

# BRANDSKYDDSLAGET

## Risakanalys

Kv. Kolartorp 5:1, Haninge kommun

Underlag för detaljplanearbete

2019-10-28



**Dokumenttyp:** Riskanalys

**Uppdragsnamn:** Kv. Kolartorp 5:1, Haninge kommun  
Riskanalys avseende närhet till Nynäsbanan  
Underlag till ny detaljplan

**Uppdragsnummer:** 112196

**Datum:** 2019-10-28

**Status:** Underlag för detaljplanearbete

**Uppdragsledare:** Rosie Kvål

**Handläggare:** Rosie Kvål  
Tel: 08 588 188 84  
E-post: rosie.kval@brandskyddslaget.se

**Uppdragsgivare:** Haninge kommun

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2019-03-21	Patrick Ahlgren	Rosie Kvål	Inledande analys, granskningshandling
2019-10-28	Rosie Kvål	Erik Hall Midholm	Detaljerad analys, ver 1

## Sammanfattning

I Haninge kommun pågår ett arbete med att ta fram en ny detaljplan som möjliggör bostäder och förskola inom fastigheten Kolartorp 5:1. Planområdet ligger cirka 800 meter norr om Handens pendeltågsstation i nära anslutning till Nynäsbanan. Avståndet mellan bebyggelse och närmaste spår på järnvägen är som minst 27 meter.

Med anledning av närheten till Nynäsbanan har Brandskyddslaget fått i uppdrag att upprätta en riskanalys för det aktuella planförslaget. 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.

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

I analysen har en inventering gjorts av trafiken på Nynäsbanan. Trafiken är relativt omfattande och förväntas öka kraftigt både avseende person- och godstrafiken. Detta till följd av att Trafikverket planerar en kapacitetsökning på banan samt en planerad godshamn i Norvik.

Utifrån inventeringen har olycksscenarioer kopplade till Nynäsbanan identifierats. En kvalitativ uppskattning av riskerna, dvs. sannolikhet och konsekvens, för respektive scenario har genomförts. För scenarier med uppskattad stor påverkan på risknivån i området har en fördjupad analys genomförts. Denna omfattar beräkning av frekvens och konsekvens för respektive olycksscenario. Dessa har sedan sammanställts i form av risknivåer avseende individrisk och samhällsrisk. Med individrisk avses sannolikheten för en person på ett visst avstånd från järnvägen att omkomma till följd av olycka på järnvägen. Med samhällsrisk menas den totala påverkan på planområdet och omgivningen i form av antalet omkomna vid en olycka på järnvägen.

Genomförda beräkningar visar att individrisknivån är hög närmast järnvägen, inom ca 10-15 meter, men acceptabel på avstånd över ca 15 meter. Inom 15 meter planeras ingen stadigvarande vistelse inom planområdet. Med föreslagen bebyggelsestruktur inom planområdet så beräknas samhällsriskerna vara acceptabel. Den låga risknivån beror till stor del på den låga sannolikheten för olycka samt att ingen stadigvarande vistelse planeras närmast järnvägen. Bebyggelsen i omgivningen är också relativt gles och innebär en låg persontäthet.

Utifrån beräknade risknivåer föreligger inget krav på säkerhetshöjande åtgärder. Den planerade bebyggelsen innebär dock att ett avsteg görs från rekommenderade skyddsavstånd. Åtgärder bör därför vidtas för att hantera den riskökning som avsteget från riktlinjerna innebär. Nedan redovisas därför ett förslag på åtgärder som bör säkerställas i planarbetet:

- Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden till närmaste spår på Nynäsbanan inte understiger 25 meter.
- Ytor mellan ny bebyggelse och Nynäsbanan bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

*Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser, utegym, uteserveringar m.m.) ska placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste spårmitt.*

- Förskolegård placeras skyddat från Nynäsbanan alternativt på minst 50 meters avstånd.

- Inom 50 meter från Nynäsbanan ska ny bostadsbebyggelse samt förskola som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse utföras med följande åtgärder:
  - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Nynäsbanan.
  - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Nynäsbanan alternativt på byggnadernas tak.
  - Fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
  - Fönster i fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

*De byggnadstekniska åtgärderna gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1.1). Avståndet ska mätas från närmaste spårmitt.*

Om ovan redovisade åtgärder vidtas är bedömningen att planförslaget kan genomföras enligt förslag utan att människor inom planområdet utsätts för oacceptabla risker.

