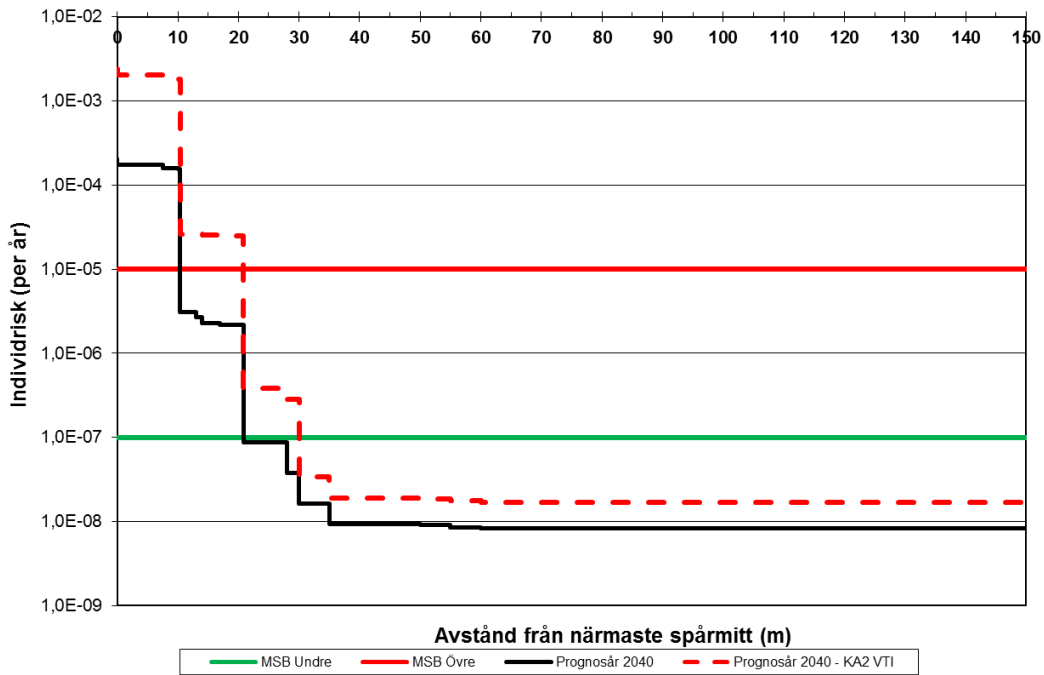
Tabell C.1. Urspårningsfrekvens beräknad enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.

Orsak	Olycksfrekvens (per år)
Urspårning persontåg	
Rälsbrott	4,9E-04
Solkurvor	9,9E-05
Spårlägesfel	3,9E-03
Växel sliten, trasig	2,1E-03
Växel ur kontroll	2,9E-02
Vagnfel	4,9E-03
Lastförsjuktning	0,0E+00
Annan orsak	2,3E-02
Okänd orsak	5,7E-02
Totalt	1,2E-01
Urspårning godståg	
Rälsbrott	1,5E-05
Solkurvor	8,8E-07
Spårlägesfel	1,2E-04
Växel sliten, trasig	1,8E-05
Växel ur kontroll	2,6E-04
Vagnfel	9,1E-04
Lastförsjuktning	1,2E-04
Annan orsak	2,1E-04
Okänd orsak	5,1E-04
Totalt	2,1E-03

