

## **Riskanalys**

**Härnevi 1.34 m. fl, Upplands Bro (Täppan)**

**Underlag för detaljplan**

2019-05-24

**Dokumenttyp:** Riskanalys  
**Uppdragsnamn:** Härnevi 1.34 m. fl, Upplands Bro (Täppan)  
**Uppdragsnummer:** 111453  
**Datum:** 2019-05-24  
**Status:** Underlag för detaljplan  
**Uppdragsledare:** Rosie Kvål  
**Handläggare:** Rosie Kvål  
Tel: 08-588 188 84  
E-post: rosie.kval@brandskyddslaget.se  
**Uppdragsgivare:** Noccon Fastighetsutveckling AB

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2018-07-09	LSS, 180709	RKL, 180707	Första versionen, inledande riskanalys
2018-09-27	RKL, 180927	EMM, 180927	Andra versionen, detaljerad riskanalys
2018-10-07	RKL, 181007	-	Tredje versionen, detaljerad riskanalys
2019-02-12	RKL, 190212	-	Fjärde versionen, detaljerad riskanalys
2019-05-24	RKL, 190524	-	Femte versionen, detaljerad riskanalys

Denna version har reviderats jämfört med föregående version (2019-02-12). Revideringarna omfattar smärre justeringar. Ändringarna är inte markerade.

## Sammanfattning

Inom kv. Härnevi 1.34 m fl. i Upplands Bro pågår ett detaljplanearbete som syftar till att möjliggöra uppförandet av ny bostadsbebyggelse. Då det aktuella planområdet ligger i anslutning till Mäljarbanan (järnväg) ställs krav på att riskerna förknippade med järnvägen analyseras i planprocessen. Avståndet mellan närmaste framtida spår och planområdets gräns uppgår till minst ca 30 meter.

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.

Som ett första steg i analysen har en inventering av möjliga risker som kan påverka området gjorts. Den enda riskkälla som bedöms kunna påverka det aktuella området är Mäljarbanan. På järnvägen går person- och godstrafik samt även transporter av farligt gods. Osäkerheten i vad som transporteras på järnvägen är stor men de kartläggningar som finns för sträckan visar på att antalet transporter med farligt gods är begränsat samt att det endast är vissa typer av ämnen som transporteras.

En inledande, kvalitativ, analys av identifierade risker visar att i huvudsak är olycka med farligt gods kan påverka risknivån inom planområdet. För de scenarier med bedömt möjlig riskpåverkan i den inledande analysen har en fördjupad analys gjorts där frekvens och konsekvens har beräknats för respektive olycksscenario och risknivån i form av individrisk och samhällsrisk har beräknats. Beräknade risknivåer visar en i stort sett acceptabel risknivå. Den låga risknivån beror till stor del på avståndet till närmaste spår samt att antalet transporter med farligt gods på Mäljarbanan är begränsat. Risknivån är beräknat för ett nollalternativ och för utbyggnadsalternativet 2040. En känslighetsanalys har gjorts där en ökad trafikering samt ett ökat antal transporter med farligt gods studerats. Beräknad risknivå i känslighetsanalysen är acceptabel.

Riskenivån i området är så låg att den inte föranleder krav på säkerhetshöjande åtgärder. Den planerade bebyggelsen innebär dock att avsteg görs från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd. Byggnadstekniska åtgärder behöver därför vidtas för att hantera den ökade påverkan till följd av minskat skyddsavstånd.

För ny bebyggelse inom planområdet rekommenderas att nedanstående åtgärder vidtas. Avstånd avser från spår mitt på närmaste järnvägsspår (inkl. ev framtida spår) och bebyggelse inom planområdet:

- Avstånd från närmaste spår till byggnader med stadigvarande vistelse ska vara minst 25 meter.
- Utrymmen utomhus inom 25 meter från närmaste spår ska utföras så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ny bebyggelse som placeras *inom 30 meter* från järnvägen, och som vetter direkt mot riskkällan utan framförhängande bebyggelse, ska utföras så att de begränsar risk för brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma (minst 30 minuter). Följande innebär att kravet uppfylls:
  - Fasader som vetter direkt mot Mäljarbanan utförs i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
  - Fönster i fasader som vetter direkt mot Mäljarbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

- Ny bebyggelse som placeras *inom 50 meter*, och som vetter direkt mot riskkällan utan framföriggande bebyggelse ska utföras med följande åtgärder:
  - Från samtliga utrymnen med stadigvarande vistelse ska minst en utrymningsväg mynna bort från riskkällan.
  - Friskluftsintag ska placeras mot trygg sida, dvs. på byggnadernas tak eller bort från järnvägen.
    - För lägenheter som är försedda med självdragsventilation ska ventilationsöppningar som vetter mot Mäljarbanan vara möjliga att stänga.
  - Loftgång eller trapphus som vetter mot järnvägen, och som utgör enda utrymningsvägen, ska utföras inbyggd så att skydd mot utrymmande säkerställs under den tid det tar att utrymma (minst 30 minuter). Trapphus från loftgång ska utföras så att det även medger utrymning bort från järnvägen.

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)**.

## Innehållsförteckning

<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>3</b>
<b>1. INLEDNING</b> .....	<b>6</b>
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte.....	6
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Underlag.....	6
1.5 Internkontroll.....	6
1.6 Förutsättningar.....	6
<b>2. ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV OMRÅDET</b> .....	<b>8</b>
2.1 Områdesbeskrivning.....	8
2.2 Planerad bebyggelse.....	11
<b>3. RISKINVENTERING</b> .....	<b>12</b>
3.1 Allmänt.....	12
3.2 Identifiering av riskkällor.....	12
<b>4. INLEDANDE RISKANALYS</b> .....	<b>14</b>
4.1 Metodik.....	14
4.2 Identifiering av olycksrisker och kvalitativ uppskattning av risk.....	14
4.3 Slutsats inledande riskanalys.....	18
<b>5. FÖRDJUPAD RISKANALYS</b> .....	<b>19</b>
5.1 Metodik.....	19
5.2 Resultat riskberäkningar.....	21
5.3 Värdering av risk.....	23
5.4 Hantering av osäkerheter.....	23
<b>6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER</b> .....	<b>24</b>
6.1 Allmänt.....	24
6.2 Diskussion kring åtgärder.....	24
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning.....	27
<b>7. SLUTSATSER</b> .....	<b>28</b>
<b>8. REFERENSER</b> .....	<b>29</b>

## 1. Inledning

### 1.1 Bakgrund

Inom kv. Härnevi 1.34 m fl. i Upplands Bro pågår ett detaljplanearbete som syftar till att möjliggöra uppförandet av ny bostadsbebyggelse. Då det aktuella planområdet ligger i anslutning till Mälarbanan (järnväg) ställs krav på att riskerna förknippade med järnvägen analyseras i planprocessen. Detta för att människor inom området inte ska utsättas för oacceptabla risker. Enligt tillämpade riskkriterier för riskhänsyn (se vidare avsnitt 1.6) ska en riskhanteringsprocess genomföras när detaljplaner tas fram inom 150 meter från en farligt godsled (väg eller järnväg).

Med anledning av detta har Brandskyddslaget fått i uppdrag att genomföra en inledande riskanalys för planområdet.

Närmaste transportled för farligt gods på väg är den sekundära transportleden Enköpingsvägen som ligger på mer än 300 meters avstånd från planområdet och beaktas inte vidare i analysen.

### 1.2 Syfte

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

### 1.3 Omfattning

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

Trafikanter på järnvägen omfattas inte av analysen.

### 1.4 Underlag

Information har inhämtats från flertalet underlag. Referenser till dessa redovisas löpande samt finns sammanställt i avsnitt 8– Referenser.

### 1.5 Internkontroll

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

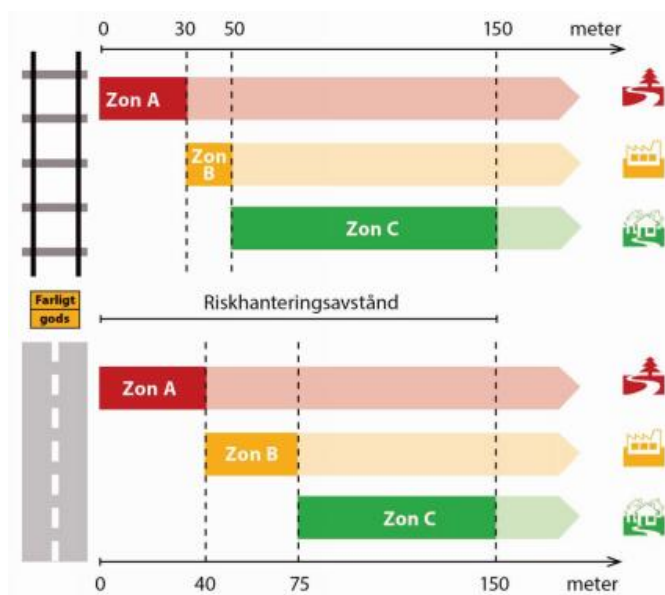
### 1.6 Förutsättningar

#### 1.6.1 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 riktlinjer för skyddsavstånd till olika verksamheter. Dessa rekommendationer redovisas i figur 1.1.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

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

Figur 1.1. Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /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 järnväg rekommenderas ett skyddsavstånd på minst 25 meter. Åtgärder ska vidtas inom minst 30 meter från närmaste spårmitt.

## 1.6.2 Övrig lagstiftning

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

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

*För det aktuella planområdet har det inte identifierats någon verksamhet/riskälla i närområdet, utöver järnvägen, som behöver beaktas avseende risk och säkerhet.*

## 2. Översiktlig beskrivning av området

### 2.1 Områdesbeskrivning

Det aktuella planområdet ligger norr om Mäljarbanan ca 250 meter väster om pendeltågsstationen i Bro och söder om Härneviskolan. Området avgränsas utöver Mäljarbanan av Härnevi Skolväg och Allévägen, se figur 2.1. Närliggande områden på den norra sidan om järnvägen utgörs i övrigt främst av bostadsområden och mindre industriverksamheter. På fastigheten Härnevi 1.17 (Gamla brandstationen i Bro, se avsnitt 2.1.1) pågår uppförandet av ny bostadsbebyggelse. Området söder om järnvägen är i dagsläget obebyggt men arbete pågår för Trädgårdsstaden i Bro, en exploatering med ca 1 200 bostäder, skola, förskolor och lokaler för handel, se nedan. I dagsläget finns inom planområdet en lägre bebyggelse i form av villor i en till två våningar. Inom området finns även ett växthus.





Figur 2.1. Aktuell planområde och intilliggande omgivning

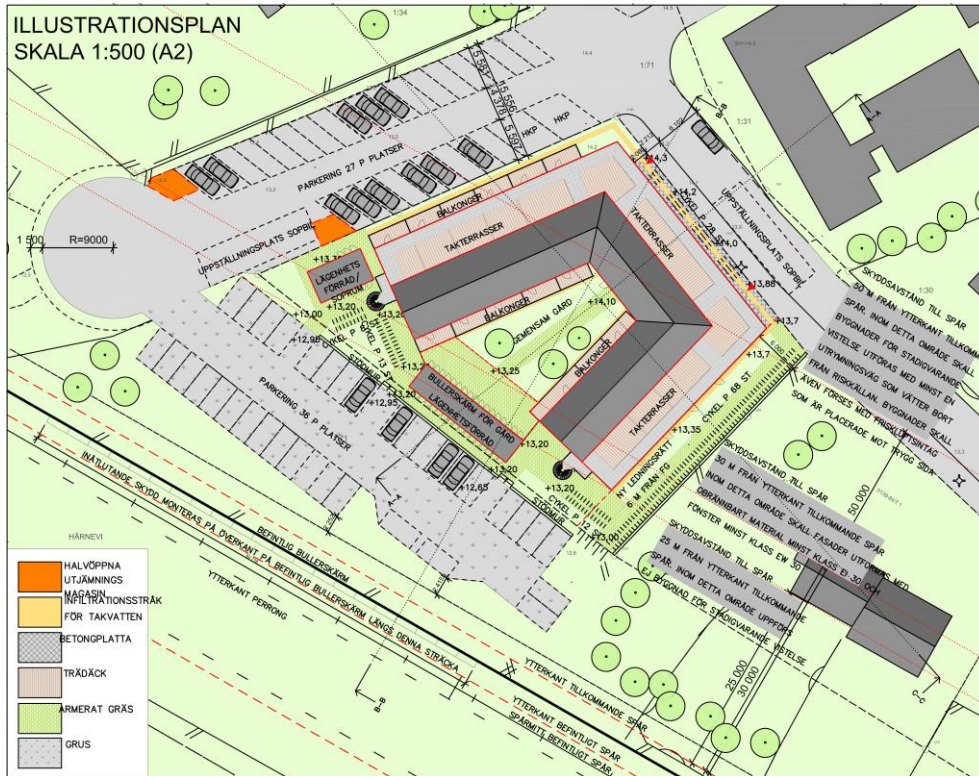
### 2.1.1 Omgivande planer

#### Gamla brandstationen i Bro

Direkt i anslutning till det aktuella planområdet ligger fastigheten Härnevi 1.17 där det hösten 2016 antogs en ny detaljplan med syfte att möjliggöra ny bostadsbebyggelse i flerbostadshus /2/. 72 mindre lägenheter uppförs i en vinkelbyggnad i fyra våningar med en gemensam innergård. I anslutning till bostadsbebyggelsen byggs även allmänna anläggningar och infartsparkering. Se figur 2.2 (urklipp från plankarta). Det kortaste avståndet mellan byggnad och närmaste framtida spår är 25 meter. Då Gamla brandstationen i likhet med aktuellt planområde ligger i direkt anslutning till Mälardbanan upprättades en riskanalys som underlag för planen /3/, denna föranledde följande krav på säkerhetshöjande åtgärder vilka redovisas på plankarta:

- "Fasader på byggnader med stadigvarande vistelse som vetter mot järnvägen ska inom ett avstånd av 30 meter från närmaste spår utföras med obrännbara material. Alternativt en konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster i fasad som vetter mot spåren och ligger inom ett avstånd av 30 meter från spåren ska ha brandteknisk klass EW 30.

- Byggnader inom 50 meter från järnvägen ska utföras med minst en utrymningsväg som vetter bort från järnvägen. Kravet gäller även innergård med föreslagen bebyggelsestruktur.
- Byggnader inom 50 meter från järnvägen ska förses med friskluftsintag som är placerade mot trygg sida. Om ventilationssystemet utförs mekaniskt ska det förses med möjlighet till central avstängning.”



Figur 2.2. Illustrationsplan DP Gamla brandstationen i Bro, utdrag från plankarta /2/

## Trädgårdsstaden i Bro

Söder om järnvägen finns ett större exploateringsområde, Trädgårdsstaden i Bro, som totalt omfattar ca 1 200 bostäder och tillhörande service. Områdets ungefärliga utbredning redovisas i figur 2.3. De planerade byggnaderna uppförs företrädesvis i 2-4 våningar. Området omfattar 3 etapper varav detaljplan för den första etappen vann laga kraft i november 2017 /4/. Den första etappen omfattar ca 800 bostäder, två förskolor, en F-9-skola samt en idrottshall. Med anledning av närheten till Mäljarbanan ställs nedanstående krav på säkerhetsförhöjande åtgärder vilka grundar sig i en riskanalys från 2013 upprättad av Brandskyddslaget /5/. De skyddsavstånd som redovisas nedan har utökats med 5 meter jämfört med vad som anges i riskanalysen för att ta höjd för en eventuell framtida utökning av spår på Mäljarbanan.

- ”Inom 30 meter från nuvarande spår får endast byggnader som inte medför stadigvarande vistelse uppföras.
- Utrymmen utomhus inom 30 meter från nuvarande spår ska utföras så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Fasader inklusive fönster i byggnader med stadigvarande vistelse som vetter mot järnväg ska inom 35 meter från nuvarande järnvägsspår utföras i fasad- och fönstermaterial som förhindrar brandspridning med som lägst EW30 i brandteknisk klass. Dessa byggnader ska även utföras i lägsta strukturella brandtekniska klass EI30.

- Byggnader som vetter direkt mot järnväg, (utan avskärmande bebyggelse), och som medför stadigvarande vistelse, ska inom 55 meter från nuvarande järnvägsspår utföras med minst en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.
- Ventilationssystem för lokaler med stadigvarande vistelse inom 55 meter från nuvarande spår ska utföras med friskluftsintag placerade bort från järnvägen.”



Figur 2.3. Exploateringsområdet Trädgårdsstaden i Bro med omgivning. Härnevi 1.34 m fl. markerat med stjärna.

## Mälarbanan

Mälarbanan är den järnvägssträcka som förbinder Stockholm med orterna norr om Mälaren. På sträckan Tomtebodavägen-Kallhäll söder om Bro, pågår en utbyggnad av Mälarbanan genom att sträckan ska förses med två ytterligare spår. Utbyggnaden påbörjades år 2012 och beräknas vara klar tidigast 2028. Den första etappen av utbyggnaden Barkarby-Kallhäll avslutades år 2016 /6/.