Riskutredningar är alltid förknippade med osäkerheter, framförallt rör osäkerheterna antagna mängder farligt godstransporter och fördelningar mellan de olika klasserna. Ändrade mängder eller fördelningar kan komma att påverka risknivå i både positiv och negativ bemärkelse. En känslighetsanalys har därför genomförts där risknivån vid en ökad andel godståg och vagnar med farligt gods har studerats. En studie har även gjorts avseende vald metod för beräkning av urspårning. Genomförd känslighetsanalys visar att resultatet av genomförda riskberäkningar är robusta och att identifierade osäkerheter kopplade till bl.a. använd statistik eller beräkningsmetodik har en begränsad påverkan på resultatet av den fördjupade riskanalysen. Något behov av ytterligare åtgärder eller ändrad slutsats föreligger därför inte utifrån genomförd känslighetsanalys.

## 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.....	7
<b>2. OMRÅDESBESKRIVNING</b> .....	<b>9</b>
2.1 Planerad bebyggelse.....	10
2.2 Omgivande planer.....	10
<b>3. RISKINVENTERING</b> .....	<b>12</b>
3.1 Allmänt.....	12
3.2 Inventering av riskkällor.....	12
<b>4. INLEDANDE RISKANALYS</b> .....	<b>16</b>
4.1 Metodik.....	16
4.2 Identifiering av olycksrisker.....	16
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk.....	16
4.4 Slutsats inledande riskanalys.....	21
<b>5. FÖRDJUPAD RISKANALYS</b> .....	<b>22</b>
5.1 Allmänt.....	22
5.2 Resultat riskberäkningar.....	24
5.3 Värdering av risk.....	26
5.4 Hantering av osäkerheter.....	27
<b>6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER</b> .....	<b>29</b>
6.1 Allmänt.....	29
6.2 Allmänna åtgärder.....	29
6.3 Byggnadstekniska åtgärder.....	30
6.4 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning.....	34
<b>7. SLUTSATSER</b> .....	<b>36</b>
<b>8. BILAGOR</b> .....	<b>37</b>
<b>9. REFERENSER</b> .....	<b>37</b>

## 1. Inledning

### 1.1 Bakgrund

I Haninge kommun pågår ett arbete med att ta fram en ny detaljplan för bostäder samt förskola inom fastigheten Kolartorp 5:1. Planområdet ligger cirka 800 meter norr om Handens pendeltågsstation i nära anslutning till Nynäsbanan, vilket innebär att riskerna förknippade med person- och godstågstrafik på järnvägen ska analyseras i planprocessen, enligt riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholms län [1].

Med anledning av närheten till Nynäsbanan har Brandskyddslaget fått i uppdrag att studera och analysera förekommande risker i planområdets närhet. Detta för att människor inom planområdet inte ska utsättas för oacceptabla risker.

### 1.2 Syfte

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

### 1.3 Omfattning

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

Trafikanter på järnvägen omfattas inte av analysen.

### 1.4 Underlag

Underlag till analysen utgörs av följande handling:

- Förfrågningsunderlag direktupphandling av riskutredning för detaljplan för Kolartorp 5:1, daterat 2019-01-11.

Övriga källor som används redovisas löpande samt i avsnitt 9 *Bilagor*

## Bilaga A – Frekvensberäkningar

## Bilaga B – Konsekvensberäkningar

## Bilaga C - Riskberäkningar

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). Namn i kolumnen för internkontroll på sidan 2 bekräftar kontrollen.

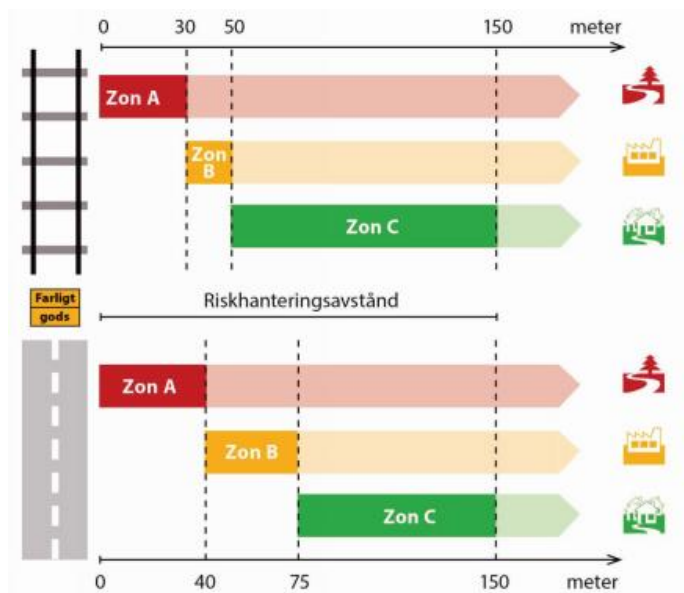
## 1.6 Företsättningar

### 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 [2]. Syftet med riktlinjerna är att ge vägledning och underlätta hanteringen av riskfrågor. Länsstyrelsen anser att möjliga risker ska studeras vid exploatering närmare än 150 meter från en riskkälla. I vilken utsträckning och på vilket sätt riskerna ska beaktas beror på hur riskbilden ser ut för det aktuella planförslaget.

