

BRANDSKYDDSLAGET

Risikanalyt

Mälarbanan, överdäckning Solna

Underlag för detaljplanearbete

2022-06-16



Dokumenttyp: Riskanalys
Uppdragsnamn: Mälarbanan, överdäckning Solna
Uppdragsnummer: 500654
Datum: 2022-06-16
Status: Underlag för detaljplanearbete
Uppdragsledare: Rosie Kvål
Handläggare: Rosie Kvål
Tel: 08-588 188 84
E-post: rosie.kval@brandskyddslaget.se
Uppdragsgivare: Ework Group

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Version
2020-09-16	Rosie Kvål	Erik Hall Midholm	Arbetskopia
2020-11-12	Rosie Kvål	Erik Hall Midholm	Underlag till detaljplan, ver 1
2021-01-15	Rosie Kvål	-	Underlag till detaljplan, ver 2
2021-01-27	Rosie Kvål	-	Underlag till detaljplan, ver 3
2022-03-11	Rosie Kvål	Erik Hall Midholm	Underlag till detaljplan, ver 4
2022-04-29	Rosie Kvål	Erik Hall Midholm	Underlag till detaljplan, ver 5
2022-05-17	Rosie Kvål	-	Underlag till detaljplan, ver 6
2022-05-24	Rosie Kvål	-	Underlag till detaljplan, ver 7
2022-06-14	Rosie Kvål	-	Underlag till detaljplan, ver 8
2022-06-16	Rosie Kvål	-	Underlag till detaljplan 9

Revideringar sedan samrådsversionen är markerade i marginalen likt detta stycke.

Sammanfattning

Mälarbanans utbyggnad genom Solna innebär att befintliga två spår kompletteras med ytterligare två spår. Ungefär hälften av Mälarbanans sträckning genom kommunen kommer att förläggas i tråg respektive tunnel. Resterande del kommer att vara kvar i ytläge motsvarande dagens utförande.

I samband med planering för utbyggnaden av Mälarbanan har Solna stad påbörjat ett planarbete som innebär ny markanvändning i anslutning till delar av Mälarbanan. Exploateringen omfattar bland annat bostäder, kontor, parker, torg, lokalgator och gång- och cykelvägar. Ny bebyggelse planeras i huvudsak utmed den del av Mälarbanan som planeras att tunnlas in. Ingen ny bebyggelse planeras dock direkt ovanpå själva intunnlingen, en byggnadskropp planeras dock "hänga" över intunnlingen mellan två andra byggnader. Även utmed planområdets mest västligaste del planeras ny bebyggelse. Utmed den östligaste delen omfattar planområdet huvudsakligen själva spårområdet, ingen ny bebyggelse planeras i denna del.

Mälarbanan trafikeras av både person- och godstransporter, däribland farligt gods. Järnvägstrafiken kan vid en olycka medföra påverkan på omgivningen och risker kopplade till trafiken behöver därför beaktas i planprocessen. Mellan den västra och mellersta delen av planområdet går Huvudstaleden och Frösundaleden. Vägarna är klassade som sekundära transportleder för farligt gods, vilket innebär att även dessa måste beaktas avseende möjliga olycksrisker.

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

I genomförd riskanalys har en kartläggning gjorts av antalet transporter med farligt gods på Mälarbanan respektive Frösundaleden/Huvudstaleden. En kvalitativ analys av möjliga olyckor kopplade till dessa transporter samt riskkällorna i övrigt har genomförts. För de olycksrisker som bedömts ha en betydande påverkan på risknivån inom planområdet har en fördjupad analys genomförts. Denna omfattar beräkningar av frekvens för, och konsekvenser av, respektive olycksrisk. Beräkningarna har sammanställts i form av individrisk och samhällsrisk. Den fördjupade analysen har genomförts med hänsyn tagen till en prognostiserad trafiksituation år 2040.

Resultatet av riskanalysen har värderats utifrån Länsstyrelsen i Stockholms läns riktlinjer gällande riskhänsyn vid ny bebyggelse. Analysen visar att individrisken utmed studerade riskkällor är acceptabel men att samhällsrisknivån delvis ligger inom ALARP. En känslighetsanalys har genomförts där andel farligt gods, antal godståg samt persontätheten inom området varierats för att se hur risknivån påverkas. Slutsatsen av känslighetsanalysen är att genomförda beräkningar och antaganden är robusta och att resultatet därför kan anses utgöra en bra grund för beslut om risknivån inom planområdet kan accepteras eller ej.

Riskenivån inom området är så hög att säkerhetshöjande åtgärder ska tillämpas. Omfattningen av åtgärder är dock inte självklar. En avvägning ska göras mellan respektive åtgärds riskreducerande effekt och dess påverkan på projektet avseende bland annat begränsning av funktion och utförande samt kostnad. Att införa åtgärder för åtgärdens skull skapar inget mervärde när det gäller att hantera aktuella risker och är inte förenligt med gällande lagstiftning.

Med syfte att hantera identifierade risker och sänka risknivån inom området har ett antal riskreducerande åtgärder studerats. De åtgärder som har ansetts vara rimliga och nödvändiga att genomföra redovisas nedan.

Mäljarbanan

- Ytor inom 20 meter från Mäljarbanans tråg eller 20 meter från tunnelmynning ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ny bebyggelse som inrymmer stadigvarande vistelse bör inte uppföras närmare närmaste spårmit i ytläge än 20 meter.
- Ytor ovanpå överdäckningen bör utföras så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Gångvägar, cykelvägar, parkmark och liknande kan uppföras på dessa ytor. Utegym, lekplatser och liknande bör inte placeras ovanpå överdäckningen.
- För ny kontorsbebyggelse inom 30 meter samt för ny bostadsbebyggelse inom 50 meter från Mäljarbanans tråg eller tunnelmynning gäller följande:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Mäljarbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - Fasader som vetter direkt mot järnvägen ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot järnvägen ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.
- Avseende närhet mellan planerad bebyggelse och teknikhus vid den östra tunnelmynningen ska en av nedanstående åtgärder vidtas:
 - Skyddsavstånd på 8 meter ska tillämpas.
 - Planerad byggnad inom 8 meter utförs i brandteknisk klass EI60 (gäller fasaddelar inkl fönster).
 - Planerad byggnad samt teknikhus utförs i brandteknisk klass EI30 (gäller fasaddelar och fönster inom 8 meter).

Frösundaleden/Huvudstaleden

- Ytor inom 15 meter mellan ny bebyggelse och närmaste väggkant bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ny bebyggelse som inrymmer stadigvarande vistelse bör inte uppföras närmare närmaste väggkant än 15 meter (kontor) respektive 20 meter (bostäder).
- För ny bostadsbebyggelse inom 30 meter från Frösundaleden/Huvudstaleden gäller följande:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från vägen.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Frösundaleden alternativt på byggnadernas tak.

Åtgärder avseende utrymning och räddningstjänstens insatsmöjlighet

- Detaljplanen får inte medföra begränsningar av de ytor för uppställning av räddningstjänstens fordon som anges i järnvägsplanen för Mäljarbanan.
- I anslutning till ytor för uppställning måste utrymme för trappa ner till spår möjliggöras inom aktuell detaljplan.
- Väg fram till yta för uppställning behöver säkerställas men inte nödvändigtvis inom aktuell detaljplan.
Väg fram till yta är säkerställd genom allmän plats i aktuell detaljplan samt i anslutande detaljplaner.

Observera att åtgärderna endast utgör ett förslag och att det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärder. 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)**.

Förutsatt att redovisade åtgärder genomförs är bedömningen att risknivån inom området blir så låg att föreslagen markanvändning kan accepteras med hänsyn till studerade risker.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	8
1.1 Bakgrund.....	8
1.2 Syfte.....	8
1.3 Omfattning.....	8
1.4 Internkontroll.....	9
1.5 Förutsättningar.....	9
1.6 TDOK Bro och Tunnel (2015:0340).....	11
1.7 Hantering av osäkerheter.....	12
2. OMRÅDESBESKRIVNING	13
2.1 Inledning.....	13
2.2 Planerad exploatering.....	14
2.3 Omgivande plan- och byggprojekt.....	17
3. RISKINVENTERING	17
3.1 Allmänt.....	17
3.2 Inventering av riskkällor.....	18
3.3 Transportleder för farligt gods – väg och järnväg.....	19
3.4 Arvid Nordqvist kafferosteri.....	26
3.5 Tvärbanan.....	26
3.6 Trafikverkets teknikhus.....	27
4. INLEDANDE RISKANALYS	29
4.1 Metodik.....	29
4.2 Identifiering av olycksrisker.....	29
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk.....	29
4.4 Slutsats inledande riskanalys.....	33
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	35
5.1 Allmänt.....	35
5.2 Sammanvägning av risk.....	35
5.3 Resultat av riskberäkningar.....	38
5.4 Värdering av risk.....	42
5.5 Hantering av osäkerheter.....	43

6.	SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	45
6.1	Allmänt.....	45
6.2	Allmänna åtgärder	45
6.3	Byggnadstekniska åtgärder.....	47
6.4	Räddningstjänstens insatsmöjlighet.....	51
6.5	Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning.....	52
7.	SLUTSATSER	54
8.	BILAGOR	55
9.	REFERENSER	55

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Mälarbanans utbyggnad genom Solna innebär att befintliga två spår kompletteras med ytterligare två spår. Ungefär hälften av Mälarbanans sträckning genom kommunen kommer att förläggas i tråg respektive tunnel. Resterande del kommer att vara kvar i ytläge motsvarande dagens utförande.

I samband med planering för utbyggnaden av Mälarbanan har Solna stad påbörjat ett planarbete som innebär ny markanvändning i anslutning till delar av Mälarbanan. Exploateringen omfattar bland annat bostäder, kontor, parker, torg, lokalgator och gång- och cykelvägar. Ny bebyggelse planeras i huvudsak utmed den del av Mälarbanan som planeras att intunnas. Ingen ny bebyggelse planeras dock ovanpå själva intunnningen. Även utmed planområdets västra del planeras ny bebyggelse. Utmed planområdets östra del omfattar planområdet huvudsakligen samma område som järnvägsplanen, dvs. själva spårområdet.

Mälarbanan trafikeras av både person- och godstransporter, däribland farligt gods. Järnvägstrafiken kan vid en olycka medföra påverkan mot omgivningen och risker kopplade till trafiken behöver därför beaktas i planprocessen. I den västra delen av planområdet korsar Frösundaleden planområdet. Vägen är klassad som en sekundär transportled för farligt gods, vilket innebär att även denna måste beaktas avseende möjliga olycksrisker.

I Plan- och Bygglagen (2010:900) anges att människors hälsa och säkerhet ska beaktas. Länsstyrelsen i Stockholms län har gjort en tolkning av hur detta ska bevakas vid ny bebyggelse i anslutning till infrastruktur. Länsstyrelsens rekommendation är att man inom 150 meter från en riskkälla ska beakta möjliga risker från den i planarbetet och att ny bostadsbebyggelse inte bör uppföras närmare än 50 meter från järnväg.

1.2 Syfte

Syftet med riskanalysen är att säkerställa att planförslaget uppfyller kraven avseende människors hälsa och säkerhet i Plan- och bygglagen samt Miljöbalken samt att utgöra underlag för beslut avseende eventuella åtgärder för att reducera studerade risker.

1.3 Omfattning

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

Trafikverket har genomfört en analys av möjliga risker kopplade till Mälarbanans utbyggnad mellan Huvudsta och Duvbo i samband med arbetet med järnvägsplanen för sträckan /9/. I denna förutsätts antagna detaljplaner utmed sträckan vara genomförda, men andra icke planlagda stadsutvecklingsprojekt är inte inkluderade. Det innebär bland annat att det studerade planförslagets markanvändning inte har studerats i Trafikverkets analys av olycksrisker. I analysen har överdäckning och intunnning av spåren genom Sundbyberg och Solna studerats dock utan ny tillkommande bebyggelse i anslutning till överdäckning och intunnning.

För analys och värdering av Mälarbanans utbyggnad och dess påverkan på risknivån i byggskedet samt påverkan på resenärer i driftskedet hänvisas till Trafikverkets riskanalys. Eventuella effekter av Solna stads planförslags påverkan på resenärernas säkerhet inkluderas i denna riskanalys.

I denna analys studeras två alternativ för markanvändning på platsen. Dessa är:

- **Nollalternativ**
Nollalternativet omfattar ett framtida prognosår 2040 men utan att planförslaget har genomförts. Andra nu planerade och beslutade förändringar inom och i angränsning till planområdet förutsätts dock skett, t.ex. utbyggnaden av Mäljarbanan inklusive intunnling på sträckan genom Solna.
- **Planförslag**
Planförslaget omfattar prognosår 2040 med ett genomförande av planen tillsammans med att planerade och beslutade förändringar i närområdet genomförs inklusive den planerade utbyggnaden av Mäljarbanan.

1.4 Internkontroll

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

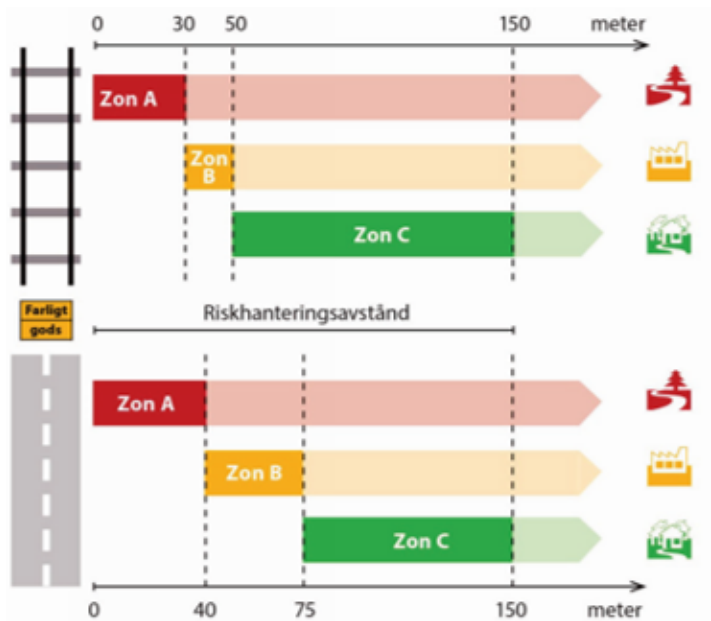
1.5 Förutsättningar

1.5.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

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

Länsstyrelsen i Stockholms Län har tagit fram riktlinjer för hur risker från transporter med farligt gods på väg och järnväg ska hanteras vid exploatering av ny bebyggelse /1/. Syftet med riktlinjerna är att ge vägledning och underlätta hanteringen av riskfrågor. Länsstyrelsen anser att möjliga risker ska studeras vid exploatering närmare än 150 meter från en riskkälla. I vilken utsträckning och på vilket sätt riskerna ska beaktas beror på hur riskbilden ser ut för det aktuella planförslaget.

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



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

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

Figur 1.1. Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /1/.

Avstånden i figuren mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt.

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

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

Intill primära transportleder för farligt gods rekommenderas ett skyddsavstånd på minst 25 meter. Åtgärder ska åtminstone vidtas inom 30 meter från vägen.

Rekommendationen är även, vid sekundära transportleder, att 25 meter ska lämnas bebyggelsefritt. Avsteg kan dock vara möjligt i särskilda fall. Det gäller i så fall de fall där det går få transporter och/eller de olyckor som kan inträffa endast kan få allvarliga konsekvenser inom ett kort avstånd. Då kan bebyggelse eventuellt placeras så nära som 15 meter.

Riskhänsyn vid bebyggelse ovanpå överdäckningar

I en rapport från 2012 som Länsstyrelsen i Stockholms län låtit göra /2/ redovisas en sammanställning av kunskapsläget kring överdäckningar. Slutsatsen av sammanställningen är bland annat att det råder en samsyn kring att en stor nytta med en överdäckning är att den möjliggör exploatering av markområden som annars inte skulle kunna bebyggas. En annan slutsats är att lagstiftning och regelverk inte är anpassade till överdäckningar samt att praxis saknas. Enligt flera av de som intervjuades för Länsstyrelsens kunskapsöversyn går det att konstruera lösningar för att eliminera eller minimera de nackdelar som en överdäckning medför. De anser även att diskussionen snarare handlar om samhällets prioritering av resurser.

I diskussioner kring risk- och säkerhetsfrågor lyftes tre punkter som till stor del ansågs hänga samman:

- Används trafikleden för farligt gods?
- Vad ska ytan på överdäckningen användas till?
- Hur lång är överdäckningen?

Vid en kortare överdäckning är frågan om farligt gods inte lika avgörande på grund av att utrymning av en kortare tunnel, jämfört med en längre tunnel, är lättare att genomföra samt att området under överdäckningen som påverkas då också är mindre och antalet människor och skyddsobjekt som kan påverkas därför är färre. Om överdäckningen ska bebyggas med hus, är kraven på konstruktionen större. Närmiljön påverkas även av utformning och bebyggelse vid tunnelmynningarna.

Kunskapsöversikten utgör just en sammanställning av kunskap inom området och ger ingen vägledning i hur riskfrågan ska hanteras vid en överdäckning. Eventuella slutsatser kring relevanta skyddsavstånd i kunskapsöversikten utgör därför inget styrande dokument för riskanalysen. Sammanfattningen av kunskapsöversikten i detta avsnitt görs främst med syfte att redovisa vad som har gjorts inom området och att inga tydliga riktlinjer finns för bebyggelse ovanpå överdäckningar.

1.6 TDOK Bro och Tunnel (2015:0340)

TDOK 2015:0340 /3/ ett styrande dokument som anger inriktning för området bro och tunnel och som ska tillämpas internt i Trafikverket. Syftet med de övergripande kraven i TDOK är att säkerställa ett gemensamt, ändamålsenligt och effektivt kravställande på Trafikverkets anläggningar. Kraven är formulerade med syftet att uppfylla såväl långsiktiga trafikbehov som långsiktiga samhällsbehov.

Dokumentet anger övergripande krav vid anläggningsstyrning för broar och tunnlar samt för broliknande konstruktioner. I dokumentet berörs även övergripande krav för överdäckningar. Med överdäckning avses i dokumentet en *tunnel eller en bro, vars huvudsakliga uppgift är att göra det möjligt att uppföra byggnader etc. ovanför trafikleden.*

I dokumentet anges följande krav som berör överdäckningar:

- Överdäckningar ska vara utformade så att risker för ovanförliggande och intilliggande bebyggelse inte är större än för bebyggelse intill motsvarande trafikled i ytläge. (5.1.12)
- Överdäckningar ska vara utformade så att olyckor vid ovanförliggande och intilliggande bebyggelse inte orsakar allvarlig trafikstörning eller skada i tunneln eller under bron. (6.1.8)

Verifiering av kraven ovan redovisas i ett separat dokument /4/ och behandlas därför ej vidare i denna riskanalys.

1.7 Hantering av osäkerheter

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

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

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

Vilka parametrar som ska studeras i känslighetsanalysen bestäms i den fördjupade analysen.

2. Områdesbeskrivning

2.1 Inledning

I samband med Mäljarbanan utbyggnad från två till fyra spår genom Solna (se vidare avsnitt 3.3.2) kommer en ny pendeltågsstation byggas i Huvudsta. Samtidigt intunnas delar av järnvägen, mellan Frösundaleden och Nybodagatan. Till följd av detta frigörs ytor nära spåret som kan användas för att knyta ihop områden söder och norr om järnvägen samtidigt som störningarna från järnvägen minskar.

Solna stad har träffat en överenskommelse med Trafikverket som bland annat omfattar följande /5/:

- En ny pendeltågsstation i Huvudsta
- Intunnning av spårområdet mellan Frösundaleden och Nybodagatan
- Intunnningen eliminerar den barriär som järnvägen idag utgör och frigör ytor för till exempel bostäder, gator, cykelvägar och mötesplatser
- Stadsdelarna Huvudsta och Skytteholm länkas samman

Det aktuella planområdet sträcker sig utmed Mäljarbanan från kommungränsen mot Sundbyberg vid Ekenbergsvägen/Tvärbanan i väster (se figur 2.1) till Tomteboda bangård i öster. Merparten av planområdet, framförallt i den östra delen omfattar endast spårområdet. Utmed den västra delen planeras ny bebyggelse inom Solna business park, söder om järnvägen samt i västra Huvudsta se vidare avsnitt 2.2.

Området kring Mäljarbanan upptas i den västra delen av tät bebyggelse bestående framförallt av kontor och handel. Utmed den mittersta delen är bebyggelsen glesare och består framförallt av flerbostadshus. Utmed den östligaste delen av planområdet består omgivningen mestadels av naturmark och infrastruktur. I figur 2.1 redovisas en övergripande karta över nuvarande markanvändning.



Figur 2.1. Karta över Mäljarbanans sträckning genom Solna inklusive den närmaste omgivningen. Ungefärlig del av Mäljarbanan som ingår i planområdet är rödmarkerad. (källa: eniro.se).

2.2 Planerad exploatering

Den föreslagna exploateringen inom planområdet varierar stort mellan olika delar av planområdet. I beskrivningen nedan och i beräkningarna (se bilaga B) har därför en uppdelning av planområdet i tre olika delområden gjorts; delområde väst, mitt och öst (se figur 2.2-2.3). Dessa beskrivs var för sig nedan.

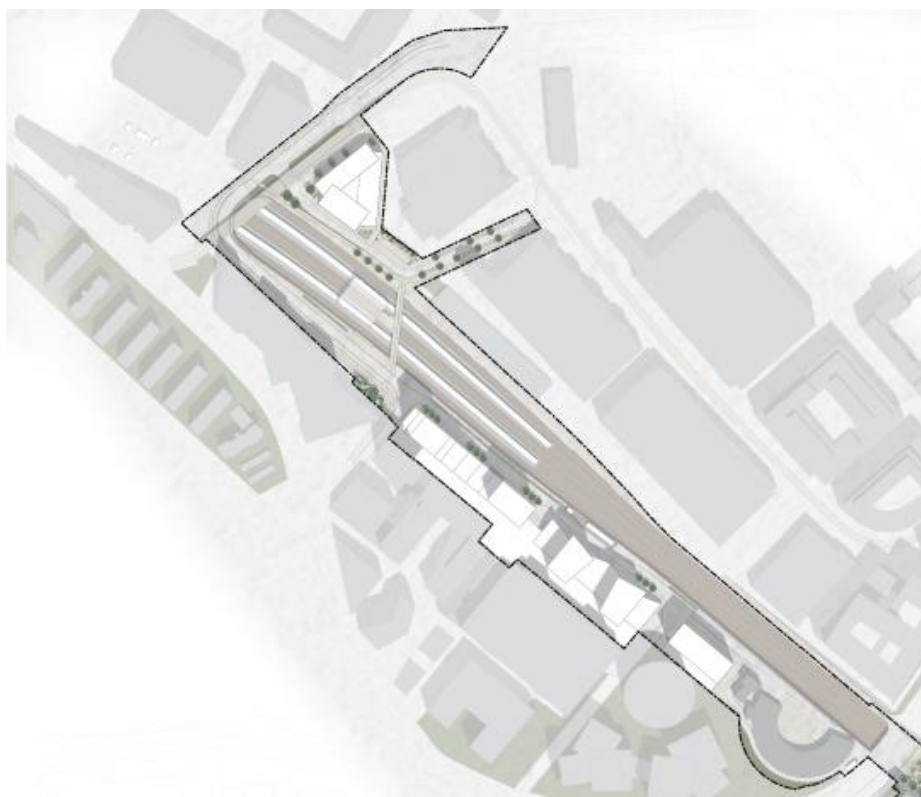
2.2.1 Delområde Väst

Delområdet omfattar den del av planområdet som ligger mellan Ekenbergsbron i väster och Frösundaleden i öster. Utmed denna delsträcka kommer Mäljarbanan förläggas i ett tråg 2-8 meter lägre än omgivande markområden. Planområdet omfattar förutom spårområdet även ett område direkt öster om Ekenbergsbron, norr om Mäljarbanan samt ytor närmast spårområdet söder om detta, se figur 2.2.

Ny bebyggelse och ändrad markanvändning planeras inom det område som ligger invid Ekenbergsbron samt den del som ligger direkt väster om Frösundaleden. Inom dessa områden finns idag oexploaterade områden och järnvägsmark. Det norra området ligger direkt söder om Arvid Nordqvists kafferosteri. Denna del av planområdet omfattar en ny kontorsbyggnad, ytor för infrastruktur samt en eventuell parkering under Tvärbanans bro. Det södra området omfattar tre kontorsbyggnader i 3 till 10 våningar även med parkerings- och centrumfunktioner.

I höjd med den planerade norra kontorsbyggnaden kommer den södra entrén till Sundbybergs nya pendeltågsstation finnas.

Ny bebyggelse planeras inte närmare än 20 meter från närmaste framtida spår på Mäljarbanan.



Figur 2.2. Situationsplan delområde Väst.

2.2.2 Delområde Mitt

Det andra delområdet omfattar området mellan Frösundaleden och den framtida stationen i Huvudsta strax väster om Oskarsrogatan, se figur 2.3. Genom denna del kommer Mäljarbanan intunnlas genom nästan hela området. Endast den mest ostliga delen precis innan stationen planeras i ytläge.

Utmed den del av järnvägen som kommer att intunnlas planeras en relativt tät stadsstruktur med huvudsaklig markanvändning i form av bostäder i 6-7 våningar med enstaka punkthus i 10-12 våningar. Närmast Frösundaleden planeras kontor med parkerings- och centrumfunktioner i 6-7 våningar. Utmed Huvudstaleden planeras kontor och bostäder. Inom området planeras även två förskolor.

Ingen bebyggelse planeras direkt ovanpå intunnlingen. I den östra delen planeras byggnader på vardera sidan om intunnlingen. Dessa binds samman med en sammanlänkande byggnadskropp i tre våningar (totalt ca 1 800 kvm). Länkbyggnaden överbryggas intunnlingen ca två våningar ovan mark. Bärande konstruktionsdelar är fristående från intunnlingens konstruktion. Byggnaderna kommer att innehålla bostäder

Ovanpå intunnlingen planeras kommunikationsytor och lokal infrastruktur. Ingen stadigvarande vistelse i form av exempelvis lekplatser eller uteserveringar, planeras ovanpå överdäckningen. Kommunikationsstråk ses normalt inte som en funktion som lockar människor att vistas stadigvarande på platsen. De som nyttjar dessa funktioner är i rörelse, kan snabbt uppfatta fara och det finns goda möjligheter att ta sig bort från området. Ingen yta ovanpå intunnlingen kommer att utformas på ett sådant sätt att människor lockas att vistas där en längre tid.

Ingen bebyggelse planeras utmed den del av Mäljarbanan som ligger i ytläge.

Bebyggelse planeras som minst ca 15 meter från Frösundaleden/Huvudstaleden och 20 meter från tunnelmyningar.



Figur 2.3. Situationsplan delområde Mitt.

2.2.3 Delområde Öst

Den mest östliga delen av planområdet sträcker sig från Huvudsta station till Tomtebodavägen. Planområdet omfattar i denna del endast Mälmarbanans spårstråk (se figur 2.4). Ingen ny bebyggelse eller markanvändning planeras inom denna del av planområdet.



Figur 2.4. Situationsplan delområde Öst.

2.2.4 Sammanställning

I tabell 2.1 sammanfattas bebyggelse inom planområdet.

Tabell 2.1. Planerad markanvändning inom planområdet (exklusive järnväg).

Delområde	Befintlig markanvändning	Planerad markanvändning	Avstånd till stadigvarande vistelse Frösundaleden/Huvudstaleden (m)	Avstånd till stadigvarande vistelse Mäljarbanan (m)
Väst	Infrastruktur och naturmark norr om jvg. Järnvägsområde söder om jvg.	Kontor vid Ekenbergsbron norr om jvg. Kontor vid Frösundaleden söder om jvg.	110	20
Mitt	Naturmark och infrastruktur.	Bostäder, kontor, förskolor och parkmark.	15	20 (tunnelmykning)
Öst	Järnväg	Järnväg	Ingen stadigvarande vistelse planeras.	Ingen stadigvarande vistelse planeras.

I bilaga B redovisas volymer av planerad och befintlig bebyggelse inom planområdet och kringliggande områden.

2.3 Omgivande plan- och byggprojekt

Väster om Frösundaleden planeras för den fortsatta utbyggnaden av Mäljarbanan samt en förtätning och delvis omvandling av bebyggelsen inom Solna Business Park.

Vid Polhemsgatan i Huvudsta , ca 100 meter söder om Mäljarbanan och aktuellt planområde planeras nyproduktion av 80-100 hyresrätter.

Inget av ovanstående projekt innebär att ytterligare riskkällor tillkommer. Deras påverkan på risknivån inom planområdet bedöms därmed vara försumbara.

Den planerade utbyggnaden av Mäljarbanan inom planområdet kommer att innebära en påverkan på risknivån, både minskad och ökad . Minskad påverkan där Mäljarbanan går i tunnel, ökad påverkan där spåret byggs ut och på så sätt hamnar närmare befintlig bebyggelse. Det senare gäller framförallt genom Solna Business Park där befintlig bebyggelse ligger utanför det studerade planområdet.

Se avsnitt 3.3.2 för beskrivning av Mäljarbanans utbyggnad.

3. Riskinventering

3.1 Allmänt

Inledningsvis görs en inventering av riskkällor i anslutning till det studerade området. Riskinventeringen omfattar de riskkällor (transportleder för farligt gods, järnvägar, verksamheter som hanterar farligt gods m m) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området.

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

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

3.2 Inventering av riskkällor

Resultatet av riskinventeringen redovisas i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Inventering av riskkällor i planområdets närhet.

Riskkälla	Minsta avstånd till planområdets gräns (m)	Kommentar
Mälarbanan	0	Mälarbanan går genom planområdet.
Frösundaleden Huvudstaleden	0	Sekundär transportled för farligt gods. Korsar planområdet. Öster om delområde Mitt ansluter Huvudstaleden till Frösundaleden. Även Huvudstaleden är klassad som en transportled för farligt gods.
Tvärbanan	0-10	Går utmed planområdets västra gräns.
Bensinstation	>200	Närmaste bensinstation ligger över 200 meter från planområdet. Någon risk för påverkan vid en olycka föreligger inte.
Arvid Nordqvist	25-30	Rostning och lagring av kaffe, import av vin och livsmedel. Hanterar biogas.
Farlig verksamhet	>500	Solnaverket ligger över 500 m från planområdet. Avståndet är så stort att det inte påverkar risknivån inom området. Solnaverket kommer därför inte att studeras vidare.
Trafikverkets teknikhus	< 5	Teknikhus i anslutning till den östra tunnelmynningen.

Utifrån genomförd riskinventering kommer nedanstående riskkällor att studeras vidare. En beskrivning av dessa görs i följande avsnitt:

- Mälarbanan
- Frösundaleden/Huvudstaleden
- Tvärbanan
- Arvid Nordqvist kafferosteri
- Trafikverkets teknikhus

Utöver ovan redovisade riskobjekt kan även en eventuell parkering under Tvärbanan utgöra en risk mot resenärer och brokonstruktion. En eventuell parkering måste därför även utredas avseende möjlig riskpåverkan mot omgivningen.

3.3 Transportleder för farligt gods – väg och järnväg

3.3.1 Farligt gods

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

I Tabell 3.2 redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

Tabell 3.2. Farligt gods indelat i olika klasser enligt ADR-S/RID-S /6, 7/.

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

3.3.2 Mälärbanan

Allmänt

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

Banan består på den aktuella sträckan idag av två genomgående spår samt två utanförbyggande industri-/stickspår i den västra delen av planområdet, ett på vardera sidan om huvudspåren. Utmed den studerade sträckan ligger spåren både högre och lägre samt i nivå med omgivande områden i nuläget.

I tabell 3.2 redovisas trafikflödet på sträckan 2010 och 2040. Trafikflödet 2040 utgör kapacitetstak på den utbyggda banan /8/.

Tabell 3.2. Antal tåg per dygn på aktuell del av Mäljarbanan /9/.

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

Framtid

Trafikverket planerar att bygga ut Mäljarbanan på sträckan Tomteboda-Kalhäll genom att öka antalet spår från två till fyra. Järnvägsplanen för sträckan Huvudsta-Duvbo /10/ var ute på samråd 2017. På den utbyggda banan kommer pendeltågen att gå på de inre spåren och regional-, fjärr- och godståg gå på de yttre spåren. I projektet ingår även att bygga tre nya pendeltågsstationer, bland annat ska den befintliga stationen i Sundbyberg byggas om och en ny station i Huvudsta uppföras.

Mäljarbanans sträckning genom planområdet kommer att gå i tråg mellan Ekensbergsvägen och Frösundaleden, i tunnel mellan Frösundaleden och Oskarsrogatan och därefter i ytläge fram till Tomteboda.

I trågdelen förläggs de nya spåren inom befintligt spårområde. Genom intunnlingen kommer spåren att förläggas inom befintligt spårområde förutom en del mellan Framnäsbacken och Nybodagatan där de förläggs lite söder om befintliga spår. Markspåren förläggs vid Huvudsta station lite norr om befintliga spår men ligger i övrigt i stort inom befintligt spårområde.

Järnvägsplanen för den planerade utbyggnaden omfattar även en riskanalys där risker med järnvägstrafiken studeras avseende påverkan mot både omgivning och resenärer under byggskedet respektive driftskedet /9/. I riskanalysen har bebyggelsen för prognosåret förutsatts utgöras av befintlig bebyggelse samt antagna detaljplaner. Planerad men ej detaljplanlagd stadsutveckling har inte beaktats. Framtida markanvändning inom aktuellt planområde har således inte beaktats.

Transporter av farligt gods

På Mäljarbanan sker transporter av farligt gods. Enligt järnvägsplanen /9/ var andelen farligt gods generellt lägre än det nationella snittet på 5 % under perioden 2008-2016 och mängden transporterat gods var inte betydande på aktuell del av Mäljarbanan. En avvikelse från statistiken var 2014 då andelen farligt gods nästan utgjorde 5 % av all godstrafik på den aktuella sträckan. Det beror på en kraftig ökning av antalet transporter med brännbara vätskor. Ökningen omfattade dock enbart 2014 och inte efterföljande år.

Statistiken avseende farligt gods som har legat till grund för järnvägsplanen är konfidentiell och redovisas därför inte i järnvägsplanen. Som underlag till beräkningarna har därför underlag avseende farligt godsmängder och fördelning mellan ämnen utifrån nationell statistik från åren 2014-2019 använts /11/. Andelen farligt gods av den totala godsmängden har dock antagits utgöra 2 % utifrån vad som redovisas ovan. Det innebär ca 6 vagnar med farligt gods per dygn på den aktuella sträckan.

Tabell 3.3. Uppskattat antal transporter med farligt gods per år på aktuell sträcka av Mäljarbanan 2040.