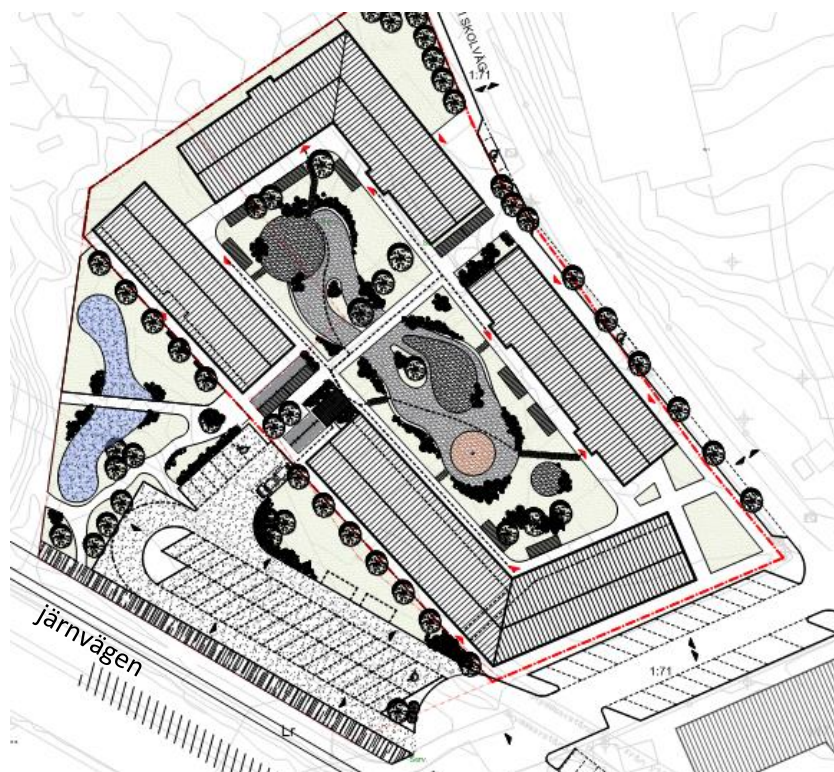
På den aktuella sträckan av Mälarbanan genom Bro finns det i dagsläget inga konkreta förslag på en motsvarande utbyggnad, utbyggnaden söderut kommer dock få en påverkan på området genom ökad tågtrafik, se vidare avsnitt 3.2.1. Vidare har det i tidigare inkomna samrådsyttranden för exploatering av Trädgårdsstaden i Bro och Gamla brandstationen framkommit önskemål om att ett eventuellt tillkommande spår ska beaktas för den planerade bebyggelsen. Detta beaktas även i aktuell plan.

## 2.2 Planerad bebyggelse

Den planerade förändringen innebär att ny bostadsbebyggelse uppförs inom området. Förslagen utformning innebär bostadsbebyggelse i 3-4 våningar om sammanlagt 110-130 lägenheter. Mellan bebyggelse och järnvägen planeras för markparkering. Den tänkta bebyggelsen ska till sin karaktär anknyta till den nya bebyggelsen som uppförs inom Trädgårdsstad på andra sidan järnvägen. I den föreslagna utformningen redovisas fyra huskroppar placerade mot en innergård där de huskroppar som är placerade mot järnvägen utförs med loftgångar. Byggnaden närmast järnvägen har loftgången placerad mot innergården, dvs. bort från järnvägen.

Avstånd mellan bebyggelse och järnväg uppgår enligt förslag till som minst ca 30 meter vilket avser ett eventuellt tillkommande spår på Mäljarbanan.

I figur 2.4 redovisas föreslagen utformning.



Figur 2.4. Landskapsritning Härnevi 1.34 m. fl (Täppan) (Stockholm Hongkong, 2019-01-28).

## 3. Riskinventering

### 3.1 Allmänt

Inledningsvis görs en inventering av riskkällor i anslutning till det studerade området. Riskinventeringen omfattar de riskkällor (transportleder för farligt gods, järnvägar, verksamheter som hanterar farligt gods) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området. Utifrån gällande riktlinjer (se avsnitt 1.6.1) avgränsas inventeringen till riskkällor inom 150 meter från planområdet.

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

### 3.2 Identifiering av riskkällor

För den aktuella exploateringen inom Härnevi 1:34 m fl. är det bara Mäljarbanan som identifierats som riskobjekt. Närmaste transportled för farligt gods är den sekundära transportleden Enköpingsvägen som ligger på mer än 300 meters avstånd från aktuellt planområde.

#### 3.2.1 Farligt gods

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

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

I tabell 3.1 redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

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

Klass	Ämne	Beskrivning
1	Explosiva ämnen	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut, fyrverkerier etc.
2	Gaser	2.1. Brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) 2.2- Icke brandfarliga, icke giftiga gaser (kväve, argon etc.) 2.3. Giftiga gaser (klor, ammoniak, svaveldioxid etc.)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, etanol, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel och industrikemikalier etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	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.

### 3.2.2 Mälarbanan

Mälarbanan sträcker sig mellan Stockholm och Örebro och har på sträckan förbi aktuellt planområde två genomgående spår, vilket även gäller för större delen av Mälarbanan. Direkt söder om pendeltågsstationen i Bro finns en kortare sträcka med ytterligare ett spår med växlar till de två genomgående spåren.

Mälarbanan trafikeras av regional- och intercitytåg mellan Stockholm och Västerås/Örebro, pendeltåg mellan Bålsta och Stockholm samt godståg. Enligt uppgifter från Trafikverket /7/ passerade under åren 2013-2017 i genomsnitt ca 125 tåg det aktuella området varje dygn. Av dessa utgjordes 3 tåg av godståg. Persontågen har en hastighetsgräns på 140 km/h och godstågen en hastighetsgräns på 100 km/h. Då det aktuella planområdet ligger i direkt anslutning till Bro pendeltågsstation kan en stor del av persontågen (pendeltåg som stannar vid stationen) förväntas hålla lägre hastighet än maximalt tillåtna.

#### Framtid

Enligt ovan pågår en utbyggnad av järnvägen med ytterligare spår mellan Tomtebodavägen och Kallhäll, några planer på en motsvarande utbyggnad genom Bro finns däremot inte i dagsläget. I Miljökonsekvensbeskrivningen för etapp 1 av utbyggnaden av Mälarbanan /8/ prognostiseras tågtrafiken år 2030 längs banan jämfört med trafiken 2008. Ökningen prognostiseras till ungefär 67% för godståg och 72% för persontåg på den utbyggda sträckan. Vilken effekt ökningen på den utbyggda delen får för sträckan förbi Bro är oklart men troligt är att tågtrafiken kommer att öka även där.

## Transporter av farligt gods

Förutom persontåg och vanliga godstransporter förekommer även transporter av farligt gods på Mäljarbanan. Uppgifter över vilka RID-klasser och mängder som transporterades på aktuell sträcka av Mäljarbanan åren 2013-2017 har erhållits från Trafikverket /9/. Värdena är dock konfidentiella och redovisas därför inte i sin helhet i denna rapport. Fullständigt underlag kan dock erhållas av Trafikverket.

Enligt uppgifterna transporteras följande RID-klasser på Mäljarbanan förbi Bro:

- Klass 2 - Gaser
- Klass 3 - Brandfarliga vätskor
- Klass 4.2 – Självantändande ämnen
- Klass 6.1 - Giftiga ämnen
- Klass 8 - Frätande ämnen
- Klass 9 - Övriga farliga ämnen

Den största godsmängden utgörs av brandfarliga vätskor, gaser samt frätande ämnen.

Den pågående utbyggnaden av Mäljarbanan på sträckan Tomtebodav-Kallhäll möjliggör enligt ovan tätare tågtrafik och fler godstransporter på den sträckan. Hur stor andel av den ökande godstrafiken som kommer att utgöra farligt gods framgår inte av prognoserna. Det är oklart om farligt gods kommer öka i motsvarande takt som den totala godstrafiken. Enligt nationell statistik för tidigare år har den totala transportmängden farligt gods på järnväg i Sverige inte varierat i någon större utsträckning utan transportmängderna har hållits relativt lika under ett längre perspektiv. För att beakta den eventuellt ökande mängden farligt gods kan det konservativt antas att andelen farligt gods ökar i samma tillväxttakt som den övriga godstrafiken på sträckan.

## 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. Utifrån resultatet ges rekommendationer för den fortsatta planeringen av området och om det finns behov av ytterligare mer fördjupade analyser. 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 och kvalitativ uppskattning av risk

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att det är tågtrafiken på Mäljarbanan (inkl. transporter av farligt gods) som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens för det aktuella planområdet.

Följande olycksrisker bedöms kunna påverka det aktuella planområdet:

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

I avsnitten nedan görs en kvalitativ uppskattning av respektive olycksrisk.

#### 4.2.1 Urspårning

Det är relativt vanligt att tåg spårar ur. I de allra flesta fall hoppar dock bara ett hjulpar av rälén. En urspårning kan också innebära att tåget, eller enstaka vagnar, lämnar spårområdet. I sådant fall kan människor utomhus skadas om de står i vägen för tåget. Om tåget kör in i byggnader nära spårområdet kan delar av byggnaden skadas. Urspårning utgör den absolut mest sannolika olyckshändelsen med tågtrafik.

Konsekvensområdet för en urspårning är kraftigt beroende av omgivningens utformning. I de fall där järnvägen ligger i samma nivå som omgivningen står konsekvensområdet i relation till tågets hastighet vid urspårningstillfället. Det maximala vinkelräta avståndet från spåret som vagnen kan hamna kan då beräknas som  $V^{0,55}$  där V är hastigheten i km/h /10/. En hastighet på 140 km/h (max hastighet för persontåg på aktuell sträcka) innebär ett maximalt vinkelrätt skadeavstånd på drygt 15 meter. Beroende på rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan dock en urspårad vagn hamna längre från spåret. Ett "worst case" bedöms kunna innebära ett skadeområde på maximalt 25 meter vilket motsvarar en i stort sett helt snedställd tågagn. På den aktuella sträckan som ligger i direkt anslutning till pendeltågsstationen kan även hastigheten för flertalet tåg antas vara betydligt lägre än de maximala 140 km/h.

*Avståndet till tänkt bebyggelse inom det aktuella planområdet är ca 30 meter och det bedöms därför inte föreligga någon risk för urspårning med kollision av bebyggelse som följd. Däremot kan personer som befinner sig utomhus mellan bebyggelse och järnvägen skadas vid en eventuell urspårning. Tänkt utformning innebär dock att det mellan spår och bebyggelse endast finns parkering, det vill säga ingen stadigvarande vistelse. Urspårning kan även innebära konsekvenser i kombination med farligt gods vilket beskrivs nedan.*

#### 4.2.2 Tågbrand

I underredet till en järnvägsagn 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 järnvägsagnen, till följd av t.ex. elfel. Inne i vagnen kan även anlagda bränder vara en möjlig brandorsak. Vid en brand utvecklas stora mängder värme och brandgaser (rök). En brand kan innebära att giftiga brandgaser sprids in över planområdet eller att branden sprider sig till byggnader närmast järnvägen. Sannolikheten för en tågbrand (oavsett omfattning) bedöms vara relativt hög.

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 persontåg bedöms vara relativt begränsat. Med hänsyn till avståndet mellan järnvägen och planerad bebyggelse bedöms en persontågsbrand ej innebära risk för brandspridning till området. Skadeområdet vid brand i godståg bedöms kunna bli mer omfattande. Värmestrålningen bedöms bli hög närmast järnvägen. Med hänsyn till att ny bebyggelse planeras som minst 30 meter från närmaste spår bedöms dock en brand i godståg inte leda till brandspridning till bebyggelse eller till konsekvenser för personer utomhus inom planområdet.

*Brand i tåg bedöms utifrån ovanstående ha en mycket begränsad påverkan på risknivån inom planområdet och behöver inte beaktas vidare.*

#### 4.2.3 Olycka vid transport av farligt gods

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån RID-S /11/. I tabell 4.1 nedan görs en övergripande beskrivning av vilka ämnen som tillhör respektive klass och vilka konsekvenser en olycka med respektive ämne kan leda till.

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

Klass	Konsekvensbeskrivning
1. Explosiva ämnen	Riskgrupp 1.1: Risk för massexplosion. Konsekvensområden kan vid stora mängder ( $\geq 2$ 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 samt den information som redovisas i avsnitt 3.2.1 bedöms det i huvudsak vara ämnen ur följande klasser som är relevanta att beakta vid bedömning av risknivån för det aktuella planområdet:

- Klass 2.1. Brännbara gaser
- Klass 2.3. Giftiga gaser
- Klass 3. Brandfarliga vätskor



När det gäller olyckor förknippade med explosiva ämnen (klass 1) så finns det inga sådana transporter registrerade på den aktuella sträckan och även på nationell nivå är transporter med ämnen ur klass 1 ovanligt. Enligt Trafikanalys som sammanställt den totala transporten av farligt gods på järnväg mellan åren 2006-2010 /12/, anges att explosiva ämnen endast utgör 0,015% av mängden farligt gods som transporteras på järnvägsnätet. Konsekvenserna av en olycka med explosiva ämnen kan dock bli mycket stora och även om riskbidraget i aktuellt fall bedöms bli extremt lågt med hänsyn till det fåtal, om ens några, transporter som sker så bör ett scenario med explosivämnen studeras i en känslighetsanalys. Även olyckor med ämnen ur klass 5 kan innebära explosionsartade brandförlopp med stora konsekvenser och bör därför beaktas i en känslighetsanalys.

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

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

**Klass 2.1. Brännbara gaser:** En olycka med brännbar gas kan innebära att gas läcker ut och antänds eller att en gastank utsätts för utvändig brand vilket hettar upp gasen så att den expanderar snabbt och spränger tanken. Beroende på utsläpps- och antändningsscenario kan konsekvenserna av olyckan variera. Vid stora utsläpp kan skadeområdena överstiga 100-200 meter. Oskyddade personer utomhus löper störst risk för att förolyckas, men olyckan kan även leda till omfattande brandspridning till kringliggande bebyggelse.

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 därmed mycket låg även vid en stor påverkan som exempelvis en urspårning. Generellt gäller att tjockväggiga tankar har en sannolikhet för läckage som är 1/30 av den för tunnväggiga tankar /13/. I /13/ 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 /13/ 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. Då gasen kan spridas bort från olycksplatsen ökar dock sannolikheten för att utsläppet kommer i kontakt med en tändkälla och antänds.

Det bedöms endast vara större olyckor som bedöms kunna innebära påverkan på den aktuella bebyggelsen. Sannolikheten för större utsläpp med påföljande antändning bedöms enligt ovan vara mycket låg. Personer utomhus mellan bebyggelse och järnväg kan dock påverkas vid olycka på järnvägen.

*Mängden brännbara gaser förbi området är begränsad och frekvensen för olyckor med brännbara gaser bedöms därför vara mycket låg med liten påverkan på risknivån. Olycksrisker med brännbara gaser bedöms inte innebära att en oacceptabel risknivå uppnås inom området men riskbidraget bör verifieras med en detaljerad analys. I avsnitt 5 – Säkerhetshöjande åtgärder redovisas preliminära åtgärder för att hantera konsekvensen av olycka med brännbara gaser.*

**Klass 2.3. Giftiga gaser:** Giftiga gaser behöver inte "aktiveras" genom antändning för att bli farlig. Den är farlig så snart den läcker ut. Beroende på vind och topografi kan gasen spridas långa sträckor och fortfarande ha dödliga koncentrationer. Vid större utsläpp kan människor både utomhus och inomhus skadas eller omkomma på upp till flera hundra meters avstånd från utsläppet.

*I likhet med brännbara gaser bedöms även mängden giftiga gaser som transporteras förbi området vara mycket liten och olyckor med utsläpp bedöms ha mycket begränsad påverkan på risknivån. Olycksrisker med giftiga gaser bedöms inte innebära att en oacceptabel risknivå uppnås inom området men riskbidraget bör verifieras med en detaljerad analys. I avsnitt 5 – Säkerhetshöjande åtgärder redovisas preliminära åtgärder för att hantera konsekvensen av olycka med giftiga gaser.*

### **Klass 3. Brandfarliga vätskor**

Ett stort utsläpp av exempelvis bensen kan, om det antänds, innebära att hög värmestrålning drabbar omgivningen och kan orsaka brännskador på oskyddade människor eller antända byggnader. Även kraftig rökutveckling kan uppstå. Allvarliga konsekvenser kan uppkomma inom ca 40 meter från olycksplatsen. Detta gäller om utsläppet kan spridas fritt kring olycksplatsen. Om utsläppet sker på genomsläppligt material, exempelvis makadam som bygger upp spårområden, blir utbredningen mindre vilket innebär lägre strålningsnivåer. Om ett litet utsläpp antänds blir brinntiden kortvarig och uppkomna strålningsnivåer relativt låga. Människor i direkt närhet av olyckan kan skadas.

Brandfarliga vätskor transporteras normalt i tunnväggiga tankar. Detta medför en högre sannolikhet för läckage till följd av en järnvägsolycka jämfört med vid en olycka med gas-transporter som transporteras i tjockväggiga vagnar, se avsnitt *Klass 2.1 Brännbara gaser* ovan. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp givet olycka 30 % /13/.