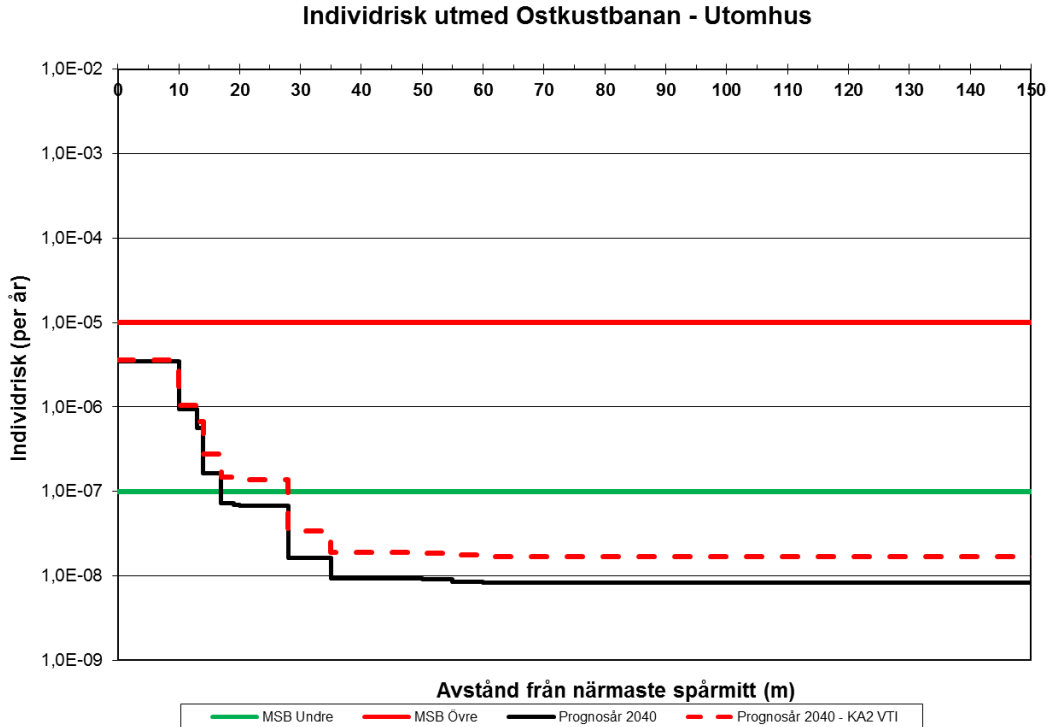
Urspårningsfrekvenser benämnda VTI är framtagna genom att beräknade urspårningsfrekvenser, framtagna med *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (enligt tabell C.1), har multiplicerats med belysta delsannolikheter enligt Bilaga A vad gäller uppkomst av en farligt godsolycka för respektive farligt godsklass och sluthändelse. D.v.s. det enda som skiljer beräkningsmässigt är den initiala urspårningsfrekvensen som varierar beroende av beräkningsmetodik och tillhörande olyckskvoter. Alla beräkningar utgår från att en normerad sträcka om 1 km studeras.

I figur C.7 - C.9 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 2.

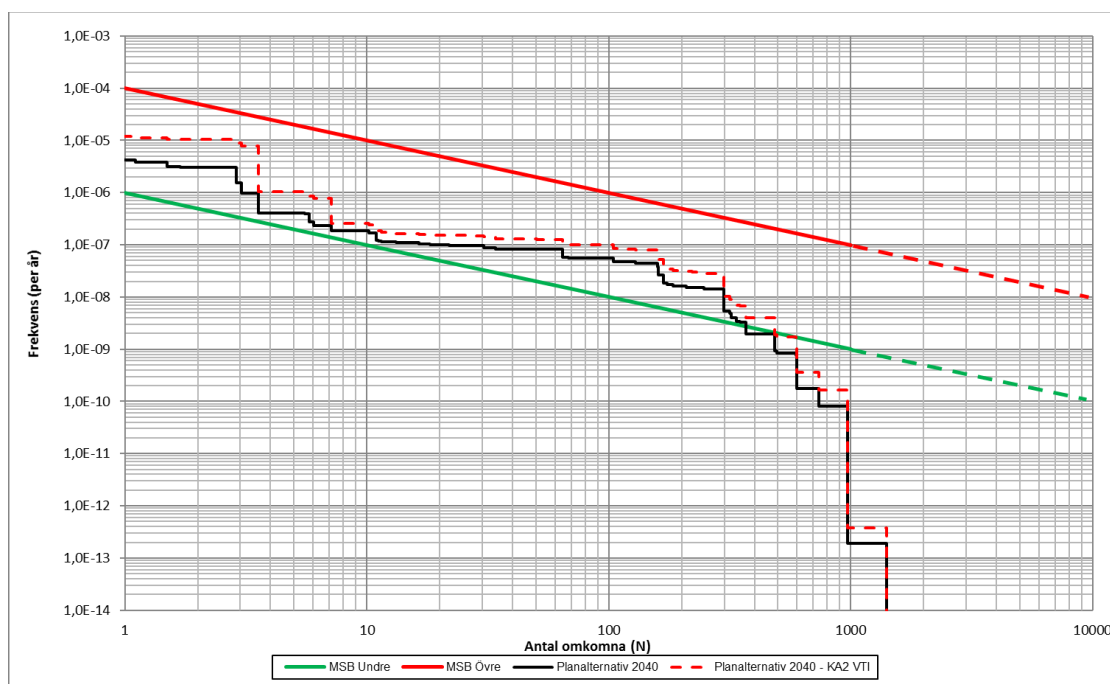
Observera att beräkningsmetodik ej ändras avseende olycksrisken Tågbrand och inte heller de delscenarier för olycka med farligt gods som utgår från frekvensberäkningarna för tågbrand.