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



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

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

Figur 1.1. Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning [2].

Avstånden i figuren mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt.

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

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

Intill järnväg rekommenderas ett bebyggelsefritt avstånd på minst 25 meter. Åtgärder ska vidtas inom åtminstone 30 meter.



## 2. Områdesbeskrivning

Planområdet ligger i Haninge kommun cirka 800 meter norr om Handen pendeltågsstation. Området är cirka 33 ha stort och angränsar mot Nynäsbanan i öster och mot Kolartorpsvägen i norr, se figur 2.1. I väster och söder angränsar planområdet mot Tallbacksvägen och befintlig bostadsbebyggelse av villakarakter. Området är idag bebyggt med en kontorsbyggnad (f.d. Stalands möbler). I övrigt består området av grönyta.



Figur 2.1. Översiktsbild med aktuellt planområde (rödmarkerat) samt dessa närmaste omgivning.

Utmed planområdet går Nynäsbanan i nivå med planområdet. Inga större höjdskillnader förekommer, se figur 2.2.



Figur 2.2. Planområdet ligger i nivå med Nynäsbanan. Bild tagen från Kolartorpsvägen strax norr om planområdet.

## 2.1 Planerad bebyggelse

Inom planområdet planeras bostäder i form av flerbostadshus i 3-8 våningar, radhus i 3 våningar samt en förskola. Totalt planeras 18 radhus och 330 lägenheter.

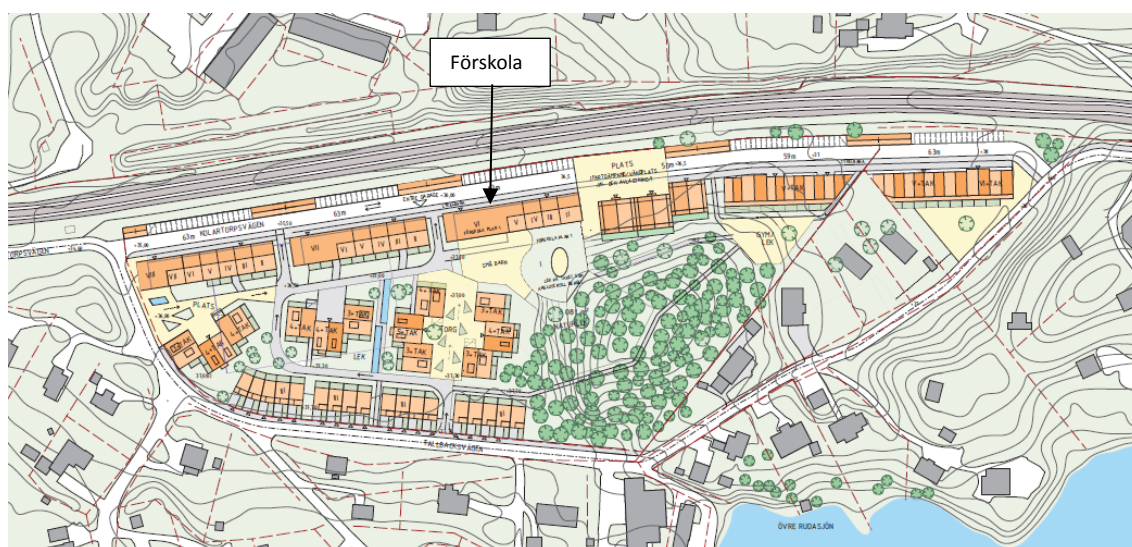
Närmast järnvägen planeras de högre flerbostadshusen, de mindre husen planeras skyddade bakom dessa. Närmast järnvägen planeras ett cykelstråk samt lokalgata med kantstensparkering på vardera sida. Närmast bostadsfasaderna blir det gångstråk och förgårdsmark.

Under bostadshusen planeras garage i ett eller två plan.