*Brandfarliga vätskor är det farliga gods som kan förväntas transporteras i störst omfattning förbi aktuellt planområde. En olycka med brännbara vätskor bedöms efter urspårning ha den näst största påverkan på risknivån nära järnvägen. Behov av säkerhetshöjande åtgärder bör därför verifieras med en detaljerad analys. Då det aktuella förslaget innebär en lösning med loftgångar mot järnvägen behöver det även säkerställas att utrymmande inte utsätts för skadliga strålningsnivåer i samband med utrymning. I avsnitt 5 – Säkerhetshöjande åtgärder redovisas preliminära åtgärder för att hantera konsekvensen av olycka med brandfarliga vätskor.*

### **4.3 Slutsats inledande riskanalys**

Utifrån den inledande analysen har det bedömts nödvändigt att genomföra en fördjupad analys av vissa olycksrisker, samtliga förknippade med transporter av farligt gods på Mälärbanan. Av de identifierade riskerna i anslutning till området har följande bedömts vara av sådan omfattning att mer detaljerade analyser bedömts nödvändiga då Länsstyrelsens riktlinjer gällande skyddsavstånd inte uppfylls:

- Urspårning (endast områden utomhus och i kombination med farligt gods)
- Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
- Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
- Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)

I avsnitt 5 redovisas en detaljerad analys av ovan redovisade risker.

#### **4.3.1 Hantering av osäkerheter**

Den inledande riskanalysen utgår från underlag som innefattar relativt omfattande osäkerheter, främst med avseende på antalet transporter av farligt gods, samt fördelningen mellan de olika farligt godsklasserna. Om riskbedömningen endast baseras på detta underlag finns det risk för att olycksrisker som egentligen kan påverka risknivån inom planområdet räknas bort redan i ett tidigt skede.

I den inledande analysen konstateras att det endast är ett fåtal farligt godsclasser som förekommer i sådan omfattning att de bedöms kunna påverka risknivån inom det aktuella planområdet. Riskuppskattningen har dock utförts utifrån kvalitativa bedömningar som i sig omfattar osäkerheter. De identifierade osäkerheterna i underlaget behöver beaktas i en fördjupad riskanalys, se även resonemang avseende explosiva ämnen (klass 1 och klass 5) i avsnitt 4.2.3.

## 5. Fördjupad riskanalys

### 5.1 Metodik

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

#### 5.1.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

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

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

#### 5.1.2 Sammanvägning av risk

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

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

Individrisken beräknas 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.

**Samhällsrisk** är det riskmått som en riskkälla utgör mot hela den omgivning som utsätts för risken. Frekvenser för olika händelser vägs samman med konsekvenserna av dessa. Detta redovisas sedan i ett F/N-diagram (frequency/number of fatality) där den kumulerade frekvenser plottas mot konsekvenser i ett logaritmerat diagram. Frekvenser uttrycks i förväntat antal olyckor per år ( $\text{år}^{-1}$ ) 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.

Enligt avsnitt 4.1.3 avser acceptanskriterierna för samhällsrisk 1 km<sup>2</sup> med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg respektive väg. Samhällsriskens beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

Konsekvenserna kommer att beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det studerade området.

Riskberäkningar redovisas i bilaga C.

### 5.1.3 Värdering av risk

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

Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. I publikationen *Värdering av risk /14/* ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, se tabell 4.1.

Tabell 4.1. 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 <sup>-5</sup>	F=10 <sup>-4</sup> per år för N=1 med lutning på FN-kurva: -1
Övre gräns för områden där risker kan anses vara små	10 <sup>-7</sup>	F=10 <sup>-6</sup> per år för N=1 med lutning på FN-kurva: -1

Enligt tabell 4.1 anges kriterierna i form av en övre och en undre gräns. Risker över den övre gränsen anses som oacceptabla medan risker under den nedre gränsen bedöms som acceptabla.

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

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter. De undre av kriteriegränserna nyttjas vanligtvis för bebyggelse där påverkan från externa risker (t.ex. förknippade med transport av farligt gods etc.) ska vara låg. Detta gäller exempelvis för bostäder, hotell och svårutrymda lokaler (sjukhus, skolor och personintensiva lokaler etc.). Jämfört med bostäder bedöms ofta påverkan av externa risker vara något mer tolerabla för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter. Orsaken till detta är främst att dessa typer av verksamheter innebär att personer normalt är vakna, samt att verksamheterna huvudsakligen nyttjas dagtid. För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, accepteras normalt en risknivå som överstiger angivna riskkriterier.

- Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Risker inom övre delarna av ALARP bör enbart tolereras om det bedöms vara praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. För risker i de lägre delarna av ALARP bör kraven på riskreduktion inte vara lika hårda, men möjliga åtgärder ska dock fortfarande beaktas. I de flesta fall anses risknivån vara acceptabel även om den hamnar inom ALARP-området, förutsatt att de åtgärder som bedöms vara rimliga ur ett kostnads-/nyttoperspektiv vidtas.
- Slutligen bör riskvärderingen beakta hur stor påverkan som den aktuella förändringen har på den totala risknivån. Detta avser främst samhällsrisk där det studerade planområdet normalt utgör en mycket liten del. Värdningen av samhällsrisk utgår därför inte enbart från de angivna riskkriterierna utan även från en jämförelse mot risknivån om den planerade ändringen inte genomförs.

#### 5.1.4 Hantering av osäkerheter

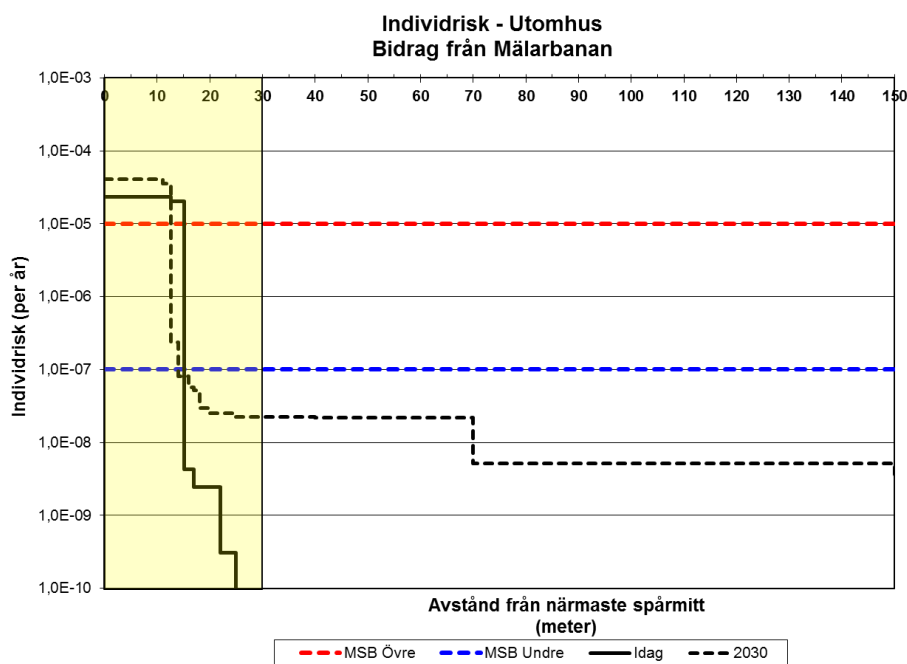
Riskanalysen utgår från underlag som innefattar relativt omfattande osäkerheter, främst med avseende på antalet transporter av farligt gods. I avsnitt 4.4 redovisas en ytterligare diskussion kring hanteringen av ovanstående osäkerheter m.m. samt hur detta inverkar på analysens resultat. För att studera hur olika antaganden påverkar resultatet av den fördjupade riskanalysen utförs en känslighetsanalys.

## 5.2 Resultat riskberäkningar

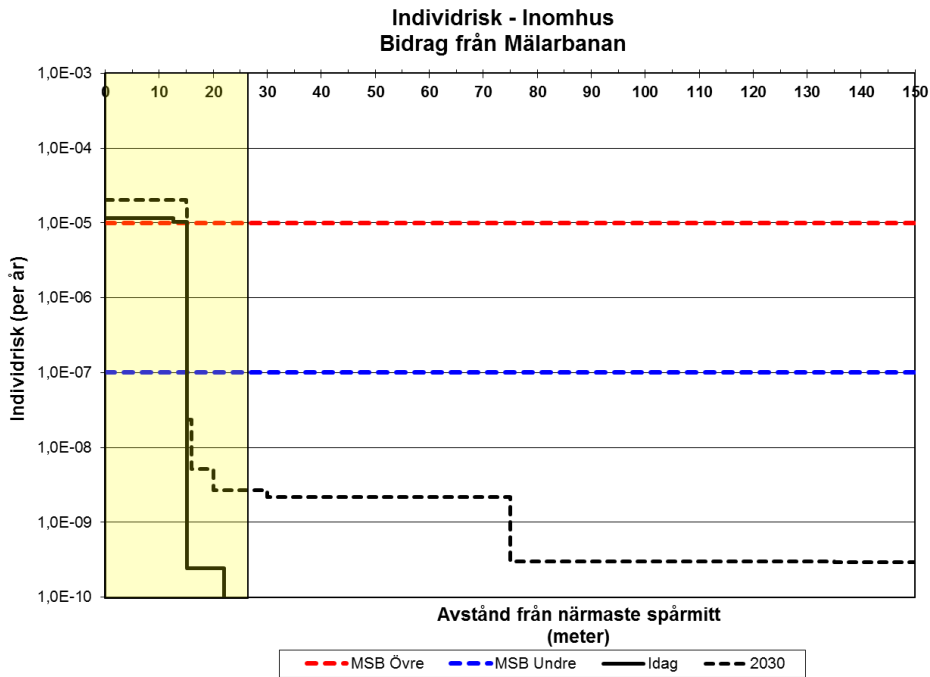
### 5.2.1 Individrisk

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed Mäljarbanan. Individrisken presenteras dels för oskyddade personer utomhus (se figur 5.1) och dels för personer inomhus (se figur 5.2). Individrisken redovisas för dagens trafiksituation samt för prognosår 2030.

Avståndet i diagrammen utgår från järnvägens närmaste befintliga spårmit.



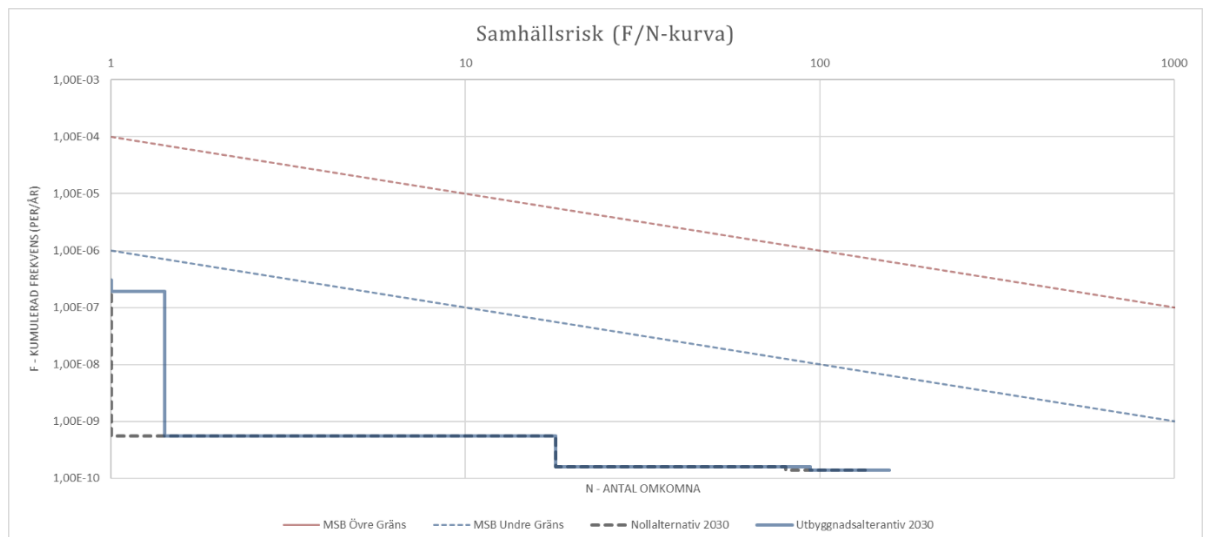
Figur 5.1. Individrisk utomhus utmed Mäljarbanan.  
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)



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

5.2.2 Samhällsrisk

I figur 5.3 redovisas den beräknade samhällsrisken utmed aktuell del av Mäljarbanan. Samhällsrisken presenteras med respektive utan planerad ny bebyggelse inom det aktuella planområdet. Beräkningarna har gjorts för dagens trafik samt för en uppskattad framtida trafiksituation.



Figur 5.3. F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med Mäljarbanan utifrån prognostiserad trafik 2030.  
(Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)

## 5.3 Värdering av risk

Riskenivån avseende samhällsrisk är hög närmast järnvägen vilket beror på risken för urspårning. På avstånd över 15-20 meter är riskenivån acceptabel. Ingen bebyggelse eller verksamhet planeras inom detta avstånd.

Samhällsrisk är acceptabel. Skillnaden mellan nollalternativet och utbyggnadsalternativet är liten.

## 5.4 Hantering av osäkerheter

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

- Frekvensberäkningarna har utförts med schablonmetoder.
- Uppskattad mängd och antal transporter med farligt gods förbi planområdet.
- Val av olycksscenarioer
- Uppskattat personantal

För att ta hänsyn till de osäkerheter som förenklingar och antaganden innebär används överlag konservativa uppskattningar. Sammantaget kan sägas att de uppskattningar och förenklingar som görs vid beräkning av risken med stor sannolikhet ger en överskattning av riskenivån. Utförda antaganden innebär att hänsyn tas till ingående osäkerheter i analysen.

### 5.4.1 Känslighetsanalys

En av de största osäkerheterna i riskanalysen bedöms ligga i den framtida trafikeringen av Mälarbanan, både avseende persontrafik och godstrafik. Dessa osäkerheter har föranlett en känslighetsanalys som beaktar ett ökat antal transporter jämfört med beräknad prognos samt att ämnen ur klass 1 och 5 också förutsätts transporteras på banan, vilket inte sker idag.

Känslighetsanalysen omfattar frekvensberäkningar (bilaga A) samt beräkning av individrisken och samhällsrisk (bilaga C) på motsvarande sätt som den fördjupade riskanalysen.

Känslighetsanalysen beaktar följande olycksscenarioer:

- förändring i farligt godstransporter som motsvarar det nationella snittet för antagen godstrafik år 2030. Detta innebär dels att andelen av godstrafiken som utgör farligt gods ökar från 0,4 % till 5 % och dels att det tillkommer några ytterligare farligt godsklasser som behöver beaktas med hänsyn till dess potentiella påverkan på riskenivån utmed järnvägen.
- en ökad tågtrafik med 50 % mer trafik än prognosåret 2030

Utifrån genomförd känslighetsanalys samt med hänsyn till att övriga antaganden har genomförts konservativa innebär att hänsyn tas till ingående osäkerheter i analysen.

## 6. Säkerhetshöjande åtgärder

### 6.1 Allmänt

Enligt den detaljerade analysen är risknivån i stort sett acceptabel. Olyckor som leder till enstaka omkomna kan dock medföra att samhällsriskerna hamnar inom ALARP. Det är främst olycka som leder till pölbrand som bidrar till att höja risknivån.

Den planerade bebyggelsen innebär även att avsteg görs från rekommenderade skyddsavstånd till bostäder (50 meter). Riskreducerande åtgärder behöver därför vidtas.

I avsnitt 6.2 görs en bedömning av behovet av åtgärder.

### 6.2 Diskussion kring åtgärder

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

I nedanstående avsnitt redovisas beskrivningar av möjliga skyddsåtgärder samt separata bedömningar av rimligheten i att vidta respektive åtgärd med avseende på de olycksrisker som studeras i den fördjupade riskanalysen. Respektive avsnitt inleds med en generell beskrivning av restriktionerna och åtgärder. I kursiv text redovisas en specifik bedömning för det aktuella området. I avsnitt 5.3 redovisas sedan en sammanställning av vilka restriktioner och åtgärder som rekommenderas för det aktuella projektet.

#### 6.2.1 Placering av verksamheter

Vid lokalisering i ett utsatt område bör man alltid sträva efter att lokalisera bebyggelsen på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se 1.6.1) 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.

*Aktuell bebyggelse planeras minst ca 30 meter från eventuella tillkommande spår. Mellan bebyggelse och järnväg planeras markparkering. Avståndet ger ett gott skydd mot olyckor som innebär mekanisk påverkan som exempelvis urspårning och flertalet olyckor med brännbara vätskor som utgör merparten av det transporterade godset på Sveriges järnvägar. Avståndet är dock inte så långt att konsekvenser kan uteslutas vid större olyckor.*

*Den tänkta bebyggelsestrukturen bedöms kunna accepteras men den kräver att vissa säkerhetshöjande åtgärder vidtas då rekommenderade skyddsavstånd underskrids. Med hänsyn till den låga risknivån ska åtgärder endast vidtas i den mån det är rimligt och kostnadsmässigt försvarbart. I avsnitt 2.1.1 redovisas två andra detaljplaner i direkt anslutning till studerat planområdet. Dessa har vunnit laga kraft och omfattar bebyggelse på samma avstånd från järnvägen som är aktuellt för studerad detaljplan.*



## 6.2.2 Utformning av obebyggda ytor

Utformningen av obebyggda områden i anslutning till riskkällor bör göras med hänsyn tagen till den aktuella risknivån. Detta gäller främst för områden mellan ny bebyggelse och riskkällan. Detta område bör inte utformas så att de uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Det innebär exempelvis att uteplatser, lekplatser och liknande inte ska placeras inom dessa markområden.