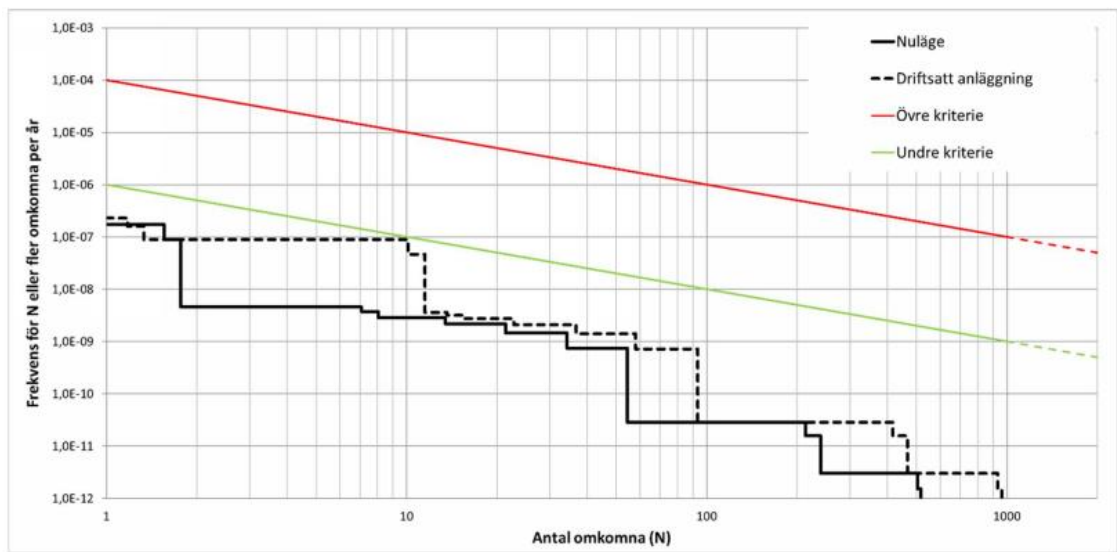
Klass	Ämne	Andel (%)	Antal transporter 2040
1	Explosiva ämnen	0,10%*	2
2	Gaser	27,4%	644
3	Brandfarliga vätskor	36,6%	769
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	2,7%	58
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	13,9%	292
6	Giftiga ämnen	1,8%	37
7	Radioaktiva ämnen	0,0%	0
8	Frätande ämnen	17,3%	385
9	Övriga farliga ämnen	0,3%	6
Totalt			2 190

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

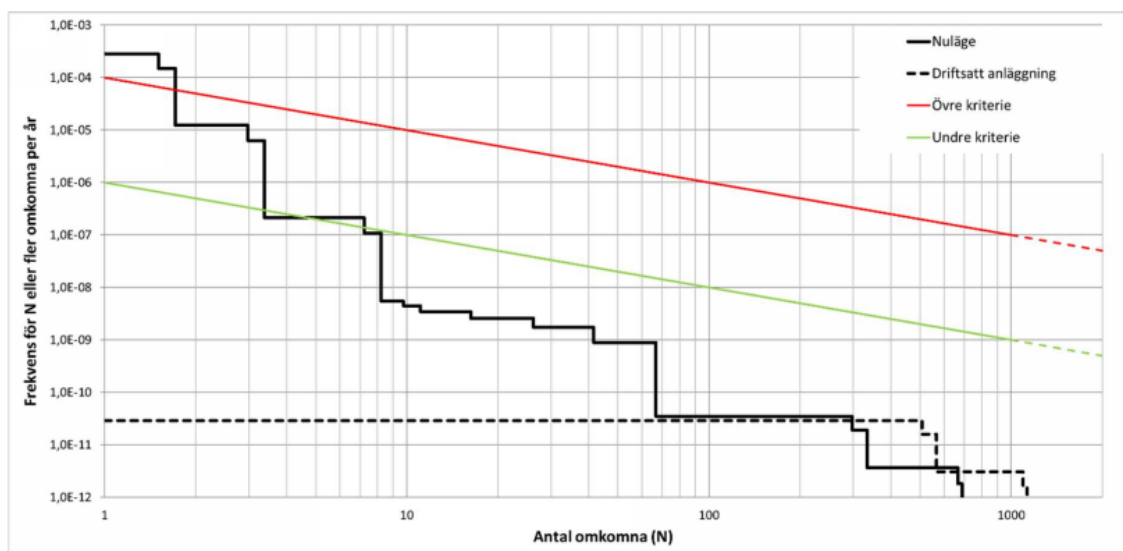
Beräknad risknivå enligt järnvägsplanen

I Trafikverkets riskanalys /9/ har risknivån utmed banans sträckning genom Solna beräknats. Enligt tidigare har antagna detaljplaner beaktats men inte annan framtida stadsutveckling. Det innebär för delområde Väst att planerad kontorsbyggnad vid Ekenbergsvägen samt att planerad ny bebyggelse inom delområde Mitt inte är med i beräkningarna. Planerad utbyggnad inom Solna Business Park utgör av samma skäl inte heller underlag för Trafikverkets riskanalys. Trafikverkets beräknade risknivå utmed delområde Väst bedöms vara likvärdig risknivån med aktuellt planförslag med hänsyn till att den planerade markanvändningen är begränsad i omfattning. Utmed delområde Mitt kan risknivån förväntas vara högre till följd av en hög exploatering samtidigt som överdäckningen innebär en dämpande effekt jämfört med nuläget. Utmed delområde Öst sker ingen förändring jämfört med nuläget när det gäller omgivande bebyggelse. En viss påverkan på risknivån kan ske till följd av närhet till tunnelmyrning i områdets västra del. Risknivån för planförslaget bedöms dock inte skilja sig i någon större utsträckning mot Trafikverkets beräknade risknivå .

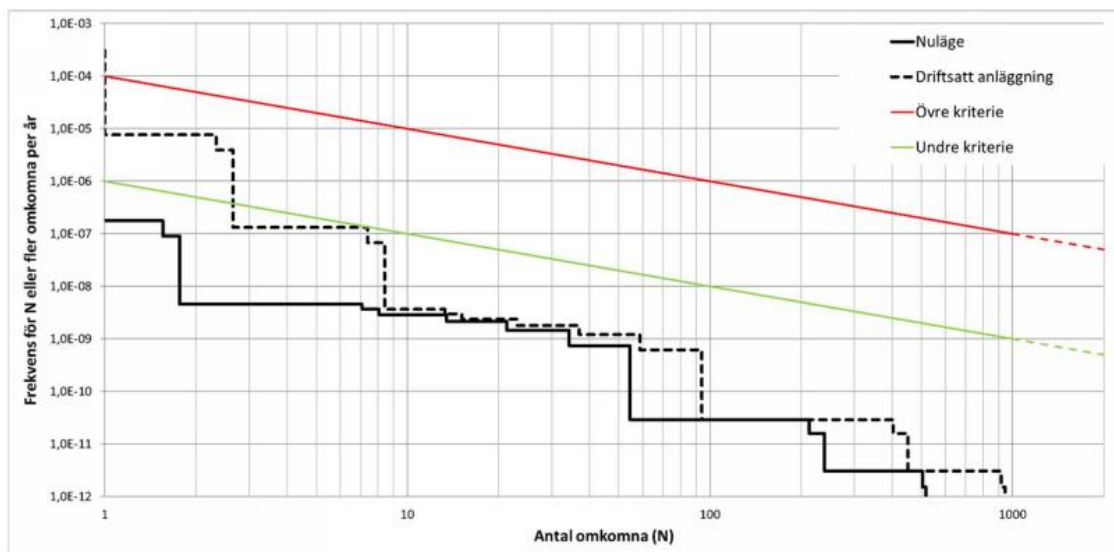
I figur 3.1-3.3 redovisas de av Trafikverket beräknade samhällsrisknivåer.



Figur 3.1. Beräknad samhällsrisk utmed tråget (delområde Väst) /9/.



Figur 3.2. Beräknad samhällsrisk utmed överdäckning (delområde Mitt) /9/.



Figur 3.3. Beräknad samhällsrisk utmed markspår (delområde Öst) /9/.

Utifrån figur 3.1-3.3 kan utläsas att den beräknade samhällsriskenivån med en utbyggd Mälarbana är högre än nuläget men på acceptabla nivåer utmed tråglösningen (delområde Väst), lägre än nuläget och helt acceptabel utmed överdäckningen (delområde Mitt). Utmed sträckan med markspår (delområde Öst) har riskenivån beräknats vara oacceptabel för enstaka omkomna samt inom ALARP (se avsnitt 5.2.3) upp till ca 2-3 omkomna och därefter ligger riskenivån på acceptabla nivåer.

För att hantera studerade risker föreslås i järnvägsplanen ett antal åtgärder utmed studerade sträckor. Dessa åtgärder omfattar följande:

- Tråg (delområde Väst): inga åtgärder avseende risk
- Överdäckning (delområde Mitt): inga åtgärder avseende risk
- Markspår (delområde Öst): skyddsmur utmed delar av sträckan

Det ska dock tilläggas att i Trafikverkets beräkningar har ingen ny bebyggelse förutsatts utmed den delsträcka som kommer att däckas över.

3.3.3 Frösundaleden/Huvudstaleden

Allmänt

Frösundaleden utgör tillsammans med Huvudstaleden en länk mellan Ulvsundavägen (väg 279) och E4. Huvudstaleden ansluter till Frösundaleden strax söder om den tänkta överdäckningens västra mynning. Frösundaleden fortsätter sen den norrut genom planområdet. Frösundaleden består av två filer i vardera riktningen. De båda köriktningarna är åtskilda av en mittbarriär bestående av en refug med vägräcke. I höjd med den norra delen av planområdet finns även filer för anslutning till omgivande vägar. I höjd med den norra delen av planområdet finns en ljusreglerad korsning. Den skyltade hastigheten på båda vägarna är 50 km/tim.

Frösundaleden går på bro över Mälarbanan. Utmed vägen finns en gång- och cykelbana på vardera sida.

Huvudstaleden består på aktuell sträcka av en fil i vardera köriktningen. De båda köriktningarna är separerade.

Trafikflödet på vägen är idag ca 30 000 fordon per dygn /12/. Enligt trafikprognos för 2040 beräknas trafikflödet på aktuell del av Frösundaleden uppgå till 26 900 fordon per dygn /13/. Motsvarande trafikflöde på aktuell del av Huvudstaleden beräknas vara 21 600 fordon per dygn 2040. Andelen tung trafik uppskattas utifrån /12/ vara 7 %.

Det kortaste avståndet mellan Frösundaleden/Huvudstaleden och planerad ny bebyggelse inom planområdet är ca 15 meter (kontor). Bostäder planeras på ca 20 meters avstånd från närmaste väkant.

Transporter av farligt gods

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

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

Inventeringen visar att det finns fem verksamheter samt sex bensinstationer som kan ge upphov till transporter med farligt gods på aktuell del av Frösundaleden och Huvudstaleden (se figur 3.4).



Figur 3.4. Inventering av verksamheter som kan generera transporter med farligt gods på aktuell del av Frösundaleden och Huvudstaleden. Den del som kan påverka planområdet är markerad med rött.

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

En del av verksamheterna ligger väster om aktuellt område och en del öster om. Vilken väg transporter till och från verksamheterna kör är osäkert. En mycket grov uppskattning är att transporter till/från verksamheterna öster om Solna Business Park kör via E4:an och således inte passerar aktuellt område eftersom detta utgör den kortaste vägen till en primär genomfartsled (0-2 km).

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

Solnaverket

Vid Solnaverket (nr 1 i figur 3.2) produceras fjärrvärme och fjärrkyla. Vid produktionen av fjärrvärme används träpulver i första hand och eldningsolja (EO) 1 och 5 som reserv. Eldningsoljan planeras att ersättas med bioolja eller pellets. Tidigare levererades EO 5 med tankbåt, årsförbrukningen var då 1300 m³. Numera levereras EO 5 med tankbil och förvaras i cistern som rymmer 1 100 m³. Antalet leveranser är osäkert, men betydligt mindre levererad mängd än när leverans genomfördes med tankbåt. Förbrukningen av EO 1 omfattar 66 m³ per år. Leverans sker med tankbil två gånger per år.

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

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

Transporterna till Solnaverket förutsätts passera aktuellt planområde på Frösundaleden och Huvudstaleden.

OKQ8 Hemvärnsgatan

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

Stationen ligger ca 330 meter söder om planområdet.

Leveranser av fordonsgas sker via ledning eller tankbil. Som underlag till analysen förutsätts att leveranser sker med tankbil.

En uppskattning av antalet leveranser görs utifrån statistik sammanställt av Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet (SPBI). Enligt SPBI fanns 2017 totalt 2 670 försäljningsställen för drivmedel (vätskor) i Sverige. Under året såldes totalt ca 9,7 miljoner m³ drivmedel i form av vätskor varav 60 % diesel, 33% bensin, 6,6 % biodiesel och 0,4 % etanol /14/. Det blir i genomsnitt ca 3 630 m³ per station och år. Under samma period såldes ca 187 000 m³ fordonsgas vid totalt 168 stationer, vilket innebär en genomsnittlig försäljning på ca 1 100 m³ per station och år.

En lastbil med släp rymmer 53 m³. Ett rimligt antagande bedöms därför vara att en bensinstation får leveranser 2-5 gånger per vecka av vätska och 1-2 leveranser med gas (utifrån genomsnittet enligt SPBI). Leverans av gasolflaskor uppskattas ske en gång per vecka.

Sammanställning

I tabell 3.4 görs en sammanställning av de transporter som kan köra på Frösundaleden/Huvudstaleden enligt genomförd inventering (se ovan).

Tabell 3.4. Uppskattat antal transporter på Frösundaleden/Huvudstaleden utifrån genomförd inventering.

Verksamhet	Farligt gods klass	Antal transporter (per år)	Kommentar
Solnaverket	8 - Ammoniaklösning	2	Giftigt/frätande.
	3 - Eldningsolja	2	Brännbar vätska med hög flampunkt. Vätskan kräver uppvärmning för att bilda antändbara ångor.
Bensinstation	3 - Bensin, diesel	104-260	Brännbar vätska. Bensin har låg flampunkt vilket innebär att ett läckage lätt kan antändas. Diesel har hög flampunkt liksom eldningsolja.
	2.1 - Fordonsgas	52-104	Brännbar gas som förvaras under tryck.
	2.1 - Gasolflaskor	1-6	Brännbar gas som förvaras trycksatt i gasflaskor.
Totalt		161-374	

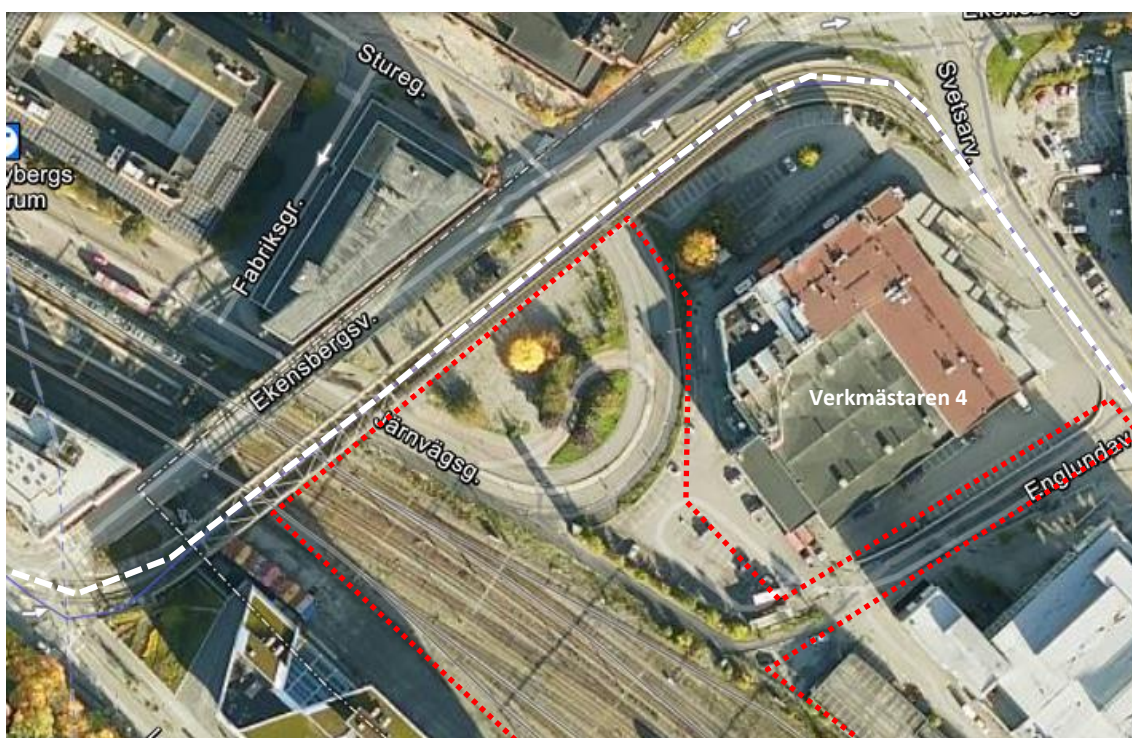
3.4 Arvid Nordqvist kafferosteri

Arvid Nordqvist bedriver verksamhet inom fastigheten Verkmästaren 4 nordost om den planerade kontorsbyggnaden (se figur 3.4 och 3.5). Inom fastigheten rostas och lagras kaffe samt bedrivs kontorsverksamhet. Tidigare användes relativt stora mängder gasol i rostningsprocessen och gasol lagrades i en cistern på platsen. Idag används stadsgas istället för gasol. Inga transporter av brännbar gas i stor skala eller lagring av brandfarlig gas sker därför längre inom fastigheten och något behov av skyddsavstånd med hänsyn till hantering av brandfarlig gas är inte nödvändigt.

Kontorsbyggnaden inom planområdet planeras som minst ca 10 meter från Arvid Nordqvist.

3.5 Tvärbanan

Väster om det planerade kontorshuset inom delområde Väst passerar Tvärbanan på bro på sträckan mellan Sundbyberg och Solna (se figur 3.5).



Figur 3.5. Tvärbanans sträckning (vit streckad) utmed planområdet (ungefärlig gräns markerad med rött).

Spårvägen består av två spår och trafikeras endast av persontrafik. Maximal hastighet för tvärbanan är 80 km/tim. Över bron är spårvägen försedd med urspårningsräler. Dessa slutar i höjd med planerad kontorsbyggnad. Ca 80 meter norr om kontorsbyggnaden gör Tvärbanan en 90-graders sväng in på Svetsarvägen, vilket sannolikt innebär att den inte håller maximal hastighet förbi planområdet.

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

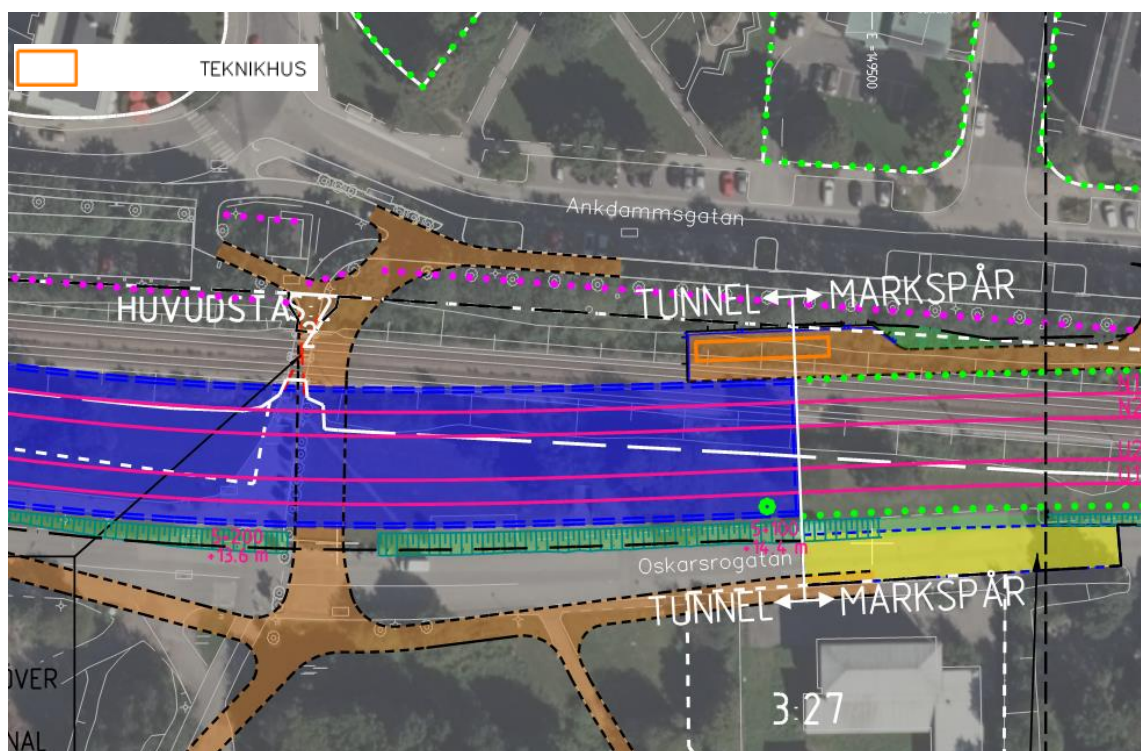
Turtätheten på Tvärbanan är var 10:e minut under högtrafik, annars varje kvart i vardera riktningen. Turtätheten är lägre på helgerna.

Avståndet mellan planerad ny bebyggelse (kontor) och närmaste spår på Tvärbanan är som minst ca 11 meter. Eventuellt kommer en parkeringsplats placeras under Tvärbanans bro.

Risker med Tvärbanan utgörs av urspårning samt tågbrand.

3.6 Trafikverkets teknikhus

Enligt järnvägsplanen ska ett teknikhus placeras i anslutning till överdäckningens östra tunnelmynning (se figur 3.6). Teknikhus inrymmer exempelvis el-, signal-, samt teleteknik avsedd för järnvägsdrift. Utrustningen styr och övervakar järnvägsanläggningen. Det kan finnas reservkraft (t.ex. dieselaggregat) för utrustningen. Funktionerna som finns i ett teknikhus är viktiga för järnvägens drift och bör därför skyddas. Teknikhuset planeras 2 meter från fastighetsgräns.



Figur 3.6. Del av illustrationskarta, jÄrnvÄgsplan fÖr MÄlarbanan (TRV, 2021-02-01).

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 aktuellt planområde. För olycksrisker som anses kunna påverka risknivån inom planområdet genomförs en fördjupad (kvantitativ) riskanalys. Olycksrisker som med hänsyn till små konsekvenser och/eller låg sannolikhet ej anses påverka risknivån inom planområdet bedöms vara acceptabla och bedöms därför ej nödvändiga att studera vidare i en fördjupad analys.

4.2 Identifiering av olycksrisker

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att det är följande riskkällor som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens för det aktuella planområdet.

Frösundaleden/Huvudstaleden

1. Olycka vid transport av farligt gods

Mälarbanan

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

Tvärbanan

1. Urspårning
2. Brand

Bedömningen utifrån riskinventeringen är att Arvid Nordqvist kafferosteri inte längre utgör en riskkälla i och med att ingen brandfarlig gas längre lagras på platsen. Eventuella andra farliga ämnen hanteras i så små mängder att avståndet är betryggande till planområdet.

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Transportleder för farligt gods – väg och järnväg

Olycka med farligt gods

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån ADR-S / RID-S /6, 7/.

I tabell 4.1 nedan görs en övergripande beskrivning av vilka ämnen som tillhör respektive klass och vilka konsekvenser en olycka med respektive ämne kan leda till.

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

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

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

Frösundaleden/Huvudstaleden

- Klass 2.1. Brännbara gaser (fordonsgas, gasol)
- Klass 3. Brandfarliga vätskor (bensin, diesel, eldningsolja)

Av transportererna på vägen utgörs ungefär en tredjedel av transporter med ämnen som inte medför så stora skadeområden och/eller där sannolikheten för en olycka som kan påverka omgivningen är extremt låg, som exempelvis diesel och eldningsolja. Ammoniak och bensin är ämnen som vid ett läckage kan innebära allvarliga skador på människors liv och hälsa. Den ammoniaklösning som hanteras vid Solnaverket har en relativt låg koncentration ammoniak (24,5 %), vilket innebär en begränsad förångning och att utsläppet späds ut snabbt med avståndet från läckageplatsen. Lösningen tillhör farligt godsklass 8. Dödliga koncentrationer har i tidigare projekt /15/ beräknats kunna uppstå inom ca 10 meter från läckaget. Avståndet till bebyggelse inom planområdet är som minst 15 meter till kontor och 20 meter till bostäder. Scenariot kommer därför inte att studeras vidare.

Mälärbanan

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

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

Sannolikheten för olyckor med farligt gods är generellt mycket låg. Antalet transporter både på Frösundaleden/Huvudstaleden och Mäljarbanan är begränsat, 7 respektive 6 vagnar per dygn. Konsekvenserna kan i värsta fall dock bli omfattande och beror av var på sträckan olyckan sker. Exempelvis så blir påverkan mot omgivningen betydligt mindre om den sker inneslutet under överdäckningen eller i öppet läge.

Olycka med farligt gods på Frösundaleden/Huvudstaleden och Mäljarbanan bedöms kunna påverka risknivån inom planområdet. Olycka med ovan redovisade ämnen kommer därför att studeras vidare i en fördjupad riskanalys, se avsnitt 5.

Urspårning på Mäljarbanan

När en urspårning sker hoppar i de allra flesta fall bara ett hjulpar av respektive räl. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan tåget spåra ur och hamna längre från spåret. Det hamnar dock sällan mer än en vagnslängd (ca 25 meter) från spåret.

Urspårning tillsammans med tågbrand utgör de absolut mest sannolika olyckshändelserna med tågtrafik.

Den planerade utbyggnaden av Mäljarbanan innebär att spåren planeras att förläggas i tråg, i tunnel samt i öppet läge. Både vid urspårning i tunnel och tråg kommer de konstruktionerna hindra tåget att lämna spårområdet. Konstruktionerna ska enligt gällande regelverk utföras så att de dimensioneras för att klara ett urspårat tåg. En urspårning som sker i öppet läge kan påverka bebyggelse inom ca 25 meter från spåret förutsatt att inte naturliga höjdskillnader förekommer, vilket det gör utmed delar av den sträcka där spåren ligger i öppet läge.

Olycksscenarioet bedöms endast nödvändig att studeras vidare för delområde Öst där spåret är förlagt i öppet läge. För olyckor i tråg respektive tunnel påverkar scenarioet urspårning endast resenärernas säkerhet och är oberoende av planförslagets utformning. Resenärernas säkerhet samt konstruktionernas utformning hanteras i järnvägsplanen samt efterföljande projektering som ligger inom Trafikverkets ansvarsområde.

Tågbrand på Mäljarbanan

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

En brand som sker under en överdäckning påverkar inte omgivande bebyggelse. Tunnelkonstruktionen ska enligt gällande regelverk utföras för att klara brand i tåg.

Med hänsyn till avståndet (20 m) mellan järnvägen och bebyggelse utmed den öppna delen av sträckan (delområde Väst) bedöms en persontågsbrand ej innebära risk för brandspridning till byggnader. Brand i persontåg bedöms därför ha en mycket begränsad påverkan på risknivån inom planområdet och behöver inte studeras vidare i en fördjupad analys. Tråget innebär även en dämpande effekt på utfallande strålning från en brand på spåret.

Skadeområdet vid brand i godståg bedöms kunna bli mer omfattande. Värmestrålningen bedöms bli hög inom minst 25 meter och med hänsyn till detta bedöms en brand i godståg kunna innebära brandspridning till planerad bebyggelse. Olycksscenarioet kan innebära påverkan på risknivån inom området och bör därför studeras vidare i en mer fördjupad riskanalys.

4.3.2 Tvärbanan

Urspåring

Olyckshändelse som kan påverka planområdet utgörs bland annat av att en urspårad spårvagn lämnar spåret och bron och kolliderar med människor eller byggnader. Det kortaste avståndet till byggnad är enligt planförslaget ca 11 meter. Utmed delar av planområdet är Tvärbanan försedd med urspårningsräler. Brokonstruktionen innebär även att det finns en liten kantbalk som ytterligare reducerar sannolikheten för att urspåret spårvagn lämnar bron.

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

Hastigheten på banan är maximalt 80 km/tim. Ofta är dock hastigheten lägre. I aktuellt fall finns en skarp kurva strax norr om brofästet varför spårvagnarna sannolikt inte körs med maximal hastighet förbi planområdet. Samtidigt finns en ökad urspårningsrisk i kurvor. Dock är placeringen av planområdet i innerkurva gynnsamt då urspårningar i kurvor ofta sker mot "utsidan" av kurvan.

För att beräkna det vinkelräta avståndet som ett tåg kan spåra ur används formeln $V^{0,55} / 16$. Där V är hastigheten vid urspårningsögonblicket. Vid en hastighet på 50 km/tim fås ett urspårningsavstånd på 8,6 meter. Urspårningsavståndet vid urspårning från bro är mer komplext och den aktuella formeln är inte direkt tillämpbar. En grov bedömning är att tåget med största sannolikhet kommer att stanna kvar på bron vid en urspårning till följd av låg hastighet, samt skydd med urspårningsräler, kantbalk samt broräcke. Om tåget trots allt skulle forcera dessa barriärer vid en urspårning kommer de dämpa det urspårade fordonets hastighet så att den urspårade vagnen sannolikt blir "hängande" från bron. Att ett urspåret tåg ska hamna längre än ca 10 meter från bron bedöms som osannolikt. Någon fördjupad analys av scenarioet bedöms inte nödvändig så länge som bebyggelse planeras mer än 10 meter från Tvärbanebron, vilket är aktuellt i detta fall.

Brand i spårvagn

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

Med hänsyn till resenärernas säkerhet så följer utformningen av spårvagnar strikta regler för att reducera risken för omfattande bränder. Reglerna omfattar brandkrav som syftar till att förhindra både antändning och brandspridning i spårvagnen. Detta innebär att sannolikheten för en fullt utvecklad spårvagnsbrand är mycket låg. I tidigare utredningar avseende utbyggnaden av Tvärbanan bedöms en fullt utvecklad spårvagnsbrand kunna uppnå en maximal brandeffekt på ca 15 MW. Den maximala brandeffekten baseras på fullskaleförsöken från EUREKA. Detta motsvarar ungefär brand i en buss /17/.

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

Med hänsyn till avståndet till planerad kontorsbyggnad bedöms inte en fördjupad analys vara nödvändig att genomföra.

Brand i parkerade bilar

Planförslaget omfattar en eventuell markparkering under Tvärbanebron. Bropelarna ska vara dimensionerade att klara en påkörning. De står idag dessutom i en miljö trafikerad av både väg- och järnvägstrafik. Om en brand i ett parkerat fordon uppstår kan den påverka brokonstruktionen negativt samt kan medföra att trafiken på spårvägen måste stängas av. Om Trafikförvaltningen godkänner lösningen med parkering under bron kommer en utredning avseende brandpåverkan vid brand i fordon behöva göras. En sådan utredning visar om det krävs åtgärder för att skydda brokonstruktionen från brandpåverkan. En sådan utredning görs inte i detta skede.

4.3.3 Trafikverkets teknikhus

En brand i byggnad inom planområdet kan eventuellt spridas till teknikbyggnaden. Beroende på vilket material den är utförd i kan en vidare brandspridning möjligen uppstå, vilket i sådant fall kan påverka driften av järnvägsanläggningen.

Det behöver därför säkerställas att en eventuell brand i byggnad inte kan påverka teknikhuset. Detta säkerställs genom skyddsavstånd (8 meter) eller brandteknisk avskiljning i byggnad eller teknikhus. Denna rekommenderas till EI 60.

4.4 Slutsats inledande riskanalys

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

Olycka vid transport av farligt gods på Frösundaleden/Huvudstaleden

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

Olycka vid transport av farligt gods på Mäljarbanan

- Ursparning på Mäljarbanan
- Brand i godståg på Mäljarbanan
- Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)

- Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
- Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
- Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)
- Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartat självantändning (klass 5)

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

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Allmänt

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

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

5.2 Sammanvägning av risk

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

5.2.1 Individrisk

Individrisk är den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla. Individrisken redovisas som platsspecifik individrisk. Detta görs i form av individriskkonturer som visar den kumulerade frekvensen (per år) för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som den sammanlagda frekvensen för alla skadescenarier med ett skadeområde ≥ 100 meter.

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

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

5.2.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk är det riskmått som en riskkälla utgör mot hela den omgivning som utsätts för risken. Frekvenser för olika händelser vägs samman med konsekvenserna av dessa. Detta redovisas sedan i ett F/N-diagram (frequency/number of fatality) där den kumulerade frekvensen 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 km^2 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 det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

Konsekvenserna beräknas för planförslaget samt nollalternativet där nollalternativet innebär en utbyggnad av Mäljarbanan i enlighet med järnvägsplanen samt att antagna detaljplaner är genomförda.

5.2.3 Värdering av risk

För att avgöra om de beräknade risknivåerna är acceptabla eller inte så jämförs de mot angivna acceptanskriterier. Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning.

För riskvärdering av bebyggelse intill farligt gods-leder rekommenderar Länsstyrelsen i Stockholms län att riskkriterierna i publikationen *Värdering av risk /18/* används. I denna ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk, se *Tabell 5.1*.

Tabell 5.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

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

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

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

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter och markanvändning. Detta gäller framförallt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt *Värdering av risk /18/* bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreationsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För boende görs ingen korrigering.

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

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även på inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Enligt Värdering av risk /18/ så bör en rimlig utgångspunkt vara att risker som ligger inom den övre delen av ALARP-området, d.v.s. nära gränsen för "oacceptabla risker" endast tolereras om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av ALARP-området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Underlåtenhet att genomföra ytterligare åtgärder skall då motiveras.

5.2.4 Olyckor med mycket stora konsekvenser

Inledande resonemang

I områden med hög persontäthet kan en olycka med stora skadeområden medföra ett mycket stort antal omkomna (fler än 1 000 personer). Det är endast ett fåtal händelser som kan leda till så stora konsekvenser och de kan kopplas till olycka med farligt gods och då endast vissa typer av ämnen. Kraven på transporter av dessa ämnen är omfattande och sannolikheten för olycka är mycket låg. Så länge sådana transporter förekommer, eller tillåts förekomma, kan katastrofscenarierna inte bortses från trots den låga sannolikheten.

Det saknas allmänt vedertagna eller beslutade acceptanskriterier som hanterar katastrofscenarier med fler än 1 000 omkomna. DNV:s acceptanskriterier för samhällsrisk (se avsnitt 5.2.4) redovisar ingen strikt övre gräns avseende konsekvenser utan anger att för händelser i denna del av samhällsriskdiagrammet bör ett kvalitativt resonemang föras kring risknivån. I vissa länder finns kriterier med en övre gräns för ett mycket stort antal omkomna, en risk med detta är dock att riskhanteringen då fokuserar på att studera och förebygga de största och mest osannolika händelserna på bekostnad av vanligare och mer betydelsefulla olyckor /18/.

Ett sätt att hantera olyckor med ett mycket stort antal omkomna kan vara att förlänga DNV:s kriterier. Kriterierna är inte anpassade för detta och man har valt att lämna diskussionen kring detta till de projekt där frågan uppstår. En förlängning innebär, i och med lutningen på kriterierna, att en lägre acceptans ändå erhålls för stora olyckor. Diskussionen kring hur katastrofscenarier ska hanteras finns inom flera andra branscher och områden. Inom vissa av dessa områden finns beslut tagna som innebär att riktlinjer för katastrofscenarier finns formulerade.

Eftersom det inte finns några beslut eller riktlinjer som visar hur katastrofscenarier ska hanteras vid studie av transportolyckor i samhällsplaneringen så måste projektet i detta fall själva välja hur frågan ska hanteras. Nedan förs därför ett kvalitativt resonemang kring hur katastrofscenarier ska hanteras i samband med exploatering av det studerade området. Resonemanget resulterar i ett förslag, men det är upp till Solna stad att ta beslut i frågan.

De scenarier som skulle kunna leda till katastrofala konsekvenser omfattar framförallt olyckor som leder till läckage av gas samt explosion. Sådana olyckor inträffar mycket sällan vid transport och det statistiska underlaget som beräkningsmodeller och antaganden baseras på är därför inte så omfattande. Uppskattningsvis är många av de antaganden som görs vid upprättande av riskanalyser konservativa vilket medför en överskattning av den sammanvägda risknivån. Detta gäller både modeller och antaganden rörande frekvens och konsekvens.

Förslag på hantering av olyckor med mycket stora konsekvenser

Utifrån ovanstående ges nedanstående förslag på hur olyckor med mycket stora konsekvenser som inträffar med en låg sannolikhet ska hanteras inom ramen för projektet:

Tredjeman/omgivningen

- DNV:s acceptanskriterier förlängs med samma lutning efter 1 000 omkomna som innan (se tabell 5.1).

När det gäller risker för resenärer har detta utretts i järnvägsplanen och ligger utanför denna analys.

5.2.5 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

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 kumulerade 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 \geq 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 väg- och järnvägssträcka som studeras (1 000 m). Detta innebär att det inte är givet att en person som befinner sig inom kritiskt område i planområdet omkommer om en olycka inträffar på den aktuella sträckan. För skadescenarier med mycket stort skadeområde kan fallet vara det motsatta, d.v.s. personer inom planområdet kan omkomma även om olyckan inträffar utanför den studerade sträckan.