Förskola planeras i bottenvåning på ett av lamellhusen men med förskolegård i skyddat läge på baksidan av huset. Förskolan planeras för 6 avdelningar med totalt 120 barn plus personal.

Mellan de mindre husen planeras torgytor samt en yta för lek.

I figur 2.3 redovisas planförslaget.



Figur 2.3. Idéförslag Kolartorp Strand. Observera att norr är åt vänster i bilden. (2019-04-16)

Det kortaste avståndet mellan planområdets gräns och närmaste spårmitt är ca 10-11 meter. Motsvarande avstånd till bostadshus (och förskola) är 27 meter.

## 2.2 Omgivande planer

Det aktuella planområdet ingår i Stadsutvecklingsplan för Haninge stad [3] som uppmuntrar till en relativt kraftig förtätning i och i anslutning till centrala Haninge. Enligt planen kommer staden att förtätas med omkring 7 000 bostäder till år 2030 och ytterligare omkring 10 000 bostäder till år 2050, i form av nyexploatering (helt nya områden som bebyggs och utvecklas), omvandling (befintliga områden som omvandlas) och förtätning (befintliga kvarter som kompletteras med ny bebyggelse). I anslutning till planområdet utpekas bl.a. Norra Handen, Vega och Västertorp som utvecklingsområden.

Följande detaljplaner har identifierats inom planområdets närområde (ca 1 km avstånd):

- Täckåker 1:18 m.fl., Norra Folkparken – pågående detaljplan för ny samlad bostadsbebyggelse.
- Söderbymalm 3:9 m.fl., Östra folkparken – pågående detaljplan för ny bostadsbebyggelse utmed Nynäsvägen med centrumfunktioner i bottenvåningarna.

- Kolartorp 1-2 – antagna detaljplaner med syfte att möjliggöra förtätning av området med bostäder samt utbyggnad av kommunalt VA-system m.m.
- Kolartorp 3 – antagen detaljplan med syfte att möjliggöra åretruntboende samt fler bostäder och förskola i området.
- Stadsdel Vega 5 – antagen 2013 med syfte att skapa förutsättningar för småskalig och hållbar stadsutveckling för ca 130 bostäder, småskaliga verksamheter och en skola/förskola.

Det har inte identifierats några planer på etablering av verksamheter som kan innebära risk för det område som studeras i denna analys. En större nyexploatering, omvandling eller förtätning utmed järnvägen kan dock komma att påverka samhällsrisken i och med att fler personer kan komma att vistas i anslutning till riskkällan.

### 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, samt farliga verksamheter som bedöms kunna påverka risknivån inom planområdet.

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

#### 3.2 Inventering av riskkällor

I det aktuella områdets närhet har Nynäsbanan identifierats som riskkälla. Övriga riskkällor som transportleder för farligt gods och bensinstationer ligger minst 250-300 meter från aktuellt planområde och kommer inte att påverka risknivån inom området. Dessa studeras därför inte vidare i den fortsatta analysen.

##### 3.2.1 Allmänt om transporter av 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 RID-S (järnväg) [4] respektive ADR-S (väg) [5].

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

## 3.2.2 Nynäsbanan

### Allmänt

Nynäsbanan går mellan Älvsjö och Nynäshamn och passerar utmed planområdets östra sida, se figur 2.1. Cirka 800 meter söder om planområdet ligger Handens pendeltågsstation.

På den aktuella sträckan består järnvägen av två spår. Spåren är i huvudsak raka men strax söder om planområdet svänger järnvägen av svagt i västlig riktning. Det har identifierats en växel strax norr om Handens pendeltågsstation.

Hastighetsbegränsning på Nynäsbanan är 140 km/h för pendeltåg och 100 km/h för godståg.

Nynäsbanan trafikeras huvudsakligen av pendeltåg men det förekommer även godståg. På den aktuella sträckan går pendeltågen i kvartstrafik under dagtid och i halvtimmetrafik på kvällarna.

År 2010 trafikerades sträckan av 142 pendeltåg per vardagsmedeldygn [6] och enligt uppgifter från Trafikverket för perioden 2013-2015 trafikerades sträckan av i genomsnitt 256 tåg per dygn, varav 4 godståg [7].

### Framtida förutsättningar

Kapaciteten på Nynäsbanan är begränsad, vilket framförallt beror på att stora delar av sträckan mellan Västerhaninge och Nynäshamn består av enkelspår. Trafikverket arbetar med att utöka kapaciteten på Nynäsbanan genom att bygga ut med dubbelspår på denna sträcka.