*För aktuell plan innebär ovanstående att obebyggda ytor inom 25 meter från järnvägen ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Tänkt utformning som innebär att markparkering planeras mellan järnvägen och den tänkta bebyggelsen kan accepteras.*

## 6.2.3 Utrymningsstrategi

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 utvändigt olycka.

*Ovanstående innebär att byggnader, som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (50 m), och som dessutom vetter direkt mot riskkällan (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse) behöver utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen. Detta gäller för samtliga utrymnen där personer vistas stadigvarande.*

*Observera att utrymning via fönster eller balkong med räddningstjänstens stegutrustning inte uppfyller syftet med ovanstående åtgärdsförslag. Vidare bör det beaktas att om utrymningsstrategin från byggnader utformas med tillgång till enbart en utrymningsväg, som utgörs av trapphus eller loftgång som vetter mot riskkällan, så behöver fasaden mot riskkällan utformas så att strålningsnivån på utrymmande inte överstiger 3 kW/m<sup>2</sup> /15/ vid ett brandscenario med brännbara gaser eller brandfarliga vätskor. Om trapphuset mynnar mot riskkällan så behöver det utföras genomgående så att det även medger utrymning bort från riskkällan. (Observera att dessa faktorer omfattar detaljprojektering som inte bör anges som krav i detaljplanen utan kan härledas till övriga lagkrav enligt Plan- och bygglagen (2010:900) avseende säker utrymning. Det kan dock vara lämpligt att redovisa en beskrivning om dessa faktorer i exempelvis planbeskrivning.)*

*I den tänkta utformningen är det aktuellt med loftgång som utgör utrymningsväg och som vetter mot järnvägen (den nordvästra byggnaden), vilket innebär att ovanstående behöver uppfyllas. Enligt figur B.2 i bilaga B kan den maximala strålningen vid en olycka på järnvägen förväntas nå ca 7 kW/m<sup>2</sup> på 30 meters avstånd. På 45-50 meters avstånd är strålningsnivån maximalt ca 3 kW/m<sup>2</sup>. Det innebär att om loftgång utgör enda utrymningsväg inom 50 meter från närmaste spårmit så behöver de utföras så att utrymmande är skyddade, se även avsnitt 6.2.5. Byggnaden närmast järnvägen planeras dock med loftgång mot innergården, dvs. bort från järnvägen.*

## 6.2.4 Skydd mot gaser

För att kunna reducera konsekvenserna av ett större gasutsläpp så krävs relativt stora skyddsavstånd mellan bebyggelse och riskkälla, alternativt restriktioner på bebyggelse och områdesutformning som reducerar persontätheten, främst utomhus. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd bedöms innebära ett relativt begränsat skydd mot stora utsläpp av brännbar eller giftig gas. Beroende på gastyp går det att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta ventilationstekniska åtgärder för att förhindra spridning av 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 järnvägen (t.ex. bort från järnvägen 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 nödavgängning. För brännbara gaser går det även att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta byggnadstekniska åtgärder som förhindrar brandspridning (se nedan).

*Olyckor med både giftiga och brännbara gaser har en begränsad påverkan på risknivån för det aktuella området. Då de ventilationstekniska åtgärderna som redovisas ovan normalt innebär relativt låga kostnader och inte inkräktar mer än marginellt på byggnadsutformningen bedöms det dock rimligt att vidta dessa för bebyggelse som är placerade närmare järnvägen än de rekommenderade skyddsavstånden, det vill säga 50 meter.*

*Mekanisk nödavgängning av ventilationen bedöms inte relevant att genomföra då den planerade bebyggelsen består av bostäder och det inte finns någon självklar placering av en sådan nödavgängning. Det är heller inte självklart vem som ska ansvara för att aktivera nödavgängningen. Effekten av åtgärden i bostäder bedöms vara begränsad.*

## 6.2.5 Skydd mot brand

För att minska sannolikheten att en brand i anslutning till intilliggande riskkällor sprider sig in i kringliggande byggnader innan människor i byggnaden har hunnit utrymma kan fasader som vetter mot riskkällan utföras i material som begränsar risken för brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma. Som ett riktvärde bör brandspridning begränsas i åtminstone 30 minuter. Hur omfattande kraven behöver vara för att erhålla skydd mot brandspridning är beroende av avståndet mellan byggnad och riskkälla. Nivåskillnad och framförliggande 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, t.ex. kan fönster utföras så att de är intakta och sitter kvar under hela brandförloppet genom att använda brandklassade, härdade eller laminerade glas.

Brandklassade glas med både tätande och isolerande effekt (brandteknisk klass EI) reducerar den infallande strålningen med ca 99 % medan glas med enbart tätande effekt (E-glas) reducerar strålningen med ca 50 %. Så kallat EW-glas (där W innebär att glaset har provats och godkänts för att inte släppa igenom en genomsnittlig strålning som överskrider 15 kW/m<sup>2</sup> under provningen, mätt 1 meter från glaset) reducerar strålningen med ca 95 %. Detta innebär att strålningen på fönsterytan inomhus är 1 % för EI-glas, 5 % för EW-glas respektive 50 % för E-glas av den infallande strålningen utomhus /16/.

*För det aktuella planområdet bedöms olycka med brandfarlig vätska ha stor påverkan på risknivån på avstånd upp till ca 30 meter från järnvägen. Fasadåtgärder rekommenderas därför för byggnader inom 30 meter från järnvägen. Åtgärder ska vidtas så att risk för brandspridning in i byggnaden förhindras under den tid det tar att utrymma byggnaden (minst 30 minuter).*

Vidare planeras loftgång mot järnvägen vilket innebär att skydd mot utrymmande behöver säkerställas. Den acceptabla strålningsnivån mot utrymmande ( $3 \text{ kW/m}^2$ ) är lägre i förhållande till vad som krävs för brandspridning in i byggnader ( $15 \text{ kW/m}^2$ ) vilket innebär att erforderligt skyddsavstånd utan åtgärder (inbyggnad av loftgång i brandteknisk klass) kommer att vara längre. (Se även avsnitt 6.2.3).

## 6.2.6 Skydd mot explosion

Konsekvenserna av en explosion kan bli mycket omfattande på stora avstånd (se tabell 4.1). För att kunna reducera konsekvenserna krävs stora skyddsavstånd mellan bebyggelse och riskkälla. Konsekvenserna kan även reduceras genom att konstruera byggnaderna med hänsyn till höga infallande tryck. Exempelvis kan man dimensionera stommen för en ökad horisontallast samt bygga en rasdämpande stomme. Detta ställer krav på seghet/deformationsförmåga i stommen samt att stommen klarar bortfall av delar av bärningen.

Ytterligare säkerhetshöjande åtgärder är att utföra fönster med härdat och/eller 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.

*Olycka som innebär explosion med klass 1 eller klass 5 har mycket liten påverkan på risknivån då det inte under ett antal år förekommit några sådana transporter på den aktuella sträckan. Sannolikheten för en större explosion bedöms dock vara extremt låg, vilket inte bara beror på det mycket begränsade antalet transport explosionsbenägna utan även de hårda regler som gäller för transporter av dessa ämnen. Ovanstående åtgärdsförslag innebär vidare en stor begränsning i byggmetod och materialval samt innebär stora kostnader. Med hänsyn till det relativt stora avståndet till järnvägen och den låga riskpåverkan bedöms det inte rimligt att vidta åtgärder till följd av explosion även om rekommenderade skyddsavstånd inte uppfylls.*

## 6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

För ny bebyggelse inom planområdet rekommenderas att nedanstående åtgärder vidtas. Avstånden är angivna utifrån att en eventuell framtida utbyggnad av järnvägen kan komma att ske. En sådan utbyggnad antas innebära att det närmaste spåret på järnvägen hamnar ca 5 meter närmare planområdet. Nedanstående avstånd avser således ett eventuellt framtida spår mellan befintligt spår och planområdet:

- Avstånd från närmaste spår till byggnader med stadigvarande vistelse ska vara minst 25 meter.
- Utrymmen utomhus inom 25 meter från närmaste spår ska utföras så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ny bebyggelse som placeras inom 30 meter från järnvägen, och som vetter direkt mot riskkällan utan framförliggande bebyggelse, ska utföras så att de begränsar risk för brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma (minst 30 minuter). Följande innebär att kravet uppfylls:
  - Fasader som vetter direkt mot Mäljarbanan utförs i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
  - Fönster i fasader som vetter direkt mot Mäljarbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.
- Ny bebyggelse som placeras inom 50 meter, och som vetter direkt mot riskkällan utan framförliggande bebyggelse ska utföras med följande åtgärder:

- Från samtliga utrymmen med stadigvarande vistelse ska minst en utrymningsväg mynna bort från riskkällan.
- Friskluftsintag ska placeras mot trygg sida, dvs. på byggnadernas tak eller bort från järnvägen.
  - För lägenheter som är försedda med självdragsventilation ska ventilationsöppningar som vetter mot Mäljarbanan vara möjliga att stänga.
- Loftgång eller trapphus som vetter mot järnvägen, och som utgör enda utrymningsvägen, ska utföras inbyggd så att skydd mot utrymmande säkerställs under den tid det tar att utrymma (minst 30 minuter). Trapphus från loftgång ska utföras så att det även medger utrymning bort från järnvägen.

Observera att ovanstående åtgärder endast utgör ett förslag och att det är upp till kommunen att besluta om vilken risknivå som ska accepteras och vilka åtgärder som ska vidtas.

## 7. Slutsatser

Det aktuella planområdet Härnevi 1:34 m fl. i Bro ligger i ett utsatt läge med hänsyn till olycksrisker förknippade med järnvägstrafiken på Mäljarbanan och den aktuella bebyggelsestrukturen inom planområdet uppfyller inte de rekommenderade skyddsavstånd som Länsstyrelsen i Stockholms län tagit fram. På järnvägen går person- och godstrafik samt även transporter av farligt gods. Osäkerheten i vad som transporteras på järnvägen är stor men de kartläggningar visar på att antalet transporter med farligt gods är begränsat samt att det endast är vissa typer av ämnen som transporteras.

En detaljerad analys av möjliga olycksscenarier visar att risknivån, både avseende individrisk och samhällsrisk, är låg. Även med ett ökat transportantal och förekomst av fler farligt godsklasser blir risknivån låg, vilket har studerats i en känslighetsanalys.

Bebyggelsen har placerats och utformats med hänsyn till identifierade risker. Del av bebyggelsen inom planområdet planeras närmare Mäljarbanan än rekommenderade skyddsavstånd, vilket innebär att ytterligare byggnadstekniska åtgärder behöver vidtas för att hantera den ökade påverkan till följd av minskat skyddsavstånd.

Med föreslagna åtgärder bedöms riskerna i området kunna hanteras utan att människor utsätts för oacceptabla risker.

## 8. Referenser

---

- /1/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /2/ Detaljplan för Gamla Brandstationen i Bro, nr 1402, Bro, Upplands-Bro Kommun, laga kraft 2016-12-28
- /3/ Riskanalys Härnevi 1:17, Upplands Bro, Brandskyddslaget 2015-04-14
- /4/ Detaljplan för Trädgårdsstaden i Bro, nr 1302, Bro, Upplands-Bro Kommun, laga kraft 2017-11-13
- /5/ Riskanalys Bro Stationsområde – avseende närhet till järnvägen samt transporter med farligt gods, Brandskyddslaget mars 2013
- /6/ Trafikverket, Mälarbanan, Tomtebodavägen - Kallhäll, hämtat 2017-10-29:  
<https://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/projekt-i-stockholms-lan/Malarbanan-Tomtebodavagen-Kallhall/>.
- /7/ Tågplan Barkarby-Kallhäll 2013-2017, Anders Nilsson, statistiker Trafikverket, erhållet via e-post 2018-08-09
- /8/ Miljökonsekvensbeskrivning Utställningshandling, Mälarbanan Barkarby – Kallhäll. Trafikverket och Järfälla kommun, 2011
- /9/ Farligt gods Jakobsberg, Anders Nilsson, statistiker Trafikverket, uppgifter erhållna via e-post 2018-08-09
- /10/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002
- /11/ RID-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2016:9, 2017
- /12/ Godstransporter i Sverige – redovisning av ett regeringsuppdrag. Rapport 2012:7. Trafikanalys 2012
- /13/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996
- /14/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /15/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013
- /16/ Brandskydd i Boverkets byggregler BBR 19. Brandskyddsföreningen, 2012.

## Bilaga A - Frekvensberäkningar

<b>Uppdragsnamn</b>	Härnevi 1.34 m. fl, Upplands Bro (Täppan)	
<b>Uppdragsgivare</b>	<b>Uppdragsnummer</b>	<b>Datum</b>
Noccon Fastighetsutveckling AB	111453	2019-05-24
<b>Handläggare</b>	<b>Egenkontroll</b>	<b>Internkontroll</b>
Lisa Smas/Rosie Kvål	LSS/RKL 2019-05-24	EMM 2018-09-27

---

## 1. Inledning

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

- Ursparning
- Olycka med farligt gods
  - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
  - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
  - Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)

Med hänsyn till osäkerheter i statistik och risk för stora konsekvenser kommer i en känslighetsanalys även olycksscenarier förknippade med massexplosiva ämnen (klass 1) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider studeras (klass 5), se vidare avsnitt 4.

## 2. Indata

### 2.1 Allmänt - järnvägen

Planområdet angränsar mot Mäljarbanan längs ca 150 meter. På den aktuella sträckan består järnvägen av 2 spår med genomgående tågtrafik.

Tillåten maxhastighet på spåren är 140 km/h för persontåg och 100 km/h för godståg. Då det aktuella planområdet ligger i direkt anslutning till Bro pendeltågsstation kan en stor del av persontågen (pendeltåg som stannar vid stationen) förväntas hålla lägre hastighet än maximalt tillåtna.

#### 2.1.1 Framtid

En utbyggnad av järnvägen med ytterligare spår pågår längre söderut utmed Mäljarbanan mellan Tomtebodavägen och Kallhäll, några planer på en motsvarande utbyggnad genom Bro finns däremot inte i dagsläget. I Miljökonsekvensbeskrivningen för etapp 1 av utbyggnaden av Mäljarbanan /1/ prognostiseras tågtrafiken år 2030 längs banan jämfört med trafiken 2008. Ökningen prognostiseras till ungefär 67% för godståg och 72% för persontåg på den utbyggda sträckan.

---

/1/ Miljökonsekvensbeskrivning Utställningshandling, Mäljarbanan Barkarby – Kallhäll. Trafikverket och Järfälla kommun, 2011

Vilken effekt ökningen på den utbyggda delen får för sträckan förbi Bro är oklart men troligt är att tågtrafiken kommer att öka även där. I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att utbyggnaden av Mäljarbanan kommer medföra en trafikökning på den aktuella sträckan som motsvarar prognostiserad ökning enligt /1/.

## 2.2 Tågtrafik

På den aktuella järnvägssträckan går persontåg och godståg. I tabell A.1 redovisas genomsnittligt antal tåg /2/ och vagnar per dygn under 5-årsperioden 2013-2017. 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 /3/.

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

Typ av tåg	Idag		År 2030	
	Tåg per dygn	Vagnar per dygn	Tåg per dygn	Vagnar per dygn
Persontåg	123	1226	212	2120
Godståg	3	79	4	131
<b>Totalt</b>	<b>125</b>	<b>1305</b>	<b>216</b>	<b>2251</b>

## 2.3 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.

Uppgifter över vilka RID-klasser och mängder som transporterades på aktuell sträcka av Mäljarbanan åren 2013-2017 har erhållits från Trafikverket /4/. Värdena är dock konfidentiella och redovisas därför inte i sin helhet i denna rapport. Fullständigt underlag kan dock erhållas av Trafikverket.

Enligt uppgifterna transporteras följande RID-klasser på Mäljarbanan förbi Bro:

- Klass 2 - Gaser
- Klass 3 - Brandfarliga vätskor
- Klass 4.2 – Självantändande ämnen
- Klass 6.1 - Giftiga ämnen
- Klass 8 - Frätande ämnen
- Klass 9 - Övriga farliga ämnen

Den största godsmängden utgörs av brandfarliga vätskor, gaser samt frätande ämnen. I förhållande till det nationella snittet avseende transporter med farligt gods är de transporterade mängderna på banan mycket små.