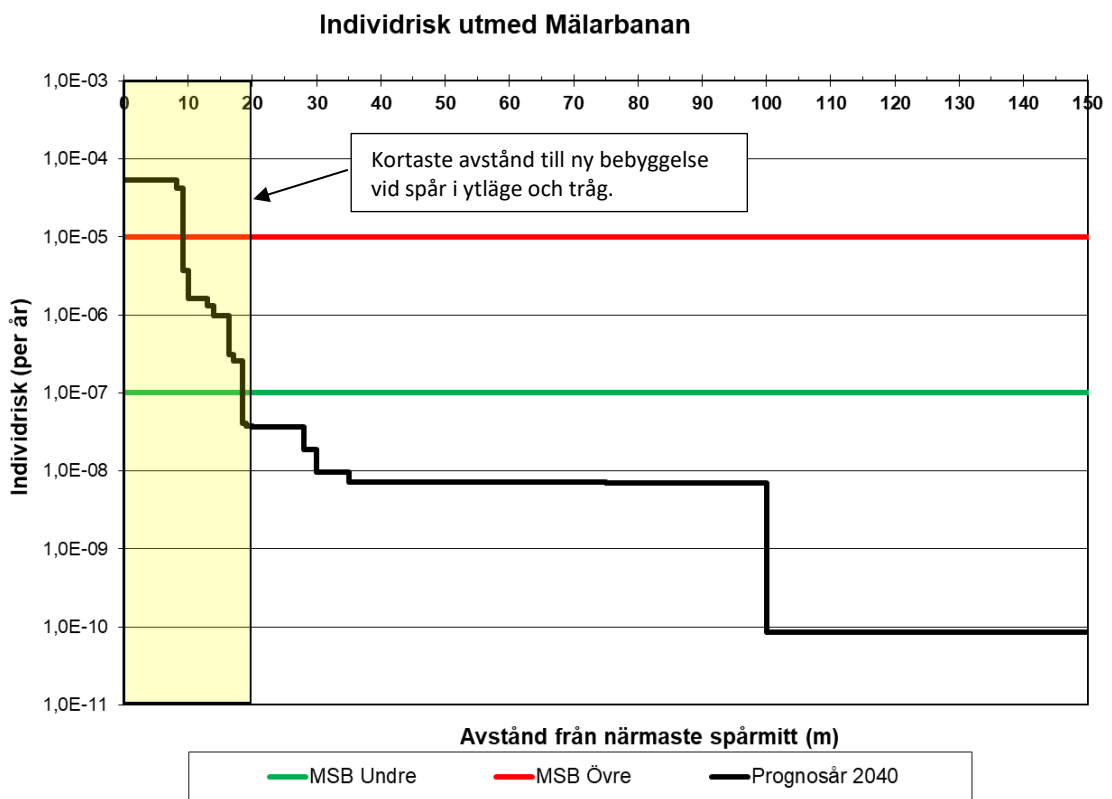
För att ta hänsyn till detta reduceras frekvensen beroende på skadeområdets utbredning. Grovt antas att ett scenario kan påverka en så stor andel av den studerade sträckan som scenariots skadeområde i båda riktningar utgör. Exempelvis innebär

detta för ett olycksscenario med beräknat skadeområde ca 100 meter att frekvensen multipliceras med 0,2 för en 1 km lång järnvägssträcka.

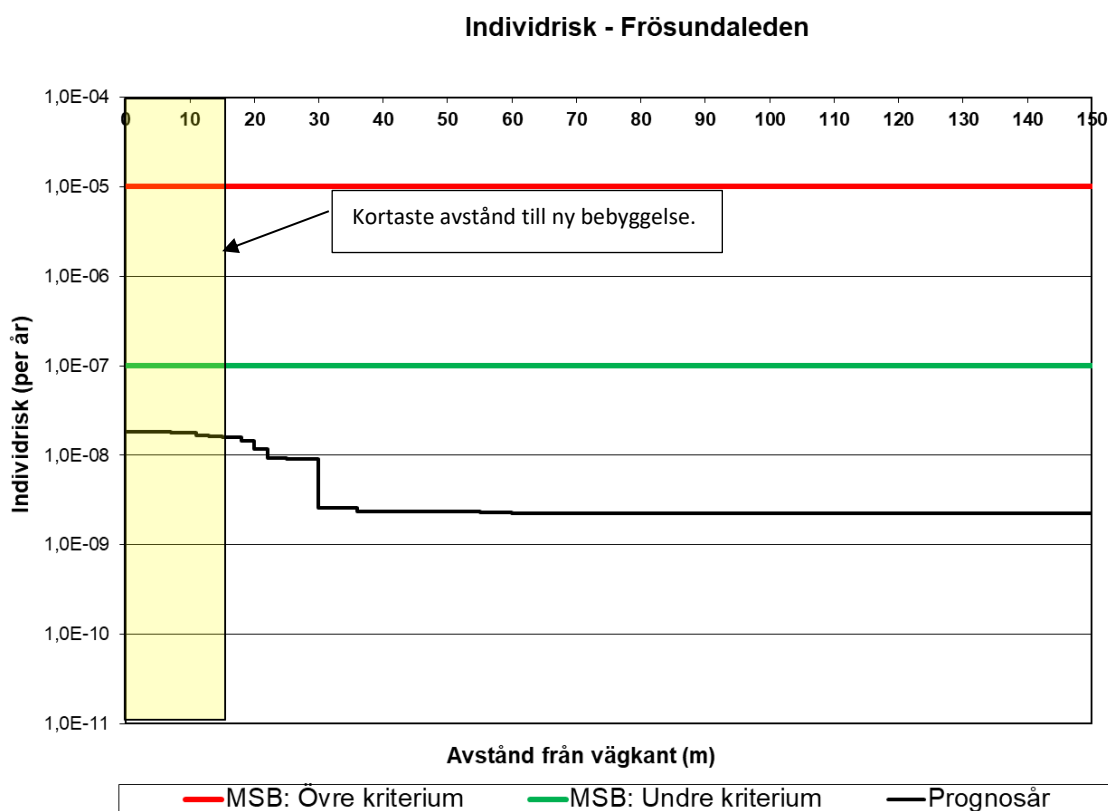
3. För vissa olycksscenarioer förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) blir skadeområdet inte cirkulärt. Detta innebär i sin tur att det inte är givet att en person som befinner sig inom det kritiska området omkommer. För dessa scenarier reduceras frekvensen ytterligare med avseende på gasplymens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

Resultat

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom planområdet. Avståndet i figurerna utgår från närmaste väggkant respektive spårmitt. Individrisken presenteras dels för oskyddade personer utomhus och dels för personer inomhus. Individrisken är beräknad för Mäljarbanans spår i ytläge, dvs. ingen hänsyn är tagen till eventuell tråglösning eller överdäckning.



Figur 5.1. Individrisk utmed Mäljarbanan, spår i ytläge.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)



Figur 5.2. Individrisk utmed Frösundaleden/Huvudstaleden. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

Någon sammanvägd risknivå avseende individrisk kopplade till Mäljarbanan och Frösundaleden/Huvudstaleden har inte genomförts. Det beror framförallt på att bidraget från vägarna är mycket begränsat (se figur 5.2) och att den individrisknivå som redovisas för Mäljarbanan (se figur 5.1) är representativ som underlag till riskvärderingen.

5.3.2 Samhällsrisk

Beräkning av samhällsrisk

Samhällsrisknivån presenteras som en F/N-kurva, vilket anger den kumulerade frekvensen för N, eller fler än N, antal omkomna inom det studerade området till följd av olycka på Mäljarbanan och Frösundaleden. I bilaga B redovisas omfattningen av det studerade området, vilket omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Samhällsrisk beräknas för planförslaget samt nollalternativet. I beräkning av samhällsrisk ingår både risker från Frösundaleden/Huvudstaleden och Mäljarbanan. Risknivån omfattar beräkningar för delområde Väst, Mitt och Öst.

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

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

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 det aktuella planområdet inte underskattas med hänsyn till kringliggande bebyggelse.

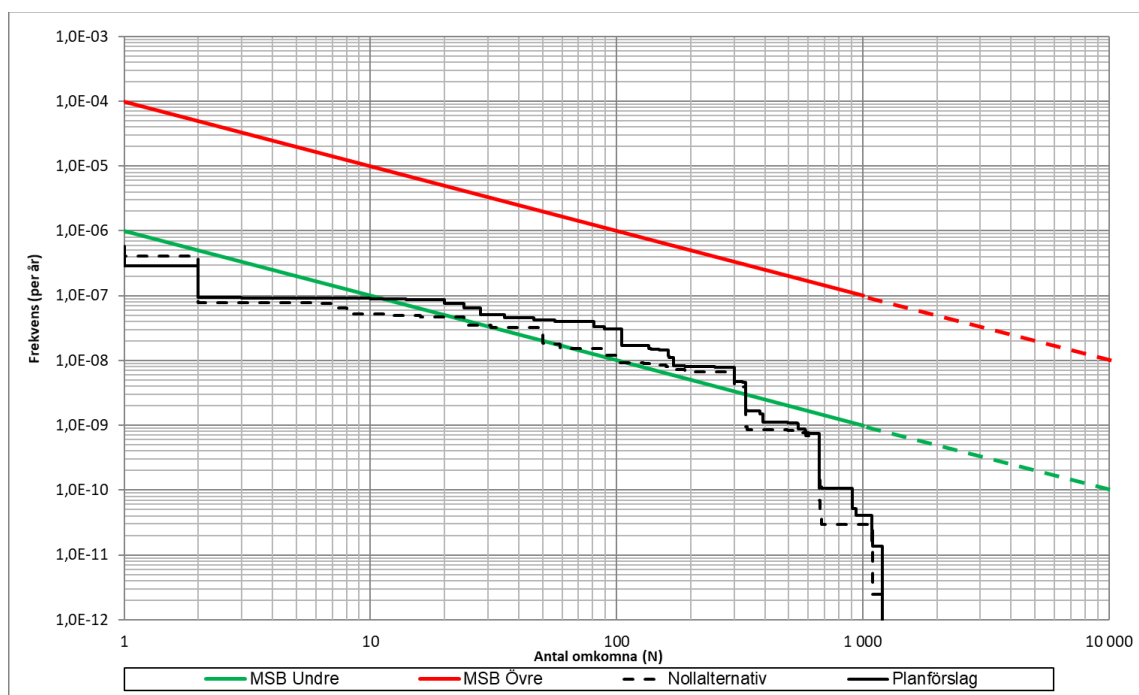
- Skadeområdet för vissa skadescenarier förknippade med gaser samt urspårning blir inte cirkulära. Konsekvensberäkningarna för dessa scenarier har genomförts för förutsättningar som medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet, d.v.s. skadeområdet är riktat mot planområdet.

Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden på motstående sida om de studerade riskkällorna kan konsekvenserna bli annorlunda om olyckan riktas åt motsatt håll. Vid sammanställningen av 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

I *Figur 5.3.* redovisas den beräknade samhällsriskerna utmed Mäljarbanan och Frösundaleden/Huvudstaleden. Samhällsriskerna presenteras med respektive utan planerad ny bebyggelse inom det aktuella planområdet. Beräkningarna har gjorts för en uppskattad framtida trafiksituation.



Figur 5.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med Mäljarbanan (delområde Väst och Mitt) och Frösundaleden/Huvudstaleden. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)

5.4 Värdering av risk

5.4.1 Individrisk

Med avseende på individrisk bedöms olycksriskerna förknippade med urspårning bidra till en oacceptabel risknivå närmast järnvägen. Detta är dock enbart aktuellt där järnvägen går i ytläge (delområde Öst). För denna del av sträckan har Trafikverket utrett behov av säkerhetshöjande åtgärder där bebyggelse ligger nära järnvägen utan skydd av topografi. För planerad ny bebyggelse är risknivån på acceptabla nivåer med hänsyn till avståndet till Mäljarbanan och föranleder inget behov av säkerhetshöjande åtgärder.

Individrisken utmed Frösundaleden/Huvudstaleden är acceptabel och föranleder inget behov av säkerhetshöjande åtgärder. Den låga risknivån innebär även att bidraget från vägarna till den sammanvägda risknivån med Mäljarbanan blir mycket begränsat.

5.4.2 Samhällsrisk

Beräknad samhällsrisk ligger på acceptabel nivå för färre än ca 15 omkomna och därefter ligger risknivån inom ALARP upp till ca 400 omkomna vilket innebär att säkerhetshöjande åtgärder ska undersökas. För fler än 400 omkomna ligger risknivån på acceptabel nivå.

Ett fåtal scenarier leder enligt genomförda beräkningar till fler än 1 000 omkomna. De scenarier som orsakar detta är de som kan leda till mycket stora skadeområden och som om de sker när området förutsätts vara fullsatt kan leda till fler än 1 000 omkomna. Fullsatt område innebär att det är maximalt personantal inom samtliga verksamheter samt utomhus vid olyckstillfället. Detta är ett scenario som med mycket stor sannolikhet aldrig kommer att inträffa. De scenarier som leder till ett så stort antal omkomna inträffar också med mycket låg frekvens vilket framgår av den beräknade samhällsrisk.

Störst bidrag till risknivån innebär olyckor som leder till läckage och antändning av brännbara gaser. Åtgärder för att minska påverkan från dessa olyckor bör därför vidtas.

Bidraget till risknivån från olyckor på Frösundaleden/Huvudstaleden är mycket litet och föranleder inget behov av riskreducerande åtgärder. Dock innebär placeringen av bebyggelsen att avsteg görs från rekommenderade skyddsavstånd vilket kan medföra behov av säkerhetshöjande åtgärder.

Med hänsyn till den beräknade samhällsriskens 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

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

- **Frekvensberäkningarna har utförts med schablonmetoder**

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

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

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

Det finns en annan modell som ofta används för frekvensberäkningar avseende järnvägsolycka: Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen /19/. Denna beräkningsmodell är endast applicerbar på olycka med godståg och utgår från ett flertal olika typer av felfaktorer (rälsbrott, solkurvor, spårslägesfel, vagnfel, växelfel m.m.). Utslaget på den aktuella godstrafiken så kan det konstateras att de använda olyckskvoterna ligger i samma härad även med denna modell. Någon känslighetsanalys utförs inte specifikt för skillnader i olika beräkningsmetoder utan osäkerheterna kring frekvenser bedöms kunna hanteras i känslighetsanalysen som redovisas nedan.

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

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

Statistik över genomförda transporter med farligt gods på Mäljarbanan är sekretessbelagd och har inte använts i denna analys. Normalt används då nationellt insamlad statistik som utgångspunkt. I Trafikverkets riskanalys /9/ anges att skillnaderna mellan faktiska transporter och nationell statistik är stora, framförallt när det gäller andelen farligt gods. Andelen farligt gods utgår därför från fördelning enligt statistik av

faktiska transporterade mängder farligt gods på aktuell sträcka (2 %) medan fördelningen mellan respektive klass utgår från nationell statistik över en femårsperiod.

För att säkerställa att risknivån för området inte underskattas görs en känslighetsanalys avseende förändrad andel farligt gods motsvarande nationell statistik (5 %). I

Trafikverkets analys studeras även ett scenario med lägre andel godstransporter med 6 godståg per dygn istället för prognosårets 10 tåg per dygn, se vidare avsnitt 5.5.1.

- **Val av olycksscenarioer, konsekvensberäkningar**

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

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

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

- **Uppskattat personantal**

Personantalet har uppskattats utifrån planerade volymer inom planområdet.

Utgångspunkten har sedan varit att motsvarande persontätheter även gäller för omkringliggande områden eftersom dessa kommer att exploateras med liknande bebyggelse.

För att säkerställa att risknivån för området inte underskattas med hänsyn till ovanstående parametrar görs en känslighetsanalys avseende förändrade konsekvenser av respektive skadescenario, där personantalet både ökas och minskas, se vidare avsnitt 5.5.1.

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

5.5.1 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys har genomförts med syfte att studera vissa parametrars påverkan på samhällsrisk. Känslighetsanalysen redovisas i bilaga C och omfattar följande olycksscenarioer:

- Förändrad andel farligt gods
- Förändrat antal godståg
- Förändrade mängder explosivämnen (klass 1)
- Förändrat antal omkomna

Beräkningsunderlag till känslighetsanalyserna redovisas i bilaga A respektive B.

Genomförd känslighetsanalys visar att risknivån även med studerade variationer i förutsättningar och antaganden ligger inom ALARP. Risknivån blir inte med något antagande oacceptabel. Analysen visar bland annat att variationer i förutsatta lastmängder med klass 1 får påverkan på den del av riskkurvan som ligger längst till höger i samhällsriskdiagrammet (den s.k. svansen). Analysen visar också att med ett minskat personantal fås inga katastrofala konsekvenser, inte ens för de största lastfallen när det gäller explosioner.

Analysen av olika parametrar visar att genomförda beräkningar är robusta och att inte en ökad andel omkomna eller en ökad andel farligt gods medför oacceptabla risknivåer.

Slutsatsen av känslighetsanalysen är att säkerhetshöjande åtgärder är nödvändiga att vidta för att sänka risknivån så långt det är möjligt.

6. Säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

Enligt den fördjupade riskanalysen bedöms samhällsrisknivån för det studerade planområdet vara så hög att riskreducerande åtgärder ska beaktas vid exploatering. När det gäller Frösundaleden/Huvudstaleden så är individrisknivån mycket låg och bidraget till samhällsrisk är begränsat men det korta avståndet till planerad ny bebyggelse föranleder ändå ett behov av säkerhetshöjande åtgärder.

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

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

6.2 Allmänna åtgärder

6.2.1 Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Riktlinjer

Vid lokalisering i ett utsatt område bör man alltid sträva efter att lokalisera bebyggelsen på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1.1) bör användas som riktvärden för placering av verksamheter.

Normalt innebär uppfyllande av Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd att ytterligare säkerhetshöjande åtgärder inte behöver vidtas.

Vid bebyggelse som inte uppfyller de rekommenderade skyddsavstånden kommer kompletterande byggnadstekniska åtgärder generellt behöva vidtas. Omfattningen av åtgärderna är beroende av hur mycket skyddsavstånden underskrids samt vilka olycksrisker som behöver beaktas. Syftet med åtgärderna är att reducera det "nettotillskott" av oönskade händelser som avsteget medför i förhållande till om riktlinjerna skulle följas, se vidare avsnitt 6.3.

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

Bedömning utifrån studerat planförslag

Ingen ny bebyggelse planeras utmed den sträcka av Mäljarbanan där spåren ligger i ytläge (delområde Öst). Åtgärder för att minska påverkan mot befintlig bebyggelse utmed denna delsträcka behandlas inom ramen för järnvägsplanen. Aktuell detaljplan medför ingen ökad riskpåverkan varvid ytterligare åtgärder inte bedöms nödvändiga.

Utmed den sträcka där Mäljarbanan förläggs i tråg (delområde Väst) planeras ny kontorsbebyggelse. Bebyggelsen planeras ca 20 meter från närmaste framtida spårmit. Rekommenderat skyddsavstånd är 30 meter. Tråget innebär att påverkan från vissa scenarier (urspårning) elimineras och att andra dämpas (pölbrand). Avsteget bör därför kunna accepteras. Kompletterande åtgärder kan dock vara nödvändiga för att kompensera för den ökade risk som placeringen av byggnaden nära järnvägen innebär, se vidare avsnitt 6.3.

Utmed den sträcka där Mäljarbanan planeras med överdäckning (delområde Mitt) planeras ny bebyggelse i direkt anslutning till, men direkt inte ovanpå, överdäckningen. En byggnadsdel planeras "hänga" i luften ovanför tunnelmynningen utan direkt koppling till överdäckningens konstruktion. Denna del omfattar ca 1 800 kvadratmeter som kommer att inrymma stadigvarande vistelse. Byggnadsdelen kommer att påverkas vid de olyckor som leder till att överdäckningens konstruktions får mycket omfattande skador, dvs. vid större explosioner. Dessa olyckor förväntas inträffa med mycket låg frekvens (se bilaga A). Drabbade personer i den överhängande byggnadsdelen omfattar ca 60-90 personer beroende på typ av verksamhet. Utifrån beräknade risknivåer konstateras att de scenarier som kan leda till så stora konsekvenser inte medför oacceptabla risknivåer även beaktat den överhängande byggnadsdelen. Risknivån till följd av dessa scenarier ligger på acceptabla nivåer. Stadigvarande vistelse i den överhängande delen bedöms därmed inte medföra sådan påverkan på risknivån att den inte kan accepteras.

Samtidig bebyggelse som planeras direkt utmed Mäljarbanan planeras utan koppling till överdäckningens konstruktion. Vid tunnelmynningar är minsta avstånd till bebyggelse 20 meter. När det gäller överdäckningar finns inga tydliga riktlinjer för skyddsavstånd. För flertalet scenarier innebär överdäckningen att skadepåverkan mot omgivande områden minimeras eller helt elimineras till följd av överdäckningens skyddande konstruktion. Det gäller exempelvis för scenarier som leder till brand eller mindre läckage av gaser. För scenarier som kan leda till sådan påverkan att överdäckningens bärighet påverkas kan inte påverkan mot planområdet uteslutas. Detta gäller framförallt olyckor som leder till olika former av explosion. Dessa scenarier inträffar med en mycket låg frekvens samt medför stor påverkan mot omgivningen även utan en överdäckning.

Placering av bebyggelse intill tunnelmynningar bedöms kunna likställas med placering utmed tråg. Höjdskillnaden innebär att risken för urspårning är försumbar samt att även en del andra olyckor får en mindre påverkan. Några olycksscenarioer kan leda till större skadeområden runt tunnelmynningar. Skillnaden i riskpåverkan blir dock likvärdig bebyggelse som placeras 20 meter från öppet spår.

Placering av bebyggelse i anslutning till överdäckning bedöms kunna genomföras enligt studerat förslag men byggnadstekniska åtgärder kan bli aktuella och då framförallt i anslutning till tunnelmynningarna, se vidare avsnitt 6.3.

Kontorsbebyggelse planeras som minst ca 15 meter och bostadsbebyggelse minst 20 meter från Frösundaleden/Huvudstaleden som utgör en sekundär transportled för farligt gods. Huvudsakligen transporteras ämnen som innebär korta skadeområden vid en olycka eller ämnen som transporteras som styckegods. Bebyggelsens placering innebär ett avsteg från Länsstyrelsens rekommendationer. Avsteget bedöms kunna accepteras med hänsyn till den begränsade omfattningen av transporter samt typen av ämnen som transporteras på vägen. Kompletterande byggnadstekniska åtgärder är dock nödvändiga att vidta, se vidare avsnitt 6.3.

Inga ytor för stadigvarande vistelse planeras utmed Mäljarbanans där den förläggs i tråg, utmed tunnelmyningar, ovanpå överdäckning eller utmed Frösundaleden, vilket innebär att människor utomhus till stor del kommer att vara skyddade av annan bebyggelse när de vistas inom planområdet. Minsta avstånd till bebyggelse är på dessa platser 20 meter (Mäljarbanan) respektive 15 meter (Frösundaleden/Huvudstaleden).

6.3 Byggnadstekniska åtgärder

Enligt ovan innebär föreslagen bebyggelse att de rekommenderade skyddsavstånd som redovisas i avsnitt 1.5.1 underskrids. Den planerade bebyggelsen innebär enligt den fördjupade riskanalysen en förhöjd risknivå inom det studerade området. För att acceptera avstegen samt för att reducera risknivån behöver kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas. Nedan redovisas diskussioner kring behovet av åtgärder.

När det gäller själva järnvägsanläggningen inklusive tråg och överdäckningskonstruktion så ligger dimensioneringen av dessa utanför detaljplanens rådighet. Hur dessa ska utföras har utretts i järnvägsplanen.

6.3.1 Utrymning

Riktlinjer

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

Det är även viktigt att den planerade bebyggelsen inte förhindrar utrymning av tågresenärer och tågpersonal från tågtunneln eller tråget.

Bedömning utifrån studerat planförslag

Ovanstående innebär att ny bebyggelse inom planområdet som vetter direkt mot Mäljarbanan eller Frösundaleden/Huvudstaleden (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning) och som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd ska utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från respektive riskkälla.

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

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

Utrymning via fönster med räddningstjänstens stegutrustning uppfyller inte syftet med ovanstående åtgärdsförslag. Vidare bör det beaktas att om utrymningsstrategin från byggnader utformas med tillgång till enbart utrymningsvägar, som utgörs av trapphus som vetter mot riskkällan, så behöver fasaden mot riskkällan utformas så att strålningsnivån på utrymmande inte överstiger 2,5 kW/m² vid ett brandscenario med brännbara gaser eller brandfarliga vätskor. Det föreslås att åtgärden anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.3.

När det gäller utrymning från tågtunnel och tråg är Trafikverkets utrymningsstrategi att utrymning från tunnel sker via tunnelmyningarna och att utrymning från tråg sker via trappa upp till marknivån, se vidare avsnitt 6.4.

6.3.2 Skydd mot brandspridning

Riktlinjer

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

Bedömning utifrån studerat planförslag

Enligt den fördjupade riskbedömningen kan en utvändig brand spridas vidare till bebyggelse nära Mälarbanan och Frösundaleden/Huvudstaleden. Vid en pölbrand kan detta ske om bebyggelsen placeras inom ca 30 meter. Vid olycka med brännbar gas kan brandspridning in i byggnader ske på större avstånd. Sådana bränder är kortvariga. Scenarier som leder till läckage av brännbar gas innebär dock ett relativt stort bidrag till risknivån och åtgärder för att hantera denna risk bör vidtas.

För att ytterligare begränsa risken för brandspridning in i byggnader rekommenderas att för ny bebyggelse ska fasader som vetter direkt mot Mälarbanan (tråg och tunnelmyning) (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning) utföras i obrännbart material alternativt med konstruktioner som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster bör utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Åtgärdsförslaget gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd. Motsvarande krav för bebyggelse utmed Frösundaleden/Huvudstaleden är inte motiverade med hänsyn till den låga risknivån utmed vägen.

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

eller liknande. Om detta inte framgår finns risk för att det i byggprocessen uppstår problem om krav på brandklassade fönster formuleras utifrån krav i BBR.

För att säkerställa att utrymning kan ske på tillfredställande sätt vid en olycka på studerade riskkällor bör detta säkerställas i plankartan, se vidare avsnitt 6.3.

När det gäller risken för brandspridning till teknikhus vid den östra tunnelmynningen bör denna risk minimeras antingen genom skyddsavstånd (8 meter) eller genom brandteknisk avskiljning i 60 minuter. Detta kan t.ex. göras genom att utföra byggnad inom planområdet med fasadutförande i EI60 eller att både teknikhus och byggnadsfasad utförs i EI30.

6.3.3 Skydd mot spridning av gaser

Riktlinjer

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

För olycka med brännbara gaser går det enligt ovan att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta byggnadstekniska åtgärder som förhindrar brandspridning.

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

Bedömning utifrån studerat planförslag

Enligt riskanalysen kan en olycka med brännbara eller giftiga gaser innebära att människor inom planområdet skadas. Bidraget till risknivån från olycka med gaser är relativt stort. Det är osäkert hur stor riskreducerande effekt som de ventilationstekniska åtgärderna innebär för aktuella skadescenarier. Åtgärderna bedöms dock normalt innebära relativt låga kostnader och inkräftar inte mer än marginellt på byggnadsutformningen. Nackdelen med åtgärderna är att de kan vara svåra att följa upp och att de inte kan regleras helt som planbestämmelser.

Med hänsyn till rimligheten i att vidta åtgärder i förhållande till riskbidraget och risknivå samt de planerade verksamheterna inom det studerade området så rekommenderas att åtgärder som skyddar mot gasspridning vid olycka på Mäljarbanan och Frösundaleden/Huvudstaleden vidtas för ny bebyggelse som vetter direkt mot dessa (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning). Åtgärdsförslaget gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd.

6.3.4 Skydd mot explosion

Riktlinjer

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

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

När det gäller överdäckningen kommer den sannolikt att dimensioneras för någon form av explosionslast. Exakt vilken den dimensionerande lasten blir är ännu inte bestämt. Oavsett vilken dimensionerande last som väljs kommer överdäckningens konstruktion att ha en viss dämpande effekt på verkan från en explosion.

Bedömning utifrån studerat förslag

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

Enligt riskanalysen har olycksrisker med explosiva ämnen samt oxiderande ämnen och organiska peroxider på Mäljarbanan (de förekommer inte på Frösundaleden/Huvudstaleden) en mycket begränsad påverkan på risknivån inom det studerade området. Frekvenserna för en massexlosion och explosionsartade brandförlopp är extremt låga, vilket dels beror på mycket begränsade transportmängder och dels de hårda regler som gäller för transporter av dessa ämnen.

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

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

Inte heller för byggnader nära överdäckningen bedöms det vara motiverat med åtgärder avseende explosion. Oavsett dimensionering av överdäckningens konstruktion kommer denna att dämpa effekten av explosionen. Det är dock viktigt att byggnader i anslutning till överdäckningen är helt fristående samt att eventuella krav på skyddsavstånd som Trafikverket har till sina konstruktioner följs.

6.3.5 Skydd mot urspårning

Riktlinjer

Ny bebyggelse planeras enbart utmed de sträckor där Mäljarbanan planeras i tråg eller under överdäckning. Dessa kommer att utföras med hänsyn till risken för urspårning vilket innebär att scenariot urspårning inte kommer att påverka planerad ny bebyggelse inom planområdet. Utmed delområde Öst planeras ingen ny bebyggelse. Trafikverket har också föreslagit åtgärder avseende urspårning där de har identifierat ett behov av detta.

Bedömning utifrån studerat planförslag

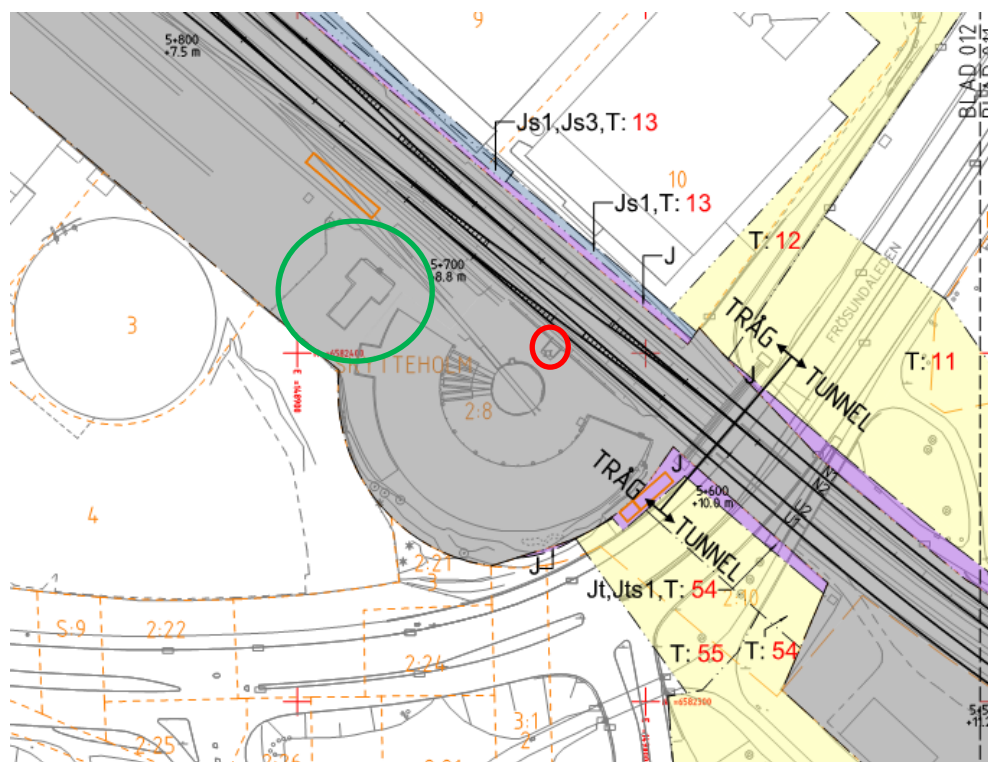
Ny bebyggelse planeras endast utmed de sträckor där Mäljarbanan antingen förläggs i tråg eller tunnel vilket innebär att ett urspårat tåg inte kommer kunna påverka omgivande bebyggelse. Några åtgärder för att hantera denna risk är därför inte nödvändiga.

6.4 Räddningstjänstens insatsmöjlighet

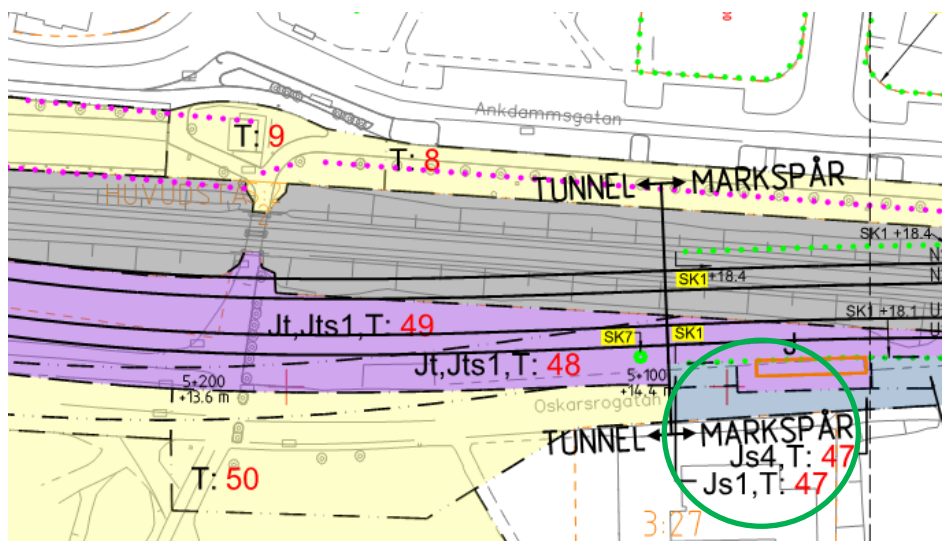
Trafikverkets strategi för utrymning av personal och resenärer från tråg och tunnel utgår från att utrymning sker via tunnelmynningar samt via trappor upp till marknivå.

Strategin för räddningstjänstens insats är att tunnelmynningarna även utgör angreppsväg. För att möjliggöra insats kommer därför en yta på ca 500 kvadratmeter i anslutning till respektive tunnelmynning vara nödvändig. I anslutning till ytan måste trappa ner till spåret finnas. Väg fram till ytan måste också finnas och den ska vara dimensionerad att klara räddningstjänstens fordon.

I järnvägsplanen för Mäljarbanans utbyggnad har två ytor för uppställning avsatts. Dessa redovisas i figur 6.1 och 6.2.



Figur 6.1. Avsett område för uppställning av räddningstjänstens fordon m.m. i anslutning till den västra tunnelmynningen. Grön ring avser yta för uppställning, röd ring avser trolig placering av trappa ner till spår.



Figur 6.2. Avsett område för uppställning räddningstjänstens fordon m.m. i anslutning till den östra tunnelmynningen. Grön ring avser yta för uppställning.

I anslutning till respektive yta för uppställning m.m. (se figur 6.1 och 6.2) kommer en trappa ner till spår behöva säkerställas inom planområdet. Även möjligheten till väg fram till området kommer behöva säkerställas, men den måste inte nödvändigtvis ligga inom planområdet.

6.5 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

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

Mäljarbanan

- Ytor inom 20 meter från Mäljarbanans tråg respektive inom 20 meter från tunnelmynning ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ny bebyggelse som inrymmer stadigvarande vistelse bör inte uppföras närmare närmaste spårmitt i ytläge än 20 meter.
- Ytor ovanpå överdäckningen bör utföras så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Gångvägar, cykelvägar, parkmark och liknande kan uppföras på dessa ytor. Utegym, lekplatser och liknande bör inte placeras ovanpå överdäckningen.
- För ny kontorsbebyggelse inom 30 meter samt för ny bostadsbebyggelse inom 50 meter från Mäljarbanans tråg eller tunnelmynning gäller följande:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Mäljarbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - Fasader som vetter direkt mot järnvägen ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot järnvägen ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.
- Avseende närhet mellan planerad bebyggelse och teknikhus vid den östra tunnelmynningen ska en av nedanstående åtgärder vidtas:

- Skyddsavstånd på 8 meter ska tillämpas.
- Planerad byggnad inom 8 meter utförs i brandteknisk klass EI60 (gäller fasaddelar inkl fönster).
- Planerad byggnad samt teknikhus utförs i brandteknisk klass EI30 (gäller fasaddelar och fönster inom 8 meter).

Frösundaleden/Huvudstaleden

- Ytor inom 15 meter mellan ny bebyggelse och närmaste väggkant bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ny bebyggelse som inrymmer stadigvarande vistelse bör inte uppföras närmare närmaste väggkant än 15 meter (kontor) respektive 20 meter (bostäder).
- För ny bostadsbebyggelse inom 30 meter från Frösundaleden/Huvudstaleden gäller följande:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från vägen.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Frösundaleden/Huvudstaleden alternativt på byggnadernas tak.

Åtgärder avseende utrymning och räddningstjänstens insatsmöjlighet

- Detaljplanen får inte medföra begränsningar av de ytor för uppställning av räddningstjänstens fordon som anges i järnvägsplanen för Mäljarbanan.
- I anslutning till ytor för uppställning måste trappa ner till spår möjliggöras inom aktuell detaljplan. Trappan bör utformas i samråd med Trafikverket för att bl.a. säkerställa tillräcklig bredd.
- Väg fram till yta för uppställning behöver säkerställas men inte nödvändigtvis inom aktuell detaljplan.

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

6.5.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

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

- Begränsning av sannolikheten för att personer utsätts för en förhöjd risknivå under längre tidsperioder genom att tillgodose skyddsavstånd till ny bebyggelse samt områden med stadigvarande vistelse utomhus.
- Begränsning av möjligheten för att oskyddade personer skadas utomhus inom områden med förhöjd risknivå genom att tillgodose skyddsavstånd till områden med stadigvarande vistelse.

- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av eventuella gasutsläpp genom skyddsavstånd i kombination med ventilationstekniska åtgärder.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av en större utvändig brand genom skyddsavstånd och brandskyddstekniska åtgärder.
- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka med farligt gods genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från studerade riskkällor.

I bilaga C redovisas risknivån med föreslagna åtgärder. Effekten av åtgärder är liten på risknivån. Det beror framförallt på den stora andel bebyggelse som finns utanför planområdet utmed järnvägen inom delområde Väst. Exempelvis innebär de scenarier med fler än 1 000 omkomna att ca 75 % av de omkomna är människor som inte vistas inom planområdet.

Med hänsyn till den beräknade risknivån inom planområdet samt planerad verksamhet och bebyggelse bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt för bebyggelsen inom planområdet. Risknivån ligger i den nedre delen av ALARP och störst bidrag till risknivån, efter att åtgärder vidtagits, utgör personer som vistas utanför planområdet.

7. Slutsatser

Det aktuella planområdet omfattar Mäljarbanans sträckning genom kommunen inklusive delar av omgivande markområden. I samband med Trafikverkets planerade utbyggnad av Mäljarbanan har en överenskommelse mellan Solna Stad och Trafikverket gjorts som medför en möjlighet att exploatera markområden i anslutning till delar av Mäljarbanan. Huvuddelen av exploateringen ligger i anslutning till den överdäckning som planeras.

Planförslaget innebär att eventuella olyckor både på Mäljarbanan, Frösundaleden och Huvudstaleden kan påverka planerad bebyggelse. Närheten till dessa har utretts och risknivån har beräknats i form av individrisk och samhällsrisk. Individrisknivån är acceptabel på det avstånd där ny bebyggelse planeras både när det gäller Mäljarbanan och studerade vägar. Det innebär att inga åtgärder är nödvändiga med hänsyn till individrisken. Samhällsrisknivån däremot innebär att åtgärder ska vidtas om de är rimliga i förhållande till bland annat den riskreducerande effekten och kostnaden för att genomföra åtgärden. Detta gäller framförallt olyckor kopplade till trafiken på Mäljarbanan. Bidraget till samhällsrisknivån från Frösundaleden och Huvudstaleden är mycket begränsat men med hänsyn till de korta avstånd som planeras till ny bebyggelse utmed vägen bör åtgärder ändå vidtas. Ett antal åtgärder har därför föreslagits som syftar till att reducera risknivån.

Den känslighetsanalys som har genomförts visar att trots ändrade förutsättningar blir inte risknivån oacceptabel, vilket visar på en robusthet i genomförda beräkningar och antaganden.

Den övergripande bedömningen är att studerat planförslag inte medför att människor utsätts för oacceptabla risker. Genom genomförd analys och vidtagna åtgärder har risker för människors hälsa och säkerhet beaktats i skälig omfattning.

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Riskberäkningar

9. Referenser

- /1/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /2/ Överdäckningar – en kunskapsöversikt, Rapport 2012:22, Länsstyrelsen i Stockholms län, 2012
- /3/ TDOK 2015:0340 Bro och Tunnel, Trafikverket, 2015-10-26
- /4/ Jämförande analys utifrån TDOK 2015:0340, Brandskyddslaget, 2022-05-24
- /5/ Mäljarbanan och ny pendeltågsstation i Huvudsta, www.solna.se, besökt: 2020-09-14
- /6/ ADR-S 2021 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2020:9, 2020
- /7/ RID-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6, 2018
- /8/ Enligt uppgift från Trafikverket erhållet vid möte 2020-09-08
- /9/ Mäljarbanan Huvudsta-Duvbo - Underlagsrapport till miljökonsekvensbeskrivning för järnvägsplan, Trafikverket, TRV 2015/87751, Rev B 2019-06-10
- /10/ Mäljarbanan, www.trafikverket.se, besökt 2019-10-09
- /11/ Bantrafik 2019 (Rapportnr 2020:19), Statistikrapport från Trafikanalys
- /12/ PM Trafikanalys Solna Business Park, Sweco, 2019-06-14
- /13/ Trafikflödesberäkningar 2040 projekt Mäljarbanan, Iterio, februari 2022
- /14/ Svenska Petroleum & Biodrivmedels Institutet (SPBI), Statistik, www.spbi.se, besökt: 2018-03-26
- /15/ Riskanalys del av Huvudsta 3:1 och kv Krukmakaren, Brandskyddslaget, 2019-04-05
- /16/ Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994
- /17/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999
- /18/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /19/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn Mälarbanan, överdäckning genom Solna		
Uppdragsgivare Ework Group	Uppdragsnummer 500654	Datum 2022-06-16
Handläggare Rosie Kvål	Egenkontroll RKL 2022-06-16	Internkontroll EMM 2022-04-22

1. Inledning

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

Olycka vid transport av farligt gods på Frösundaleden

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

Olycka på Mälarbanan

- Urspårning på Mälarbanan
- Brand i godståg på Mälarbanan
- Explosion med masseexplosiva 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)

Frekvensberäkningarna har utförts utifrån trafiksiffror för prognosår 2040.

Nedan redovisas frekvensberäkningar uppdelade på Frösundaleden och Mälarbanan.

2. Beräkningar Frösundaleden

2.1 Metodik

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

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

2.1.1 Trafikolycka med farligt gods

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

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor =

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

där

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

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen

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

2.1.2 Fordonsbrand

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

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

3. Inventering av farligt godsleder

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

Faktor	Beskrivning
Vägsträcka (km):	1
Bebyggelsemiljö:	Tätort (stad) / Landsbygd
Hastighetsbegränsning (km/h):	50
Gatu-/Vägartyp:	Trafikled
Årsmedeldygnstrafik 2040 (per dygn):	26 900
Andel tung trafik (%):	7
Farligt godsled:	Sekundär
Antal farligt godstransporter (per dygn):	1

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

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

Faktor	Beskrivning
X = Andel farligt godstransporter av totalt antal fordon (%):	0,004
O = Olyckskvot (trafikolycka per 10 ⁶ fkm):	1,5
Y = Andel singelolyckor (%):	10
Index för farligt godsolycka = Sannolikhet för utsläpp givet olycka (%):	2

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

4. Resultat frekvensberäkningar Frösundaleden

4.1 Sammanställning

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

Skadescenario	Olycksfrekvens 2040
O = Antal förväntade trafikolyckor per år	14,7
O _{Fago} = Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor	1,1E-03
2. Gaser	3,1E-04
3. Brandfarliga vätskor	7,5E-04
8. Frätande ämne	5,7E-06

4.2 Klass 2. Gaser

4.2.1 Allmänt

Gaser (klass 2) delas in i tre undergrupper:

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

Gaser ur klass 2.2 utgör sådana gaser som normalt inte orsakar personskador vid utsläpp mer än i det direkta närområdet. Därför beaktas inte transporter av dessa gaser i riskanalysen. Några transporter med ämnen ur klass 2.2 eller 2.3 har inte identifierats på Frösundaleden. Fördelningen mellan transport av klass 2.1 i tankbil och med styckegods redovisas i tabell 3.3 i huvudrapporten.

Tankbil

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

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

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

Gasflaskor

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

4.2.2 Klass 2.1. Brännbara gaser

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

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

Transport med tankbil

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

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

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

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 trafikolycka leder till fordonsbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att förhållandena kring något av ovanstående scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms dock vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 0,5 % för respektive scenario.

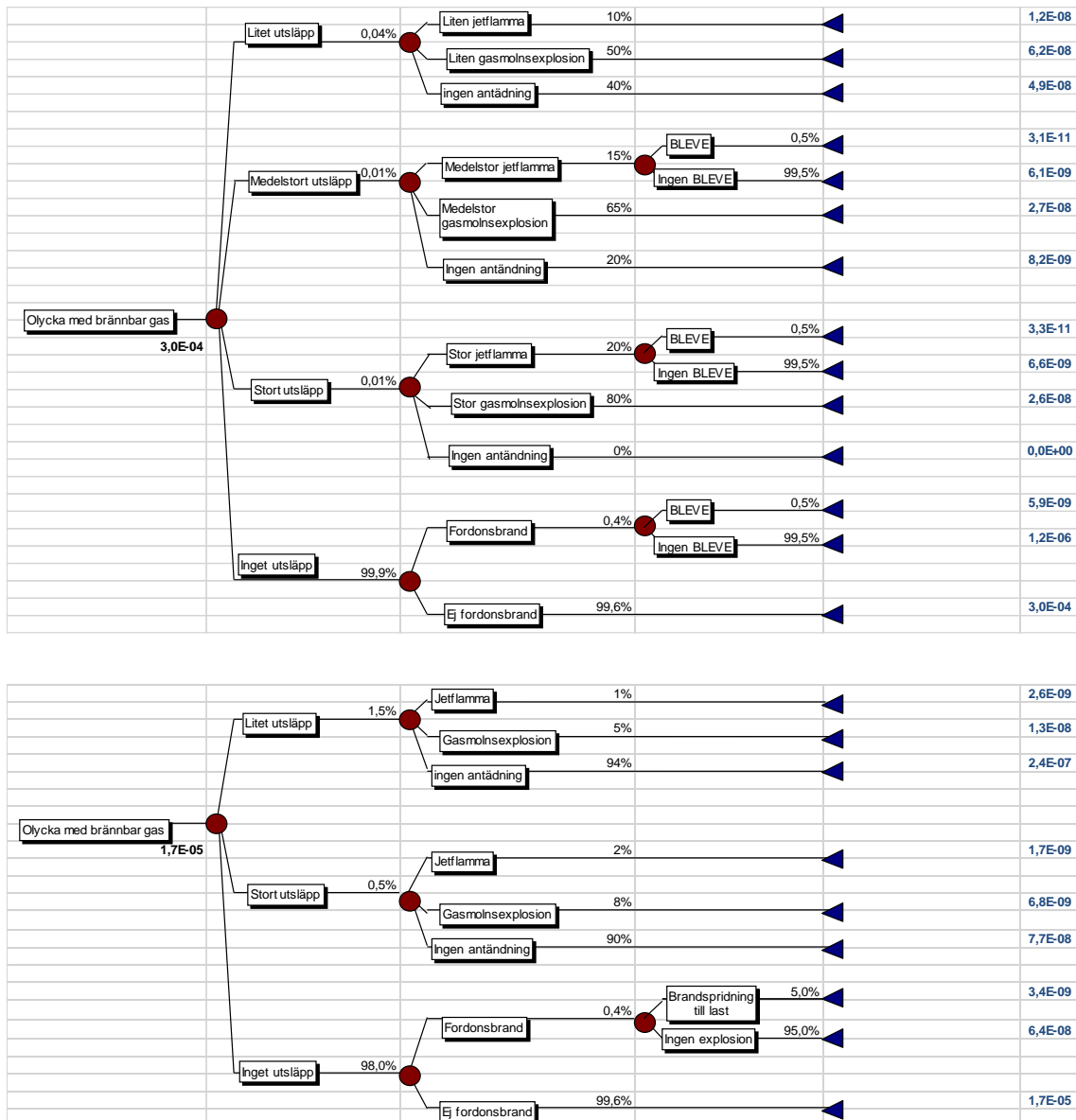
Transport med gasflaskor

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

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

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

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



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

Överst: Transporter med tankbil

Underst: Transporter av gasflaskor.

4.3 Klass 3. Brandfarliga vätskor

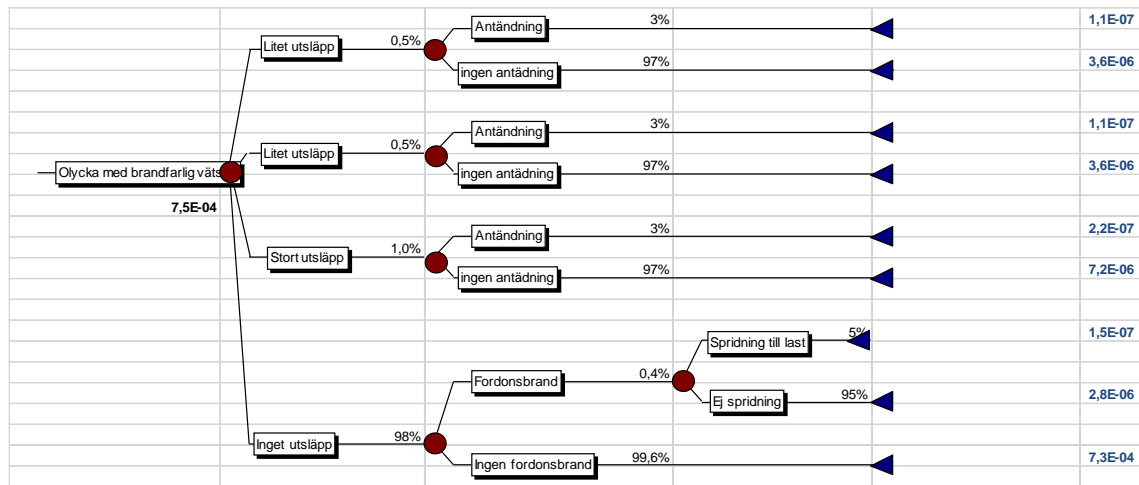
En mycket hög andel av de brandfarliga vätskor som transporteras uppskattas vara petroleumprodukter, d.v.s. transporter av bensin och diesel till bl.a. bensinstationer. I de fortsatta beräkningarna så antas det konservativt att samtliga vätsketransporter rymmer klass 1-vätskor, d.v.s. vätskorna har en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

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

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

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

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



Figur A.2. Händelsetråd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3).

5. Beräkningar Mäljarbanan

5.1 Allmänt - järnvägen

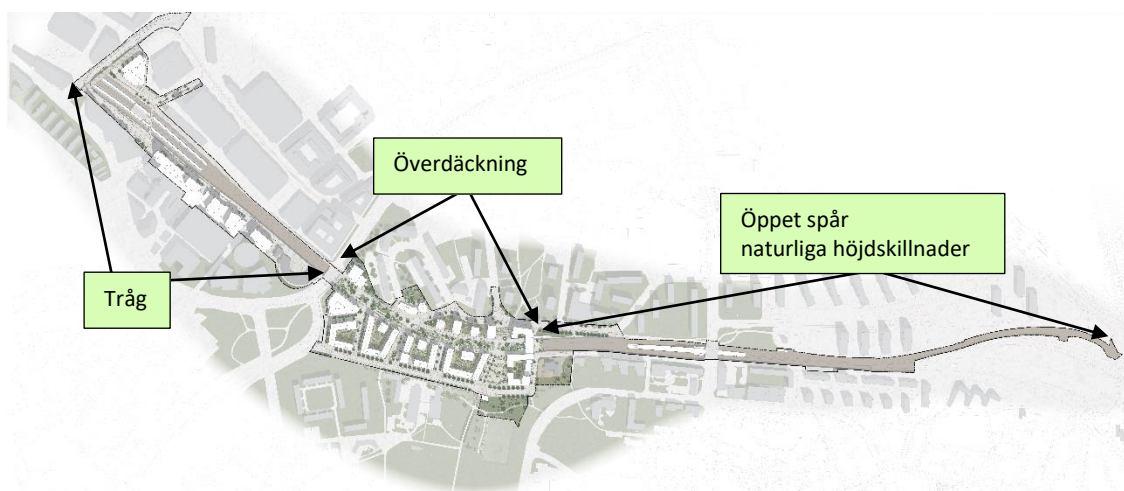
Planområdet angränsar mot Mäljarbanan längs nästan 2 kilometer. På den aktuella sträckan består järnvägen idag av två spår med genomgående tågtrafik.

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

Framtid

Trafikverket planerar att bygga ut Mäljarbanan på sträckan Tomtebodavägen-Kalvhäll genom att öka antalet spår från två till fyra. Mäljarbanans sträckning genom den västra delen av planområdet kommer att grävas ner och ligga i ett tråg. Från Frösundaleden och ca 500 meter österut kommer spåren grävas ner och överdäckas. Öster om överdäckningen ligger spåren i öppet läge, delvis nedsänkt jämfört med omgivningen på grund av naturliga höjdskillnader i området. I figur A.3 redovisas en övergripande bild över de olika sträckornas utförande.

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



Figur A.3. Aktuellt planområde med olika delar av Mälärbanan utmärkta.

5.2 Tågtrafik

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

Utifrån schablonmått för vagnantal för olika typer av tågmodeller har det totala antalet vagnar uppskattats. Enligt VTI-rapport 387:2 utgör persontåg i medel 10 vagnar och godståg utgörs av ca 30 vagnar /7/.

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

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

5.3 Transport av farligt gods

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

Frekvensberäkningarna kommer att utgå från nationell statistik där antalet transporter samt fördelningen mellan olika klasser på den aktuella järnvägen uppskattas utifrån den genomsnittliga andelen av tung tågtrafik i Sverige som transporterar farligt gods.

/6/ Mälärbanan Huvudsta-Duvbo - Underlagsrapport risk och säkerhet till miljökonsekvensbeskrivning för järnvägsplan, Trafikverket, TRV 2015/87751, 2020-01-15

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

Information har hämtats från Trafikanalys som bland annat ansvarar för statistik inom området bantrafik. Utifrån statistik över godsmängd per farligt godsklass under femårsperioden 2014-2019 /8/ uppskattas antalet vagnar med respektive farligt godsklass på den aktuella sträckan. Även den totala andelen farligt gods kan utläsas av statistiken men utgör enligt Trafikverkets riskanalys för sträckan en betydligt högre värde än situationen på den aktuella sträckan /6/. Nationell statistik visar en andel på 5 % farligt gods medan faktiska transporter med farligt gods genom Solna har utgjort 2 % av godstrafiken. Andelen farligt gods kommer därför att utgå från lokal statistik, dvs. 2 % och fördelningen mellan olika farligt godsklasser kommer att utgå från nationell statistik. Dock görs några mindre justeringar. Anledningen till dessa justeringar är framförallt att den nationella statistiken visar på mycket små transportmängder av klass 1 (explosiva ämnen) under den studerade femårsperioden. För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarioer förknippade med explosivämnen så antas det konservativt att klass 1 utgör maximalt 0,1 % av det totala antalet farligt godsvagnar. Fördelningen för övriga farliga godsklasser motsvarar nationell statistik.

Utifrån ovanstående underlag görs en uppskattning av antalet vagnar med farligt gods per år på den aktuella järnvägssträckan fördelat på respektive klass, se tabell A.4.

Tabell A. 4. Antal godsvagnar med farligt gods per år på aktuell järnvägssträcka för prognosåret 2040.

Klass	Andel	Antal farligt godsvagnar per år
		Prognosår 2040 - 2 %
1. Explosiva ämnen och föremål	0,10%*	2
2. Gaser	27,4%	644
3. Brandfarliga vätskor	36,6%	769
4. Brandfarliga fasta ämnen	2,7%	58
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	13,9%	292
6. Giftiga ämnen	1,8%	37
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	0
8. Frätande ämnen	17,3%	385
9. Övriga farliga ämnen och föremål	0,3%	6
Totalt		2 190

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

6. Beräkningar olycka på Mälarbanan

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

Frekvensberäkningarna beräknas för prognosår 2040.

6.1 Urspårning

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

Frekvensen för urspårning beräknas utifrån följande olyckskvoter för urspårning förknippade med tågtyp samt spårutformning enligt uppgifter som redovisas i *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone /9/*:

Spår utan växlar

Persontåg: $0,25 \cdot 10^{-8}$ per tågkm

Godståg $2,5 \cdot 10^{-8}$ per tågkm

Spår med växlar

$2,5 \cdot 10^{-8}$ per tågkm

$25 \cdot 10^{-8}$ per tågkm

Ytterligare järnvägsolyckor som kan medföra efterföljande olycksscenarier är kollisioner, antingen mellan spårfordon eller i plankorsningsolyckor. Enligt /10/ bedöms sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje vara så låg att den försvinner i den allmänna osäkerheten. Därför beaktas skadescenariot inte vidare i de fortsatta beräkningarna.

Frekvensen för urspårning har beräknats utifrån indata i avsnitt 5.1 och sammanställs i tabell A.5. Frekvensen beräknas för persontåg respektive godståg på en 1 km järnvägssträcka i anslutning till det aktuella planområdet. Beräkningarna utgår från olyckskvot för spår med växlar.

Tabell A.5. Beräknad frekvens för urspårning på aktuell sträcka med gällande tågtrafik (1 km).

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

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

/9/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

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

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

6.1.1 Urspårning i anslutning till bebyggelse

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

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

De fortsatta frekvensberäkningarna för urspårning och dess påverkan på kringliggande bebyggelse utförs utifrån den metodik som redovisas i UIC Code 777-2 R /9/. Observera dock att den framtida planerade utbyggnaden innebär att järnvägen förläggs i ett tråg förbi planområdet, vilket innebär att tåget kommer att stanna i tråget vid en urspårning. Beräkningar avseende urspårning görs dock med syfte att ta höjd för en eventuell ändring i framtida planer.

I tabell A.5 ovan redovisas urspårningsfrekvensen för urspårning på en 1 km lång järnvägssträcka i höjd med det aktuella planområdet. Vid beräkning av hur mycket urspårningen påverkar risknivån inom områdena utmed järnvägen och sannolikheten för att ett urspårat tåg kolliderar med intilliggande bebyggelse används först en reducerande faktor som motsvarar den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret. Denna faktor beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället.

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

ekvation: $F_1 = F_r \times d \times 10^{-3}$ där

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

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

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

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

/11/ Bantrafikskador 2019 (Statistikrapport 2020:18), Trafikanalys

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

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

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

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

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

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

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmittpunkt och byggnad

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

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

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 /9/.

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

Utformningen av spårområdet inklusive tråg- och överdäckningslösningar utmed planområdet, innebär att sannolikheten för skador inom planområdet till följd av en urspårning begränsas.

I beräkningarna förutsätts en jämn fördelning av tågtrafiken i respektive riktning, d.v.s. 50 % av tågen antas trafikera de södra spåren, respektive de norra spåren.

Frekvensen för urspårning i anslutning till bebyggelse som kan påverka planområdet beräknas nedan. Beräkningarna utgår från urspårningsfrekvenser enligt tabell A.5. Beräkningarna har utgått från antagandet att 189 persontåg per dygn respektive 5 godståg per dygn trafikerar vardera riktningen.

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

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

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

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

a (meter)	P ₂	P ₃	Frekvens kollision (F1 x P2)	Frekvens byggnadskollaps (F1 x P2 x P3)
			Prognosår 2040	Prognosår 2040
0	39,9%	100,0%	3,4E-04	3,4E-04
1	33,3%	99,2%	2,9E-04	2,9E-04
2	27,5%	98,4%	2,4E-04	2,3E-04
3	22,4%	97,5%	1,9E-04	1,9E-04
4	18,0%	96,4%	1,6E-04	1,5E-04
5	14,2%	95,2%	1,2E-04	1,2E-04
6	11,0%	93,8%	9,5E-05	8,9E-05
7	8,4%	92,2%	7,2E-05	6,6E-05
8	6,1%	90,3%	5,3E-05	4,8E-05
9	4,4%	88,0%	3,8E-05	3,3E-05
10	3,0%	85,3%	2,6E-05	2,2E-05
11	1,9%	81,9%	1,7E-05	1,4E-05
12	1,2%	77,7%	1,0E-05	8,0E-06
13	0,7%	72,2%	5,8E-06	4,2E-06
14	0,3%	64,9%	3,0E-06	1,9E-06
15	0,2%	54,8%	1,5E-06	8,0E-07
16	0,1%	41,5%	7,6E-07	3,1E-07
17	0,1%	35,4%	4,8E-07	1,7E-07
18	0,02%	0,00%	2,1E-07	0,0E+00
18,4	0,00%	0,00%	0,0E+00	0,0E+00

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

a (meter)	P ₂	P ₃	Frekvens kollision (F1 x P2)	Frekvens byggnadskollaps (F1 x P2 x P3)
			Prognosår 2040	Prognosår 2040
0	38,8%	100,0%	5,7E-05	5,7E-05
1	31,6%	98,6%	4,6E-05	4,5E-05
2	25,3%	97,0%	3,7E-05	3,6E-05
3	19,9%	95,2%	2,9E-05	2,8E-05
4	15,4%	93,1%	2,2E-05	2,1E-05
5	11,6%	90,7%	1,7E-05	1,5E-05
6	8,5%	87,9%	1,2E-05	1,1E-05
7	6,0%	84,6%	8,8E-06	7,5E-06
8	4,1%	80,6%	6,0E-06	4,8E-06
9	2,7%	75,8%	3,9E-06	2,9E-06
10	1,6%	69,9%	2,3E-06	1,6E-06
11	0,9%	62,4%	1,3E-06	8,2E-07
12	0,5%	53,0%	6,7E-07	3,6E-07
13	0,2%	41,8%	3,3E-07	1,4E-07
14	0,1%	33,3%	1,7E-07	5,8E-08
15	0,08%	0,00%	1,1E-07	0,0E+00
16	0,03%	0,00%	3,9E-08	0,0E+00
16,3	0,00%	0,00%	0,0E+00	0,0E+00

6.2 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 brandorsak.

Sannolikheten för en tågbrand (oavsett omfattning) bedöms vara relativt hög. Enligt Trafikverkets rapport "Dimensionerande brandeffektkrivor i godståg" /12/ inträffade 107 bränder i godståg mellan åren 2002-2014. Under samma period var trafikarbetet med godståg i Sverige totalt $5,44 \times 10^8$ tågkm /13/. Den uppskattade olycksfrekvensen per tågkm för händelsen brand i godståg blir därmed $107 / 5,44 \times 10^8 = 1,97 \times 10^{-7}$ per tågkm godståg. Detta kan jämföras med olyckskvoterna för urspårning med godståg som redovisas i avsnitt 6.1.

Det ska beaktas att det är en mycket begränsad andel av tågbränderna som blir så omfattande att de riskerar att påverka kringliggande områden. Olyckskvoten ovan bygger på alla anmälda tågbränder, vilket även inkluderar rökutveckling.

/12/ Tunnelsäkerhet Dimensionerande brandeffektkrivor i godståg (Trafikverket publ.nr. 2016:117), Brandskyddslaget AB på uppdrag av Trafikverket, 2016

/13/ Trafikanalys, Bantrafik 2019, Statistik Rapport 2020:19

Givet "brand" enligt dessa förutsättningar bedöms sannolikheten för en utvecklad brand som sprids till lasten vara låg. Utifrån "PM Statistik Godståg" /14/ som omfattar statistik över inträffade bränder i godståg under perioden 2002 – 2014 kan bränder i godståg kategoriseras utifrån brandstorlek enligt tabell A.8.

Tabell A.8. Fördelning av brandstorlek vid brand i godståg.

Kategori	Beskrivning	Antal	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.	4	3,74%
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.	35	32,71%
Liten brand	Branden har självslocknat eller släckts med maximalt en handbrandsläckare.	50	46,73%
Väldigt liten brand	I händelsebeskrivningen beskrivs endast rökutveckling och ingen faktisk brand.	18	16,82%
Totalt		107	100,00%

I tabell A.9 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på tågbrand på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.9. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i godståg på aktuell järnvägssträcka.

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

6.3 Järnvägsolycka med farligt gods

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

Frekvensberäkningarna för järnvägsolycka med godståg innefattar även farligt godsvagnar.

Sannolikheten för att en farligt godsvagn ingår i det olycksdrabbade tåget och påverkas av olyckan beräknas utifrån andelen farligt godsvagnar i förhållande till det totala antalet godsvagnar (X).

Järnvägsolycka utan brand: Följdscenarier med farligt gods vid järnvägsolycka utan brand förknippas med starka påkänningar till följd av t.ex. att vagnar spårar ur eller påverkas av motsvarande kraftiga påkänningar. Vid en urspärning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur /15/. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas då utifrån följande ekvation:

/14/ PM Statistik godståg (Trafikverket rapport 101107-22-025-121), Brandskyddslaget på uppdrag av Trafikverket, 2015

/15/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

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

I tabell A.10 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka med farligt godsvagn är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass.

Tabell A.10. Beräknad olycksfrekvens per farligt godsklass på studerad järnvägssträcka.

Scenario	Järnvägsolycka med fago-vagn (per år)	
	Andel	Prognosår (2%)
klass 1	0,1%	6,2E-08
Klass 2	29,4%	1,8E-05
klass 3	35,1%	2,2E-05
klass 4	2,6%	1,6E-06
klass 5	13,3%	8,3E-06
klass 6	1,7%	1,1E-06
klass 7	0,0%	4,7E-09
klass 8	17,6%	1,1E-05
klass 9	0,3%	1,8E-07
Totalt		6,2E-05

Järnvägsolycka med brand: Sannolikheten för att minst en farligt godsvagn är inblandad i tågbrand, givet brand i godståg, beräknas utifrån ekvationen: $P = X$.

I tabell A.11 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.11. Beräknad olycksfrekvens för järnvägsolycka med brand (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km).

Scenario	Järnvägsolycka med fago-vagn (per år)	
	Andel	Prognosår (2 %)
klass 1	0,1%	6,2E-08
Klass 2	29,4%	1,8E-05
klass 3	35,1%	2,2E-05
klass 4	2,6%	1,6E-06
klass 5	13,3%	8,3E-06
klass 6	1,7%	1,1E-06
klass 7	0,0%	4,7E-09
klass 8	17,6%	1,1E-05
klass 9	0,3%	1,8E-07
Totalt		6,2E-05

Utifrån tabell A.10 och tabell A.11 beräknas att av samtliga järnvägsolyckor med farligt gods på den studerade sträckan så utgör brand i farligt godsvagn starthändelse till:

$$\frac{1,4 \times 10^{-5}}{6,2 \times 10^{-5} + 1,4 \times 10^{-5}} = 0,19$$

I de fortsatta beräkningarna avrundas ovanstående till 20 %.

6.3.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexlosion, splitter och kaststycken. Enligt RID-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexlosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt /16/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att riskgrupp 1.1 utgör 100 % av alla järnvägsvagnar med explosiva ämnen.

Enligt avsnitt 5.3 så transporteras mycket begränsade mängder explosiva ämnen på järnvägar i Sverige. Under den senaste 5 årsperioden redovisas sammanlagda mängder på enstaka ton. I den kartläggning som MSB (tidigare Räddningsverket) genomförde under september 2006 /17/ redovisades transportmängderna explosivämnen i kg, medan övriga farligt gods klasser redovisades i ton. På Mäljarbanan redovisades inga explosivämnen enligt kartläggningen från 2006.

Den genomsnittliga mängden explosivämnen som redovisas i Trafikanalys statistik motsvarar << 0,01 %. Det bör dock noteras att transporter av explosiva ämnen inte alltid skyltas, vilket innebär att det inte går att få tillförlitliga uppgifter om dessa transporter. För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarioer förknippade med explosivämnen på aktuella järnvägssträckor så antas det konservativt att det förekommer vissa transporter av explosivämnen, inkl. stora transporter. Enligt avsnitt 5.3 görs ett mycket konservativt antagande att explosivämnen utgör ca 0,1 % av alla farligt godsvagnar på Mäljarbanan.

Konsekvenserna av en massexlosion 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 massexploderbara ämnen som tillåts på järnväg. Som maxgräns brukar dock ansättas 25 ton massexploderbart ämne per godsvagn. Hur stor andel av transporterna som rymmer så stora mängder är dock oklart.

Det saknas underlag för en tydlig bedömning av fördelningen mellan olika transportmängder med explosivämnen. Statistiken avseende farligt gods för den aktuella sträckan är konfidentiell och kan ej redovisas i riskanalysen. Som underlag till de fortsatta beräkningarna studeras tidigare utförda riskutredningar på den aktuella sträckan.

I den riskutredning som utförts som underlagsrapport till MKB för järnvägsplanen Mäljarbanan sträckan Huvudsta – Duvbo /6/ används följande fördelning:

- < 150 kg ekvivalent TNT (trotyl): 98 %
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 2 %

/16/ RID-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2016:9, 2017

/17/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007 (www.msb.se)

Ovanstående antagna fördelning som endast omfattar två extremvärden av potentiella transportmängder (liten mängd respektive maximal mängd per vagn) utgår från syftet med den aktuella riskutredningen som i första hand studerar riskpåverkan för trafikanter och de planerade överdäckningarna utmed den aktuella sträckan.

För den aktuella riskanalysen bedöms ovanstående fördelning inte ge en tillräcklig nyanserad bild av riskbidraget från olyckor med explosivämnen. Detta gäller framförallt vid bedömningen olika åtgärders riskreducerande effekt där alltför grova fördelningar gör det svårt att se hur åtgärderna påverkar risknivån.

På uppdrag av Solna stad har det upprättats en riskutredning för Mäljarbanans sträckning genom Solna och Sundbyberg i syfte att bedöma riskerna för omgivningen /18/. I denna utredning används en antagen fördelning mellan olika transportmängder med explosivämnen:

- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl): 85 %
- 2 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 14,5 %
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 0,5 %

De antagna fördelningarna enligt båda ovanstående utredningar bedöms vara mycket konservativa gällande det potentiella antalet av stora och maximala transportmängder (> 500 kg).

För att inte underskatta riskbidraget från aktuella olycksrisker och samtidigt ge möjlighet att få en nyanserad bild av riskbidraget från olycka med explosivämnen på den aktuella sträckan görs ett antagande om fördelning som utgår från en sammanvägning av båda ovanstående utredningar. Sammanlagt beaktas därför fortsatt fyra transportmängder med explosivämnen. Grundförutsättningen för detta antagande är att andelen maximala transportmängder konservativt motsvarar Trafikverkets riskutredning och att en majoritet av transporter utgör liten mängd (< 150 kg), minst 60 %. Kvarvarande vagnar antas omfatta medelstora (500 kg) eller stora (2 000 kg) transportmängder där andelarna uppskattas utifrån den interna fördelningen mellan dessa transportmängder enligt Solna stads riskutredning.

- < 150 kg ekvivalent TNT (trotyl): 60 %
- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl): 32 %
- 2 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 6 %
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 2 %

Det ska observeras att ovanstående fördelning omfattar mycket stora osäkerheter. Detta gäller även de riskutredningar som refereras till. Med hänsyn till de stora osäkerheterna kommer denna parameter att beaktas i känslighetsanalys, se avsnitt 7.3 samt bilaga C.

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.

/18/ Riskutredning för Mäljarbanans sträckning mellan Solna stad och Sundbybergs stad (Huvudsta – Duvbo),
Briab Brand & Riskingenjörerna AB, 2018-02-28

I Bilaga 102 till Trafikverkets "TRVINFRA-00233 – Krav med Rådtext" /19/ redovisas ingångsvärden som kan användas för frekvensberäkning av bl.a. massexplosion i järnvägstransport med RID-klass 1. Olyckskvoten för en stor massexplosion (> 100 kg) i samband med järnvägstransport av RID-klass 1 anges till 5×10^{-11} per tonkm.

Olyckskvoten utgår från de mängder explosivämnen som transporteras på järnväg inom EU under en 25 årsperiod utan att det har dokumenterats någon stor explosion. Under 25 år har det inom EU, inkl. EES, Schweiz, Kroatien och Turkiet, transporterats ca 22,5 miljarder tonkm utan stor explosion, vilket innebär en lägre risk än $1/22,5 \times 10^9 = 4,4 \times 10^{-11}$ per tonkm. Olyckskvoten avrundas i /19/ till 5×10^{-11} per tonkm.

Prognostiserat antal farligt godsvagnar och den antagna andelen explosivämnen på den aktuella sträckan år 2040 enligt tabell A.4 samt den antagna fördelningen mellan mängder per vagn enligt ovan skulle innebära följande totala transportmängd RID-klass 1:

$$2\,190 \times 0,10\% \times (0,15 \times 60\% + 0,50 \times 32\% + 2,0 \times 6\% + 25,0 \times 2\%) = 1,89 \text{ ton per år}$$

För en studerad sträcka på 1,0 km ger detta följande transportarbete RID-klass 1:

$$1,89 \text{ ton per år} \times 1,0 \text{ km} = 1,89 \text{ tonkm per år}$$

Den sammanlagda olycksfrekvensen för stor massexplosion (> 100 kg) blir då:

$$1,89 \text{ tonkm/år} \times 5 \times 10^{-11} \text{ olyckor /tonkm} = 9,45 \times 10^{-11} \text{ per år}$$

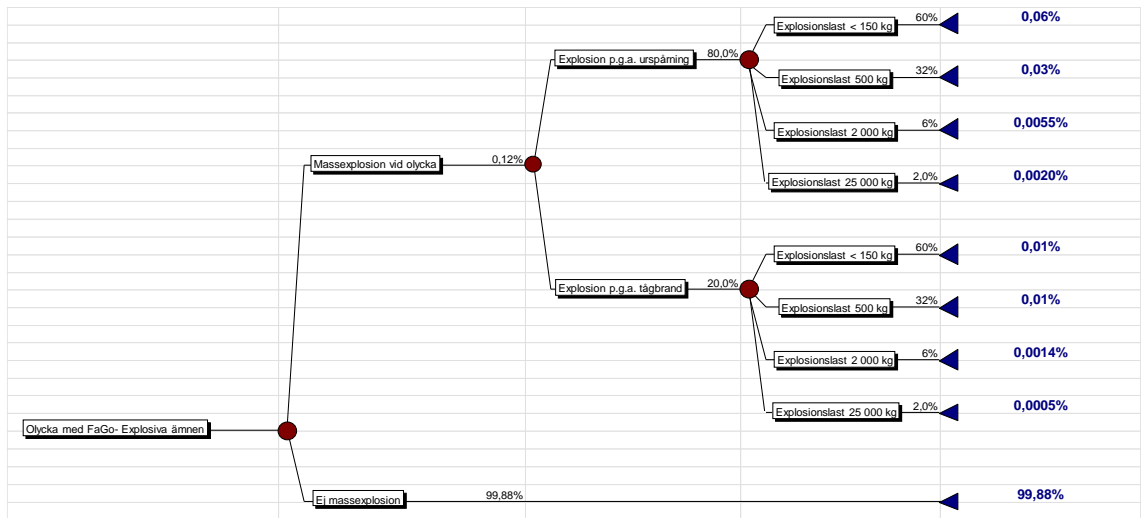
Enligt tabell A.10 och A.11 i avsnitt 6.3 är den totala frekvensen för järnvägsolycka med klass 1 på den studerade sträckan (1 km) $6,2 \times 10^{-8} + 1,4 \times 10^{-8} = 7,7 \times 10^{-8}$ per år.