Stockholms Hamnar planerar en ny hamn för godstrafik i Norvik i Nynäshamns kommun. I planen ingår en framtida industrispåranslutning till Nynäsbanan för att även möjliggöra godstransporter med järnväg utöver transporter på väg 73. Fullt utbyggd beräknas hamnen hantera cirka 300 000 containers per år samt en genomströmning av 200 000 fordon med rullande gods (Roll on-Roll of). Den nya hamnen förväntas generera cirka 55 000 godsvagnar på Nynäsbanan varje år [8].

I Norvik har dessutom Nynäs raffinaderi byggt en ny terminal för naturgas (LNG-terminal). Verksamheten genererar en ökning av antalet farligt godstransporter (brännbar gas) på Nynäsvägen. En framtida industrispåranslutning enligt ovan öppnar även upp möjligheten att transportera brännbar gas på Nynäsbanan.

Enligt uppgift från Trafikverket bör hänsyn tas till att utbyggnaden av Norvik kan innebära 12 godståg per dygn istället för 5 godståg per dygn som redovisas i basprognosen [9]. Enligt ovan planeras hamnen att tas i drift 2020. Trafikverkets prognos för år 2040 innebär 256 persontåg och 16 godståg per dygn.

### Transporter av farligt gods

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

Vilka ämnen som faktiskt transporteras på Nynäsbanan och i vilken mängd finns det i dagsläget dock ingen samlad information om. Det har genomförts ett antal kartläggningar som ger information om vad som har transporterats/transporteras under vissa perioder:

- Uppgifter över mängden farligt gods som transporterades på Nynäsbanan under år 2013-2015 har erhållits från Trafikverket [7]. Informationen är av känslig art och får därför inte presenteras i detalj i denna analys. Av uppgifterna framgår att ca 5 % av alla godsvagnar på Nynäsbanan rymmer farligt gods samt att det är ämnen i klass 2 och klass 3 som transporteras.
- Utöver statistik från Trafikverket har MSB (tidigare Räddningsverket) genomfört mätningar av mängden farligt gods som transporterades på Sveriges järnvägar under perioden september-november 1996 samt under september 2006. Kartläggningen 1996 [10] redovisade inga transporter av farligt gods på Nynäsbanan medan motsvarande kartläggning 2006 [11] redovisade transporter av:
  - Klass 2.1: 0 – 5 200 ton/månad
  - Klass 3: 0 – 8 700 ton/månad
  - **Totalt: 0 – 10 000 ton/månad**
- Det finns dessutom information om Green Cargos transporter på aktuell sträcka av Nynäsbanan under perioden mars-maj 2005 [12]. Green Cargo utgör en av de större transportörerna av gods på Sveriges järnvägar. Statistiken redovisar följande transporter av farligt gods på Nynäsbanan:
  - Klass 2.1: 414 ton/kvartal
  - Klass 3: 1 824 ton/kvartal
  - **Totalt: 2 238 ton/kvartal**
- Trafikanalys upprättar årliga statistikrapporter över den totala godstrafiken på Sveriges järnvägar inklusive farligt gods. Enligt denna statistik har i genomsnitt 4-5 % av den totala godsmängden varit farligt gods under femårsperioden, 2013-2017 [13].

**Framtida förändringar:** Enligt avsnittet ovan utreder Trafikverket en kapacitetsökning på Nynäsbanan. Tillsammans med en den nya hamnen för godstrafik i Norvik förväntas godstrafiken på Nynäsbanan öka kraftigt.

Enligt ovan planerar Stockholms Hamnar en ny hamn för godstrafik i Norvik i Nynäshamns kommun. Av de 55 000 godsvagnarna, som hamnen uppskattas generera på Nynäsbanan varje år, bedöms cirka 1 280 vagnar (cirka 2,5 %) omfatta farligt gods ur samtliga klasser förutom klass 1 och klass 7 [8].

Vidare antas det att den prognostiserade ökningen av godstrafik till följd av utbyggnaden av Nynäsbanan även omfattar farligt gods i motsvarande takt.

**Sammanställning:** Utifrån ovanstående underlag görs en uppskattning av antalet vagnar med farligt gods per år på Nynäsbanan fördelat på respektive klass, se tabell 3.2.