/2/ Tågplan Barkarby-Kallhäll 2013-2017, Anders Nilsson, statistiker Trafikverket, erhållet via e-post 2018-08-09

/3/ Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994

/4/ Farligt gods Bro, Anders Nilsson, statistiker Trafikverket, uppgifter erhållna via e-post 2018-08-09

Den pågående utbyggnaden av Mäljarbanan på sträckan Tomtebodav-Kallhäll möjliggör enligt ovan tätare tågtrafik och fler godstransporter på den sträckan. Det antas konservativt att farligt gods ökar i samma tillväxttakt som den övriga godstrafiken på sträckan, d.v.s. en ökning med ca 67 % fram till år 2030.

### 3. Beräkningar järnvägsolycka

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

Frekvensberäkningarna beräknas för dagens trafikförutsättningar. I avsnitt 4 genomförs en känslighetsanalys där både ökning i tågtrafik och farligt gods beaktas.

#### 3.1 Urspårning

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

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

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

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

Frekvensen för urspårning har beräknats utifrån indata i avsnitt 2.2 och sammanställs i tabell A.2. 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.2. Beräknad frekvens för urspårning på aktuell sträcka med gällande tågtrafik (1 km).

Orsak	Olycksfrekvens (per år)	
	Idag	År 2030
Urspårning persontåg	1,1E-03	1,9E-03
Urspårning godståg	2,4E-04	4,0E-04
<b>Totalt</b>	<b>1,4E-03</b>	<b>2,3E-03</b>

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

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



Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär ovanstående urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot (för både persontåg och godståg) på ca  $3 \cdot 10^{-8}$  per tågkm.

Ovanstående värden kan jämföras med statistik över bantrafikskador /7/ 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, vilket kan jämföras med ca 98 % 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.

### 3.1.1 Urspårning i anslutning till bebyggelse

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

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

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

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

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

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

$F_r$  = urspårningsfrekvens per km och år (se tabell A.2)

$d$  = 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

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

---

/7/ Bantrafikskador 2015 (Statistikrapport 2016:20), Trafikanalys

/8/ Bantrafik 2016 (Rapportnr 2017:21), Statistikrapport från Trafikanalys

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

**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  $V^{0,55}$

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

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

$a$  = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmittpunkt och byggnad

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

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

Frekvensen för urspårning i anslutning till bebyggelse som kan påverka planområdet beräknas nedan. Beräkningarna utgår från urspårningsfrekvenser enligt tabell A.2.

<b>Idag:</b>			
$F_{1, \text{ persontåg}}$	=	$1,1 \cdot 10^{-3} \times 245 \times 10^{-3}$	= $2,7 \cdot 10^{-4}$ per år
$F_{1, \text{ persontåg}}$	=	$2,4 \cdot 10^{-4} \times 125 \times 10^{-3}$	= $3,0 \cdot 10^{-5}$ per år
<b>År 2030:</b>			
$F_{1, \text{ persontåg}}$	=	$1,9 \cdot 10^{-3} \times 245 \times 10^{-3}$	= $4,7 \cdot 10^{-4}$ per år
$F_{1, \text{ godståg}}$	=	$4,0 \cdot 10^{-4} \times 125 \times 10^{-3}$	= $5,0 \cdot 10^{-5}$ per år

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

Tabell A.3. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka.

a (meter)	Persontåg			Godståg		
	$P_2$	Frekvens kollision ( $F1 \times P2$ )		$P_2$	Frekvens kollision ( $F1 \times P2$ )	
		Idag	År 2030		Idag	År 2030
0	38,1%	4,2E-04	7,4E-04	36,1%	8,7E-05	1,4E-04
1	30,4%	3,4E-04	5,9E-04	27,4%	6,6E-05	1,1E-04
2	23,9%	2,7E-04	4,6E-04	20,3%	4,9E-05	8,1E-05
3	18,4%	2,0E-04	3,6E-04	14,5%	3,5E-05	5,8E-05
4	13,8%	1,5E-04	2,7E-04	10,0%	2,4E-05	4,0E-05
5	10,1%	1,1E-04	2,0E-04	6,6%	1,6E-05	2,6E-05
6	7,1%	7,9E-05	1,4E-04	4,1%	9,7E-06	1,6E-05

7	4,8%	5,3E-05	9,3E-05		2,3%	5,6E-06	9,3E-06
8	3,1%	3,4E-05	5,9E-05		1,2%	2,9E-06	4,9E-06
9	1,8%	2,0E-05	3,6E-05		0,6%	1,4E-06	2,4E-06
10	1,0%	1,1E-05	2,0E-05		0,3%	7,2E-07	1,2E-06
11	0,5%	5,7E-06	9,9E-06		0,2%	4,5E-07	7,4E-07
12	0,2%	2,8E-06	4,8E-06		0,1%	2,4E-07	3,9E-07
13	0,1%	1,5E-06	2,6E-06		0,0%	0,0E+00	0,0E+00
14	0,1%	9,8E-07	1,7E-06		0,0%	0,0E+00	0,0E+00
15	0,0%	2,0E-07	3,4E-07		0,0%	0,0E+00	0,0E+00
16	0,0%	0,0E+00	0,0E+00		0,0%	0,0E+00	0,0E+00
17	0,0%	0,0E+00	0,0E+00		0,0%	0,0E+00	0,0E+00
18	0,0%	0,0E+00	0,0E+00		0,0%	0,0E+00	0,0E+00
19	0,0%	0,0E+00	0,0E+00		0,0%	0,0E+00	0,0E+00
20	0,0%	0,0E+00	0,0E+00		0,0%	0,0E+00	0,0E+00

### 3.2 Tågbrand

Tågbrand utgör i sig ingen risk för aktuellt område (varken i godståg eller persontåg) men kan i godståg i kombination med transporter av farligt gods utgöra en risk.

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

Sannolikheten för en tågbrand (oavsett omfattning) bedöms vara relativt hög. Om man studerar det totala antalet inrapporterade tågbränder så är den genomsnittliga olyckskvoten troligtvis högre än t.ex. en urspårning. Enligt statistik från Trafikverket var den genomsnittliga olyckskvoten för brand i järnvägsfordon mellan 1997-2006 ca 1,1 per 10 miljoner tågkilometer (kvoten varierar mellan 0,6-1,6 per 10 miljoner tågkm under de studerade åren), d.v.s.  $1,1 \cdot 10^{-7}$  per tågkm /9/. Detta kan jämföras med olyckskvoterna för urspårning som redovisas i avsnitt 3.1.

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

I tabell A.4 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på tågbrand på den aktuella järnvägssträckan.

/9/ Statistik över olyckor på statens spåranläggningar år 2006, Banverket 2006

Tabell A.4. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i godståg på aktuell järnvägssträcka.

Scenario	Frekvens [per år]	
	Idag	År 2030
<b>Brand i godståg</b>	<b>1,1E-04</b>	<b>1,8E-04</b>
Liten tågbrand (inkl. rökutveckling)	9,6E-05	1,6E-04
Stor tågbrand (spridning till gods)	1,1E-05	1,8E-05
Mycket stor tågbrand	1,1E-06	1,8E-06

### 3.3 Järnvägsolycka med farligt gods

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

Enligt Trafikverkets uppgifter utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 0,4 % av den totala godstrafiken på sträckan förbi Bro. Enligt avsnitt 2.3 görs antas det att farligt gods ökar i samma tillväxttakt som den övriga godstrafiken på sträckan, vilket innebär att farligt gods uppskattas utgöra ca 0,4 % av den totala godstrafiken även för prognosåret 2030.

Vid en urspårning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur /10/. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas utifrån följande ekvation:

$$P = 1 - (1-X)^{3,5} = 1 - (1-0,004)^{3,5} = 1,5 \%$$

I tabell A.4 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka med farligt gods godsvagn är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass. Med hänsyn till att värdena från Trafikverket ska ses som konfidentiella redovisas endast det beräknade resultatet av frekvenser och inte andelar och värden i sin helhet.

Tabell A.4. Beräknad olycksfrekvens per farligt godsklass på studerad järnvägssträcka.

Scenario	Järnvägsolycka med fago-vagn [per år]			
	Idag		År 2030	
	Andel	Frekvens	Andel	Frekvens
Klass 1	0,0%	0,0E+00	0,0%	0,0E+00
Klass 2	4,8%	1,7E-07	4,8%	2,9E-07
klass 3	90,3%	3,3E-06	90,3%	5,5E-06
klass 4	0,2%	5,8E-09	0,2%	9,7E-09
klass 5	0,0%	0,0E+00	0,0%	0,0E+00
klass 6	0,0%	0,0E+00	0,0%	0,0E+00
klass 7	0,0%	0,0E+00	0,0%	0,0E+00
klass 8	0,0%	0,0E+00	0,0%	0,0E+00
klass 9	1,3%	4,6E-08	1,3%	7,7E-08

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

Totalt		3,6E-06		6,1E-06
--------	--	---------	--	---------

### 3.3.1 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 Trafikverket /13/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. I MSB:s kartläggning från september månad 2006 redovisas däremot klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna /11/. På den aktuella sträckan förbi Bro redovisas dock inga transporter ur klass 2. Sett till ett generellt genomsnitt på samtliga järnvägar visar kartläggningen att fördelningen mellan undergrupperna är ca 73 % brännbara gaser, 25 % icke giftiga och icke brännbara gaser respektive 2 % giftiga gaser. I beräkningar tas utgångspunkt i denna statistik.

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 /10/. I /10/ 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 /10/ 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 reduktion av sannolikheten för utsläpp från tjockväggiga tankar i förhållande till tunnväggiga tankar. För tjockväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp då 1 %.

I /10/ 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.

---

/11/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007 ([www.msb.se](http://www.msb.se))

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

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

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

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

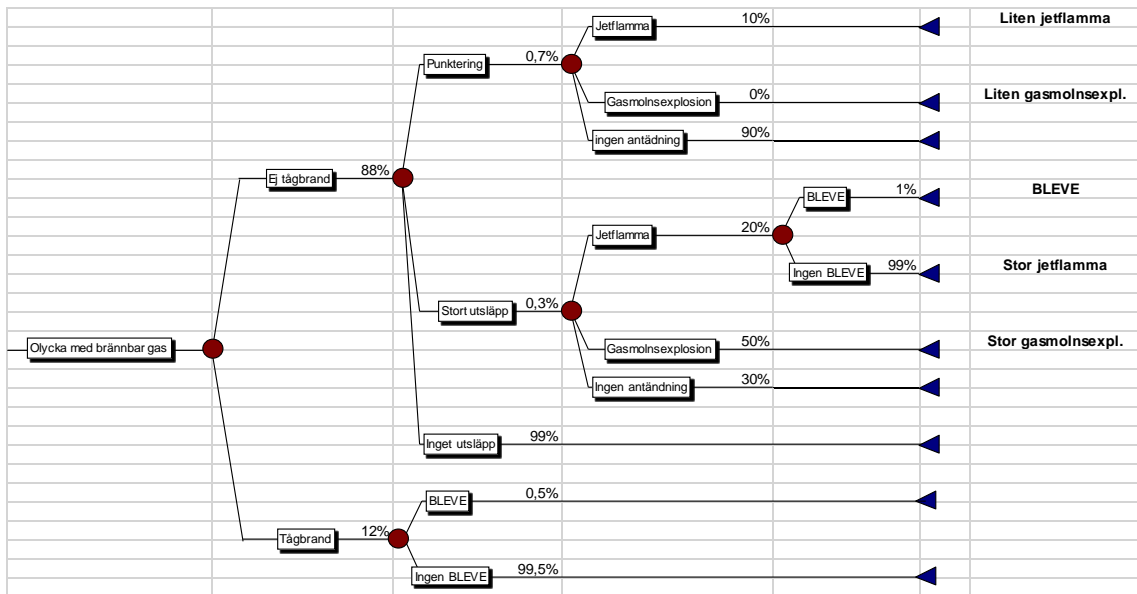
Utifrån underlaget som redovisas i avsnitt 2.3 och 3.2 uppskattas frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med brännbara gaser:

Scenario	Frekvens (per år)	
	Idag	År 2030
Tågbrand i godståg (se tabell A.5)	1,1E-04	1,8E-04
Tågbrand i vagn med farligt gods (0,4 % av godstrafik)	4,7E-07	7,9E-06
Tågbrand i vagn med brännbar gas (4,8 % x75% av farligt gods)	1,6E-08	2,7E-08

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

Figur A.1 och figur A.2 redovisar händelsesträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara respektive giftiga gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.5.

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



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



Figur A.2. Händelsetråd olycka med transport av giftig gas (klass 2.3).

Tabell A.5. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av gaser.

Scenario	Frekvens [per år]	
	Idag	2040
<b>Järnvägsolycka med gas (klass 2)</b>	<b>1,7E-07</b>	<b>2,9E-07</b>
<b>Järnvägsolycka med klass 2.1</b>	<b>1,4E-07</b>	<b>2,4E-07</b>
Urspårning	1,3E-07	2,1E-07
Tågbrand	1,6E-08	2,7E-08
Liten jetflamma	7,9E-11	1,3E-10
Liten gasmolnsexplosion	0,0E+00	0,0E+00
Stor jetflamma	9,4E-11	1,6E-10
Stor gasmolnsexplosion	2,4E-10	4,0E-10
BLEVE	8,3E-11	1,4E-10
-pga jetflamma	9,5E-13	1,6E-12
-pga brand i godsvagn	8,2E-11	1,4E-10
<b>Järnvägsolycka med klass 2.3</b>	<b>3,5E-09</b>	<b>5,8E-09</b>
Litet utsläpp giftig gas	2,2E-11	3,6E-11
Stort utsläpp giftig gas	1,3E-11	2,2E-11

### 3.3.2 Klass 3. Brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor (klass 3) transporteras normalt i tunnväggiga tankar. Detta medför en högre sannolikhet för läckage till följd av en järnvägsolycka jämfört med vid en olycka med gastransporter som transporteras i tjockväggiga vagnar, se avsnitt 3.3.1. *Klass 2. Gaser ovan.* För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % /10/.

I /10/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 %.

Sannolikheten för att ett litet (punktering) respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg skall antändas är 10 % och 30 % /12/.

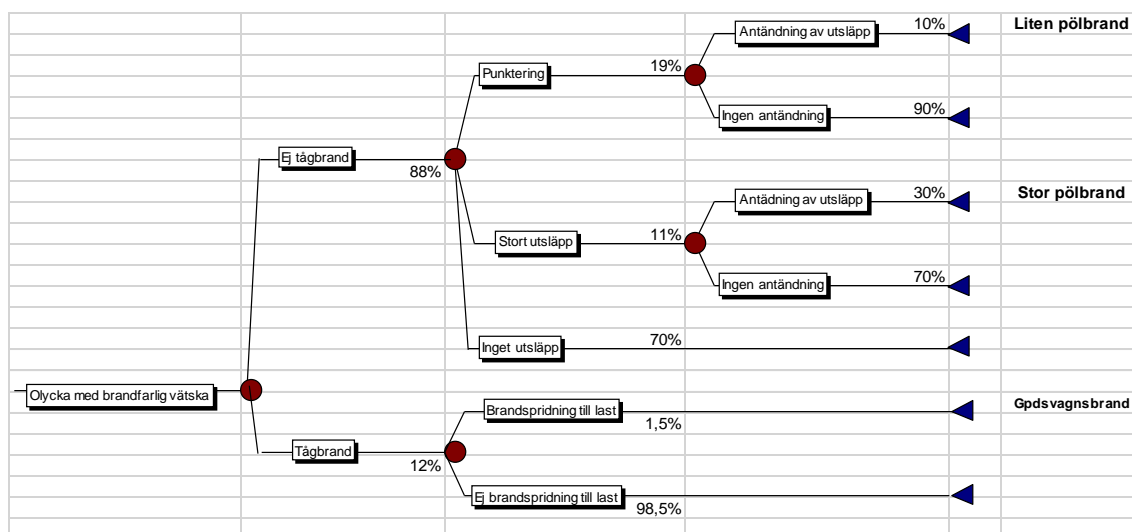
Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Utifrån underlaget som redovisas i avsnitt 2.3 och 3.2 uppskattas frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med brandfarliga vätskor:

Scenario	Frekvens (per år)	
	Idag	2040
Tågbrand i godståg (se tabell A.5)	1,1E-04	1,8E-04
Tågbrand i vagn med farligt gods (0,4 % av godstrafik)	4,7E-07	7,9E-07
Tågbrand i vagn med brandfarlig vätska (90,3 % av farligt gods)	4,3E-07	7,1E-07

En skada på tanken bedöms uppstå i 30 % av fallen (se vidare frekvensberäkningarna för klass 2). Med hänsyn till gällande regler enligt RID-S uppskattas sannolikheten för att en tågbrand växer sig stor och riskerar att spridas till lasten vara maximalt 5 % (d.v.s. hälften av vad som antas för en "vanlig godsvagn" enligt avsnitt 3.2). Den sammanvägda sannolikheten för att en brand uppstår i samband med en urspåringsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms därmed till 1,5 % (5 % x 30 %).

Figur A.3 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.6.





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

Tabell A.6. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska.