Givet järnvägsolycka med vagn med RID-klass 1 är sannolikheten för en stor massexplosion då:

$$\frac{9,45 \times 10^{-11}}{7,7 \times 10^{-8}} = 0,00123 = 0,123 \%$$

Det antas att sannolikheten för stor massexplosion är jämnt fördelad över de två orsakerna stora påkänningar vid urspårning eller kollision respektive tågbrand som sprids till lasten. Det som skiljer dessa händelseförlopp är tidsintervallet. En massexplosion p.g.a. starka påkänningar uppskattas ske momentant eller mycket kort efter själva starthändelsen. En massexplosion p.g.a. tågbrand antas däremot vara fördröjd eftersom det kommer att krävas en omfattande brand för att påverka lasten så den exploderar. Tidsintervallet innebär att konsekvenserna av olycksscenarioet bedöms kunna variera.

Figur A.4 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexplosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.12. Den totala frekvensen för olycka med explosiva ämnen utgörs av frekvensen för järnvägsolycka med explosivämnen + frekvensen för tågbrand i vagn med explosiva ämnen, se ovan.



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

Tabell A.12. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2%
Järnvägsolycka med explosivämne (klass 1)	7,7E-08
Urspårning	6,2E-08
Tågbrand	1,4E-08
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
Liten massexplosion < 150 kg	5,7E-11
- P.g.a. starka påkänningar	4,5E-11
- P.g.a. tågbrand	1,1E-11
Medelstor massexplosion 500 kg	3,1E-11
- P.g.a. starka påkänningar	2,5E-11
- P.g.a. tågbrand	6,1E-12
Stor massexplosion 2 000 kg	5,2E-12
- P.g.a. starka påkänningar	4,2E-12
- P.g.a. tågbrand	1,0E-12
Maximal explosionslast 25 000 kg	1,9E-12
- P.g.a. starka påkänningar	1,5E-12
- P.g.a. tågbrand	3,8E-13

6.3.2 Klass 2. Gaser

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

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

Studerad statistik från Trafikanalys /8/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna.

I MSB:s kartläggning från september månad 2006 redovisas däremot klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna /17/. Enligt denna kartläggning förekom inga transporter med ämnen ur klass 2 på den aktuella sträckan under mätperioden.

I de fortsatta beräkningarna antas det grovt att fördelningen mellan undergrupperna är 73 % brännbara gaser, 25 % icke giftiga och icke brännbara gaser respektive 2 % giftiga gaser.

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

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

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

I /1/ 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 %.

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

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck.
- *Gasmolnexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck.
- *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE)*: gasexplosion där hela en tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en brand under en längre tid vilket hettar upp den kondenserade gasen så att den kokar upp och expanderar tills tanken exploderar.

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

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

BLEVE är förkortning för skadescenariot *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion*. En BLEVE är en explosion där en brännbar gas eller ånga uppnår så högt tryck att godsvagnen kollapsar och det finns en tändkälla som antänder hela vagnens innehåll momentant,

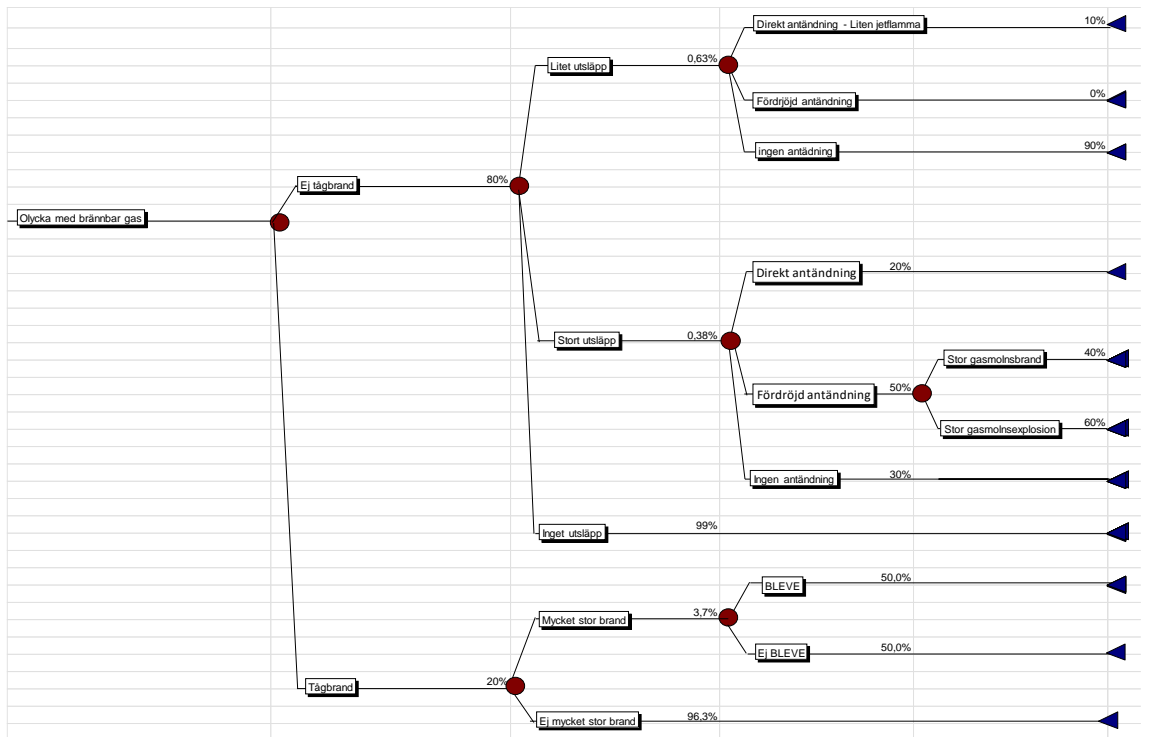
En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tankvagn utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en kraftig brandpåverkan som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Sannolikheten för att förhållandena kring något av dessa scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms vara mycket låg då det förutsätter en kraftig och långvarig brandpåverkan av en oskadad tankvagn som dessutom saknar fungerande säkerhetsventil. Branden hettar då upp tanken så mycket att trycket byggs upp till över tankens dimensioneringstryck så den till slut rämnar. Detta bedöms t.ex. kunna vara följdscenarier orsakade av en tågbrand som är så omfattande att stora delar av den oskadade tankvagnen påverkas under en längre tid.

Ovanstående beskrivning av de grundläggande förutsättningarna som krävs för att en järnvägsolycka ska kunna leda till BLEVE, d.v.s. en kraftig och långvarig brandpåverkan kan likställas med definitionen av mycket stor brand enligt tabell A.8 i avsnitt 6.2 (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). I tabell A.8 anges att sannolikheten för mycket stor brand givet brand i godståg är 3,7 %.

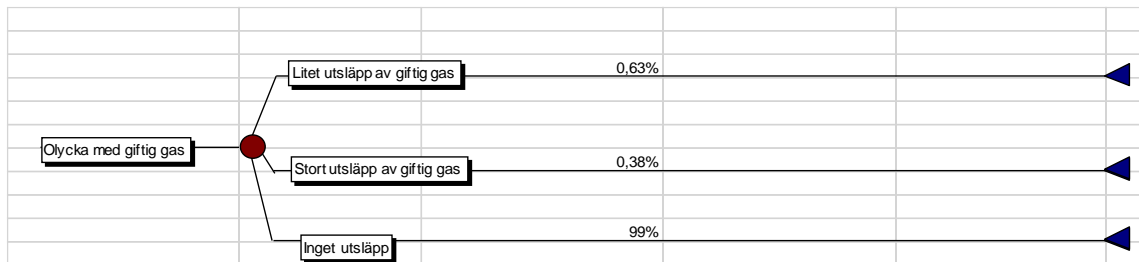
Om olyckan inträffar under mark kan släckinsatsen försvåras samtidigt som brandpåverkan på stora delar av godståget ökar. Sannolikheten för BLEVE givet mycket stor brand bedöms därför vara högre vid olycka under överdäckningen än om motsvarande olycka inträffar i det fria. P.g.a. att skadescenariot förutsätter en icke fungerande säkerhetsventil antas sannolikheten för BLEVE vara högst 50 % givet mycket stor brand. I de fortsatta beräkningarna görs ett konservativt antagande att sannolikheten för BLEVE är 50 % oavsett var på sträckan som olyckan inträffar. Detta ger att sannolikheten för BLEVE givet brand i vagn med RID-klass 2.1 beräknas till $3,7 \% \times 0,5 = 1,8 \%$.

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

Figur A.5 och figur A.6 redovisar händelsesträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara respektive giftiga gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.13.



Figur A.5. Händelseträd olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1).



Figur A.6. Händelseträd olycka med transport av giftig gas (klass 2.3).

Tabell A.13. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av gaser.

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2%
Järnvägsolycka med gas (klass 2)	2,3E-05
Järnvägsolycka utan brand	1,8E-05
Järnvägsolycka med brand	4,2E-06
Järnvägsolycka med klass 2.1	1,6E-05
Urspårning	1,3E-05
Tågbrand	3,1E-06
Direkt antändning av litet utsläpp - jetflamma	8,2E-09
Fördröjd antändning av litet utsläpp	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	9,9E-09
Fördröjd antändning av stort utsläpp	2,5E-08
-Stor gasmolnsbrand	9,9E-09
-stor gasmolnsexplosion	1,5E-08
BLEVE	6,1E-08
Järnvägsolycka med klass 2.3	4,5E-07
Litet utsläpp giftig gas	2,8E-09
Stort utsläpp giftig gas	1,7E-09

6.3.3 Klass 3. Brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor (klass 3) transporteras normalt i tunnväggiga tankar. Detta medför en högre sannolikhet för läckage till följd av en järnvägsolycka jämfört med vid en olycka med gastransporter som transporteras i tjockväggiga vagnar, se avsnitt 4.2. *Klass 2. Gaser ovan.* För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % /1/.

I /1/ anges 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 %.

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för antändning. För utsläpp på järnväg finns fördelningsstatistik /7/:

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

Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till en godsvagn med brandfarliga vätskor. Branden hettar upp tanken så den rämnar. Detta bedöms t.ex. kunna vara följdscenarier orsakade av en tågbrand som är så omfattande att stora delar av den oskadade tankvagnen påverkas under en längre tid.

Sannolikheten för brand i brandfarlig vätska givet en brand i godståg antas på motsvarande sätt som sannolikheten för BLEVE i avsnitt 6.3.2. Hänsyn tas till att brandfarlig vätska transporteras i tunnväggig tankvagn som antas kunna rämna vid mindre brandpåverkan än en tjockväggig tank.

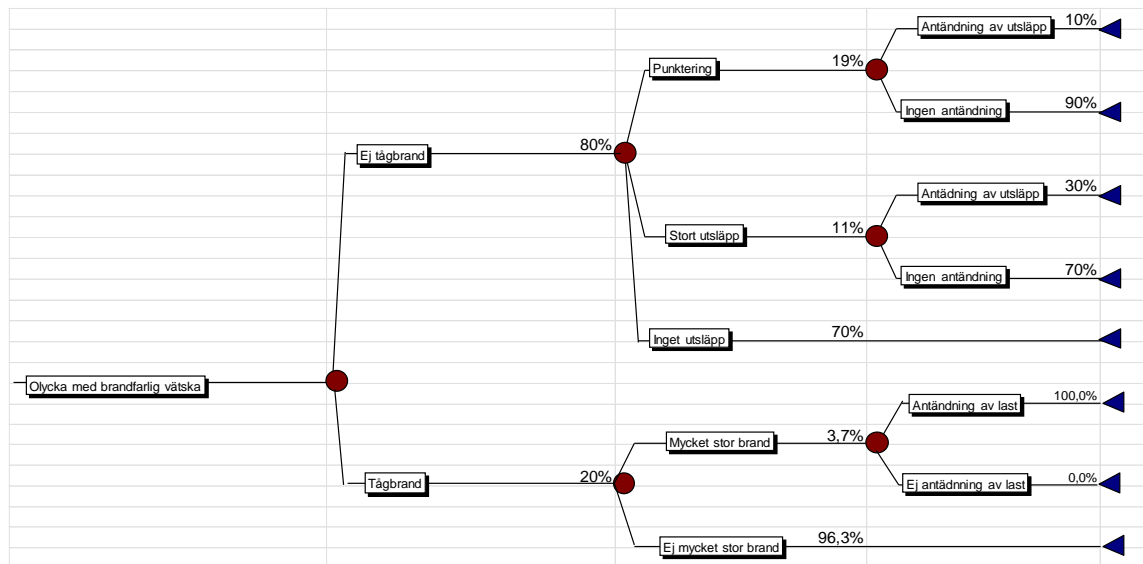
Utifrån beräkningarna i avsnitt 6.3 bedöms brand i godståg utgöra starthändelse till ca 20 % av samtliga järnvägsolyckor med farligt gods på den studerade sträckan.

Med hänsyn till gällande transport- och förpackningsregler 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.

Enligt tabell A.8 i avsnitt 6.2 är sannolikheten för mycket stor brand givet brand i godståg 3,7 %. Vid olycka i det fria bedöms sannolikheten för antändning av brandfarlig vätska givet mycket stor brand vara högst 30 %.

Om olyckan inträffar under mark kan släckinsatsen försvåras samtidigt som brandpåverkan på stora delar av godståget kan öka. Sannolikheten för antändning av brandfarlig vätska antas därför vara högre än om motsvarande olycka inträffar i det fria. Det antas konservativt att sannolikheten för antändning av brandfarlig vätska är 100 % givet mycket stor brand där vagn med RID-klass 3 är inblandad. I de fortsatta beräkningarna görs ett konservativt antagande att sannolikheten för antändning av brandfarlig vätska är 100 % oavsett var på sträckan som olyckan inträffar.

Figur A.7 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.14.



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

Tabell A.14. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska.

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2%
Järnvägsolycka med brandfarlig vätska (klass 3)	2,7E-05
Urspårning	2,2E-05
Tågbrand	5,0E-06
Liten pölbrand	4,0E-07
Stor pölbrand	7,3E-07
Godsvagnsbrand	2,0E-07

6.3.4 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

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

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

Enligt regelverket RID-S /16/ är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på järnväg. Andelen av de organiska peroxiderna på järnvägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid brand eller vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad. Utifrån den nationella statistiken från Trafikanalys utgör dock organiska peroxider en liten andel (< 5 %) av de totala transportmängderna av klass 5.

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

Enligt regelverket RID-S /16/ är det dock inte tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % av brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolekvivalent) utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen).

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

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. I utredningen ansätts samtliga klass 5-varor utgöras av ammoniumnitrat.

Sannolikhet för explosion p.g.a. urspårning:

Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras normalt i tunnväggiga tankar eller motsvarande förvaring. Den sammanvägda sannolikheten för utsläpp på den aktuella sträckan givet en urspårning är 30,0 %, se avsnitt 6.3.3.

Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska förorenas med tillräckligt mycket brännbart material att det bildas en omfattande blandning antas 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 antas att sannolikheten för förbränning av blandningen givet förorening och blandning vara högst 10 %.

Förbränningen antas kunna leda till explosionsartade brandförlopp alternativt till en kraftig brand där det utläckta godset fungerar brandunderstödjande. Sannolikheten för att förbränningen leder till explosionsartat brandförlopp uppskattas till högst 10 % och i övriga fall antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand.

Sannolikhet för explosion vid tågbrand:

Det finns detaljerade regler för hur oxiderande ämnen och organiska peroxider skall förpackas och hanteras vid transport /16/, vilket innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det detonerar.

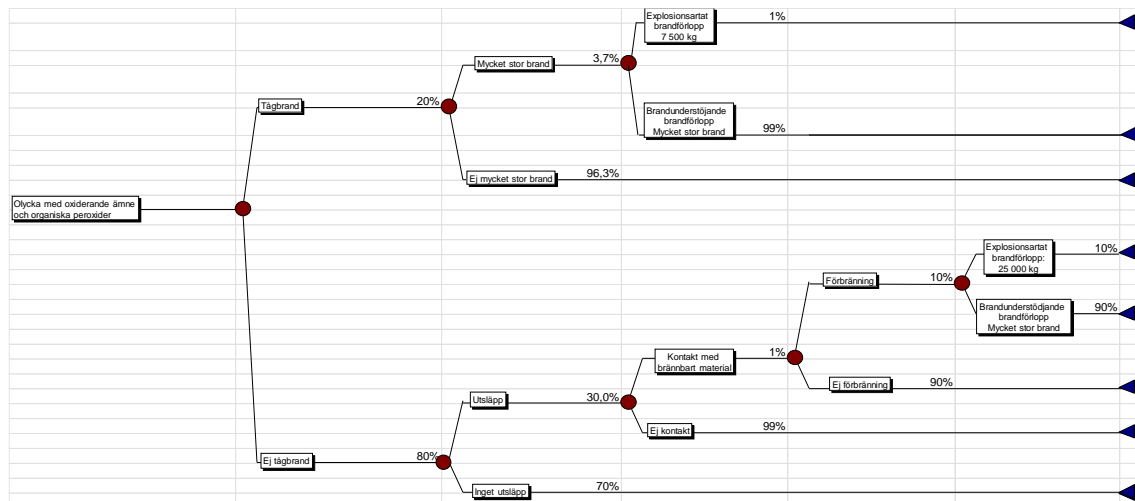
Sannolikheten för att en brand i godståg leder till upphettning av oxiderande ämne och i sin tur risk för ett explosionsartat brandförlopp antas på motsvarande sätt som sannolikheten för brandspridning till en vagn med brandfarlig vätska i avsnitt 6.3.3. Oxiderande ämnen förutsätts också transporteras i tunnväggig tankvagn, se ovan.

Utifrån beräkningarna i avsnitt 6.3 bedöms brand i godståg utgöra starthändelse till ca 20 % av samtliga järnvägsolyckor med farligt gods på den studerade sträckan.

Med hänsyn till gällande transport- och förpackningsregler 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 innebära extern upphettning av det oxiderande ämnet.

Utifrån beskrivningen ovan antas att 3,7 % av alla godstågsbränder där vagn med RID-klass 5 är inblandad leder till en så omfattande brand att lasten hettas upp, vilket kan leda till ett förvärrat brandförlopp. En olycka som inträffar under mark kan försvåra släckinsatsen samt öka brandpåverkan på stora delar av godståget, sannolikheten för upphettning av det oxiderande ämnet antas därför vara högre än om motsvarande olycka inträffar i det fria. Det antas konservativt att sannolikheten för upphettning av det oxiderande ämnet är 100 % givet mycket stor brand där vagn med RID-klass 5 är inblandad. I de fortsatta beräkningarna görs ett konservativt antagande att sannolikheten för upphettning av lasten är 100 % oavsett var på sträckan som olyckan inträffar. Med hänsyn till gällande regler så antas dock sannolikheten för att tågbränden och efterföljande upphettning av lasten leder till ett explosionsartat brandförlopp vara mycket låg, uppskattningsvis högst 1 %. I övriga fall där branden hettar upp lasten antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand.

Figur A.8 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av klass 5 som redovisar de förutsättningar som krävs för olika skadescenarier. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.15.



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

Tabell A.15. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2%
Järnvägsolycka med oxiderande ämne (klass 5)	1,0E-05
Järnvägsolycka utan brand	8,3E-06
Järnvägsolycka med brand	1,9E-06
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	7,6E-10
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	2,5E-10
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)	7,7E-08
- P.g.a. tågbrand	7,5E-08
- P.g.a. förorening av brännbart material	2,2E-09

7. Känslighetsanalys

7.1 Förändrad andel farligt gods

I beräkningarna avseende olycka med farligt gods används nationell statistik som utgångspunkt förutom när det gäller andelen farligt gods eftersom andelen enligt nationell statistik är betydligt högre än vad faktiska transportsiffror visar för Mäljarbanan.

För att belysa en eventuell ökning av andelen farligt gods görs beräkningar även av andelen farligt gods utifrån nationell statistik (5 %). Beräkningarna följer samma modell och metod som redovisas i denna bilaga.

En ökning av andelen farligt gods från 2 % till 5 % innebär en ökning av antalet transporter med farligt gods med ca 3 300 per år (från 2 190 till 5 528 farligt godsvagnar per år).

I tabell A.16 redovisas beräknade olycksfrekvenser för samtliga av studerade farligt godsklasser förutsatt en ökad andel farligt gods enligt ovan. Tabellen redovisar den sammanlagda frekvensen för farligt godsolycka till följd av urspärning och tågbrand.

Tabell A.16. Beräknad olycksfrekvens per farligt godsklass prognosår. Andel farligt gods 5 %.

Scenario	Andel	Frekvens per år
klass 1	0,1%	1,9E-07
Klass 2	29,4%	5,5E-05
klass 3	35,1%	6,6E-05
klass 4	2,6%	4,9E-06
klass 5	13,3%	2,5E-05
klass 6	1,7%	3,2E-06
klass 7	0,0%	1,4E-08
klass 8	17,6%	3,3E-05
klass 9	0,3%	5,5E-07
Totalt		1,9E-04

Resultatet av riskberäkningarna avseende en ökad andel farligt gods redovisas i bilaga C.

7.2 Förändrat antal godståg

Prognossiffrorna på Mäljarbanan motsvarar full kapacitet på banan. Trafikverket har därför i sin riskanalys även tittat på ett fall med 6 godståg per dygn istället för 10 (basprognos 2040) /6/. En analys görs därför av hur en sådan förändring påverkar risknivån även med aktuellt planförslag.

Beräkningarna är genomförda enligt samma metodik som i övrigt i denna bilaga. Ett minskat antal godstransporter (men med bibehållen andel farligt godsvagnar på ca 2 %) enligt ovan innebär att antalet transporter med farligt gods blir 1 314 per år (istället för 2 190). I tabell A.17 redovisas beräknade olycksfrekvenser för samtliga studerade farligt godsklasser förutsatt ett mindre godsflöde på Mäljarbanan enligt ovan. Tabellen redovisar den sammanlagda frekvensen för farligt godsolycka till följd av urspårning och tågbrand.

Tabell A.17. Beräknad olycksfrekvens per farligt godsklass prognosår. Minskat antal godståg.

	Andel	Frekvens per år
klass 1	0,1%	4,6E-08
Klass 2	29,4%	1,4E-05
klass 3	35,1%	1,6E-05
klass 4	2,6%	1,2E-06
klass 5	13,3%	6,1E-06
klass 6	1,7%	7,8E-07
klass 7	0,0%	3,5E-09
klass 8	17,6%	8,1E-06
klass 9	0,3%	1,3E-07
Totalt		4,6E-05

Resultatet av riskberäkningarna avseende ett minskat antal godstransporter redovisas i bilaga C.

7.3 Förändrade mängder explosivämnen (klass 1)

I avsnitt 6.3.1 görs ett grovt antagande av fördelningen mellan olika transportmängder med explosivämnen. Fördelningen utgör även indata till konsekvensberäkningarna eftersom de definierar vilka explosionslaster som studeras.

För att belysa hur fördelningen mellan olika transportmängder påverkar den beräknade risknivån inom aktuella områden så görs beräkningar även för andra fördelningar, bl.a. utifrån de referenser som använts som underlag till antagen fördelning (riskutredning järnvägsplanen Mäljarbanan sträckan Huvudsta – Duvbo /6/ respektive riskutredning Solna och Sundbybergs stad /18/). Att studera ännu mer konservativa fördelningar än vad som redovisas i /18/ bedöms inte vara rimligt kopplat till studerad statistik, vare sig lokal eller nationell.

Sammanlagt genomförs fyra känslighetsanalyser som beaktar förändrade förutsättningar avseende explosionsscenarioer. Dels de två enligt ovan som avser förändrad fördelning mellan transportmängder vilket påverkar frekvensberäkningarna och dels två som avser förändrade transportmängder/ explosionsscenarioer vilket påverkar konsekvensberäkningarna (se bilaga B).

I tabell A.18 redovisas beräknade olycksfrekvenser för aktuella skadescenarioer med explosivämnen beroende på fördelning.

Tabell A.18. Beräknad olycksfrekvens för skadescenarier med explosivämnen. Fördelning enligt /6/ och /18/.

Scenario	Frekvens (per år)		
	Fördelning enligt avsnitt 6.3.1	Del 1. Fördelning enligt /6/	Del 2. Fördelning enligt /18/
Järnvägsolycka med explosivämne (klass 1)	7,7E-08	7,7E-08	7,7E-08
Urspårning	6,2E-08	6,2E-08	6,2E-08
Tågbrand	1,4E-08	1,4E-08	1,4E-08
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)			
Liten massexplosion < 150 kg	5,7E-11	6,9E-11	0,0E+00
- P.g.a. starka påkänningar	4,5E-11	5,6E-11	0,0E+00
- P.g.a. tågbrand	1,1E-11	1,4E-11	0,0E+00
Medelstor massexplosion 500 kg	3,1E-11	0,0E+00	7,8E-11
- P.g.a. starka påkänningar	2,5E-11	0,0E+00	6,3E-11
- P.g.a. tågbrand	6,1E-12	0,0E+00	1,6E-11
Stor massexplosion 2 000 kg	5,2E-12	0,0E+00	1,3E-11
- P.g.a. starka påkänningar	4,2E-12	0,0E+00	1,1E-11
- P.g.a. tågbrand	1,0E-12	0,0E+00	2,7E-12
Maximal explosionslast 25 000 kg	1,9E-12	1,4E-12	4,6E-13
- P.g.a. starka påkänningar	1,5E-12	1,1E-12	3,7E-13
- P.g.a. tågbrand	3,8E-13	2,8E-13	9,2E-14

Resultatet av riskberäkningarna avseende en förändrad fördelning av transportmängder explosivämnen redovisas i bilaga C.

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn	Mälarbanan, överdäckning genom Solna		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum	
Ework Group	500654	2022-06-16	
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll	
Rosie Kvål	RKL 2022-06-16	EMM 2022-04-22	

1. Inledning

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

Olycka vid transport av farligt gods på *Frösundaleden*

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

Olycka vid transport av farligt gods på *Mälarbanan*

- Urspårning på Mälarbanan
- Brand i godståg på Mälarbanan
- 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)

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 respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk.

2. Förutsättningar

2.1 Allmänt om det studerade området

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

- Det område som kommer att studeras omfattar både områden med planerad ny bebyggelse samt kringliggande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för planförslaget samt nollalternativet som omfattar en utbyggnad av Mäljarbanan men utan planerad ny bebyggelse inom planområdet.
- Figur B.1 visar det aktuella området som studeras i denna riskutredning samt dess närmaste omgivning. I figuren är ungefärlig avgränsning av aktuellt planområde markerat med en tunn röd linje (se även figur 2.1 i huvudrapporten).
- Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka av Frösundaleden samt en sträcka av 1 km av Mäljarbanan. Med hänsyn till variationer i markanvändning och Mäljarbanans framtida utförande har den aktuella sträckan delats in i tre delområden.
 - Delområde Väst: Mäljarbanan i tråg
 - Delområde Mitt: Mäljarbanan i tunnel
 - Delområde Öst: Mäljarbanan i öppet läge

När det gäller delområde Öst omfattar detaljplanen exakt samma område som järnvägsplanen. Ingen förändrad markanvändning planeras således utanför Mäljarbanans område på den sträckan.

- 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 variationer i markanvändning och Mäljarbanans framtida utförande utmed den studerade sträckan så kommer konsekvensberäkningarna att utföras för två olycksplatser på Mäljarbanan, se markeringar i figur B.1. Det antas att skadescenarierna inträffar mitt på respektive delsträcka.

I figur B.1 redovisas valda platser för olycka på Frösundaleden respektive Mäljarbanan.

- Det område som beaktas i konsekvensberäkningarna motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier (ca 500 meter radie kring riskkällan med hänsyn tagen till att den avskärmande effekten av ny och befintlig bebyggelse m.m.).



Figur B.1. Översiktsbild över aktuellt planområde och dess omgivning.
Stjärnor visar antagna placeringar av respektive olycksplats vid studerade riskkällor (gul stjärna = olycksplats Mälarbanan, röd stjärna = olycksplats på Frösundaleden).

2.2 Övergripande beskrivning av markanvändning och höjdförutsättningar inom planområdet

I figur B.1 är aktuellt planområde markerat med blå linje (se även figur 2.1 i huvudrapporten). Som underlag till beräkningarna görs nedan en övergripande beskrivning av markanvändningen inom planområdet med, respektive utan, genomfört planförslag. I avsnitt 2.1 i huvudrapporten beskrivs planerad markanvändning. Inledningsvis beskrivs nollalternativet (d.v.s. befintliga förhållanden) för de aktuella områdena.

Nedan görs en övergripande beskrivning av höjdförhållanden mellan spår och omgivande markområden inom de tre delområdena.

Delområde Väst: spårområdet ligger idag i nivå med omgivande markområden. Utbyggnaden av Mälarbanan innebär att järnvägen läggs i tråg genom området.

Delområde Mitt: söder om järnvägen ligger marknivån i nivå med, eller lägre än, järnvägsanläggningen. Norr om järnvägen ligger omgivande markområden högre än järnvägen i den västra delen och lite lägre i den östra delen. Utbyggnaden av Mälarbanan innebär att järnvägen överdäckas genom merparten av området. Den östligaste delen av området kommer inte att överdäckas. I denna del planeras ingen ny bebyggelse. Planområdet omfattar i denna del enbart järnvägsområdet samt lite av den omgivande infrastrukturen.

Delområde Öst: i den östra delen ligger marknivån i samma nivå som spårområdet. I den västra delen ligger omgivande markområden högre än spåret på den norra sidan och lägre än samt över spårområdet på den södra sidan. Utbyggnaden av Mälarbanan påverkar inte spårområdets nivå i förhållande till omgivningen.

2.2.1 Nollalternativ

Det aktuella planområdet omfattar ytor både söder och norr om Mälarbanan samt öster och väster om Frösundaleden. I tabell B.1 görs en övergripande redovisning av befintlig bebyggelse inom planområdet. I tabellen redovisas även en grov uppskattning av ytor för olika verksamheter.

Tabell B.1. Befintlig bebyggelse inom planområdet för nollalternativet, dvs. utan genomfört planförslag.

	Delområde Väst	Delområde Mitt	Delområde Öst
Söder om Mälarbanan	Inga ytor tillhör planområdet söder om Mälarbanan.	Området inom Dp består idag av natur- och parkmark samt infrastruktur. Utomhus: ca 50 000 kvm	Dp omfattar enbart spårområdet på denna delsträcka.
Norr om Mälarbanan	Området består idag av infrastruktur och naturmark. Utomhus: 10 700 kvm	Området inom Dp består idag av natur- och parkmark samt infrastruktur. Utomhus: 25 000 kvm	Dp omfattar enbart spårområdet på denna delsträcka.
Väster om Frösundaleden	Inga ytor finns inom planområdet direkt väster om Frösundaleden.	-	-
Öster om Frösundaleden	-	Området inom Dp består idag av natur- och parkmark samt infrastruktur.	-

2.2.2 Planförslag

Planområdet omfattar en sträcka på ca 1 600 meter längs med Mälarbanan. Utmed merparten av sträckan, i den östra delen, omfattar detaljplanen endast spårområdet. I den västra delen omfattar planområdet huvudsakligen spårområdet samt en liten del norr om järnvägen vid Ekenbergsvägen. Mittensträckan omfattar omgivande markområden norr och söder om järnvägen. Området planeras att byggas ut med kontor, bostäder, en skola och servicefunktioner i form av handel etc.

Planförslaget redovisas i huvudrapporten samt i figur B.1.

Tabell B.2. Bebyggelse inom planområdet för planförslaget, dvs. med genomfört planförslag.

	Delområde Väst	Delområde Mitt	Delområde Öst
Söder om Mälarbanan	Kontor: 26 000 kvm Utomhus: 8 000 kvm	Ny bebyggelse består huvudsakligen av bostäder men även av kontor samt en förskola. Ett kontorskvarter planeras ovanför överdäckning (dock inte ovanpå). Kontor: 32 000 kvm Bostäder: 64 000 kvm Förskola: 120 barn (uppskattad yta 1 500 kvm) Utomhus: 41 000 kvm	Ingen ny bebyggelse
Norr om Mälarbanan	Kontor: 12 600 kvm Utomhus: 7 600 kvm	Blandning av kontor och bostäder samt en förskola. Ett kontorskvarter planeras ovanför överdäckning (dock inte ovanpå).	Ingen ny bebyggelse

	Delområde Väst	Delområde Mitt	Delområde Öst
		Kontor: 10 000 kvm Bostäder: 20 000 kvm Förskola: 1 300 kvm Utomhus: 16 000 kvm (inkl skolgård)	
Väster om Frösundaleden	-	-	-
Öster om Frösundaleden	-	Utgörs sammanslagning av beskrivning av bebyggelse söder och norr om Mälarbanan enligt ovan.	-

Förutsättningar utformning överdäckning

Delområde Mitt omfattar området mellan Frösundaleden och den framtida stationen i Huvudsta strax väster om Oskarsrogatan. Genom denna del kommer Mälarbanan att överdäckas genom nästan hela området. Endast den mest ostliga delen precis innan stationen planeras i ytläge.

Ingen ny bebyggelse planeras direkt ovanpå överdäckningen. Ovanpå överdäckningen planeras kommunikationsytor, lokal infrastruktur samt parkmark. Planförslaget innehåller dock en byggnadskropp som "hänger över" överdäckningen i anslutning till den östra mynningen. Byggnadskroppen ansluter till byggnader på respektive sida om överdäckningen och har således ingen direkt koppling till överdäckningens konstruktion. Den överhängande byggnadskroppen omfattar tre plan om totalt ca 1 800 kvadratmeter avsedda för bostäder eller kontor.

Överdäckningen kommer att dimensioneras och projekteras i enlighet med Trafikverkets kravdokument "Krav Tunnelbyggande" /1/, vilket bl.a. omfattar dimensionerande explosionslaster. En överdäcknings bärande huvudsystem av betong eller stål ska dimensioneras för en explosionslast motsvarande nedanstående där trycktidsförloppen ska förutsättas vara triangelformade.

Utdrag ur "Krav tunnelbyggande", avsnitt D.4.5. Explosion:

Tabell D.4-1 Dynamisk explosionslast

	Tryck (MPa)	Varaktighet (ms)
Jämnt fördelat tryck i trafikutrymme	0,1	50
Lokalt tryck på en yta med storleken 4 x 4 m i trafikutrymme	5	2
Jämnt fördelat tryck i utrymnings- och angreppsväg	0,05	50

/1/ Krav Tunnelbyggande, TDOK 2016:0231, Trafikverket, 2016-10-03, Version 1.0

Ovanstående dimensionerande explosionslaster omfattar en explosion med en relativt begränsad mängd. Eftersom överdäckningen ännu inte är projekterad finns ingen specificerad last framtagen i nuläget. Bedömningen i denna utredning utifrån erfarenhet från liknande projekt är att kravet motsvarar en last på ungefär 150 kg. Med hänsyn till osäkerheterna kring den exakta dimensioneringen och utformningen av överdäckningen bärande konstruktioner och dess skydd mot explosionslaster så kommer de fortsatta utredningarna att utgå från det konservativa antagandet att överdäckningen inte har någon avskärmande effekt vid explosion. Detta gäller samtliga studerade explosionsscenarioer, vilket är ett mycket konservativt antagande för liten massexlosion (< 150 kg) samt gasmolnsexlosion respektive BLEVE vid olycka med brännbar gas.