Med hänsyn till osäkerheterna i MSB:s och Green Cargos kartläggningar för Nynäsbanan p.g.a. begränsade tidsperioder samt mycket omfattande intervall kommer uppskattningen att utgå från den nationella statistiken från Trafikanalys. Det antas därmed att ca 5 % av den totala godsmängden per år utgör farligt gods. Även fördelningen mellan respektive farligt godsklass utgår från Trafikanalys nationella statistik. Dock görs några mindre justeringar. Syftet med dessa justeringar är framförallt att den nationella statistiken inte har visat på några, eller extremt få, transporter av klass 1 (explosiva ämnen) under den studerade femårsperioden. För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarier förknippade med explosivämnen så antas det konservativt att klass 1 utgör maximalt 0,1 % av det totala antalet farligt godsvagnar.

Den totala mängden farligt gods samt fördelningen mellan farligt godsklasserna för prognosåret 2040 utgår från en kombination av Trafikanalys nationella statistik (för Trafikverkets officiella trafikprognos) och prognostiserade trafikmängder för Norvik.

Godståg på den aktuella järnvägssträckan utgör i genomsnitt 10-14 godsvagnar per tåg. Enligt uppgifterna ovan så kommer detta även gälla för de tillkommande godstågen till och från Norvik, där 55 000 godsvagnar fördelas på 12 godståg per dygn, d.v.s. i genomsnitt ca 13 godsvagnar per godståg.

Tabell 3.2. Uppskattat antal vagnar med farligt gods per år på aktuell del av Nynäsbanan idag respektive prognosår 2040.

Klass	Antal godsvagnar med farligt gods per år			
	Idag		År 2040	
	Andel	Antal	Andel	Antal
1	0,10%	0	0,04%	1
2	26,3%	126	14,4%	322
3	38,1%	182	33,3%	745
4	3,0%	15	3,1%	69
5	14,2%	68	10,1%	226
6	1,9%	9	4,8%	108
7	0,0%	0	0,0%	0
8	16,2%	78	21,7%	485
9	0,3%	1	12,6%	283
<b>Totalt</b>		<b>479</b>		<b>2 238</b>

## **4. Inledande riskanalys**

### **4.1 Metodik**

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

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

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

### **4.2 Identifiering av olycksrisker**

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att det är tågtrafiken på Nynäsbanan inklusive 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

### **4.3 Kvalitativ uppskattning av risk**

#### **4.3.1 Urspårning**

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

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

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

Avståndet mellan planerad ny bebyggelse med stadigvarande vistelse och närmaste spår blir som minst ca 27 meter. Hastighetsbegränsningen på Nynäsbanan är 140 km/h för pendeltåg och 100 km/h för godståg.



Avståndet mellan bebyggelse inom planområdet och järnvägen (27 meter) kommer att vara betryggande med avseende på urspårning. Avståndet till planområdets gräns (10-11 meter) kan dock innebära att människor inom planområdet kan komma att skadas. Den sammanvägda risknivån förknippad med urspårning bedöms vara mycket låg inom hela planområdet.

Utifrån ovanstående beskrivning görs bedömningen att urspårning bör studeras vidare i det fortsatta analysarbetet eftersom det kan påverka risknivån inom planområdet.

#### 4.3.2 Tågbrand

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

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

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

Avståndet mellan planerad ny bebyggelse med stadigvarande vistelse och närmaste spår blir som minst ca 27 meter. Avståndet ger ett betryggande skydd mot brandspridning till planerad bebyggelse vid en tågbrand. Avståndet till planområdesgräns är dock endast ca 10-11 meter vilket innebär att människor kan komma att skadas inom planområdet. Scenariot bör därför studeras vidare i det fortsatta analysarbetet. Olycka vid transport av farligt gods på Nynäsbanan

#### **Allmänt**

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

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 farligt godsklass.

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 i tabell 4.1 bedöms det, med hänsyn till potentiella skadeavstånd, vara ämnen ur följande klasser som kan vara relevanta att beakta vid bedömning av risknivån för det aktuella planområdet:

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

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

Eftersom skadeavstånden för olyckor med övriga klasser är begränsade till närområdet så bedöms dessa inte leda till några konsekvenser inom det studerade området och behöver därför inte beaktas vidare.

Klass 1.1 Massexplosiva ämnen

Klass 1 är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Explosivämnen kan utgöras av bland annat ammunition, minor, fyrverkerier, bältessträckare etc. Ämnen ur riskgrupp 1.1 är sådana som kan innebära en massdetonation vilket innebär att hela lasten detonerar praktiskt taget samtidigt.

Det finns inga restriktioner för hur stora mängder explosivämnen som tillåts per godsvagn. Det bedöms dock att den maximala transportmängden per vagn sällan överstiger 20-25 ton. Med hänsyn till avståndet mellan den planerade nya bebyggelsen och järnvägen bedöms en olycka med större mängd massexplosiva ämnen på järnvägen kunna innebära omfattande konsekvenser inom det aktuella området (se tabell 4.1).