Scenario	Frekvens [per år]	
	Idag	År 2030
<b>Järnvägsolycka med brandfarlig vätska (klass 3)</b>	<b>3,7E-06</b>	<b>6,2E-06</b>
Urspårning	3,3E-06	5,5E-06
Tågbrand	4,3E-07	7,1E-07
Liten pölbrand	6,2E-08	1,0E-07
Stor pölbrand	1,1E-07	1,9E-07
Godsvagnsbrand	6,4E-09	1,1E-08

## 4. Känslighetsanalys

Då underlag avseende framtidsprognoser för tågtransporter på den aktuella sträckan saknas och mängd, innehåll och antal transporter med farligt gods i sig är behäftat med osäkerheter utförs en känslighetsanalys av resultatet.

I känslighetsanalysen studeras en förändring i farligt godstransporter som motsvarar det nationella snittet för antagen godstrafik år 2030. Detta innebär dels att andelen av godstrafiken som utgör farligt gods ökar från 0,4 % till 5 % och dels att det tillkommer några ytterligare farligt godsklasser som behöver beaktas med hänsyn till dess potentiella påverkan på risknivån utmed järnvägen.

### 4.1 Allmänt Järnvägsolycka med farligt gods

Information har hämtats från Trafikanalys som bland annat ansvarar för statistik inom området bantrafik. Utifrån statistik över godsmängd per farligt godsklass under femårsperioden 2012-2016 /13/ uppskattas det totala antalet farlig godsvagnar respektive antalet vagnar med respektive farligt godsklass på den aktuella sträckan. Enligt statistiken för den studerade perioden utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 5,0 % av den totala godsmängden.

Utifrån ovanstående underlag görs en uppskattning av antalet vagnar med farligt gods per år på den aktuella järnvägssträckan fördelat på respektive klass, se tabell A.7.

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

Tabell A.7. Antal godsvagnar med farligt gods per år på aktuell järnvägssträcka enligt nationellt snitt år 2030.

Klass	Andel	Antal farligt godsvagnar
		Nationellt snitt + 50% ökning tågtrafik
1. Explosiva ämnen och föremål	0,10%*	2
2. Gaser	25,2%	604
3. Brandfarliga vätskor	38,1%	912
4. Brandfarliga fasta ämnen	3,5%	84
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	15,4%	368
6. Giftiga ämnen	2,0%	47
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	0
8. Frätande ämnen	15,6%	373
9. Övriga farliga ämnen och föremål	0,2%	6
<b>Totalt</b>		<b>2395</b>

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

Farligt gods utgör 5 % av den totala godstrafiken. Enligt avsnitt 3.3 spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur vid en urspårning. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas utifrån följande ekvation:

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

Frekvensen för olycka med farligt gods blir då 6,6E-05 per år.

Beräkningsgång för järnvägsolycka med farligt gods och tidigare studerade klasser följer samma princip som tidigare och redovisas ej i detalj.

Att studera fördelning av farligt gods enligt nationell statistik innebär att ytterligare farligt godsklasser studeras, klass 1 – Explosiva ämnen och klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider.

#### 4.1.1 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 /14/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

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

Enligt avsnitt 2.1.3 så transporteras mycket begränsade mängder explosiva ämnen på järnvägar i Sverige. För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarioer förknippade med explosivämnen på aktuella järnvägssträckor så antas det dock konservativt att det förekommer vissa transporter av explosivämnen. Antagandet utgår från tidigare lokala kartläggningar som pekar på att det kan förekomma transporter av explosivämnen. Fördelningen mellan olika transportmängder har uppskattats utifrån en separat utredning som upprättades inom projektet med överdäckningen av Norra Stationsområdet /15/. Denna kartläggning beaktar uppgifter från bl.a. MSB, Polisen samt transportörer i Stockholms län.

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

---

/14/ RID-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2016:9, 2017

/15/ E4/E20 Tomtebodavägen – Haga Södra (Gemensamt) – Riskbedömning detaljplan för Vasastaden 1:16 m.m. och Arbetsplan E 4/E 20 Tomtebodavägen – Haga Södra, Vägverket & Exploateringskontoret, 2009-10-05 (Samrådshandling)

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

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

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

- Explosion p.g.a. brand: Utifrån underlaget som redovisas i avsnitt 4.1 uppskattas frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med explosiva ämnen:

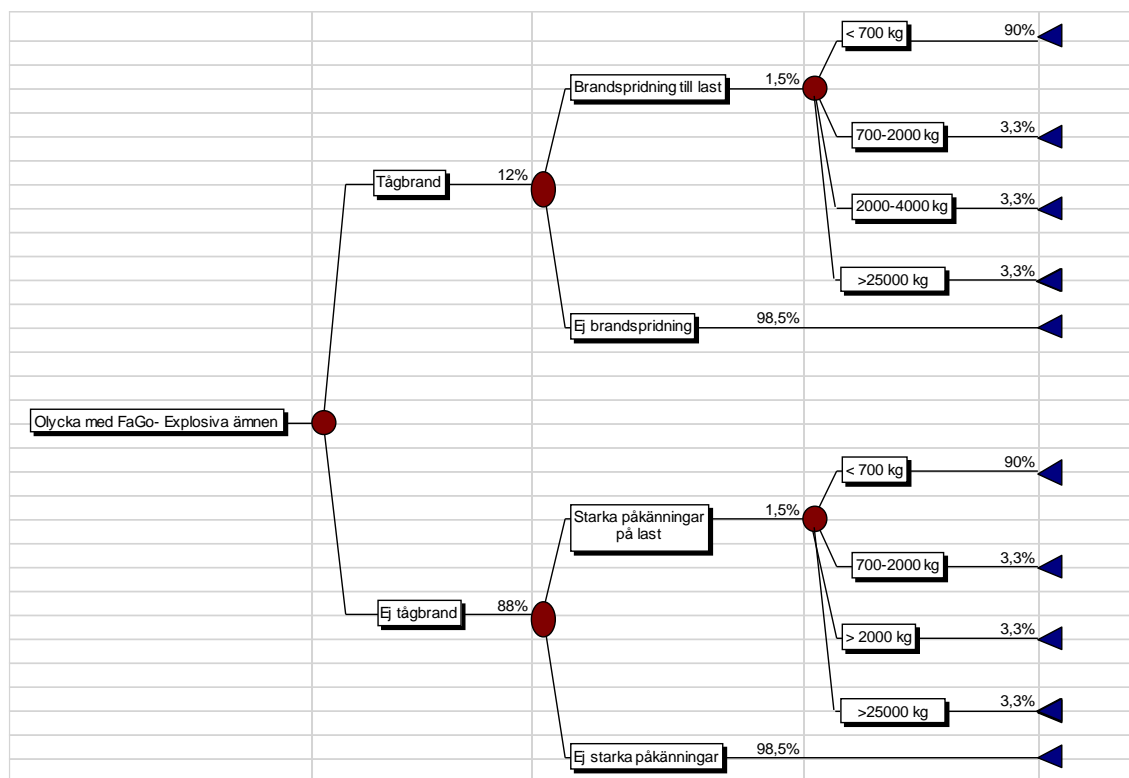
Scenario	Frekvens (per år)
	<i>Känslighetsanalys År 2030 Nationellt snitt</i>
Tågbrand i godståg	1,8E-04
Tågbrand i vagn med farligt gods (5 % av godstrafik)	9,0E-06
Tågbrand i vagn med explosivämnen (0,1% av farligt gods)	9,0E-09

En skada på tanken bedöms uppstå i 30 % av fallen (se vidare frekvensberäkningarna för klass 2). Med hänsyn till gällande regler enligt RID-S uppskattas sannolikheten för att en tågbrand växer sig stor och riskerar att spridas till lasten vara maximalt 5 % (d.v.s. hälften av vad som antas för en "vanlig godsvagn" enligt avsnitt 3.2). Den sammanvägda sannolikheten för att en brand uppstår i samband med en urspårningsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms därmed till 1,5 % (5 % x 30 %).

- Explosion p.g.a. starka påkänningar: Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /14/. Utifrån detta bedöms det vara mycket låg sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Det finns idag ingen känd forskning kring hur stor kraft som behövs för att initiera detonation av det fraktade godset vid en trafikolycka. Sannolikheten för uppkomst av våldsam kollision som kan föranleda lasten att detonera till följd av starka påkänningar i samband med en urspårning bedöms som mycket låg. Mot bakgrund av den ringa information som finns tillgänglig utgår beräkningarna konservativt från att sannolikheten för detonation givet starka påkänningar är lika stor som för att en brand sprider sig till lasten i samband med urspårningsolycka, d.v.s. ca 1,5 %.

Figur A.4 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexlosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.8. Den totala frekvensen för olycka med explosiva ämnen utgörs av frekvensen för järnvägsolycka med explosiva ämnen enligt tabell A.5 + frekvensen för tågbrand i vagn med explosiva ämnen, se ovan. Sannolikheten för tågbrand utgår från förhållandet mellan dessa två delfrekvenser.



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

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

Scenario	Frekvens [per år]
	Känslighetsanalys År 2030 Nationellt snitt
<b>Järnvägsolycka med Klass 1</b>	<b>7,5E-08</b>
Urspårning	6,6E-08
Tågbrand	9,0E-09
<b>Explosion med klass 1.1 (massexplosiva ämnen)</b>	
< 700 kg	9,9E-10
- P.g.a. starka påkänningar	1,1E-10
- P.g.a. tågbrand	8,9E-10
700-2000 kg	3,7E-11
- P.g.a. starka påkänningar	4,5E-12
- P.g.a. tågbrand	3,2E-11
2000-4000 kg	3,7E-11

- P.g.a. starka påkänningar	4,5E-12
- P.g.a. tågbrand	3,2E-11
> 4000 kg	3,7E-11
- P.g.a. starka påkänningar	4,5E-12
- P.g.a. tågbrand	3,2E-11

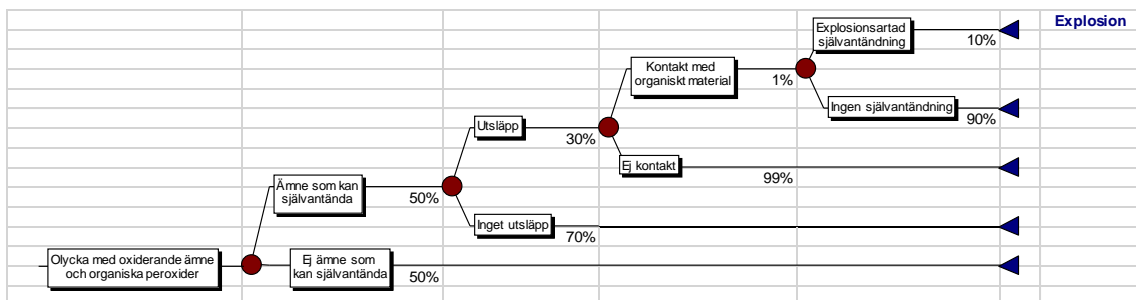
## 4.1.2 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Vissa ämnen kan dock, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.), leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. De ämnen inom klassen som bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider och vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion. För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten.

Enligt regelverket RID-S /14/ 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 oxiderande ämnena på järnvägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad.

Det antas grovt att 100 % av den totala mängden klass 5 som transporteras på järnvägen utgör ämnen som kan självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Oxiderande ämnen antas transporteras i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (25 + 5 %). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med brännbart material bedöms vara låg, 1 % (i princip krävs att en tank med brännbar vätska skadas i närheten för att risk för omfattande förorening och blandning föreligger). Sannolikheten för ett explosionsartat brandförlopp givet förorening och blandning bedöms till 10 %.

Figur A.5 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.9.



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

Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Frekvens [per år]
	<i>Känslighetsanalys År 2030 Nationellt snitt</i>
Järnvägsolycka med klass 5	<b>1,0E-05</b>
Explosionsartat brandförlopp vid självtändning	1,5E-09

## Bilaga B - Konsekvensberäkningar

<b>Uppdragsnamn</b> Härnevi 1.34 m. fl, Upplands Bro (Täppan)	<b>Uppdragsnummer</b> 111453	<b>Datum</b> 2019-05-24
<b>Uppdragsgivare</b> Noccon Fastighetsutveckling AB	<b>Egenkontroll</b> RKL	<b>Internkontroll</b> EMM
<b>Handläggare</b> Rosie Kvål	2019-05-24	2018-09-27

---

## 1. Inledning

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

- Urspårning
- Olycka med farligt gods
  - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
  - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
  - Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)

Med hänsyn till osäkerheter i statistik och risk för stora konsekvenser kommer i en känslighetsanalys även olycksscenarier förknippade med massexplosiva ämnen (klass 1) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider studeras (klass 5), se vidare avsnitt 4.

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. Beräkning av skadeavstånd/-områden

### 2.1 Urspårning

#### 2.1.1 Metodik

I bilaga A redovisas beräkningar av urspårningsfrekvens. Skadefrekvensen reduceras som funktion av avståndet från järnvägen och är beroende av tågets hastighet vid urspårningstillfället.

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



Med hänsyn till gällande hastighetsbegränsningar på den aktuella järnvägssträckan (persontåg: 140 km/h och godståg: 100 km/h) beräknas det maximala vinkelräta avståndet från spåret som vagnen kan hamna ca 15 meter vid urspårning med persontåg och ca 13 meter vid urspårning med godståg. Med hänsyn till tågens höga hastigheter vid urspårningstillfället så beräknas byggnader kunna rasera inom dessa avstånd.

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

Konsekvensberäkningarna kommer att omfatta nedanstående skadescenarier.

- Urspårning persontåg (hastighetsbegränsning 140 km/h)
  - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd <15 meter
  - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 15-18 meter
  - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)
- Urspårning godståg (hastighetsbegränsning 100 km/h)
  - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd < 13 meter
  - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 13-16 meter
  - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)

#### 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.

#### Resultat

I tabell B.1 redovisas de maximala skadeavstånden för respektive skadescenario.

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

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeområde (meter)	
		bredd (utmed riskkälla)	längd (vinkelrätt riskkälla)
<b>Urspårning persontåg</b>			
Inomhus	50%	500	15,1
Utomhus	100%	500	15,1
<b>Urspårning godståg</b>			
Inomhus	50%	320	12,6
Utomhus	100%	320	12,6

## 2.2 Järnvägsolycka med farligt gods

### 2.2.1 Klass 2.1 Brännbara Gaser

Metodik

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

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

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. Utsläppssimuleringarna har utförts för järnvägsvagn (ca 40 ton gas). Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol. I tabell B.2 redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B.2. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

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

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

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

---

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

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

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

#### Bedömningskriterier

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

**Utomhus:** I tabell B.2 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /9/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. Det uppskattas grovt att motsvarande för de som får 2a-3:e gradens brännskada är ca 50 %.

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

#### Resultat

I tabell B.3 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 så reducerar byggnaderna skadeavståndet och påverkan på bakomliggande byggnader relativt mycket. Planerad bebyggelse enligt avsnitt 2 bedöms reducera skadeavståndet (längden) för respektive scenario med åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Gasol**. I tabellen redovisas därför även skadeavstånden vid framförliggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs ingen reducering.

Tabell B.3. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

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

### 2.2.2 Klass 2.3 Giftiga Gaser

#### Metodik

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

Med simuleringsprogrammet **Spridning i Luft 1.2** beräknas storleken på det område där koncentrationen ammoniak respektive svaveldioxid antas vara dödlig (inomhus och utomhus). Utsläppssimuleringarna har utförts för järnvägsvagn rymmandes ca **65 ton klor**. I tabell B.4 redovisas den indata som anges i **Spridning i Luft 1.2** med avseende på tankutformning, omgivningsstruktur och väder etc.

Tabell B.4. Indata till **Spridning i Luft 1.2** för simulering av skadeområden vid utsläpp av giftig gas.

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

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

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

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

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

#### Bedömningskriterier

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

#### Resultat

I tabell B.5 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

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

Tabell B.5. 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

### 2.2.3 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 polär med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning.

Utformningen av spårområdet med makadam och dränering innebär att spridningen av ett vätskeutsläpp på järnväg bedöms bli relativt begränsat, även vid ett stort utsläpp, eftersom underlagets genomsläpplighet är god. I försök har det även påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av underlagets utformning och lutningar /2/. Det krävs relativt små lutningar för att vätskan ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m.

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

Konsekvensberäkningar utförs för följande skadescenarier:

- Liten pölbrand: 50 m<sup>2</sup>
- Stor pölbrand: 200 m<sup>2</sup>
- Godsvagnsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW  
(effekten motsvarar det värde som anges i /3/ för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

#### 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, liten brand, stor brand och godsvagnsbrand.

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

**Brandeffekt (Q)** – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /4/.

**Flamhöjd (H<sub>f</sub>)** – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiameteren (D) enligt följande ekvation /5/:  $H_f = 0.23 \cdot Q^{2/5} - 1,02D$

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till  $H_f = D / 4$ .