2.3 Kringliggande bebyggelse

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

I tabell B.3 redovisas en övergripande beskrivning av kringliggande bebyggelse utanför planområdet inom ca 500 meter från Mälarbanan respektive Frösundaleden.

Tabell B.3. Kringliggande bebyggelse **utanför planområdet**.

	Delområde Väst	Delområde Mitt	Delområde Öst
Söder om Mälarbanan	Närmast Mälarbanan ligger kontor. Bortanför dessa domineras markanvändningen av flerbostadshus i 3-5 våningar i huvudsak och allmän platsmark. Ungefär 25-30 % av markytan är bebyggd.	Området upptas till ca 20 % av bostäder samt en särskola F-gymnasiet. Övriga områden upptas av park- och naturmark samt infrastruktur.	Området upptas till ca 20 % av bostäder inkl ett äldreboende samt en kyrka. Övriga områden upptas av park- och naturmark samt infrastruktur.
Norr om Mälarbanan	Området norr om Mälarbanan upptas i huvudsak av kontor och verksamheter som upptar ca 50 % av markytan. Liten andel bostäder i den nordvästra delen.	Området upptas till ca 15 % av bostäder i huvudsak och en liten andel kontor och handel. Övriga områden upptas av park- och naturmark samt infrastruktur.	Området upptas till ca 15 % av bostäder samt en skola F-9. Övriga områden upptas av park- och naturmark samt infrastruktur.
Väster om Frösundaleden	Huvuddelen av markområdet upptas av kontor med ett mindre inslag av bostäder. Övriga ytor upptas av infrastruktur och naturmark.	-	-
Öster om Frösundaleden	-	Bostäder upptar ca 15-20 % av markytan. Övriga områden upptas av natur- och parkmark samt infrastruktur.	-

2.4 Tidpunkt för olycka

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

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

Det skulle kunna identifieras ett otal olika förutsättningar som i sin tur påverkar antalet personer som kan omkomma vid de studerade olycksriskerna. Med anledning av den varierande bebyggelsestrukturen och planerad markanvändning inom det studerade området beräknas konsekvenserna, enligt avsnitt 2.1, för tre olycksplatser på Mäljarbanan och en på Frösundaleden. Beräkningarna för respektive olycksplats avgränsas vidare till tre scenarier, nämligen:

Genomsnittligt normaldygn

- 1.1 Dagtid (kl 08-22) – ca 50 % beläggning inom bostadshus, handel m.m. inom planområdet och i omgivningen. 80 % beläggning i kontor. 100 % beläggning inom skolor och förskolor. Utomhus vistas uppskattningsvis 50 % jämfört med full beläggning.
- 1.2 Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse. 100 % beläggning inom bostadshus. 0 % inom övrig bebyggelse. Utomhus vistas högst 25 % jämfört med full beläggning.
- 1.3 "Fullsatt område" – Full beläggning inom all bebyggelse samt utomhus.

2.5 Persontäthet

För att kunna bedöma hur stort antal personer som befinner sig inom skadeområde för respektive skadescenario så görs grova uppskattningar av persontätheten dels inom det studerade planområdet och dels inom kringliggande bebyggelse.

För planförslaget uppskattas persontätheten inom planerad bebyggelse enligt följande:

1. Genomsnittlig persontäthet inom kontor vid full beläggning uppskattas grovt till ca 0,05 personer per m² BTA (1 person per 20 m²).
2. Genomsnittlig persontäthet inom flerbostadshus vid full beläggning uppskattas grovt till ca 0,025 personer per m² BTA (1 person per 40 m²).
3. Förväntade personantal utomhus utgår från antagandet att vid full beläggning så uppskattas upp emot 20 % vistas utomhus.

För nollalternativ och kringliggande bebyggelse uppskattas persontätheten inom det studerade området utifrån en genomsnittlig persontäthet inom Solna stad. Enligt uppgifter från SCB hade Solna år 2020 en befolkning på 83 162 personer /2/. Solna har en landareal på totalt ca 20 kvadratkilometer vilket ger en befolkningstäthet på 4 315 personer/kvadratkilometer, vilket motsvarar 1 person per ca 230 m². Vidare så finns det enligt uppgifter från kommunen ca 90 000 arbetsplatser i Solna /3/. Detta motsvarar ca 4 670 arbetsplatser/kvadratkilometer. Det bör dock observeras att det totala personantalet inte motsvarar befolkning + arbetsplatser eftersom en stor andel är sammanfallande, d.v.s. både bor och arbetar i Solna.

De studerade områdena kring aktuella planområdet består av blandad bebyggelse med framförallt kontor, bostäder och verksamheter. Generellt så ligger tonvikten på

/2/ Befolkningstäthet i Sverige, SCB Statistikmyndigheten, uppgifter hämtade 2022-02-11 – <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/befolkningstathet-i-sverige/>

/3/ Arbetsmarknaden i Solna, Solna stad, uppgifter hämtade 2022-02-11, <https://www.solna.se/naringsliv/arbetsmojligheter-i-solna/arbetsmarknaden-i-solna>

kontorsbebyggelse. Sammantaget görs bedömningen att aktuella områden är mer tätbebyggda än Solna i genomsnitt. Att uppskattade det förväntade personantalet inom områdena enbart utifrån den genomsnittliga befolkningstätheten bedöms därför riskera att underskatta personantalet och som följd även potentiella konsekvenser. I de fortsatta beräkningarna görs antagandet att persontätheten inom de studerade områdena kring planområdet har upp till tre gånger så hög persontäthet som genomsnittet inom kommunen. Detta antagande tar också höjd för en potentiell ökning av befolkningstätheten inom kommunen.

Vidare görs antagandet att motsvarande förutsättningar antas för planområdets nollalternativ.

2.6 Sammanställning

I tabell B.4 och B.5 redovisas en sammanställning över uppskattat personantal inom studerat möjligt skadeområde för nollalternativet och planförslaget. Sammanställning görs för olika tidpunkter på dygnet.

Tabell B.4. Uppskattat personantal inom studerat område (se figur B.1). Nollalternativ.

Verksamhet	Personantal		
	Dagtid	Nattetid	Fullsatt
Delområde Väst – inom planområdet			
Norr om Mäljarbanan			
• Inomhus	0	0	0
• Utomhus	9	5	18
Söder om Mäljarbanan			
• Inomhus	0	0	0
• Utomhus	16	8	31
Väster om Frösundaleden	ej aktuellt	ej aktuellt	ej aktuellt
Delområde Väst – utanför planområdet			
Norr om Mäljarbanan			
• Inomhus	2 014	319	2 636
• utomhus	330	165	659
Söder om Mäljarbanan			
• Inomhus	1 515	1 846	2 586
• Utomhus	323	162	646
Väster om Frösundaleden			
• Inomhus	1 778	1 301	2 710
• Utomhus	339	169	677
Delområde Mitt – inom planområdet			
Norr om Mäljarbanan			
• Inomhus	0	0	0
• Utomhus	18	9	35
Söder om Mäljarbanan			
• Inomhus	0	0	0
• Utomhus	45	23	90
Öster om Frösundaleden			
• Inomhus	0	0	0
• Utomhus	38	4	75
Delområde Mitt – utanför planområdet			
Norr om Mäljarbanan			
• Inomhus	1 323	2 451	2 572
• Utomhus	322	161	643

Verksamhet	Personantal		
	Dagtid	Natttid	Fullsatt
Söder om Mälarbanan			
• Inomhus	1 176	2 351	2 351
• Utomhus	294	161	588
Öster om Frösundaleden			
• Inomhus	1 107	2 213	2 213
• Utomhus	277	138	553
Delområde Öst – inom planområdet			
Norr om Mälarbanan			
• Inomhus	0	0	0
• Utomhus	0	0	0
Söder om Mälarbanan			
• Inomhus	0	0	0
• Utomhus	0	0	0
Delområde Öst – utanför planområdet			
Norr om Mälarbanan			
• Inomhus	1 286	2 572	2 572
• utomhus	339	169	677
Söder om Mälarbanan			
• Inomhus	1 176	2 351	2 351
• Utomhus	336	169	677

Tabell B.5. Uppskattat personantal inom studerat område (se figur B.1). Planförslag.

Verksamhet	Personantal		
	Dagtid	Natttid	Fullsatt
Delområde Väst – inom planområdet			
Norr om Mälarbanan			
• Inomhus	504	0	630
• Utomhus	22	11	43
Söder om Mälarbanan			
• Inomhus	1 040	0	1 300
• Utomhus	20	10	40
Väster om Frösundaleden	-	-	-
Delområde Väst – utanför planområdet			
Norr om Mälarbanan			
• Inomhus	2 014	319	2 636
• Utomhus	330	165	659
Söder om Mälarbanan			
• Inomhus	1 515	1 846	2 586
• Utomhus	323	162	646
Väster om Frösundaleden			
• Inomhus	1 778	1 301	2 710
• Utomhus	339	169	677
Delområde Mitt – inom planområdet			
Norr om Mälarbanan			
• Inomhus	635	500	981
• Utomhus	41	20	81

Verksamhet	Personantal		
	Dagtid	Nattetid	Fullsatt
Söder om Mälarbanan			
• Inomhus	2 074	1 605	3 195
• Utomhus	103	51	205
Öster om Frösundaleden			
• Inomhus	2 418	1 875	3 725
• Utomhus	140	14	280
Delområde Mitt – utanför planområdet			
Norr om Mälarbanan			
• Inomhus	1 323	2 451	2 572
• Utomhus	322	161	643
Söder om Mälarbanan			
• Inomhus	1 176	2 351	2 351
• Utomhus	294	161	588
Öster om Frösundaleden			
• Inomhus	1 107	2 213	2 213
• Utomhus	277	138	553
Delområde Öst – inom planområdet			
Norr om Mälarbanan			
• Inomhus	0	0	0
• Utomhus	0	0	0
Söder om Mälarbanan			
• Inomhus	0	0	0
• Utomhus	0	0	0
Delområde Öst – utanför planområdet			
Norr om Mälarbanan			
• Inomhus	1 286	2 572	2 572
• Utomhus	339	169	677
Söder om Mälarbanan			
• Inomhus	1 176	2 351	2 351
• Utomhus	336	169	677

3. Beräkning av skadeavstånd Frösundaleden

3.1 Klass 2.1 Brännbara Gaser

3.1.1 Metodik

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

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

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil med ca 25 ton tryckkondenserad gas respektive lastbil med gasflaskor (totalt 20 ton). Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol. I tabell B.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	Tankbil	Gasolflaska
Lagringstemperatur	15°C	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C	7 bar övertryck vid 15°C
Tankdiameter	2,0 m	0,3 m
Tanklängd	18 m	0,5 m
Tankfyllnadsgrad	80 %	80 %
Tankens tomma vikt	50 000 kg	10 kg
Designtryck	15 bar övertryck	10 bar övertryck
Bristningstryck	4 x designtrycket	4 x designtrycket
Lufttryck	760 mmHg	760 mmHg
Väder	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
Omgivning	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar /4/:

/4/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

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

Skadeområdena för jetflamma och 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.

3.1.2 Bedömningskriterier

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

Utomhus: I tabell B.7 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /6/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. Det uppskattas grovt att motsvarande för de som får 2a-3:e gradens brännskada är ca 50 % vid olycka med tankbil och 25 % vid olycka med gasflaskor.

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

3.1.3 Resultat

I tabell B.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.

Vid tät bebyggelsestruktur eller höga avskärmande barriärer så reduceras spridningen av gaser och det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att bebyggelsestrukturen inom det aktuella området medför att skadeavståndet reduceras med minst 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Gasol**. Inom kringliggande områden uppskattas bebyggelsestrukturen reducera tryck och impulstäthet med minst 50 %. Detta beaktas i de fortsatta konsekvensberäkningarna avseende skadeområden och uppskattat antal omkomna. I tabell B.6 redovisas därför även skadeavstånden vid framförliggande skyddande bebyggelse.

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

Skadesscenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse ca 50 % reduktion	
		bredd	längd	bredd	längd
Tankbil					
Liten jetflamma	5 % inomhus	6	5	6	< 5
	50 % utomhus	6	5	6	< 5
Liten gasmolnsexplosion	5 % inomhus	2	5	2	< 5
	50 % utomhus	2	5	2	< 5
Medelstor jetflamma	5 % inomhus	15	15	15	5-10
	50 % utomhus	15	15	15	5-10
Medelstor gasmolnsexplosion	5 % inomhus	50	70	50	20-35
	50 % utomhus	50	70	50	20-35
Stor jetflamma	5 % inomhus	60	55	60	15-30
	50 % utomhus	60	55	60	15-30
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus	215	185	215	45-90
	50 % utomhus	215	185	215	45-90
BLEVE	5 % inomhus	440	220	440	55-110
	50 % utomhus	440	220	440	55-110
Gasflaskor					
Liten jetflamma	5 % inomhus	24	24	24	5-15
	50 % utomhus	24	24	24	5-15
Liten gasmolnsexplosion	5 % inomhus	85	45	85	10-25
	50 % utomhus	85	45	85	10-25
Stor jetflamma	5 % inomhus	55	55	55	15-30
	50 % utomhus	55	55	55	15-30
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus	95	60	95	15-30
	50 % utomhus	95	60	95	15-30
Exploderande gasflaskor	5 % inomhus	30	15	30	5-10
	50 % utomhus	30	15	30	5-10

Beräknade skadeområden innebär att planerad ny bebyggelse och befintlig bebyggelse kan påverkas vid en olycka med brännbara gaser på Frösundaleden. Beräknat antal omkomna redovisas i avsnitt 5.

3.2 Klass 3. Brandfarliga vätskor

3.2.1 Metodik

För denna farligt godsklass utgörs skadescenarierna av att tanken skadas så allvarligt att vätska läcker ut och sedan antänds. Vid beräkning av konsekvensen av en farligt godsolycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Beroende på utsläppstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning.

Konsekvensberäkningar utförs för följande pölbrands scenarier:

- Liten pölbrand: 50 m²
- Medelstor pölbrand: 200 m²
- Stor pölbrand: 400 m²
- Tankbilsbrand ca 300 MW /5/ (antas grovt motsvara stor pölbrand, exkl. pölradiation)

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

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /6/.

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /7/: $H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D$

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 6$.

Utfallande strålning (I₀) – Den utfallande strålningen (kW/m²) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammans, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /8/:

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

Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.2). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.

/5/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

/6/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/7/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

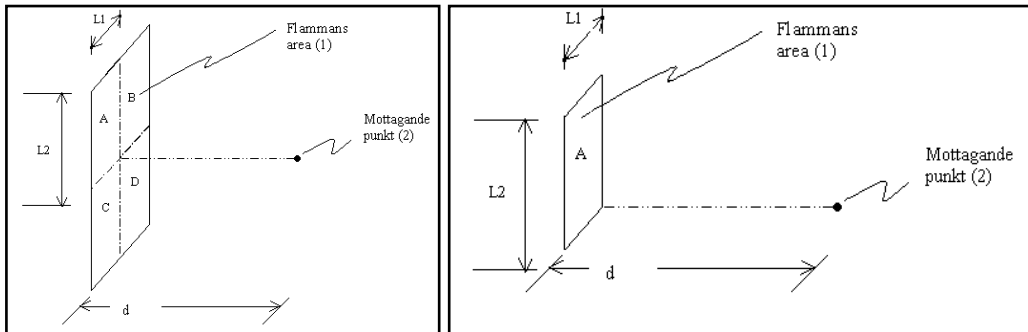
/8/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flaman och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /9/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

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

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

$\Theta_1 = \Theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.2.



Figur B.2. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /10/:

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

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

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

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden beräknats för de olika pölbrandscenarierna (se tabell B.8).

Tabell B.8. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flamhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta A_F (m^2)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D_f (m)	Flamhöjd H_f (m)	Utfallande strålning I_0 (kW/m^2)
Liten pölbrand	50	50 000	8,0	8,0	49,8
Medelstor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Stor pölbrand / Tankbilsbrand	400	400 000	22,6	22,6	37,7

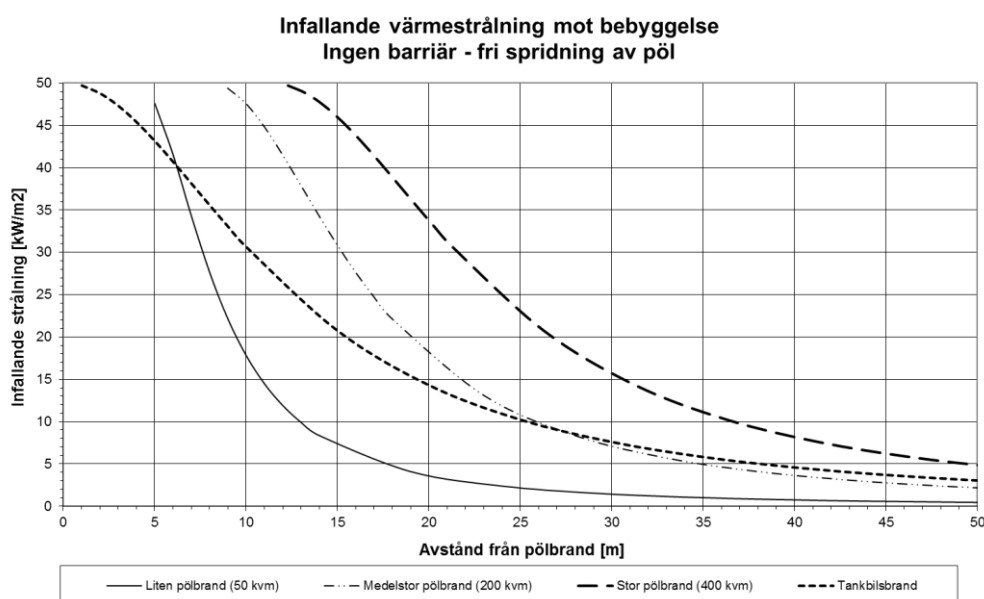
/9/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

/10/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.7 (cirkulär brand utan barriär). Strålningen har beräknats på halva flammans höjd.

Enligt tabell B.8 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större pölbränder. Soten och röken döljer själva flammen och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmestrålningen. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m^2 för samtliga brandscenarier.

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



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

3.2.2 Bedömningskriterier

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

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmestrålningen ansätts till 15 kW/m^2 om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /11/ 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 utvändigt brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring pölbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m^2 omkommer.

/11/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

En oskyddad person **utomhus** som upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan hen reagerar. Sannolikheten för att oskyddade personer utomhus omkommer bedöms utifrån uppgifter avseende effekten av olika strålningsnivåer beroende på varaktighet /4, 6/. Outhärdlig smärta kan uppnås vid mycket kortvarig bestrålning (< 5-10 sekunder) med strålningsnivåer över 20 kW/m². Vid bestrålning under 1 minut innebär denna strålningsnivå även mycket hög sannolikhet för andra gradens brännskada.

Nedan redovisas uppskattad andel omkomna beroende på strålningsnivå för personer som befinner sig utomhus:

10 kW/m²: < 5 % sannolikhet att omkomma

15-20 kW/m²: 50 % sannolikhet att omkomma

> 40 kW/m²: 100 % sannolikhet att omkomma

3.2.3 Resultat

I tabell B.9 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario utifrån figur B.3.

Tabell B.9. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

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

Beräknade skadeområden innebär att människor kan omkomma inom planområdet vid en olycka med brännbara vätskor på Frösundaleden. Beräknat antal omkomna redovisas i avsnitt 5.

4. Beräkning av skadeavstånd Mälarbanan

4.1 Allmänt

Skadeavstånden vid olycka är bland annat beroende av förekomsten eller avsaknad av barriäreffekter. Även bebyggelse fungerar dämpande på skadeutbredningen. Utmed den studerade sträckan finns i nuläget en naturlig höjdvariation inom området som innebär att järnvägen på vissa ställen ligger högre och vissa ställen lägre än omgivande områden.

Den planerade utbyggnaden av Mälarbanan innebär att hela delområde Väst förläggs i tråg flera meter lägre än omgivande markområden. Tråget innebär att ett urspårat tåg hindras att lämna spårområdet samt innebär även en viss dämpning av en del andra olyckor. Någon hänsyn till detta tas dock inte i beräkningarna.

Merparten av delområde Mitt kommer att däckas över vilket kommer innebära reduktion av skadeområden för vissa händelser men inte för andra. Omfattningen av barriäreffekten är beroende av bland annat överdäckningens konstruktionslösning. Enligt Trafikverkets riskutredning för järnvägsplanen för Mälarbanan **/Fel! Bokmärket är inte definierat./** räknar de med att överdäckningen inte har någon dämpande effekt på nedanstående olycksscenarier. Skadeutbredningen av en olycka under överdäckningen antas då vara likställd med olycka på markspår. Det bedöms vara ett konservativt antagande. För övriga olycksscenarier räknar Trafikverket inte med någon påverkan utanför överdäckningen vid en olycka.

- Större explosioner av klass 1.1, 5.1 och 5.2.
- BLEVE (klass 2.1)
- Stort läckage av giftig gas (klass 2.3)

4.2 Urspårning

4.2.1 Metodik

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

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

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

De ekvationer som används för beräkning av sannolikhet och frekvens som funktion av avståndet från järnvägen i bilaga A gäller för en obebyggd omgivning som ligger ungefär i samma nivå som järnvägen. Utmed den aktuella sträckan går järnvägen i nuläget i nivå med omgivningen i dagsläget, men järnvägen planeras att förläggas i tråg i samband med utbyggnaden till fyra spår.

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

Konsekvensberäkningarna omfattar följande skadescenarier:

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

4.2.2 Bedömningskriterier

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

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

Barriäreffekter

De skadeavstånden som redovisas i tabell B.10 förutsätter att det finns möjlighet för tåget att lämna spårområdet i samband med en urspårning. I nuläget ligger järnvägen lägre än omgivande områden utmed ca 15 % av den studerade sträckan. I resterande delar ligger järnvägen i nivå med, eller högre än, omgivande områden. I dessa delar kan ett urspårat tåg hamna utanför spårområdet. På de sträckor där järnvägen ligger lägre kommer ett urspårat tåg att hindras att nå omgivningen genom den naturliga höjdskillnaden.

Efter utbyggnaden av Mäljarbanan kommer det inte vara möjligt för ett tåg att lämna spårområdet där det planeras en tråglösning (delområde Väst) eller överdäckning (delområde Mitt). Den östligaste delen av delområde Mitt samt delområde Öst kommer inte att förändras avseende förhållandet till omgivningen. Utmed denna delsträcka ligger järnvägen lägre än omgivningen utmed ca 25-30 %. Utmed den sträckan planeras ingen ny bebyggelse eller förändring i omgivningen. Bebyggelse ligger som minst ca 40 meter från närmaste spår på den del av sträckan där järnvägen ligger i nivå med eller över omgivande markområden. Trafikverket har i sin riskutredning analyserat behovet av eventuellt urspårningsskydd och konstaterat att något sådant inte behövs inom delområde Öst med hänsyn till avståndet till befintlig bebyggelse och naturliga höjdskillnader.

4.2.3 Resultat

I tabell B.10 redovisas de maximala skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt bilaga A är dock sannolikheten för *dimensionerande scenario, max* givet en urspårning mycket låg. Enligt ovan uppskattas sannolikheten för *worst case scenario* givet en urspårning som en mycket låg andel av *dimensionerande scenario, max* (1% av frekvens för dim. scenario, max).

Tabell B.10. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid urspårning.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeområde (m)	
		Bredd (utmed riskkälla)	Längd (vinkelrätt riskkälla)
Urspårning persontåg, dim.scenario min			
Inomhus	50%	500	9
Utomhus	100%	500	9
Urspårning persontåg, dim.scenario max			
Inomhus	50%	500	18
Utomhus	100%	500	18
Urspårning persontåg, worst case scenario			
Inomhus	50%	500	30
Utomhus	100%	500	30
Urspårning godståg, dim.scenario min			
Inomhus	50%	320	8
Utomhus	100%	320	8
Urspårning godståg, dim.scenario max			
Inomhus	50%	320	16
Utomhus	100%	320	16
Urspårning godståg, worst case scenario			
Inomhus	50%	320	30
Utomhus	100%	320	30

Utifrån resultatet i tabell B.10 samt resonemanget ovan kring barriäreffekter konstateras att ingen skada på bebyggelse kan förväntas uppstå inom delområde Väst och Mitt efter planerad utbyggnad av Mäljarbanan.

4.3 Brand i godståg

4.3.1 Metodik

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

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

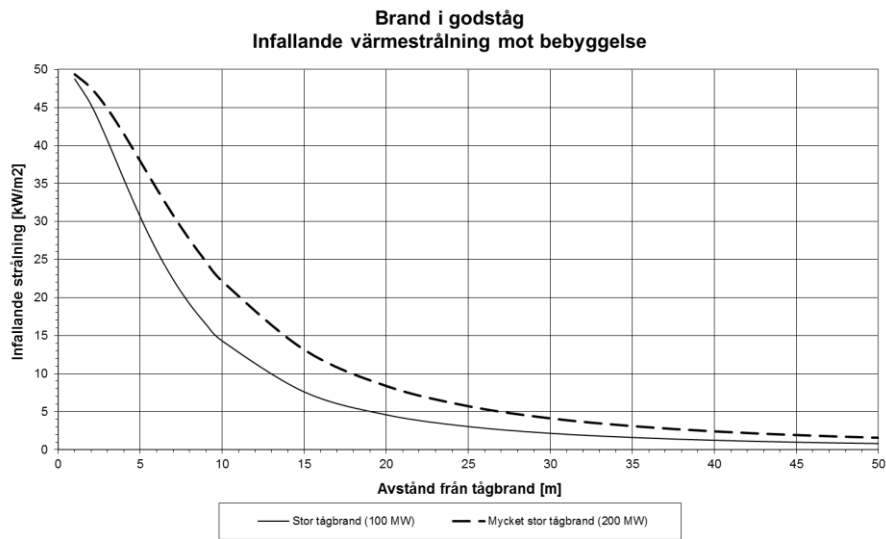
Beräkningarna av den infallande värmestrålningen som det analyserade området utsätts för i händelse av en olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar enligt beskrivning i avsnitt 3.2.1.

Utifrån beskriven metodik har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden för de olika scenarierna (se tabell B.11).

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

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

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.4. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. Enligt tabell B.11 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.4. Infällande strålning som funktion av avståndet från brand i godståg.

4.3.2 Bedömningskriterier

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

Barriäreffekter

De skadeområden som redovisas i tabell B.12 är beräknade utifrån att en olycka sker i det fria utan hinder/höjdskillnader. Vid en brand där järnvägen ligger lägre än omgivningen eller det finns andra barriärer (t.ex. bullervall) kommer skadeområdena bli något kortare med hänsyn till att höjdskillnaden ger en viss dämpande effekt. Detta gäller även vid brand i den tråglösning som planeras inom delområde Väst.

Vid en brand under överdäckningen kommer omgivningen inte påverkas annat än kring tunnelmynningar där framförallt rökgasspridningen kan komma att koncentreras. Överdäckningen kommer att utföras på sådant sätt att dess bärighet inte påverkas vid en brand på järnvägsanläggningen.

4.3.3 Resultat

I tabell B.12 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Tabell B.12. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid brand i godståg.

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

Beräknade skadeområden innebär att påverkan inom planområdet är mycket begränsad med hänsyn till avstånd till ytor för stadigvarande vistelse, höjdskillnader och överdäckning. Inom beräknade avstånd finns ingen ny bebyggelse som inte skyddas av överdäckningen.

4.4 Olycka med farligt gods

4.4.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Metodik

Allmänt:

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 det aktuella planområdet.

Konsekvensberäkningarna omfattade i samrådsversionen tre scenarier, dessa har nu utökats med ytterligare scenarier till följd av erhållna samrådssynpunkter enligt nedan. Scenarierna är inte baserade på vad som faktiskt transporteras på aktuell järnvägssträcka utan är en schematisk fördelning av möjliga (men inte nödvändigtvis troliga) scenarier. De aktuella scenarierna kommer dels att användas för riskberäkningarna avseende grundförutsättningarna som används i analysen och dels som underlag till känslighetsanalyser. Resultatet av samtliga beräkningarna samlas dock i detta avsnitt.

- < 150 kg ekvivalent TNT (trotyl)
- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl)
- 1 000 kg ekvivalent TNT (trotyl) – underlag till känslighetsanalys
- 2 000 kg ekvivalent TNT (trotyl)
- 5 000 kg ekvivalent TNT (trotyl) – underlag till känslighetsanalys
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl)

Skadeområden och konsekvenser av en explosion förväntas variera beroende på var utmed den studerade sträckan som olyckan inträffar med hänsyn till den planerade överdäckningen inom Delområde Mitt.

Explosion i det fria:

Konsekvensberäkningarna för massexlosion kommer att följa den metodik som redovisas i MSB:s rapport *Luftstöt våg /12/*. 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:

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

/12/ Luftstöt våg, Morgan Johansson (Reinertsen Sverige AB), MSB, senast reviderad 2012

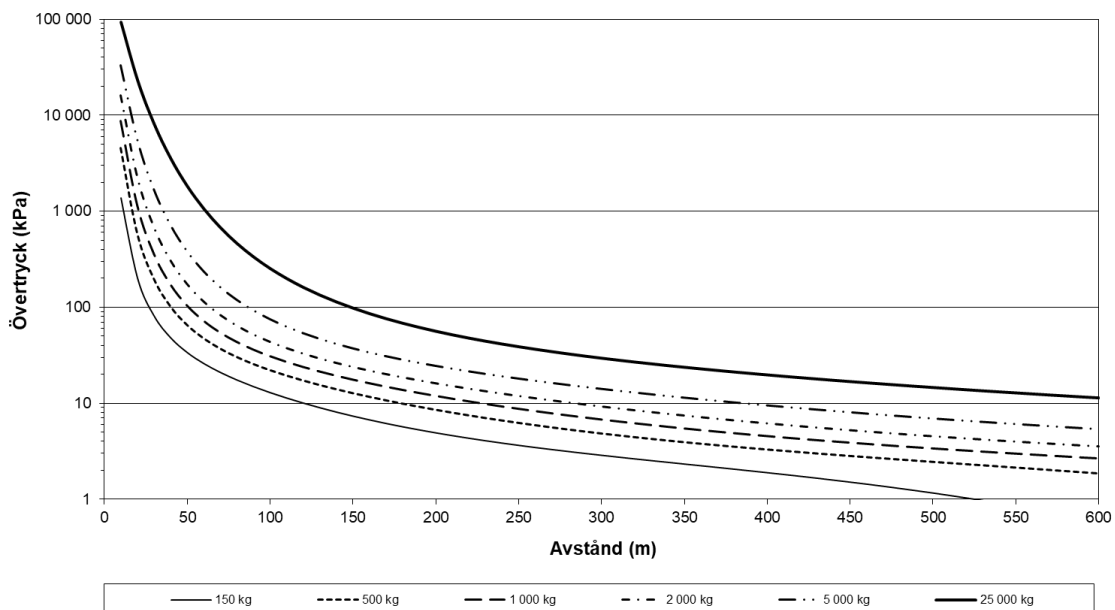
Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosions scenarierna. Övertryck och impulstäthet beräknas först för ett strykande infall. För bebyggelse beaktas dock att tryck och impulstäthet har ett vinkelrätt infall som medför en reflektion av trycket mot fasaden. Omvandlingen från strykande infall till vinkelrätt infall med hänsyn följer metodiken som beskrivs i /12/. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

I Figur B.5 och B.6 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosions scenario 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.

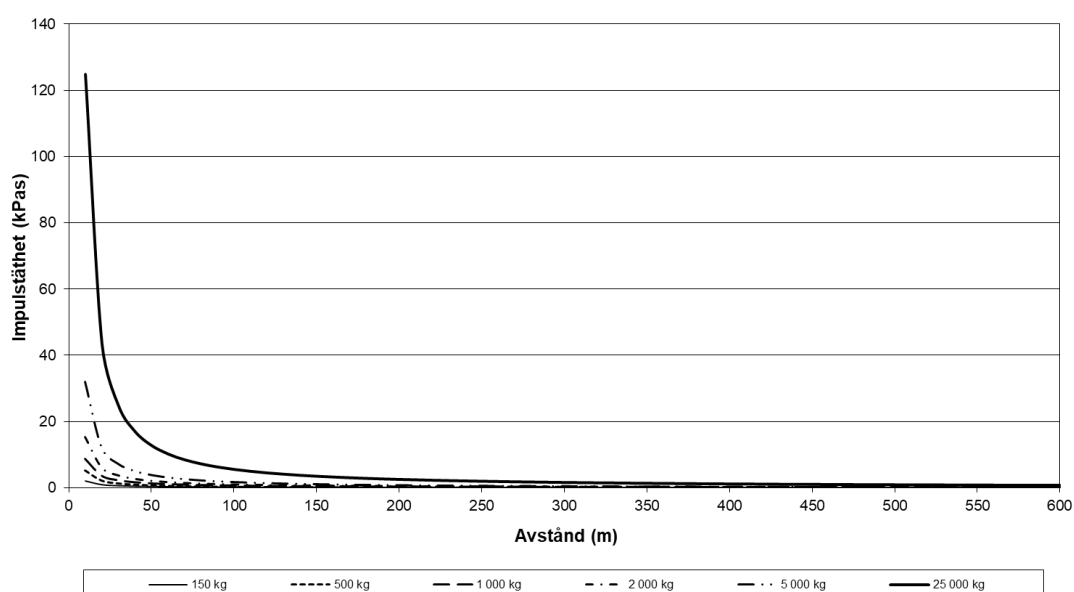
Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

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

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



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



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

Utifrån ovanstående kurvor för tryck och impulstäthet beräknas sedan det potentiella skadeavståndet för skador på olika byggnadsdelar som en funktion av avståndet från olycksplatsen.

Explosion under mark:

Vid explosion under överdäckningen kommer tryckutbredningen se annorlunda ut jämfört med en olycka som inträffar i det fria. Det är komplext att räkna på skadescenarier i ett inneslutet utrymme, och resultaten är bl.a. beroende av överdäckningens konstruktioner, längd, tunnelarea etc.

Skadeområden avseende skador på omgivningen vid explosion under mark kommer att bero på ytterligare faktorer än en explosion som inträffar i det fria. Överdäckningens konstruktioner kommer att påverka luftstötstågens utbredning positivt genom att absorbera stor del av energin. Samtidigt kan dock konstruktionerna, när de kollapsar, flyga iväg och leda till stora skador på omgivningen, i närområdet t.o.m. större skador än själva luftstötstågen.

I och med att explosionen i detta fall kommer att ske inuti tunneln, dvs. "under mark" skulle det eventuellt vara mer relevant att utgå från metodiken som redovisas i MSB:s rapport *Markstötståg* /13/. Detta då en markstötståg bildas av att jordmaterialet accelereras av en yttre last, exempelvis av en detonerad sprängladdning som är helt eller delvis begravn i jorden.

Eftersom explosionen kommer att inträffa i luften inne i tunneln så kommer dock den energi som överförs till marken och bildar markstötståg vara liten i förhållande till den energi som sprids via luften. Vid större explosioner kommer dessutom tunneltaket att gå sönder vilket medför att explosionslasten till stor del tar sig ut den vägen. Det bedöms därmed vara rimligt att utgå från metodiken som berör luftstötståg /12/ även vid explosioner under överdäckningen enligt den explosionsexpert som anlitas i projektet /14/.

/13/ Markstötståg, Leo Laine, MSB, senast reviderad 2020

/14/ Underlag från Morgan Johansson, explosionsexpert, Norconsult, 2022-04-07

Beräkningarna av tryck och impulstäthet för respektive explosionslast används som underlag för beräkning av explosionens påverkan på överdäckningens konstruktioner (väggar och tak).

Beräkning av skadeavstånd/-områden avseende skador på omgivningen runt överdäckningen utgår sedan från hur långt bort som raserade delar av tunneltak respektive tunnelväggar kan slungas. Skadeavståndet beror då på hur stor kvarvarande rörelseenergi från explosionen som återstår i tunneltak och -vägg efter att det brutits sönder. Denna rörelseenergi beräknas utifrån hur stor andel av den applicerade energin från explosionen mot tunneltaket som återstår när taket inte längre har någon bärförmåga. Utöver skador p.g.a. utkastat material från tunneltak och vägg så kommer det enligt ovan även fortsatt kvarstå en luftstötstång. Beräkningarna av skadeområden för denna parameter beräknas på motsvarande sätt som explosion i det fria enligt ovan. Magnituden hos luftstötstången kommer dock vara märkbart lägre än om motsvarande laddningsmängd inträffade i det fria. Det är svårt att bedöma hur mycket överdäckningen reducerar luftstötstången. Det görs dock en bedömning att lastreduktionen åtminstone motsvarar en situation där laddningsmängden minskat till omkring 50 %.