Figur C.7. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Ostkustbanan (mätt från närmaste spårmit efter utbyggnad).
Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.



Figur C.8. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Ostkustbanan (mätt från närmaste spårmit efter utbyggnad av järnvägen).
Med hänsyn tagen till nivåskillnad som förhindrar påverkan inom omgivningen vid urspärning.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)
Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

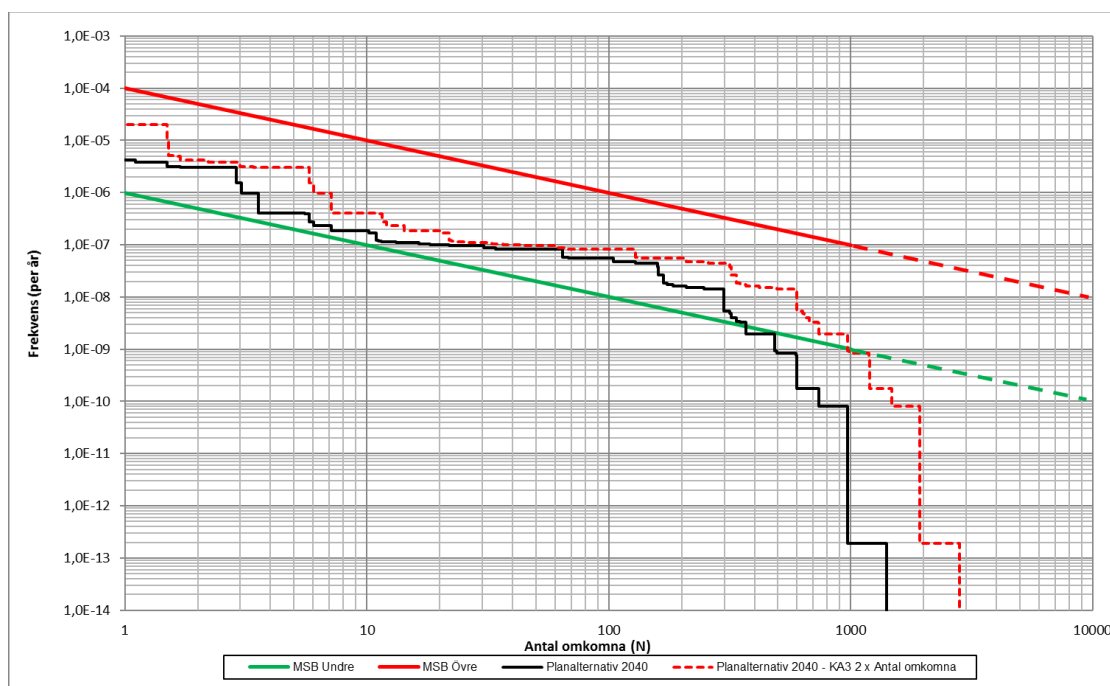


Figur C.9. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan och Frösundaleden i anslutning till aktuella planområden vid Solna station. Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

4.3 Känslighetsanalys 3. Förändrade konsekvenser

Samhällsriskberäkningar presenterade i figur C.10 återger hur resultaten kan förväntas variera beroende av antagande om persontäthet inom det studerade området.

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



Figur C.10. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Ostkustbanan och Frösundaleden i anslutning till aktuella planområden vid Solna station. Känslighetsanalys 3 – Förändrade konsekvenser.