- 
- /2/ Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensin i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998
  - /3/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999
  - /4/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005
  - /5/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

**Utfallande strålning ( $I_0$ )** – Den utfallande strålningen ( $\text{kW/m}^2$ ) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammans, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /6/:

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

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

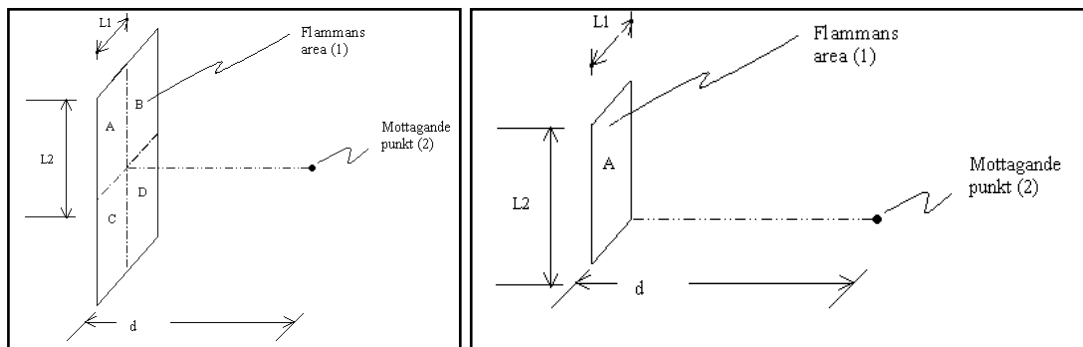
Synfaktorn  $F_{1,2}$  mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion

$$\text{som beräknas enligt /7/}: F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$$

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

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

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



Figur B.1. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /8/:

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

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

/6/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

/7/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

/8/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

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

Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.6).

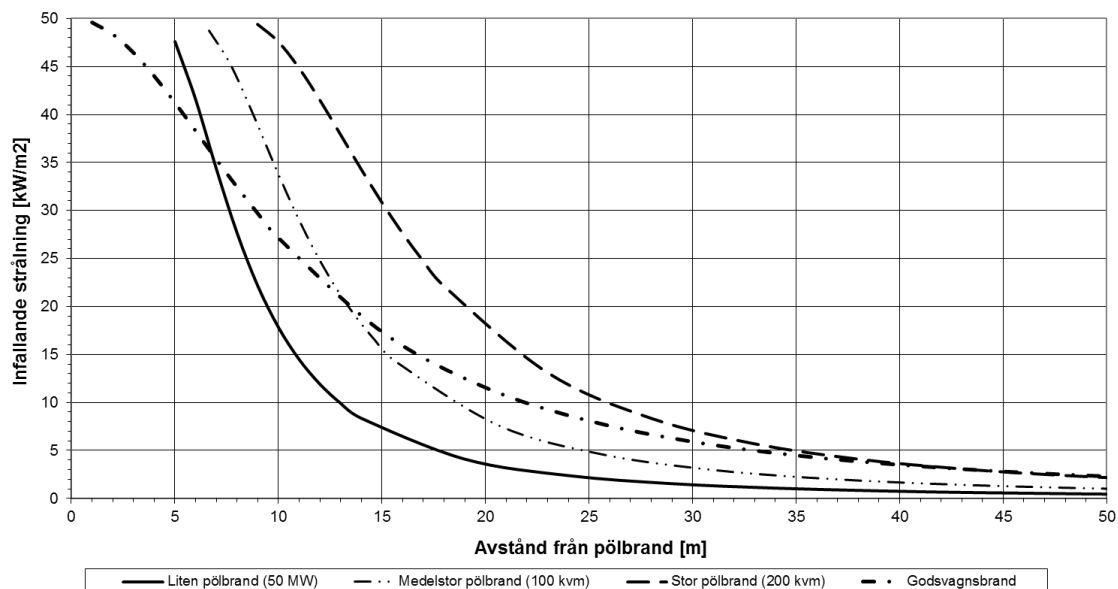
Tabell B.6. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta $A_f$ ( $\text{m}^2$ )	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter $D_f$ (m)	Flammhöjd $H_f$ (m)	Utfallande strålning $I_0$ ( $\text{kW}/\text{m}^2$ )
Liten pölbrand	50	50 000	8,0	8,0	49,8
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.2. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I diagrammen beaktas även pölarnas radie (ej för tankbilsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.

Enligt tabell B.6 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på  $50 \text{ kW}/\text{m}^2$  för samtliga brandscenarier.

#### Infallande värmestrålning mot bebyggelse Ingen barriär - fri spridning av pöl



Figur B.2. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand respektive godsvagnsbrand.

#### Bedömningskriterier

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



I tabell B.7 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning.

Tabell B.7. Effekter av olika strålningsnivåer /4,9/.

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

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmestrålningen ansätts till 15 kW/m<sup>2</sup> om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /10/ avseende brandspridning mellan byggnader. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändig brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring tågbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m<sup>2</sup> omkommer.

En oskyddad person **utomhus** som upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan hen reagerar. Sannolikheten för att oskyddade personer utomhus omkommer bedöms utifrån tabell B.5. Nedan redovisas uppskattad andel omkomna beroende på strålningsnivå för personer som befinner sig utomhus:

- 10 kW/m<sup>2</sup>: < 5 % sannolikhet att omkomma
- 15-20 kW/m<sup>2</sup>: 50 % sannolikhet att omkomma
- > 40 kW/m<sup>2</sup>: 100 % sannolikhet att omkomma

/9/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

/10/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

Resultat

I tabell B.8 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.8. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

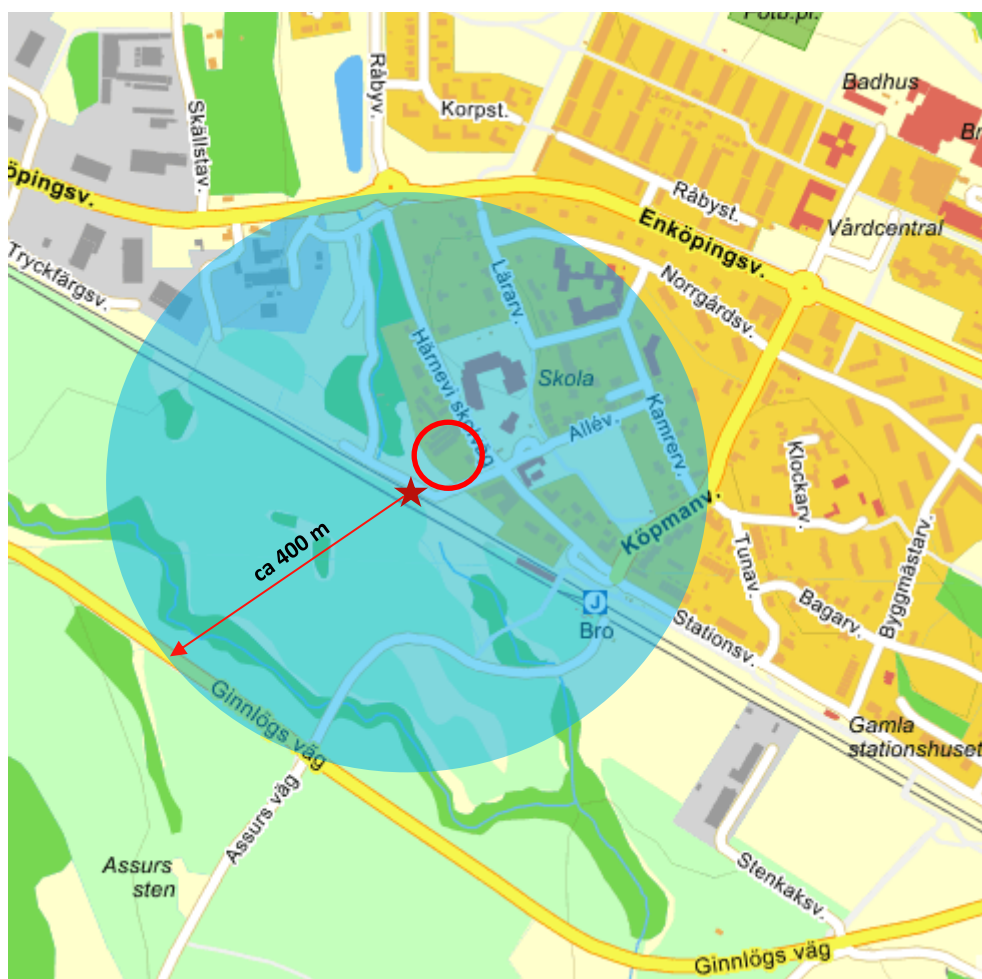
Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
<b>Liten pölbrand (500 MW)</b>	5% inomhus	11
	100% utomhus	7
	50% utomhus	11
	5% utomhus	13
<b>Stor pölbrand (200 MW)</b>	5% inomhus	22
	100% utomhus	13
	50% utomhus	22
	5% utomhus	25
<b>Godsvagnsbrand (300 MW)</b>	5% inomhus	17
	100% utomhus	7
	50% utomhus	17
	5% utomhus	22

### 3. Beräkning av antal omkomna

#### 3.1 Förutsättningar

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

- Det område som kommer att studeras omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna beräknas för det planerade utförandealternativet med planerad ny bebyggelse.
- För riktade scenarier har det antagits att olyckan påverkar området på andra sidan järnvägen från planområdet sett eftersom bebyggelsen är betydligt tätare där.
- Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka, men konsekvensberäkningarna avgränsas till att studera respektive olycksscenarios maximala skadeområde.
- Figur B.3 utgör en översiktsbild som visar det studerade området.
- Det område som beaktas i konsekvensberäkningarna motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier (cirka 300-400 meters radie kring valda olycksplatser).



Figur B.3. Översiktsbild över det studerade området och dess närmaste omgivning. Det studerade planområdet är markerat med rött. Den skuggade blåa cirkeln markerar omfattning av området som studeras i konsekvensberäkningarna och motsvarar maximalt skadeområde för aktuella skadescenarier vid olycka på Mälarskanan. Röd stjärna visar antagen placering av olycka på Mälarskanan. (källa karta: Eniro.se)

Konsekvensberäkningarna utgår från planerad exploatering inom planområdet och i omgivningen i enlighet med beskrivning i huvudrapporten.

För att kunna bedöma hur stort antal personer som befinner sig inom respektive skadeområde så görs grova uppskattningar av antal personer inom planområdet och omgivningen. Uppskattningarna utgår från en kartläggning av omgivande verksamheter inom ca 300 meter från planområdet, information kring planerad ny bebyggelse inom planområdet samt antaganden kring persontätheter beroende av verksamhet.

Vid uppskattningen av antalet personer som vistas inom planområdet och omgivningen kommer nedanstående persontätheter att användas, se tabell B.9.

Tabell B.9. Uppskattade personantal och persontätheter som underlag till konsekvensberäkningar.

Typ av verksamhet	Persontäthet/personantal
<b>Bostäder</b>	0,033 personer per kvm BOA, d.v.s. 1 boende per 30 m <sup>2</sup> bostadsarea.
<b>Utomhus</b>	0,0005 personer per kvm.
<b>Förskola/skola</b>	0,1 personer per kvm.
<b>Parkeringsgarage</b>	0,009 personer per kvm.

Persontätheten varierar stort över dygnet. Konservativt kommer det att antas att det är full beläggning i samtliga verksamheter vid tidpunkten för olycka.

### 3.1.1 Planområdet

Inom planområdet planeras fyra byggnadskroppar i fyra våningar. Det kortaste avståndet till ett framtida spår på Mälarbanan är 30 meter. Totalt planeras 90-120 lägenheter.

### 3.1.2 Omgivande bebyggelse

**Norr om området** ligger Härneviskolan med 300 elever. Avståndet mellan skolan och närmaste spår är 130-200 meter. I övrigt består området till stor del av villabebyggelse med stora tomter. Totalt finns ca 20 villor, några mindre flerbostadshus i två våningar, ett äldreboende med 48 lägenheter samt dagverksamhet för personer med demenssjukdom. Avstånd till äldreboendet från järnvägen är ca 280 meter.

**Öster om området** finns enfamiljshus i form av villor och radhus samt ett flerfamiljshus i tre våningar. Totalt finns det ca 20 villor. På andra sidan Allévägen antogs en detaljplan för att uppföra ett flerbostadshus med fyra våningar och totalt 72 lägenheter. Byggnaden uppförs med krav utifrån möjliga risker från järnvägen (se avsnitt 2.1.1 i huvudrapporten).

**Söder om området** finns idag endast en infartsparkering och naturmark. En detaljplan för området, Trädgårdsstaden i Bro, omfattar 1 500 – 2 000 bostäder samt förskolor, skola och annan kommunal service. Detaljplanen vann laga kraft i november 2017. Etapp 1 är placerad mitt emot det studerade planområdet, på andra sidan järnvägen. Etapp 1 omfattar 800 bostäder, två förskolor, en skola (F-9), ett parkeringsgarage närmast järnvägen samt en idrottshall.

**Väster om området** finns naturmark och ett mindre industriområde med lätt industri (verkstäder, entreprenadmaskiner, bensinstation etc.).

## 3.2 Resultat

I tabell B.10 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 3.1) inom det studerade exploateringsområdet. I tabellen redovisas endast de scenarier som innebär konsekvenser inom exploateringsområdet. Skadescenarier med skadeavstånd som understiger avståndet till bebyggelse redovisas ej.

Tabell B.10. Beräknade konsekvenser – antal omkomna.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna (totalt)	
	Utbyggnadsalternativet	Nollalternativet
<b>Klass 2.1 Brännbar gas</b>		
Liten jetflamma	0	0
Liten gasmolnexplosion	0	0
Stor jetflamma	1	1
Stor gasmolnexplosion	18	18
BLEVE	157	134
<b>Klass 2.3 Giftig gas</b>		
Litet utsläpp	0	0
Stort utsläpp	94	80
<b>Klass 3 Brandfarlig vätska</b>		
Liten pölbrand	0	0
Stor pölbrand	1	1
Godsvagnsbrand	1	1

## 4. Känslighetsanalys

Då underlag avseende framtidsprognoser för tågtransporter på den aktuella sträckan saknas och mängd, innehåll och antal transporter med farligt gods i sig är behäftat med osäkerheter utförs en känslighetsanalys av resultatet. I känslighetsanalysen studeras en utökad tågtrafik i kombination med en förändring i farligt godstransporter som motsvarar det nationella snittet. Detta innebär även att ytterligare farligt godsklasser studeras, klass 1 – Explosiva ämnen och klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider. Beräkningsgång för järnvägsolycka med farligt gods och tidigare studerade klasser följer samma princip som tidigare och redovisas ej i detalj. Kombinationen av ökad tågtrafik och farligt godstransporter enligt nationellt snitt bedöms vara mycket konservativt (motsvarar 20 x dagens farligt godstrafik).

Tågtrafiken på Mäljarbanan förbi Bro antas i känslighetsanalysen antas utökas med 50%.

### 4.1 Transporter av farligt gods nationellt snitt

Om utgångspunkten för beräkningarna är nationellt snitt istället för statistik så innebär det att samtliga farligt godsklasser kan komma att passera planområdet. Av de klasser som inte redan beaktats kan även klass 1 och 5 påverka planområdet vid en olycka.

I tabell A.8 (Bilaga A) redovisas hur många transporter av dessa ämnen som förutsätts vid en utökning av trafiken med 50 %.

## 4.1.1 Klass 1. Explosiva ämnen

### Metodik

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

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

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

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /11/*. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck ( $P_+$ ) och impulstäthet ( $I_+$ ) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck ( $P_c$ ) och impuls ( $I_c$ ). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

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

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck ( $P_+$ ), impulstäthet ( $I_+$ ) samt varaktighet ( $t_+$ ) för de studerade explosionsscenarierna. I figur B.4 och figur B.5 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av  $1,8 \cdot X$  kg i fri luft.

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

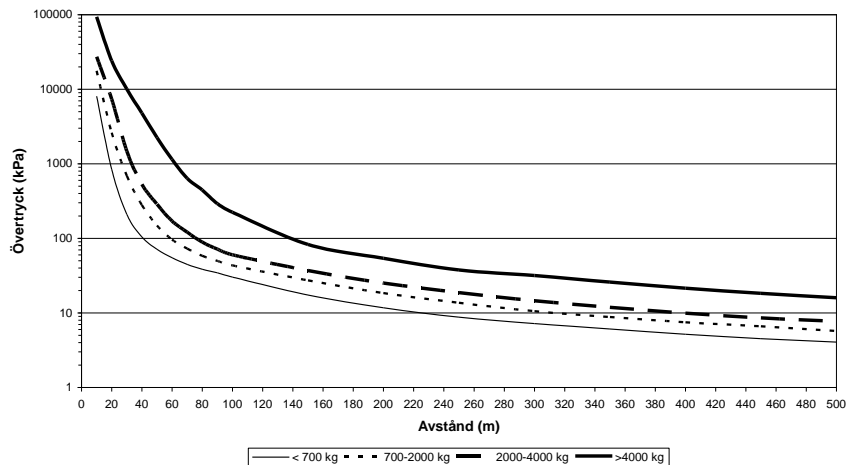
Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck ( $180^\circ$ ).