Bedömningskriterier

Explosion i det fria:

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_c) och impulstäthet (I_c) i förhållande till byggnadsdelarnas karakteristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.13 anges karakteristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärlighet /15/.

Tabell B.13. Karakteristiska tryck (P_c) respektive impuls (I_c) för olika byggnadsdelar.

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

De beräknade tryck och impulstätheter som redovisas i figur B.5 respektive figur B.6 (vinkelrätt tryckinfall) ställs upp i ekvationen som beskrivs i avsnitt Metodik mot karakteristiska tryck och impulstätheter enligt tabell B.13 för att beräkna skadeavståndet för aktuella byggnadsdelar. Resultatet redovisas för respektive explosionsscenario i tabell B.14-B.19 där röd markering innebär kollaps av byggnadsdel. Tabellerna utgår från byggnader som är helt oskyddade mot riskällan.

/15/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)

Tabell B.14. Beräknade tryck och impulstätheter vid explosion 150 kg ekv. trotyl som funktion av avstånd samt beräkning av $I_c/I_+ + P_c/P_+ \geq 1$ för

1. Bärande konstruktioner (motsvarande platsgjuten betong $P_c = 200$ kPa; $I_c = 2,5$ kPas) samt
2. Icke bärande konstruktioner (motsvarande lätta utfackningsväggar $P_c = 5$ kPa; $I_c = 0,5$ kPas).

Avstånd (meter)	Vinkelrätt infall (90°)		$I_c/I_+ + P_c/P_+ \geq 1$	
	Övertryck (kPa)	Impulstäthet (kPas)	1 Bärande konstruktioner	2 Icke bärande konstruktioner
10	1372,8	2,1	1,3	0,2
20	199,5	0,9	3,7	0,6
30	80,9	0,6	6,8	0,9
40	47,9	0,4	10,0	1,3
50	33,7	0,3	13,4	1,6
60	25,9	0,3	16,7	2,0
70	20,9	0,2	20,2	2,4
80	17,4	0,2	23,7	2,7
90	14,9	0,2	27,2	3,1
100	12,9	0,2	30,9	3,5
110	11,3	0,1	34,7	3,8
120	10,0	0,1	38,6	4,2
130	9,0	0,1	42,6	4,6
140	8,1	0,1	46,7	5,0
150	7,3	0,1	50,9	5,4

Tabell B.15. Beräknade tryck och impulstätheter vid explosion 500 kg ekv. trotyl som funktion av avstånd samt beräkning av $I_c/I_+ + P_c/P_+ \geq 1$ för

1. Bärande konstruktioner (motsvarande platsgjuten betong $P_c = 200$ kPa; $I_c = 2,5$ kPas) samt
2. Icke bärande konstruktioner (motsvarande lätta utfackningsväggar $P_c = 5$ kPa; $I_c = 0,5$ kPas).

Avstånd (meter)	Vinkelrätt infall (90°)		$I_c/I_+ + P_c/P_+ \geq 1$	
	Övertryck (kPa)	Impulstäthet (kPas)	1 Bärande konstruktioner	2 Icke bärande konstruktioner
10	4520,6	5,2	0,5	0,1
20	584,0	2,2	1,5	0,2
30	197,5	1,4	2,8	0,4
40	102,1	1,0	4,5	0,6
50	65,6	0,8	6,3	0,7
60	47,6	0,6	8,1	0,9
70	37,1	0,5	10,0	1,1
80	30,4	0,5	11,9	1,2
90	25,7	0,4	13,8	1,4
100	22,2	0,4	15,8	1,6
110	19,5	0,3	17,7	1,8
120	17,3	0,3	19,7	1,9
130	15,6	0,3	21,8	2,1
140	14,1	0,3	23,8	2,3
150	12,8	0,2	26,0	2,5

Tabell B.16. Beräknade tryck och impulstätheter vid explosion 1 000 kg ekv. trotyl som funktion av avstånd samt beräkning av $I_C/I_+ + P_C/P_+ \geq 1$ för

1. Bärande konstruktioner (motsvarande platsgjuten betong $P_C = 200$ kPa; $I_C = 2,5$ kPas) samt
2. Icke bärande konstruktioner (motsvarande lätta utfackningsväggar $P_C = 5$ kPa; $I_C = 0,5$ kPas).

Avstånd (meter)	Vinkelrätt infall (90°)		$I_C/I_+ + P_C/P_+ \geq 1$	
	Övertryck (kPa)	Impulstäthet (kPas)	1 Bärande konstruktioner	2 Icke bärande konstruktioner
10	8709,1	8,8	0,3	0,1
20	1145,8	3,6	0,9	0,1
30	359,4	2,2	1,7	0,2
40	172,1	1,6	2,7	0,3
50	103,8	1,3	3,9	0,4
60	71,9	1,0	5,2	0,6
70	54,2	0,9	6,6	0,7
80	43,3	0,8	7,9	0,8
90	36,0	0,7	9,3	0,9
100	30,8	0,6	10,7	1,0
110	26,8	0,5	12,1	1,1
120	23,8	0,5	13,5	1,2
130	21,3	0,5	14,9	1,3
140	19,2	0,4	16,4	1,5
150	17,5	0,4	17,9	1,6

Tabell B.17. Beräknade tryck och impulstätheter vid explosion 2 000 kg ekv. trotyl som funktion av avstånd samt beräkning av $I_C/I_+ + P_C/P_+ \geq 1$ för

1. Bärande konstruktioner (motsvarande platsgjuten betong $P_C = 200$ kPa; $I_C = 2,5$ kPas) samt
2. Icke bärande konstruktioner (motsvarande lätta utfackningsväggar $P_C = 5$ kPa; $I_C = 0,5$ kPas).

Avstånd (meter)	Vinkelrätt infall (90°)		$I_C/I_+ + P_C/P_+ \geq 1$	
	Övertryck (kPa)	Impulstäthet (kPas)	1 Bärande konstruktioner	2 Icke bärande konstruktioner
10	16057,8	15,2	0,2	0,0
20	2283,4	6,1	0,5	0,1
30	687,1	3,7	1,0	0,1
40	308,7	2,6	1,6	0,2
50	175,4	2,0	2,4	0,3
60	115,3	1,7	3,2	0,3
70	83,5	1,4	4,2	0,4
80	64,6	1,2	5,1	0,5
90	52,4	1,1	6,2	0,6
100	43,9	1,0	7,2	0,6
110	37,7	0,9	8,2	0,7
120	33,1	0,8	9,2	0,8
130	29,4	0,7	10,3	0,9
140	26,5	0,7	11,3	0,9
150	24,0	0,6	12,3	1,0

Tabell B.18. Beräknade tryck och impulstätheter vid explosion 5 000 kg ekv. trotyl som funktion av avstånd samt beräkning av $I_c/I_+ + P_c/P_+ \geq 1$ för

1. Bärande konstruktioner (motsvarande platsgjuten betong $P_c = 200$ kPa; $I_c = 2,5$ kPas) samt
2. Icke bärande konstruktioner (motsvarande lätta utfackningsväggar $P_c = 5$ kPa; $I_c = 0,5$ kPas).

Avstånd (meter)	Vinkelrätt infall (90°)		$I_c/I_+ + P_c/P_+ \geq 1$	
	Övertryck (kPa)	Impulstäthet (kPas)	1 Bärande konstruktioner	2 Icke bärande konstruktioner
10	33131,8	32,0	0,1	0,0
20	5604,8	12,2	0,2	0,0
30	1693,2	7,3	0,5	0,1
40	723,3	5,1	0,8	0,1
50	385,4	3,9	1,2	0,1
60	238,0	3,2	1,6	0,2
70	162,8	2,7	2,2	0,2
80	119,9	2,3	2,7	0,3
90	93,2	2,0	3,4	0,3
100	75,5	1,8	4,0	0,3
110	63,1	1,6	4,7	0,4
120	54,0	1,5	5,4	0,4
130	47,1	1,4	6,1	0,5
140	41,8	1,3	6,8	0,5
150	37,5	1,2	7,5	0,6
160	34,0	1,1	8,2	0,6
170	31,0	1,0	8,9	0,7
180	28,6	1,0	9,6	0,7
190	26,5	0,9	10,3	0,7
200	24,6	0,9	11,0	0,8
210	23,0	0,8	11,7	0,8
220	21,6	0,8	12,5	0,9
230	20,3	0,7	13,2	0,9
240	19,2	0,7	13,9	1,0
250	18,1	0,7	14,7	1,0

Tabell B.19. Beräknade tryck och impulstätheter vid explosion 25 000 kg ekv. trotyl som funktion av avstånd samt beräkning av $I_c/I_+ + P_c/P_+ \geq 1$ för

1. Bärande konstruktioner (motsvarande platsgjuten betong $P_c = 200$ kPa; $I_c = 2,5$ kPas) samt
2. Icke bärande konstruktioner (motsvarande lätta utfackningsväggar $P_c = 5$ kPa; $I_c = 0,5$ kPas).

Avstånd (meter)	Vinkelrätt infall (90°)		$I_c/I_+ + P_c/P_+ \geq 1$	
	Övertryck (kPa)	Impulstäthet (kPas)	1 Bärande konstruktioner	2 Icke bärande konstruktioner
10	93092,4	124,9	0,0	0,0
20	23142,3	43,7	0,1	0,0
30	8113,0	24,9	0,1	0,0
40	3552,1	17,1	0,2	0,0
50	1828,2	12,9	0,3	0,0
60	1061,9	10,3	0,4	0,1

70	676,5	8,5	0,6	0,1
80	463,0	7,3	0,8	0,1
90	335,4	6,4	1,0	0,1
100	254,2	5,6	1,2	0,1
150	98,3	3,6	2,7	0,2
200	56,5	2,6	4,5	0,3
250	39,0	2,1	6,3	0,4
300	29,6	1,7	8,2	0,5
350	23,8	1,4	10,1	0,6
400	19,9	1,2	12,1	0,7
450	16,9	1,1	14,1	0,7
500	14,7	1,0	16,2	0,8
550	12,9	0,9	18,3	0,9
600	11,4	0,8	20,5	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 upp till 100 % av personer som vistas inom totalkollapsade byggnadsdelar omkommer (motsvarande inom skadeavståndet där bärande konstruktioner kollapsar). Inom byggnadsdelar som endast rasar lokalt (motsvarande inom skadeavståndet där icke bärande konstruktioner kollapsar) 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 /16/:

- 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:

- 150 kg: 10 %
- 500 kg: 10 %
- 1 000 kg 25 %
- 2 000 kg 25 %
- 5 000 kg 50 %
- 25 000 kg: 100 %

/16/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

Explosion under mark:

Vid explosion under överdäckningen kommer tryckutbredningen se annorlunda ut jämfört med en olycka som inträffar i det fria. Själva inneslutningen ger en annan tryckuppbyggnad som kan innebära att kritiska trycknivåer uppstår inom ett större område än vid en explosion i det fria. Samtidigt så kan dock överdäckningens konstruktioner förväntas begränsa skadeområdet i det fria eftersom överdäckningen tar första smällen.

Enligt Trafikverkets riskutredning för Mäljarbanan /**Fel! Bokmärket är inte definierat.**/ anges att överdäckningens konstruktion inte bedöms medföra någon avskärmande effekt av skadeområdet för en stor olycka med klass 1.1. För maximal massexplosion (25 ton) bedöms detta vara ett konservativt, men ändå rimligt, antagande med hänsyn till gällande dimensioneringskrav för överdäckningen, se avsnitt 2.2.2. För en liten massexplosion (< 150 kg) bedöms antagandet vara mycket konservativt.

Enligt metodbeskrivningen ovan så beräknas skadeavstånd/-områden avseende skador på omgivningen runt överdäckningen utifrån hur långt bort som raserade delar av tunneltak respektive tunnelväggar kan slungas samt luftstövåg av en reducerad laddningsvikt i det fria.

Bedömningskriterier gällande sannolikheten att omkomma inom skadeområden för luftstövåg är samma som används vid explosion i det fria. Bedömningskriterier gällande sannolikheten att omkomma inom skadeområden för flygande tunnelkonstruktioner antas konservativt till 100 % både inomhus och utomhus för samtliga scenarier.

Skyddsfaktorer vid bebyggelse

Enligt tabell B.20 kan en maximal massexplosion innebära omfattande byggnadsskador på ett mycket stort avstånd från olycksplatsen. De tryck och impulstätheter som redovisas i figur B.5 och figur B.6 avser dock en punkt (byggnad eller människa) som är helt oskyddad mot riskkällan. Bebyggelsen i sig kommer att ha en avskärmande effekt som reducerar trycket mot bakomliggande byggnader, vilket begränsar sannolikheten för byggnadsskador relativt mycket.

För olycka med massexplosion beaktas en skyddsfaktor på motsvarande sätt som utförts i underlagsrapport till MKB för järnvägsplanen Mäljarbanan sträckan Huvudsta – Duvbo /**Fel! Bokmärket är inte definierat.**/. Det beräknade skadeavståndet för massexplosion delas in i zoner där skyddsfaktorn till följd av bebyggelse beror på avståndet till olycksplatsen.

Tabell B.20. Skyddsfaktor för massexplosion p.g.a. bebyggelse.

Avstånd	Zon	Skyddsfaktor massexplosion
< 100 m	Zon 1	0 %
100-300 m	Zon 2	50 %
> 300 m	Zon 3	75 %

För explosionslaster upp till 1 000 kg innebär zonindelningen enligt tabell B.20 ingen reducering av sannolikheten att omkomma med hänsyn till de relativt begränsade skadeavstånden både inomhus och utomhus.

För explosionslaster på 2 000 kg och uppåt innebär zonindelningen ingen reducering av sannolikheten att omkomma inom byggnadsdelar där bärande konstruktioner förväntas kollapsa eller sannolikheten att omkomma utomhus. För explosionslast 2 000 kg respektive 5 000 kg reduceras sannolikheten att omkomma inom skadeavståndet där icke bärande konstruktioner kan kollapsa baserat på skyddsfaktor för zon 2 enligt tabell B.20. För maximal explosionslast 25 000 kg delas det beräknade skadeavståndet där icke bärande konstruktioner in i två delar där sannolikheten att omkomma reduceras baserat på skyddsfaktorer för zon 2 och zon 3 enligt tabell B.20.

Resultat

Explosion i det fria:

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.21 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario tillsammans med en beskrivning av potentiella skyddsfaktorer som kopplas till skadeavstånden.

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

Tabell B.21. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen. **Explosion i det fria.**

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	Kommentar
< 150 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	10	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <u>inomhus</u>	40	Skyddsfaktor 0 %
	10 % <u>utomhus</u>	20	Skyddsfaktor 0 %
500 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	20	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <u>inomhus</u>	70	Skyddsfaktor 0 %
	10 % <u>utomhus</u>	20	Skyddsfaktor 0 %
1 000 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	25	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <u>inomhus</u>	100	Skyddsfaktor 0 %
	10 % <u>utomhus</u>	25	Skyddsfaktor 0 %
2 000 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	30	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <u>inomhus</u>	150	100-300 m: Skyddsfaktor 50 %
	10 % <u>utomhus</u>	30	Skyddsfaktor 0 %
5 000 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	50	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <u>inomhus</u>	240	100-300 m: Skyddsfaktor 50 %
	10 % <u>utomhus</u>	50	Skyddsfaktor 0 %
25 000 kg massexplosion	100 % <u>inomhus</u>	90	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <u>inomhus</u>	550	100-300 m: Skyddsfaktor 50 % > 300 m: Skyddsfaktor 75 %
	100 % <u>utomhus</u>	90	Skyddsfaktor 0 %

Beräknade skadeområden innebär att människor och byggnader både inom och utanför planområdet kan påverkas vid en olycka. Tråglösningen kan påverka utfallet av tryckutbredningen även vid explosion i det fria där trågets väggar tar upp stora delar av lasten vilket minskar den potentiella luftstöt vågen (se metodbeskrivningen för explosion i tunnel ovan). Med hänsyn till att det är komplext och omfattar ytterligare parametrar och antaganden att beräkna hur utbredningen påverkas av tråglösningen bedöms det vara lämpligt för konsekvensberäkningarna att utgå från de beräknade skadeområdena som används för öppen sträcka, vilket är det som redovisas i tabellen ovan.

Explosion under mark:

Utifrån beräkningar av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms omfattningen av skador på överdäckningens konstruktioner samt hur långt bort som raserade delar av tunneltak respektive tunnelväggar kan slungas. Dessutom beräknas skadeområdet kopplat till luftstöt våg motsvarande explosion i det fria med hänsyn till en reducerad laddningsvikt. Sammanvägningen av dessa parametrar har resulterat i skadeavstånd för respektive skadescenario.

I tabell B.22 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario tillsammans med en beskrivning av potentiella skyddsfaktorer som kopplas till skadeavstånden.

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

Beräkningarna utgår från en överdäckning med minst 0,5 m jordmassa ovanpå tunneltaket men ingen motfyllnad av tunnelväggarna för att inte underskatta skadescenariernas påverkan på tunnelkonstruktionerna samt skadeavstånden. Detta är ett konservativt antagande eftersom tunnelväggarna i princip kommer att vara helt motfyllda.

Underlag till beräkningarna för explosion under mark har erhållits från explosionsexpert Morgan Johansson som genomfört handberäkningar av aktuella laster utifrån givna förutsättningar /14/.

I de fall som skadeavståndet redovisas som intervall kopplat till avstånd från olycksplatsen i tunneln kommer skadeområdet i det fria att beräknas som en triangelformad yta.

Tabell B.22. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen. **Explosion i tunnel.**

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	Kommentar
< 150 kg massexplosion	Överdäckningen har tillräcklig kapacitet i tak och vägg för alla avstånd, d.v.s. skador utanför tunneln uppstår inte.		
	100 % inomhus	-	Skyddsfaktor 0 %
	15 % inomhus	-	Skyddsfaktor 0 %
	10 % utomhus	-	Skyddsfaktor 0 %
500 kg massexplosion	Med > 0,5 m jordmassa har överdäckningen tillräcklig kapacitet i tak för att takdelar ska flyga upp. Skador på tunneltaket kan inträffa längre från olycksplatsen p.g.a. lång tryckvaraktighet, där blir det dock snarare ras än att tunneltaket flyger upp i luften.		
	Inom ca 18 m från olycksplatsen (9 m i respektive riktning) kan skador på tunnelväggen uppstå. Utan motfyllnad kan delar av tunnelväggen slungas iväg 5-10 m inom 10 m från olycksplatsen (5 m i respektive riktning).		

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	Kommentar
	500 kg explosion i tunneln kan ge luftstötuvåg med skador på icke bärande konstruktioner upp till 50 m från olycksplats.		
	100 % <u>inomhus</u>	< 10 (tunnelkonstr.)	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <u>inomhus</u>	50 (luftstötuvåg)	Skyddsfaktor 0 %
	10 % <u>utomhus</u>	< 10 (tunnelkonstr.)	Skyddsfaktor 0 %
1 000 kg massexplosion	<p>Med > 0,5 m jordmassa kan tunneltaket inom ca 14 m från olycksplatsen (7 m i respektive riktning) flyga upp ca 1,4 m i luften. Skador på tunneltaket kan även inträffa längre från olycksplatsen p.g.a. lång varaktighet av tryckpåverkan, där blir det dock snarare ras än att tunneltaket flyger upp i luften.</p> <p>Inom ca 20 m från olycksplatsen (10 m i respektive riktning) kan skador på tunnelväggen uppstå. Utan motfyllnad kan delar av tunnelväggen slungas iväg 5-20 m inom 20 m från olycksplatsen (10 m i respektive riktning).</p> <p>1 000 kg explosion i tunneln kan ge luftstötuvåg med skador på icke bärande konstruktioner upp till 70 m från olycksplats.</p>		
	100 % <u>inomhus</u>	20 (tunnelkonstr.)	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <u>inomhus</u>	70 (luftstötuvåg)	Skyddsfaktor 0 %
	10 % <u>utomhus</u>	20 (tunnelkonstr.)	Skyddsfaktor 0 %
2 000 kg massexplosion	<p>Med > 0,5 m jordmassa kan tunneltaket inom ca 60 m från olycksplatsen (i respektive riktning) flyga upp ca 6 m i luften.</p> <p>Inom ca 30 m från olycksplatsen (i respektive riktning) kan skador på tunnelväggen uppstå. Utan motfyllnad kan delar av tunnelväggen slungas iväg 10-30 m inom 20 m från olycksplatsen (10 m i respektive riktning). > 20 m från explosionen välter endast tunnelväggen.</p> <p>2 000 kg explosion i tunneln kan ge luftstötuvåg med skador på icke bärande konstruktioner upp till 100 m från olycksplats.</p>		
	100 % <u>inomhus</u>	30 (tunnelkonstr.)	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <u>inomhus</u>	100 (luftstötuvåg)	Skyddsfaktor 0 %
	10 % <u>utomhus</u>	30 (tunnelkonstr.)	Skyddsfaktor 0 %
5 000 kg massexplosion	<p>Med > 0,5 m jordmassa kan tunneltaket inom ca 40 m från olycksplatsen (i respektive riktning) flyga upp ca 31 m i luften.</p> <p>Skador kan uppstå på tunnelväggen utmed hela överdäckningen. Utan motfyllnad kan delar av tunnelväggen slungas iväg 20-70 m inom 20 m från olycksplatsen (10 m i respektive riktning). > 50 m från explosionen välter endast tunnelväggen.</p> <p>5 000 kg explosion i tunneln kan ge luftstötuvåg med skador på icke bärande konstruktioner upp till 150 m från olycksplats.</p>		
	100 % <u>inomhus</u>	70 (tunnelkonstr.)	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <u>inomhus</u>	150 (luftstötuvåg)	<100 m: Skyddsfaktor 0 % 100-300 m: Skyddsfaktor 50 %
	10 % <u>utomhus</u>	70 (tunnelkonstr.)	Skyddsfaktor 0 %

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	Kommentar
25 000 kg massexlosion	<p>Med > 0,5 m jordmassa kan tunneltaket utmed hela överdäckningens längd raseras och stora delar av tunneltaket kommer att flyga upp i luften. Tunneltaket kan flyga upp till 526 m i luften.</p> <p>Skador kan uppstå på tunnelväggen utmed hela överdäckningen. Utan motfyllnad kan delar av tunnelväggen slungas iväg 75-300 m inom 20 m från olycksplatsen (10 m i respektive riktning). Det antas att > 50 m från explosionen välter endast tunnelväggen.</p> <p>25 000 kg explosion i tunneln kan ge luftstövåg med skador på icke bärande konstruktioner upp till 390 m från olycksplats.</p>		
	100 % <u>inomhus</u>	300 (tunnelkonstr.)	<100 m: Skyddsfaktor 0 % 100-300 m: Skyddsfaktor 50 %
	15 % <u>inomhus</u>	390 (luftstövåg)	> 300 m: Skyddsfaktor 75 %
	100 % <u>utomhus</u>	300 (tunnelkonstr.)	<100 m: Skyddsfaktor 0 % 100-300 m: Skyddsfaktor 50 %

4.4.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

Metodik

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

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

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. Utsläppssimuleringarna har utförts för järnvägsvagn (ca 40 ton gas). Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol.

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

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck vid 15°C
- Tankdiameter: 2,5 m
- Tanklängd: 19 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens tomma vikt: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4 x designtrycket
- Luftryck: 760 mmHg
- Väder: 15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnsexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar /4/:

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

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

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

Bedömningskriterier
Se avsnitt 3.1.2.

Vid olycka under överdäckningen: En olycka som sker under överdäckningen kommer att medföra en koncentration av skadeutbredningen kring tunnelmynningar. Omfattande olyckor kan även leda till skada på själva tunnelkonstruktionen. De tryck som uppstår till följd av gasmolnsexplosion är dock betydligt mindre än de som kan uppstå vid detonation av explosivämnen. Trafikverket anger i sin riskanalys **/Fel! Bokmärket är inte definierat./** att olycka som leder till BLEVE under överdäckningen kan likställas med att olyckan sker på markspår, dvs. att ingen dämpande effekt erhålls av överdäckningen. Övriga scenarier anger Trafikverket inte får några konsekvenser utanför överdäckningen.

Resultat

I tabell B.23 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

Beräkningarna i **Gasol** utgår från fri spridning av gas och tar ingen hänsyn till framförliggande objekt och avskärmningar som kan reducera jetflammans längd, spridningen av gasmoln respektive BLEVE m.m. vilket i sin tur reducerar skadeavstånden.

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

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

Tabell B.23. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Liten jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	6	5	6	5
Liten gasmolnsexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	2	5	2	5
Stor jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	50	45	50	25
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	165	145	165	75
BLEVE	5 % inomhus 50 % utomhus	530	265	530	135

För människor som vistas utmed överdäckningen förväntas inga skador uppstå. För övriga delar förutsätts spridning i det fria liknande det som redovisas i tabell B.23. Tryckpåverkan för BLEVE motsvarar explosion < 150 kg vilket innebär att ingen påverkan på tunnelkonstruktioner bedöms uppstå. Skador kan uppstå kring tunnelmynningar p.g.a. eldklotets spridning. Skadeavstånd antas reduceras med minst faktor 50 %.

4.4.3 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 att ventilationsintagen är placerade ca 3 meter över järnvägen.

Bedömningskriterier

Vid simulering av gasutsläpp med **Spridning i Luft 1.2** erhålls spridningskurvor samt uppskattningar på hur stor andel av befolkningen i området som förväntas omkomma beroende på avståndet till utsläppskällan. Andelen avtar med avståndet både i längd samt vinkelrätt mot utsläppets riktning. Observera att eftersom skadeområdena för respektive skadeområde är plymformade och beroende av vindriktningen så bedöms scenarierna endast medföra konsekvenser på en sida av järnvägen.

Vid olycka under överdäckningen: En olycka som sker under överdäckningen kommer att medföra en ökad skadeutbredning kring tunnelmynningar. Påverkan mot områden utmed själva överdäckningen blir dock obefintlig. Trafikverket anger i sin riskanalys **/Fel! Bokmärket är inte definierat./** att olycka med giftiga gaser bedöms medföra konsekvenser kring tunnelmynningar samt att tunnelkonstruktionen dämpar påverkan mot omgivningen. De har dock förutsatt att olycka som leder till stort läckage av giftig gas får en skadeutbredning som kan likställas med olycka på markförlagda spår. För ett litet utsläpp anges att ingen skadeutbredning förväntas.

Resultat

I tabell B.24 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt ovan utgår beräkningarna i **Spridning i Luft 1.2** från bebyggelse med avseende på ytråheten (d.v.s. möjligheten för gasmolnet att spridas). Beräkningarna avser relativt fri spridning av gas som inte tar någon hänsyn till framföriggande objekt och avskärmningar som kan reducera spridningen av gasmoln vilket i sin tur reducerar skadeavstånden.

Föreslagen bebyggelsestruktur med en kraftigt förtätning av bebyggelsen i direkt anslutning till riskkällan bedöms ha en avskärmande effekt som reducerar skadeavståndet (längden) för respektive scenario, åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Spridning i Luft 1.2**. I tabellen redovisas därför även skadeavstånden vid framföriggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs inget reducering.

Tabell B.24. 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

En grov uppskattning är att ett stort läckage kan spridas kring tunnelmynningen med halva det angivna skadeområdet jämfört med olycka på öppet spår (se tabell B.24).

4.4.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

Metodik

För denna farligt godsklass utgörs skadescenarierna av att tanken skadas så allvarligt att vätska läcker ut och sedan antänds. Vid beräkning av konsekvensen av en farligt godsolycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Beroende på utsläppstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning.

Utformningen av spårområdet med makadam och dränering innebär att spridningen av ett vätskeutsläpp på järnvägen bedöms bli relativt begränsat, även vid ett stort utsläpp, eftersom underlagets genomsläpplighet är god. I försök har det även påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av underlagets utformning och lutningar /17/. Det krävs relativt små lutningar för att vätska ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m.

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

Konsekvensberäkningar utförs för följande skadescenarier:

- Liten pölbrand: 100 m²
- Stor pölbrand: 200 m²
- Godsvagnsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW (effekten motsvarar det värde som anges i /5/ för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

Beräkningsmetodiken följer den som redovisas i avsnitt 4.3.1. Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.25).

Tabell B.25. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

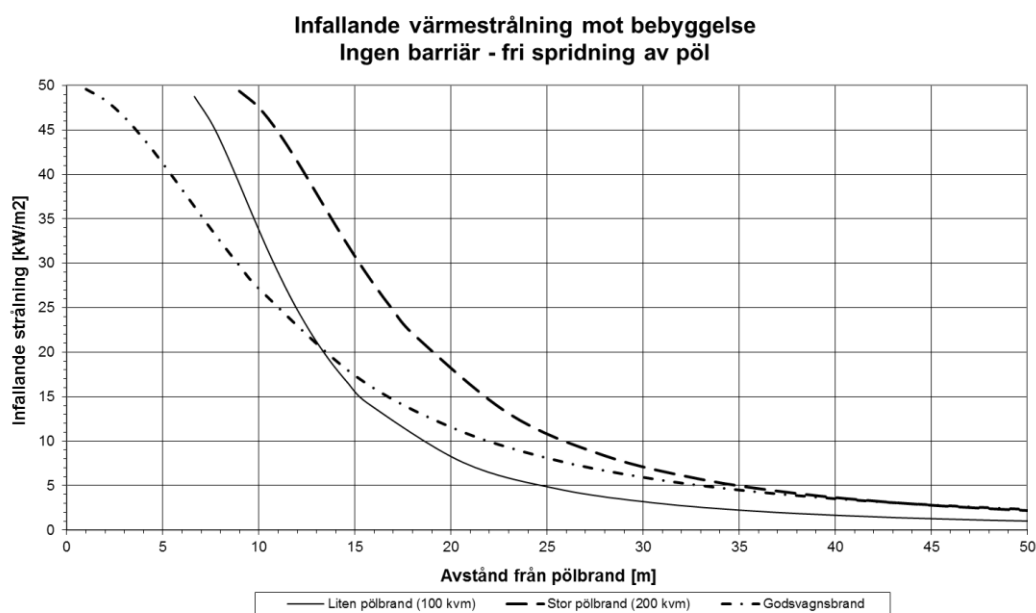
Scenario	Brinnande yta A _F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D _f (m)	Flammhöjd H _f (m)	Utfallande strålning I ₀ (kW/m ²)
Liten pölbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Stor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Godsvagnsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.7. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I diagrammen beaktas även pölarnas radie (ej för scenariot godsvagnsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.

Enligt tabell B.25 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna

/17/ Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensen i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998

att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m^2 för samtliga brandscenarier.



Figur B.7. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand inkl. pölradie.

Bedömningskriterier
Se avsnitt 3.2.2.

Resultat

I tabell B.26 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario utifrån figur B.7 ovan.

Tabell B.26. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

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

Beräknade skadeområden innebär att påverkan inom planområdet är mycket begränsad med hänsyn till avstånd till ytor för stadigvarande vistelse, höjdskillnader och överdäckning. Inom beräknade avstånd finns ingen ny bebyggelse som inte skyddas av överdäckningen.

4.4.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Metodik

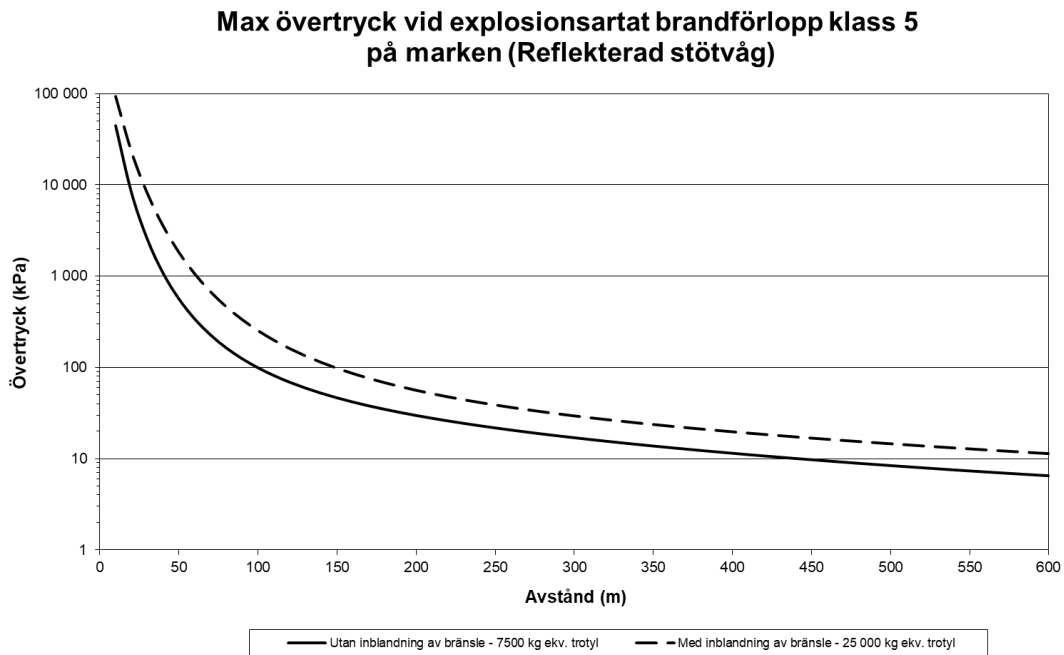
En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till Olyckor med oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Om det blir involverat i en brand kommer dock brandens intensitet att öka. Vissa oxiderande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

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

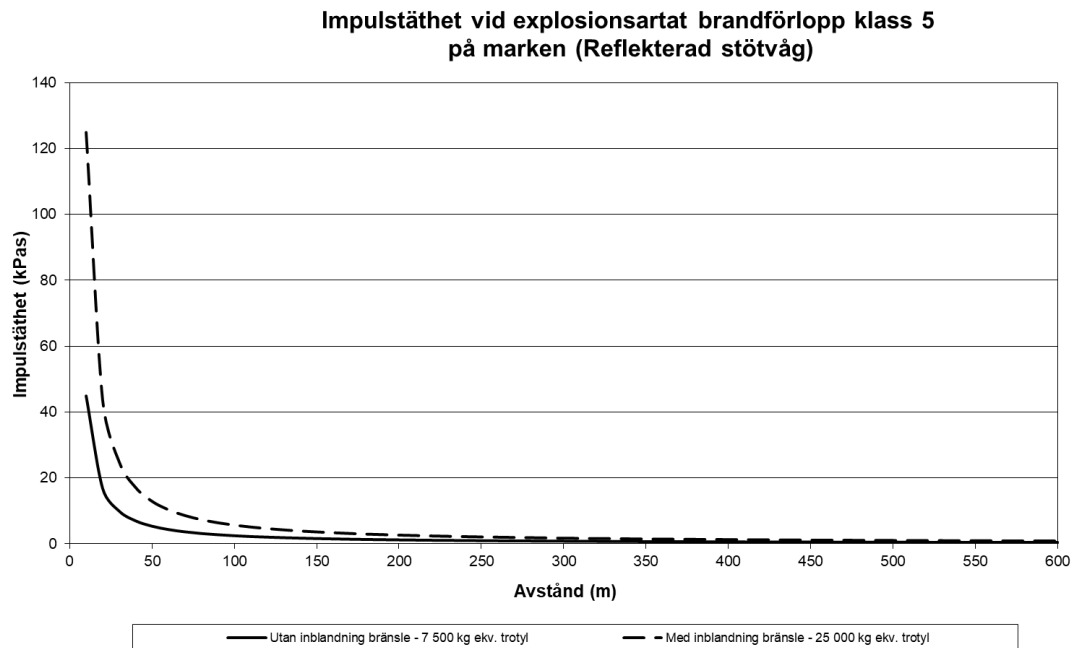
- Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarar 30 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarar 100 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Brandunderstöjdande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med brandfarlig vätska, se avsnitt 3.3.4)

Konsekvensberäkningarna avseende explosionsartade brandförlopp följer den metodik som beskrivs i avsnitt 4.4.1.

I figur B.8 och figur B.9 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.



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.

Konsekvensberäkningarna för brandunderstödjande brandförlopp följer den metodik som redovisas i avsnitt 4.2 samt avsnitt 4.3.4. Aktuellt scenario med brandunderstödjande brandförlopp antas motsvara en godsvagnsbrand med brandfarlig vätska (se figur B.7).

Bedömningskriterier

Se avsnitt 4.2 respektive avsnitt 4.4.1.

Skyddsfaktorer vid bebyggelse
Se avsnitt 4.4.1.

Resultat

I tabell B.27 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario med ämne ur klass 5.