Utifrån studerad statistik över farligt godstransporter (se avsnitt 3.2.2) bedöms antalet transporter med explosivämnen vara mycket begränsat på Nynäsbanan. Ämnen ur klass 1 utgör generellt en mycket låg andel av den totala mängden farligt gods på svenska järnvägar. Statistiken från Trafikanalys redovisar extremt små mängder explosivämnen under den senaste femårsperioden, i genomsnitt mindre än 10 ton per år [13].

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

Sannolikheten för att en massexplosion ska inträffa på Nynäsbanan i anslutning till det studerade planområdet bedöms vara extremt låg. Detta beror främst på det begränsade antalet transporter med produkter som kan leda till massexplosion (klass 1.1) och dessutom finns det detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport för att reducera sannolikheten för explosion.

Även om konsekvenserna av en explosion kan bli omfattande med avseende på närheten till den planerade bebyggelsen bedöms den sammanvägda risknivån förknippad med transporter av explosivämnen på Nynäsbanan vara mycket låg. Risknivån bedöms inte vara så omfattande att olycksrisken innebär en oacceptabel risknivå inom det studerade området. Med hänsyn till de omfattande konsekvenserna som en större explosion kan innebära för personer inom det studerade området görs dock bedömningen att olycksrisken behöver studeras vidare i en fördjupad analys för att verifiera riskbidraget och avgöra behovet av riskreducerande åtgärder.

## Klass 2.1. Brännbara gaser

En olycka med brännbar gas innebär att gas läcker ut och antänds (antingen under tryck eller när den spridits bort från utsläppskällan) eller att en gastank utsätts för utvändig brand vilket hettar upp gasen så att den expanderar snabbt och spränger tanken. Beroende på utsläpps- och antändningsscenario kan konsekvenserna av olyckan variera, se tabell 4.1.

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

Utifrån de kartläggningar som finns att tillgå bedöms brännbara gaser kunna utgöra en relativt stor andel av farligt godstransporterna på järnvägen. Enligt tabell 3.2 kan ca 25 % av den totala mängden farligt gods utgöra gastransporter. Statistiken från Trafikanalys [13] samt prognosen för Norvik [8] redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. Kartläggningen från MSB år 2006 [11] redovisar dock klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna och visar att i Stockholmsområdet så utgör brännbara gaser sannolikt en majoritet av gastransporterna.

Med hänsyn till skadeområdena för större olycksscenarier med brännbar gas samt det relativt stora antalet transporter av brännbara gaser på Nynäsbanan bedöms risknivån kunna vara så omfattande att riskreducerande åtgärder behöver vidtas. Detta behöver dock verifieras i en fördjupad riskanalys.

## Klass 2.3. Giftiga gaser

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

Även giftiga gaser transporteras trycksatta i tankar vilket innebär att sannolikheten för utsläpp vid en olycka minskar. Mängden giftiga gaser som transporteras är generellt mycket liten vilket innebär en mycket låg frekvens för olyckor med giftiga gaser på järnvägen. Varken MSB:s kartläggning från år 2006 [11] eller statistiken från Green Cargo från år 2005 [12] redovisar några transporter av giftiga gaser på Nynäsbanan.

Sannolikheten för ett utsläpp av giftig gas till följd av olycka på Nynäsbanan bedöms utifrån ovanstående resonemang vara mycket låg. Även om konsekvenserna av ett större gasutsläpp kan bli omfattande med avseende på närheten till den planerade bebyggelsen bedöms den sammanvägda risknivån förknippad med transporter av giftiga gaser därför vara mycket låg. Risknivån bedöms inte vara så omfattande att olycksrisken innebär en oacceptabel risknivå inom det studerade området. Med hänsyn till de omfattande konsekvenserna som ett större gasutsläpp kan innebära för personer bör dock olycksrisken studeras vidare i en fördjupad riskanalys för att verifiera riskbidraget och avgöra behovet av riskreducerande åtgärder.

## Klass 3. Brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor utgör en majoritet av det totala antalet transporter av farligt gods på Sveriges järnvägar. Ca 40 % av den totala mängden farligt gods uppskattas utgöra brandfarliga vätskor.