Explosionens varaktighet  $t_+$  beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel /11/:

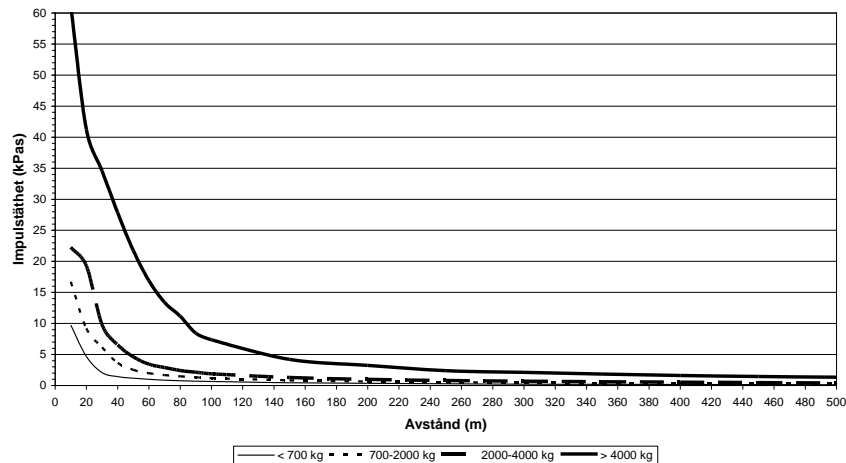
$$t_+ = \frac{2 \times I_+}{P_+}$$

---

/11/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)



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



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

### Bedömningskriterier

**Inomhus:** Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck ( $P_+$ ) och impulstäthet ( $I_+$ ) i förhållande till bygnadsdelarnas karakteristiska tryck ( $P_c$ ) och impuls ( $I_c$ ), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.11 anges karakteristiska tryck ( $P_c$ ) respektive impulstäthet ( $I_c$ ) för olika bygnadsdelar beroende på bygnadsstrategi och bärighet /11/.

Tabell B.11. Karakteristiska tryck ( $P_c$ ) respektive impuls ( $I_c$ ) för olika bygnadsdelar.

Byggnadsdel	$P_c$ (kPa)	$I_c$ (kPas)
<b>Bärande konstruktioner</b>		
<i>Stomme i platsgjuten betong</i>		
- Bärande ytterväggar av 20 cm betong (och invändiga pelare)	200	2,5
- Bärande tvärväggar och utfackade längsgående ytterväggar	200	2,5
<i>Stomme i monterad betong</i>		
- Pelar/balk-stomme	200	3,1
- Bärande väggar i elementhus	200	3,1
<b>Icke bärande konstruktioner</b>		

- Lätta utfackningsväggar (plåtkassetter) i pelarhus	5	0,5
- Medeltunga utfackningsväggar (regelstomme & fasadtegelskal)	5	1,0

De infallande tryck som redovisas i figur B.4 gäller för en punkt (byggnad eller människa) som är helt oskyddad mot riskkällan. Den första byggnaden reducerar med stor sannolikhet det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att den första byggnaden medför att trycket och impulstätheten mot nästföljande byggnad reduceras med ca 75 % i förhållande till vad som anges i figur B.4 respektive figur B.5. Detta beaktas i de fortsatta konsekvensberäkningarna avseende skadeområden och uppskattat antal omkomna.

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

**Utomhus:** En människa tål tryck relativt bra och riskerar i huvudsak att förolyckas p.g.a. kringflygande föremål eller att de trillar omkull av tryckvågen. Med avseende på tryck så går gränsen för dödliga skador vid /9/:

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

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

- < 700 kg:            10 %            2000-4000 kg            50 %
- 700-2 000 kg        25 %            >4000 kg                100 %

## Resultat

Utifrån beräkningarna av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms huruvida olika byggnadsdelar rasar eller ej, som funktion av avståndet. Denna bedömning har resulterat i skadeavstånd för respektive skadescenario. I tabell B.12 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Enligt ovan förväntas framförliggande objekt och avskärmningar reducera det infallande trycket vilket i sin tur reducerar skadeavstånden. I tabellen nedan redovisas skadeavstånden med hänsyn tagen till den avskärmande effekten för respektive scenario.

Tabell B.12. Beräknade konsekvenser – skadeområden för byggnadsras (helt eller delvis) samt för oskyddade personer utomhus, vid massexplosion.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
< 700 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	10
	15 % <i>inomhus</i>	30
	10 % <i>utomhus</i>	20



700–2 000 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	20
	15 % <i>inomhus</i>	60
	25 % <i>utomhus</i>	30
2 000-4 000 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	30
	15 % <i>inomhus</i>	80
	50 % <i>utomhus</i>	40
> 4 000 kg massexplosion (25 000 kg)	100 % <i>inomhus</i>	50
	15 % <i>inomhus</i>	200
	100 % <i>utomhus</i>	70

I tabell B.13 redovisas antalet omkomna till följd av explosion.

Tabell B.13. Antal omkomna till följd av explosion.

Scenario	Antal omkomna
< 700 kg	6
700-2 000 kg	25
2 000 – 4 000 kg	34
> 4 000 kg	67

#### 4.1.2 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

##### Metodik

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

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

---

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

Med hänsyn till de förutsättningar som anges för frekvensberäkningarna antas ett mer trovärdigt skadescenario innebära att det oxiderande ämnet blandas med exempelvis tågets smörjmedel. Detta scenario bedöms kunna motsvara det, i /12/, dimensionerande scenario för olycka med oxiderande ämnen på väg, ca 3 ton trotyl. För att inte underskatta konsekvenserna av det aktuella skadescenariot kommer konsekvensberäkningarna att utgå från de beräkningar som redovisas i avsnitt 4.1.1 avseende explosion med **4 ton trotyl**. I de fortsatta riskberäkningarna kommer dessutom det värsta tänkbara scenariot att beaktas (d.v.s. motsvarande explosion med 25 ton trotyl enligt ovan) för 1 % av den sammanlagda frekvensen för det aktuella skadescenariot (explosionsartat brandförlopp vid självantändning).

Bedömningskriterier

Se *avsnitt 4.1.1*.

Resultat

I tabell B.14 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario med ämne ur klass 5. Enligt avsnitt 4.1.1 förväntas framföriggande objekt och avskärningar reducera det infallande trycket vilket i sin tur reducerar skadeavstånden. I tabellerna nedan redovisas efter beaktande av den avskärmande effekten för respektive scenario.

*Tabell B.14. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.*

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

I tabell B.15 redovisas antalet omkomna till följd av olycka med klass 5.

*Tabell B.15. Antal omkomna vid olycka med klass 5.*

Scenario	Antal omkomna
Dimensionerande scenario (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	34

**Bilaga C - Riskberäkningar**

<b>Uppdragsnamn</b>	Härnevi 1.34 m. fl, Upplands Bro (Täppan)		
<b>Uppdragsgivare</b>	<b>Uppdragsnummer</b>	<b>Datum</b>	
Noccon Fastighetsutveckling AB	111453	2019-05-24	
<b>Handläggare</b>	<b>Egenkontroll</b>	<b>Internkontroll</b>	
Rosie Kvål	RKL 2019-05-24	EMM 2018-09-27	

---

## 1. Inledning

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

Den sammanvägda risken kommer att redovisas med riskmåten 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  $\geq 100$  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 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 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 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 4.1 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammen nedan.

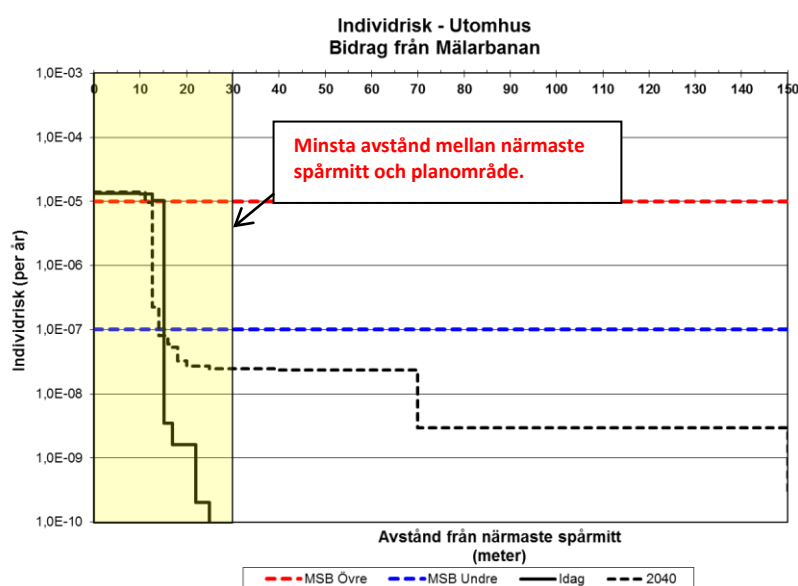
## 2.3 Resultat

### 2.3.1 Mälarbanan

I figur C.1 redovisas individrisken för det studerade planområdet och dess omgivning som funktion av avståndet till järnvägen. Avståndet i diagrammen utgår från järnvägens närmaste befintliga spårmitt.

Riskprofilerna som redovisas gäller för obebudd mark där ingen hänsyn tas till eventuella konsekvensreducerande effekter av exempelvis framföriggande bebyggelse.

Individrisken redovisas för dagens trafiksiffror samt för prognosår 2040. En eventuell utbyggnad av järnvägen hanteras i känslighetsanalys, se avsnitt 4.



Figur C.1. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Mälarbanan (mätt från närmaste spårmitt).

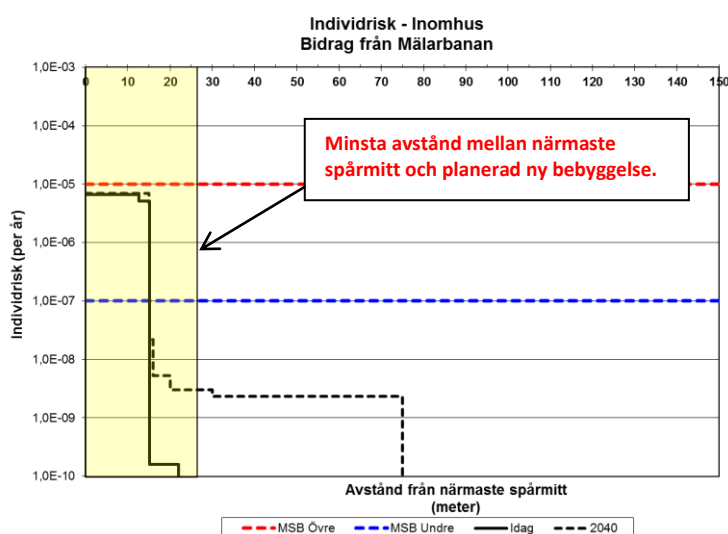
Utan hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmade barriärer inom planområdet.  
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

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

I bilaga B beräknas även skadeområden med avseende på personer som vistas inomhus. Dessa konsekvensberäkningar utgår från förutsatt byggnadsutformning inom det studerade området. För majoriteten av skadescenarierna har bebyggelsen en reducerande effekt på skadeavstånd och sannolikheten att omkomma (bl.a. olycka med brännbar respektive giftig gas samt brandfarliga vätskor).

I figur C.2 redovisas därför individrisken för det studerade planområdet och dess omgivning som funktion av avståndet till järnvägen där hänsyn tas till bebyggelsen. Diagrammet bedöms ge en bättre bild över individrisknivån inom planområdet vid ny bebyggelse och planerad markanvändning. Avståndet i diagrammen utgår från järnvägens närmaste befintliga spårmitt.

Individrisken redovisas för dagens trafiksiffror samt för prognosår 2040. En eventuell utbyggnad av järnvägen hanteras i känslighetsanalys, se avsnitt 4.



Figur C.2. Individrisk för person inomhus som funktion av avståndet från Mäljarbanan (mätt från närmaste spårmitt).

Med hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmade barriärer inom planområdet.  
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

### 3. Beräkning av Samhällsrisik

#### 3.1 Metodik

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

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

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

## 3.2 Bedömningskriterier

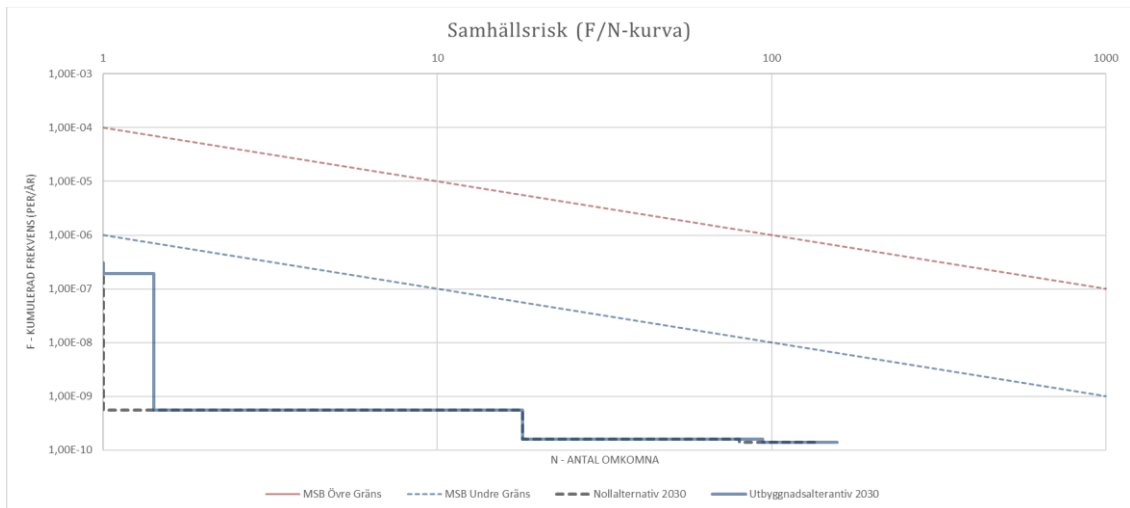
Den beräknade samhällsriskerna kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 4.1 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammen nedan.

## 3.3 Resultat

### 3.3.1 Samhällsrisk

I figur C.5 redovisas den beräknade samhällsriskerna inom det studerade området, d.v.s. aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse. Samhällsriskerna beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella området.

Samhällsriskerna redovisas för nollalternativet och utbyggnadsalternativet år 2030.



Figur C.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisiknivån med avseende på skadescenarier på Mäljarbanan i anslutning till aktuellt planområde.

De åtgärder som föreslås i huvudrapporten utgår i huvudsak från att kompensera för avstegen från rekommenderat skyddsavstånd till bostäder. Eftersom risknivån i stort sett är acceptabel föreligger inget behov av åtgärder utifrån risknivån. Någon risknivå som visar effekten av åtgärder redovisas därför inte.

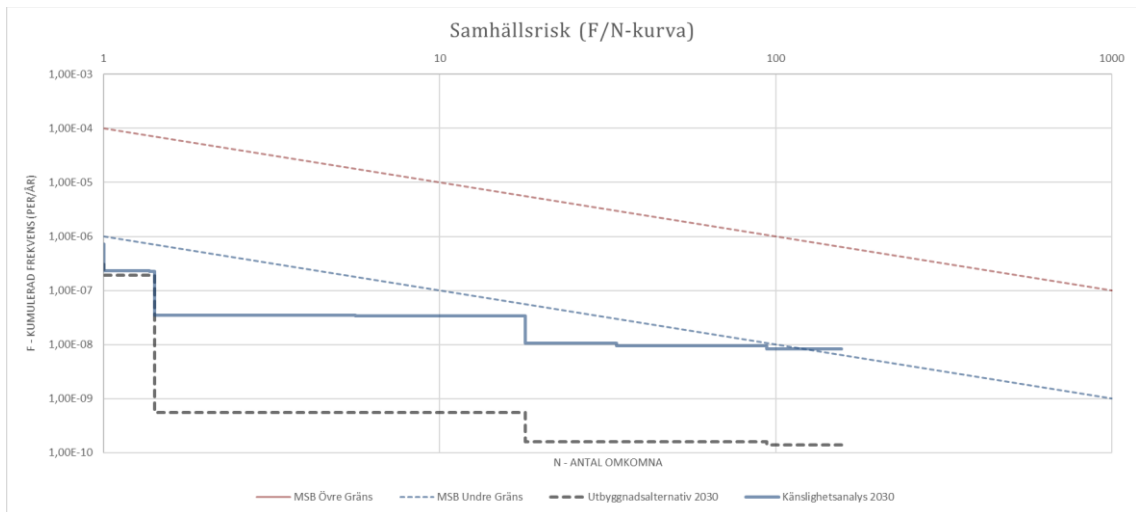
#### 4. Känslighetsanalys

Med hänsyn till osäkerheter i det statistiska underlaget upprättas en känslighetsanalys som beaktar följande förändrade förutsättningar:

- förändring i farligt godstransporter som motsvarar det nationella snittet för antagen godstrafik år 2030. Detta innebär dels att andelen av godstrafiken som utgör farligt gods ökar från 0,4 % till 5 % och dels att det tillkommer några ytterligare farligt godsklasser som behöver beaktas med hänsyn till dess potentiella påverkan på risknivån utmed järnvägen.
- en ökad tågtrafik med 50 % mer trafik än prognosåret 2030

Känslighetsanalysen omfattar sammanvägning av samhällsrisken för de förändrade förutsättningarna och gör endast för utförandealternativet.

I figur C.6 redovisas resultatet av känslighetsanalysen.



Figur C.6. F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivån med avseende på skadescenarier på Mäljarbanan i anslutning till aktuellt planområde.