Tabell B.27. Beräknade skadeområden, för olycka vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	Kommentar
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	100 % <i>inomhus</i>	60	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <i>inomhus</i>	300	100-300 m: Skyddsfaktor 50 %
	50 % <i>utomhus</i>	75	Skyddsfaktor 0 %
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	100 % <i>inomhus</i>	90	Skyddsfaktor 0 %
	15 % <i>inomhus</i>	550	100-300 m: Skyddsfaktor 50 % > 300 m: Skyddsfaktor 75 %
	50 % <i>utomhus</i>	90	Skyddsfaktor 0 %
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	5% <i>inomhus</i>	17	
	100% <i>utomhus</i>	7	
	50% <i>utomhus</i>	17	
	5% <i>utomhus</i>	22	

5. Beräkning av antal omkomna

5.1 Resultat

I nedanstående tabeller redovisas uppskattat antal omkomna utifrån förutsättningarna i avsnitt 2 samt beräknade skadeavstånd enligt avsnitt 3 inom det studerade exploateringsområdet vid olycka på Mälarbanan respektive Frösundaleden.

Beräkningen av antalet omkomna utgår från en beräkning av hur stor andel som skadeområdet för respektive skadescenario utgör av det totala studerade området. Denna andel multipliceras sedan med det förväntade personantalet inom området, samt sannolikheten att omkomma, för att på så sätt få ut förväntat antal omkomna. Beräkningarna delas upp i konsekvenser inom planområdet respektive inom kringliggande områden.

Skadeområdena har beräknats med hänsyn tagen till planerade minsta avstånd mellan spår och bebyggelse respektive obebyggda ytor där personer förväntas kunna vistas.

Enligt avsnitt 2 så utförs konsekvensberäkningarna utifrån förutsättningen där de innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet.

5.1.1 Olycka på Frösundaleden

Tabell B.28. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka med farligt gods på **Frösundaleden**.

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 2.1 Brännbar gas Tankbil						
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
Medelstor 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
Medelstor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	3	1	4	0	0	0
Normaldygn - natt	2	0	2	0	0	0
Fullsatt område	4	3	7	0	0	0
Stor jetflamma						
Normaldygn - dag	2	1	2	0	0	0
Normaldygn - natt	1	0	1	0	0	0
Fullsatt område	2	2	4	0	0	0
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	53	29	81	0	0	0
Normaldygn - natt	32	3	35	0	0	0
Fullsatt område	78	57	135	0	0	0
BLEVE						
Normaldygn - dag	79	91	170	35	68	103
Normaldygn - natt	53	36	89	26	33	59
Fullsatt område	118	182	300	54	135	189
Klass 2.1 Brännbar gas Flaskor						
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	1	1	0	1	1
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	1	1

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Stor jetflamma						
Normaldygn - dag	0	2	2	0	1	1
Normaldygn - natt	0	1	1	0	0	0
Fullsatt område	0	4	4	0	2	2
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	0	5	5	0	3	3
Normaldygn - natt	0	2	2	0	1	1
Fullsatt område	0	8	8	0	4	4
Exploderande gasflaskor						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
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	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
Tankbilsbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0

5.1.2 Olycka på Mäljarbanan

Delområde Väst

Tabell B.29. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka med farligt gods på Mäljarbanan.

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			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	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, worst case scenario						
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 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
Urspårning godståg, worst case scenario						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
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

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
3. Olycka vid transport av farligt gods						
Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen						
< 150 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	9	0	9	1	0	1
Normaldygn - natt	0	0	0	1	0	1
Fullsatt område	11	0	11	2	0	2
500 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	45	0	45	7	0	7
Normaldygn - natt	0	0	0	1	0	1
Fullsatt område	56	0	56	9	0	9
1 000 kg masseexplosion (känslighetsanalys)						
Normaldygn - dag	104	1	105	16	1	17
Normaldygn - natt	1	1	2	3	1	4
Fullsatt område	130	1	131	21	1	22
2 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	108	1	109	19	1	20
Normaldygn - natt	2	1	3	4	1	5
Fullsatt område	136	1	137	24	1	25
5 000 kg masseexplosion (känslighetsanalys)						
Normaldygn - dag	270	2	272	69	1	70
Normaldygn - natt	31	1	32	36	1	37
Fullsatt område	362	3	365	112	2	114
25 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	884	25	909	323	16	339
Normaldygn - natt	125	13	138	155	8	163
Fullsatt område	1151	50	1201	461	32	493
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
Stor jetflamma						
Normaldygn - dag	7	3	9	1	2	3
Normaldygn - natt	0	1	1	0	1	1

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Fullsatt område	8	6	14	1	4	5
Stor gasmolnexplosion						
Normaldygn - dag	32	23	55		11	19
Normaldygn - natt	1	11	12		2	9
Fullsatt område	41	45	86		15	38
BLEVE						
Normaldygn - dag	67	38	105		20	29
Normaldygn - natt	4	19	23		8	15
Fullsatt område	85	76	161		28	59
Klass 2.3 Giftig gas						
Litet utsläpp						
Normaldygn - dag	0	1	1		0	0
Normaldygn - natt	0	0	0		0	0
Fullsatt område	0	1	1		0	1
Stort utsläpp						
Normaldygn - dag	322	70	392		96	63
Normaldygn - natt	8	35	43		15	31
Fullsatt område	405	141	546		125	126
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	1	0	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	1	1	1	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
Klass 5 Oxiderande ämnen						
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)						
Normaldygn - dag	380	2	382	128	1	129
Normaldygn - natt	42	1	43	57	1	58

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
<i>Fullsatt område</i>	490	4	494	181	2	183
Explosionsartad brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)						
<i>Normaldygn - dag</i>	884	25	909	323	17	340
<i>Normaldygn - natt</i>	125	13	138	155	9	164
<i>Fullsatt område</i>	1151	50	1201	461	33	494
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)						
<i>Normaldygn - dag</i>	0	1	1	0	1	1
<i>Normaldygn - natt</i>	0	1	1	0	1	1
<i>Fullsatt område</i>	0	1	1	0	0	0

Delområde Mitt

Tabell B.30. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka med farligt gods på Mäljarbanan.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspärning						
Urspärning persontåg, dim.scenario min						
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0	0	0	0
Urspärning persontåg, dim.scenario max						
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0	0	0	0
Urspärning persontåg, worst case scenario						
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0	0	0	0
Urspärning godståg, dim.scenario min						
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0	0	0	0
Urspärning godståg, dim.scenario max						
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0	0	0	0
Urspärning godståg, worst case scenario						

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
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						
< 150 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
500 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	11	1	12	1	0	1
Normaldygn - natt	9	1	10	1	0	1
Fullsatt område	17	1	18	1	0	1
1 000 kg masseexplosion (känslighetsanalys)						
Normaldygn - dag	26	1	27	2	0	2
Normaldygn - natt	20	1	21	4	0	4
Fullsatt område	40	1	41	4	0	4
2 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	65	1	66	7	0	7
Normaldygn - natt	51	1	52	12	0	12
Fullsatt område	100	1	101	13	0	13
5 000 kg masseexplosion (känslighetsanalys)						
Normaldygn - dag	135	1	136	24	0	24
Normaldygn - natt	105	1	106	45	0	45
Fullsatt område	208	1	209	46	0	46
25 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	566	16	582	153	11	163
Normaldygn - natt	536	8	544	289	5	295

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Fullsatt område	908	32	940	299	21	321
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	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor 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
BLEVE						
Normaldygn - dag	21	7	28	2	6	8
Normaldygn - natt	16	4	20	4	3	7
Fullsatt område	32	14	46	4	11	16
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	0	0	0	0	0
Stort utsläpp						
Normaldygn - dag	62	72	135	26	63	88
Normaldygn - natt	71	36	107	47	31	79
Fullsatt område	104	145	249	50	126	175
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

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
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
Klass 5 Oxiderande ämnen						
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)						
Normaldygn - dag	184	5	189	20	3	23
Normaldygn - natt	144	3	147	37	1	39
Fullsatt område	283	10	293	39	6	45
Explosionsartad brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)						
Normaldygn - dag	566	16	582	153	11	163
Normaldygn - natt	536	8	544	289	5	295
Fullsatt område	908	32	940	299	21	321
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0

Delområde Öst

Tabell B.31. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka med farligt gods på Mäljarbanan.

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			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	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, worst case scenario						
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 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
Urspårning godståg, worst case scenario						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
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						

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 1.1 Massexplösiva ämnen						
< 150 kg massexlosion						
Normaldygn - dag	1	0	1	1	0	1
Normaldygn - natt	2	0	2	2	0	2
Fullsatt område	2	0	2	2	0	2
500 kg massexlosion						
Normaldygn - dag	17	0	17	17	0	17
Normaldygn - natt	33	0	33	33	0	33
Fullsatt område	33	0	33	33	0	33
1 000 kg massexlosion (känslighetsanalys)						
Normaldygn - dag	56	0	56	56	0	56
Normaldygn - natt	111	0	111	111	0	111
Fullsatt område	111	0	111	111	0	111
2 000 kg massexlosion						
Normaldygn - dag	92	0	92	92	0	92
Normaldygn - natt	236	0	236	236	0	236
Fullsatt område	236	0	236	236	0	236
5 000 kg massexlosion (känslighetsanalys)						
Normaldygn - dag	284	1	285	284	1	285
Normaldygn - natt	793	1	794	793	1	794
Fullsatt område	793	2	795	793	2	795
25 000 kg massexlosion						
Normaldygn - dag	516	69	585	516	69	585
Normaldygn - natt	1031	35	1066	1031	35	1066
Fullsatt område	1031	137	1168	1031	137	1168
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 gasmolnsexlosion						
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	2	6	8	2	6	8
Normaldygn - natt	5	3	8	5	3	8
Fullsatt område	5	12	17	5	12	17

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	45	117	162	45	117	162
Normaldygn - natt	89	59	148	89	59	148
Fullsatt område	89	235	324	89	235	324
BLEVE						
Normaldygn - dag	108	297	405	108	297	405
Normaldygn - natt	216	149	365	216	149	365
Fullsatt område	216	594	810	216	594	810
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	0	0	0	0	0
Stort utsläpp						
Normaldygn - dag	209	336	545	209	336	545
Normaldygn - natt	417	168	585	417	168	585
Fullsatt område	417	673	1090	417	673	1090
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
Klass 5 Oxiderande ämnen						
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)						
Normaldygn - dag	335	4	339	335	4	339
Normaldygn - natt	670	2	672	670	2	672
Fullsatt område	670	8	678	670	8	678

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Explosionsartad brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)						
<i>Normaldygn - dag</i>	529	73	602	529	73	602
<i>Normaldygn - natt</i>	1057	37	1094	1057	37	1094
<i>Fullsatt område</i>	1057	145	1202	1057	145	1202
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)						
<i>Normaldygn - dag</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fullsatt område</i>	0	0	0	0	0	0

6. Känslighetsanalys

6.1 Förändrat antal omkomna

Eftersom det råder stora osäkerheter kring den framtida persontätheten inom området vid en viss tidpunkt samt även antaganden kring hur olyckor påverkar omgivningen är osäkra görs en känslighetsanalys avseende antalet omkomna. Föreliggande osäkerheter kan innebära att en underskattning eller överskattning av antalet omkomna görs. Känslighetsanalysen omfattar därför både ett större antal omkomna (+ 30 %) samt ett mindre antal omkomna (- 30 %).

Beräkningarna är utförda på samma sätt som redovisas i denna bilaga.

Resultatet av känslighetsanalysen redovisas i bilaga C.

6.2 Förändrade mängder explosivämnen (klass 1)

I bilaga A görs ett antagande av fördelningen mellan olika transportmängder med explosivämnen. Fyra olika explosionsscenarioer hanteras. Vilka explosionsmängder som beaktas utgår från tidigare utredningar för den aktuella sträckan. Osäkerheterna kring potentiella explosionsmängder är relativt omfattande, framförallt för de två mittersta scenarierna, där det inte har hittats någon tydlig motivering till val av explosionsmängd.

För att studera hur dessa osäkerheter kan påverka den beräknade risknivån genomförs fyra känslighetsanalyser som beaktar förändrade förutsättningar avseende explosionsscenarioer. Dels två som avser förändrad fördelning mellan transportmängder (se bilaga A) vilket påverkar frekvensberäkningarna och dels två som avser förändrade transportmängder/explosionsscenarioer vilket påverkar konsekvensberäkningarna, se nedan.

Känslighetsanalyserna avseende förändrade transportmängder beaktar följande:

Del 3:

- < 150 kg ekvivalent TNT (trotyl): 60+32 %
- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl): 0 %
- 1 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 6 %
- 5 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 2 %

Del 4:

- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl): 60 %
- 1 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 32 %
- 5 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 6 %
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 2 %

Resultatet av riskberäkningarna avseende förändrade transportmängder/explosionsscenarier redovisas i bilaga C.

Bilaga C - Riskberäkningar

Uppdragsnamn	Mälarbanan, överdäckning genom Solna		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum	
Ework Group	500654	2022-06-16	
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll	
Rosie Kvål	RKL	2022-06-16	EMM 2022-04-22

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 det studerade planområdet.

Den sammanvägda risken kommer att redovisas med riskmåttén 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 järnvägssträcka som studeras (1 000 m). Detta innebär att det inte är givet att en person som befinner sig inom kritiskt område i programområdet 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 programområdet 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.

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 5.4 i huvudrapporten.

2.3 Resultat

I avsnitt 5.3.1 i huvudrapporten redovisas individrisken för det studerade planområdet och dess omgivning som funktion av avståndet till Mäljarbanan samt Frösundaleden. Avståndet i riskkurvan utgår från spårmittpå järnvägens närmaste spår efter utbyggnad av järnvägen respektive väggkant och gäller för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuella konsekvensreducerande effekter av exempelvis framförliggande bebyggelse, tråg eller överdäckning.

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

3. Beräkning av samhällsrisk

3.1 Metodik

Samhällsrisken presenteras som en F/N-kurva, vilket anger den kumulativa frekvensen för N, eller fler än N, antal omkomna inom det studerade området till följd av olycka på järnvägen. I bilaga B redovisas omfattningen av det studerade området, vilket omfattar både aktuellt programområde samt omgivande bebyggelse. Samhällsrisken beräknas för planerat planförslag med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella området samt för nollalternativ med befintlig markanvändning inom planområdet. Vid beräkning av samhällsrisken beaktas såväl bebyggelse och markanvändning inom planområdet samt befintlig bebyggelse och markanvändning 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 området, vilket innebär där avståndet är som kortast mellan järnvägen/vägen och planerad ny bebyggelse. Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden utmed den studerade väg- och järnvägssträckan (1 000 meter) bedöms sannolikheten för att de beräknade konsekvenserna skulle uppstå oavsett var på sträckan som olyckan inträffar vara låg. Med hänsyn till den varierande bebyggelsestrukturen och markanvändningen utmed den studerade järnvägssträckan så beaktas tre olycksplatser för respektive skadescenario för Mäljarbanan (se bilaga B). För Frösundaleden beaktas enbart en olycksplats.

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

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 det aktuella planområdet inte underskattas med hänsyn till kringliggande bebyggelse.

Med hänsyn till att planförslaget för delsträcka 3 inte omfattar ny bebyggelse och att fokus i sammanvägningen av risknivån utgår från planförslagets påverkan på samhällsriskerna så antas fördelningen mellan olycksplats inte utifrån en jämn fördelning mellan olycksplatserna. Det antas att enbart 1 av 10 olyckor inträffar utmed delsträcka 3 medan övriga olyckor fördelas jämnt på delsträcka 1 och delsträcka 2.

- 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 aktuella planområdet, d.v.s. skadeområdet är riktat mot planerad ny bebyggelse.
- 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 programområdet 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:

- Dagtid (kl 08-22) – ca 50 % beläggning inom bostadshus, handel m.m. inom planområdet och i omgivningen. 80 % beläggning i kontor. 100 % beläggning inom skolor och förskolor. Utomhus vistas uppskattningsvis 50 % jämfört med full beläggning. Utgör ca 48 % av ett dygn.
- Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse. 100 % beläggning inom bostadshus. 0 % inom övrig bebyggelse. Utomhus uppskattas 5 % vistas. Utgör ca 42 % av ett dygn.
- "Fullsatt område" – Full beläggning inom all bebyggelse samt utomhus. Utgör 10 % av ett dygn.

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 5.4 i huvudrapporten.

3.3 Resultat

3.3.1 Samhällsrisk utan åtgärder

I avsnitt 5.3.2 i huvudrapporten redovisas den beräknade samhällsriskerna inom det studerade området, d.v.s. aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse. Samhällsriskerna beräknas för planförslaget med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella planområdet. Samhällsriskerna har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet.

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 samhällsrisk minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.1 redovisas den beräknade samhällsrisk för planförslaget utan respektive med rekommenderade åtgärder.

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

- **Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning**

Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden till närmaste framtida spår, mätt från spårmittpunkt är minst 20 meter. Motsvarande avstånd till tunnelmyrning är 20 meter.

Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden till Frösundaleden/Huvudstaleden, mätt från närmaste väggkant, är minst 15 meter.

Åtgärden eliminerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för olycksrisker med skadeavstånd som understiger skyddsavstånden samt reducerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för övriga olycksrisker. Åtgärdsförslaget har beaktats i riskberäkningarna och innebär därmed ingen förändring i förhållande till utförda beräkningar.

Ytor mellan ny bebyggelse och järnvägen respektive Huddingevägen bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser eller uteserveringar) ska placeras så att avstånden är minst 20 meter till närmaste spår efter utbyggnad av järnvägen, mätt från spårmittpunkt respektive 15 meter från Frösundaleden.

Åtgärden reducerar antalet omkomna utomhus för olycksrisker med skadeavstånd som understiger ovan redovisade avstånd samt reducerar antalet omkomna utomhus för övriga olycksrisker. Åtgärdsförslaget har delvis beaktats i riskberäkningarna. Konsekvensberäkningarna beaktar inte i detalj placering av ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse eftersom dessa förutsättningar kan förändras. Att reglera åtgärden genom en planbestämmelse bedöms ytterligare reducera sannolikheten för att personer vistas inom området mellan järnväg och ny bebyggelse. Den reducerande effekten är beroende av olycksscenariernas skadeavstånd. Det antas grovt att åtgärderna reducerar antalet omkomna utomhus utmed den öppna delen av Mälarsebanan samt Frösundaleden inom planområdet med 25-50 % dagtid och vid fullsatt område samt ca 50-75 % nattetid (för skadescenarier med mycket stora skadeavstånd: stor massexplosion, stor gasmolnsexplosion, BLEVE, stort utsläpp giftig gas uppskattas den reducerande effekten blir begränsad, uppskattningsvis högst 25 % dagtid medan för exempelvis pölbrand så uppskattas effekten bli hög, minst 50 % dagtid).

- **Byggnadstekniska åtgärder**

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

För ny bostadsbebyggelse inom 50 meter och kontorsbebyggelse inom 30 meter som vetter direkt mot järnvägen utan framförliggande bebyggelse ska det från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen. Detsamma gäller ny bostadsbebyggelse inom 30 meter från Frösundaleden/Huvudstaleden.

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

brandspridning respektive skydd mot spridning av gaser. Riskreducerande effekt för enbart denna åtgärd antas grovt till 0 %.

Skydd mot brandspridning

För ny bostadsbebyggelse inom 50 meter och kontorsbebyggelse inom 30 meter som vetter direkt mot Mäljarbanan utan framförliggande bebyggelse gäller följande:

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

För aktuellt planförslag har åtgärderna en relativt hög effekt. Det antas grovt att åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus inom planområdet med 100 % vid olycka med brandfarliga vätskor samt med minst 75 % vid olycka med brännbar gas. Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %. Inom kringliggande bebyggelse har åtgärderna ingen effekt.

Skydd mot spridning av gaser

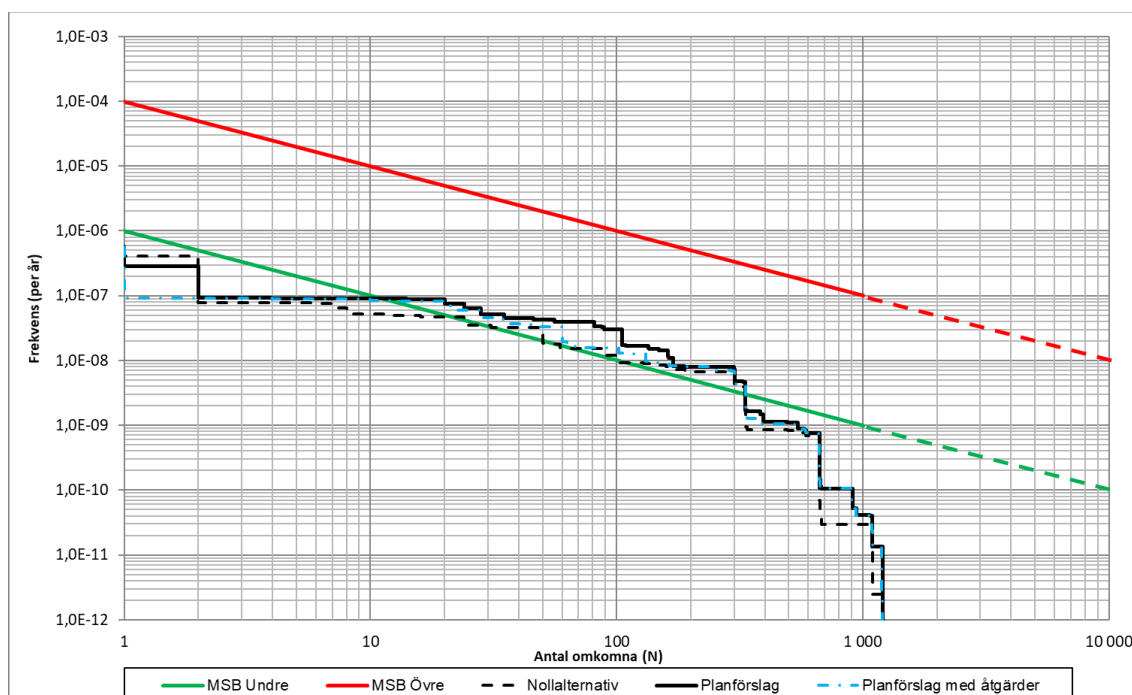
För ny bostadsbebyggelse inom 50 meter och kontorsbebyggelse inom 30 meter som vetter direkt mot järnvägen utan framförliggande bebyggelse samt för ny bostadsbebyggelse inom 30 meter från Frösundaleden gäller att friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Mäljarbanan/Frösundaleden alternativt på byggnadernas tak.

Åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus vid olycka med brännbar respektive giftig gas. För aktuellt planförslag bedöms åtgärderna ha en relativt hög effekt. Det antas grovt att 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 brandspridning enligt ovan). Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %. Inom kringliggande bebyggelse har åtgärderna ingen effekt.

Sammanvägning

De rekommenderade åtgärderna innebär att samhällsrisker minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.1 redovisas den beräknade samhällsrisker för planförslaget utan respektive med rekommenderade åtgärder samt för nollalternativet.

Samhällsrisker redovisas för prognosår 2040. Hänsyn har tagits till planerad utbyggnad av Mäljarbanan.



Figur C.1. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på olycksrisker på Mäljarbanan och Frösundavägen i anslutning till aktuellt planområde för studerat planförslag utan, respektive, med rekommenderade restriktioner och åtgärder.

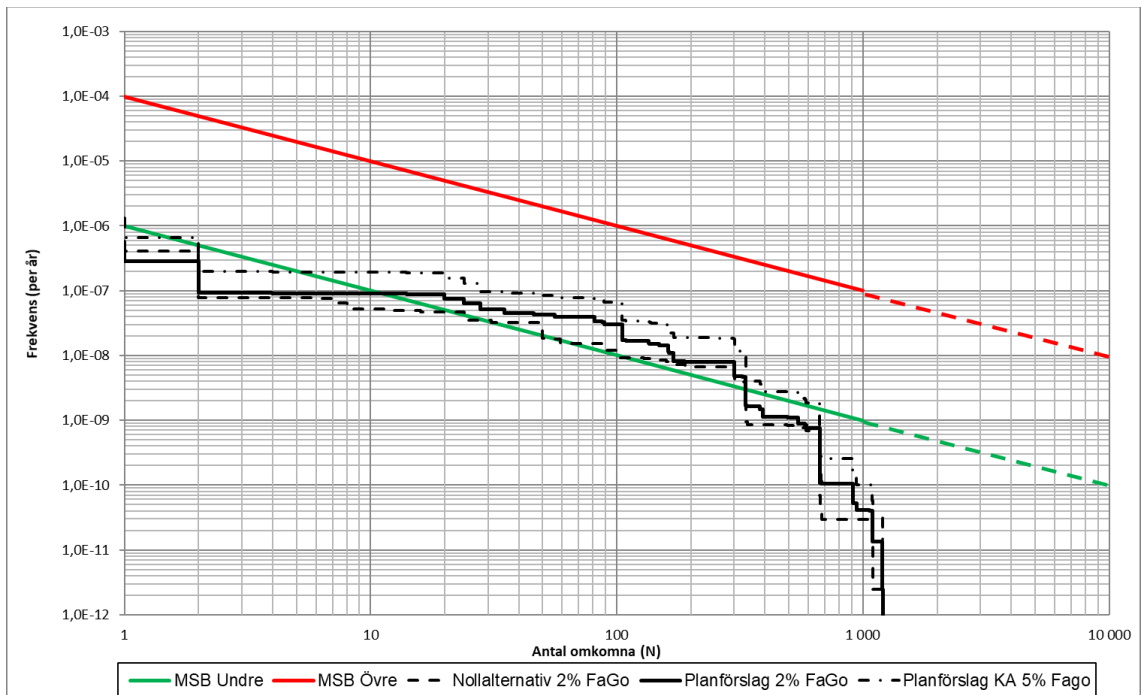
4. Känslighetsanalys

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

4.1 Förändrad andel farligt gods

Denna del av känslighetsanalysen innebär att den uppskattade andelen farligt gods sätts till 5 % av den totala godstrafiken på Mäljarbanan istället för 2 %. Känslighetsanalysen beskrivs närmare i avsnitt 7 i bilaga A.

I figur C.2 redovisas resultatet av känslighetsanalysen avseende förändrad andel farligt gods.

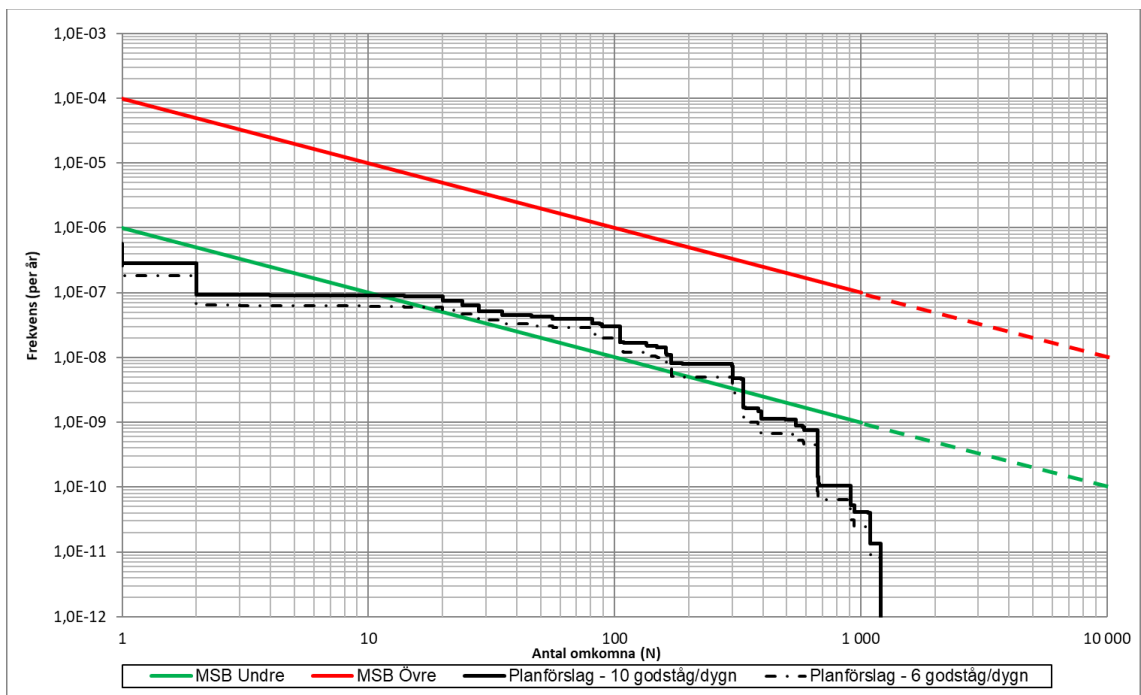


Figur C.2. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på olycksrisker på Mäljarbanan och Frösundaleden i anslutning till aktuellt planområde med en förändrad andel farligt gods på Mäljarbanan.

4.2 Förändrat antal godståg

Prognossiffrorna på Mäljarbanan motsvarar full kapacitet på banan. En analys har därför gjorts för att belysa risknivån med ett lägre antal godståg i enlighet med den känslighetsanalys som Trafikverket har genomfört i arbetet med järnvägsplanen. De utgick då från 6 godståg per dygn istället för 10.

I figur C.3. redovisas risknivån med ett förändrat antal godståg.



Figur C.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på olycksrisker på Mäljarbanan och Frösundaleden i anslutning till aktuellt planområdet med ett förändrat antal godståg.

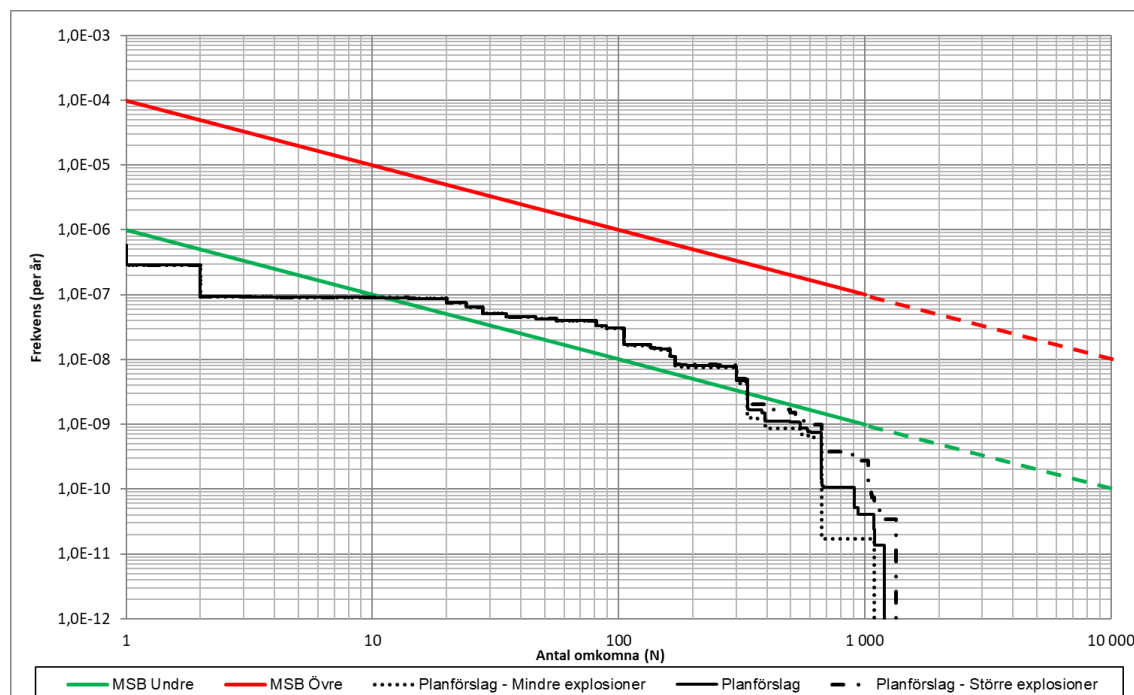
4.3 Förändrade mängder explosivämnen (klass 1)

Denna del av känslighetsanalysen omfattar fyra analyser som beaktar förändrade förutsättningar avseende explosionsscenarioer.

Dels utförs två känslighetsanalyser som avser förändrad fördelning mellan transportmängder. Känslighetsanalyserna utgår då från fördelningar utifrån de referenser som använts som underlag till antagen fördelning (riskutredning järnvägsplanen Mäljarbanan sträckan Huvudsta – Duvbo /2/ respektive riskutredning Solna och Sundbybergs stad /3/). Eftersom explosivämnen utgör en så mycket liten andel av farligt godstransporterna på den aktuella sträckan och därmed ett mycket litet bidrag till den beräknade risknivån så har dessa två känslighetsanalyser en försvinnande liten effekt på samhällsrisk. Om FN-kurvorna för grundförutsättningarna och respektive känslighetsanalyser redovisas i samma diagram så går det inte ens att notera några förändringar. Därför redovisas inte resultatet av dessa känslighetsanalyser.

Vidare utförs två känslighetsanalyser som avser förändrade transportmängder/explosionsscenarioer. En känslighetsanalys beaktar att respektive explosionsscenario ansätts vara mindre än grundförutsättningarna, dock minst 150 kg. En känslighetsanalys beaktar att respektive explosionsscenario ansätts vara större än grundförutsättningarna, dock högst 25 000 kg. Dessa känslighetsanalyser omfattar också förändrade explosionsscenarioer för olycka med klass 5.

I figur C.4. redovisas risknivån med förändrade transportmängder/explosionsscenarioer.

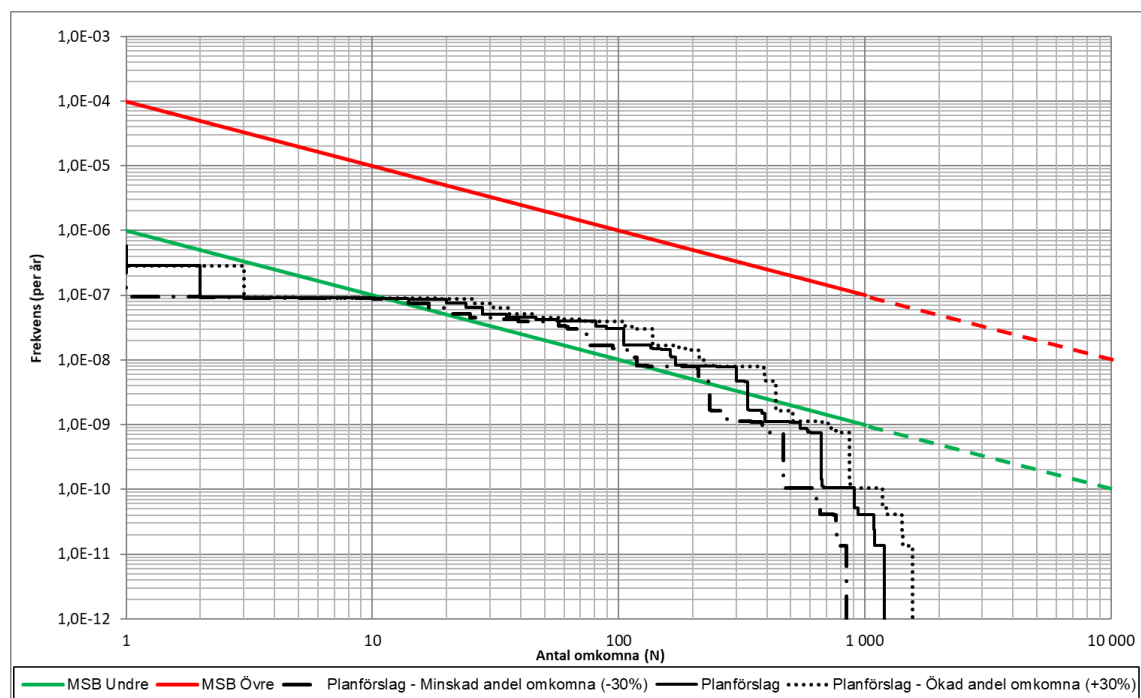


Figur C.4. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på olycksrisker på Mäljarbanan och Frösundaleden i anslutning till aktuellt planområdet med förändrade transportmängder/explosionsscenarioer med klass 1 och klass 5.

- /2/ Mäljarbanan Huvudsta-Duvbo - Underlagsrapport risk och säkerhet till miljökonsekvensbeskrivning för järnvägsplan, Trafikverket, TRV 2015/87751, 2020-01-15
- /3/ Riskutredning för Mäljarbanans sträckning mellan Solna stad och Sundbybergs stad (Huvudsta – Duvbo), Briab Brand & Riskingenjörerna AB, 2018-02-28

4.4 Förändrat antal omkomna

Eftersom det råder stora osäkerheter både när det gäller persontätheten i området med planförslaget genomfört och i beräkningarna av antalet omkomna så har en känslighetsanalys genomförts som innebär att antalet omkomna har ökats respektive minskats med 30 % jämfört med vad som redovisas i bilaga B. Resultatet redovisas i figur C.5.



Figur C.5. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på olycksrisker på Mälarbanan och Frösundaleden i anslutning till aktuellt planområdet med ett förändrat antal omkomna.