Enligt tabell 4.1 bedöms en större järnvägsolycka med brandfarlig vätska kunna innebära skadeområden på högst 30-40 meter. Skadeområdet är dock beroende av omgivningens utformning. Fysiska barriärer påverkar vätskeutsläppets spridning. Om järnvägen ligger lägre än kringliggande områden så begränsas t.ex. skadeområdet eftersom utsläppets spridning kommer att begränsas. På motsvarande sätt kan skadeområdet bli större om järnvägen ligger högre än kringliggande områden eftersom utsläppet då kan spridas längre.

Avståndet mellan ny bebyggelse och närmaste spår på Nynäsbanan är som minst ca 25 meter. Med hänsyn till avståndet mellan järnvägen och planerad bebyggelse, i förhållande till potentiella skadeavstånd, bedöms en olycka med brandfarlig vätska kunna påverka bebyggelse och oskyddade människor inom planområdet.

Utifrån ovanstående beskrivning görs bedömningen att olycksrisker förknippade med brandfarliga vätskor behöver studeras i en fördjupad riskanalys för att bedöma påverkan på risknivån samt avgöra behovet av riskreducerande åtgärder.

## Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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. Blandningen kan till och med innebära ett explosionsartat brandförlopp som motsvarar explosion med massexplosiva ämnen.

Ett scenario som kan inträffa vid utsläpp till följd av järnvägsolycka är att ämnet blandas med exempelvis smörjolja från det egna tåget. Ett större utsläpp kan då bilda en explosiv blandning som motsvarar flera ton massexplosivt ämne.

I den riskanalys som togs fram för fördjupad översiktsplan för Göteborg 1996 [14] 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. Detta skadescenario bedöms vara mycket konservativt.

Det är enbart en mycket begränsad andel av ämnena ur klass 5 som kan leda till denna typ av kraftiga explosionsartade brandförlopp, nämligen i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider, vattenlösningar med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider. För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten.

Enligt RID-S [4] 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 begränsad.

Ovanstående resonemang kring förbud och stabilisering av oxiderande ämnen innebär att sannolikheten för ett explosionsartat brandförlopp bedöms vara mycket låg. Den sammanvägda risknivån förknippad med transporter av oxiderande ämnen och organiska peroxider på Nynäsbanan bedöms vara mycket låg och bedöms inte vara så omfattande att olycksrisken innebär en oacceptabel risknivå inom kringliggande områden utmed järnvägen. Med hänsyn till de omfattande konsekvenserna som en olycka kan innebära för personer bör dock olycksrisken studeras vidare i en fördjupad riskanalys för att avgöra behovet av riskreducerande åtgärder.

#### 4.4 Slutsats inledande riskanalys

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

- Urspåring
- Tågbrand
- Olycka vid transport av farligt gods på Nynäsbanan
  1. Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)
  2. Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
  3. Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
  4. Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)
  5. Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartat självantändning (klass 5)

I den fortsatta planeringen av området måste hänsyn tas till ovanstående olycksrisker. En fördjupad analys bör göras där frekvens och konsekvens beräknas och sammanställs i form av risknivå, vilken i sin tur utgör underlag för beslut om säkerhetshöjande åtgärder. Den fördjupade analysen bör göras när ett färdigt utbyggnadsförslag finns framtaget.

## 5. Fördjupad riskanalys

### 5.1 Allmänt

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, riskbedömning.

#### 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 framförliggande 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 samhällsrisken utifrån vissa förutsättningar och antaganden rörande bebyggelsestruktur, byggnadsutformning, topografi etc.

Enligt avsnitt 5.1.3 avser acceptanskriterierna för samhällsrisk  $1 \text{ km}^2$  med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg. Samhällsrisken 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. Samhällsrisken har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet.

Riskberäkningar redovisas i bilaga C och i avsnitt 5.2.

### 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* [15] ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, se tabell 5.1.

Tabell 5.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

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

De acceptanskriterier som används för värdering av risk i denna riskanalys omfattar en lägre och en övre gräns. Risker som hamnar under den lägre gränsen är acceptabla och innebär normalt inga krav på åtgärder. Risker som hamnar över den övre gränsen är oacceptabla och ska reduceras genom åtgärder eller restriktioner.

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

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter och markanvändning. Detta gäller framförallt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt *Värdering av risk* [15] bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreationsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För boende görs ingen korrigering.

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

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även på inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Enligt *Värdering av risk* [15] så bör en rimlig utgångspunkt vara att risker som ligger inom den övre delen av ALARP-området, d.v.s. nära gränsen för "oacceptabla risker" endast tolereras om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av ALARP-området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Underlåtenhet att genomföra ytterligare åtgärder skall då motiveras.

#### 5.1.4 Hantering av osäkerheter

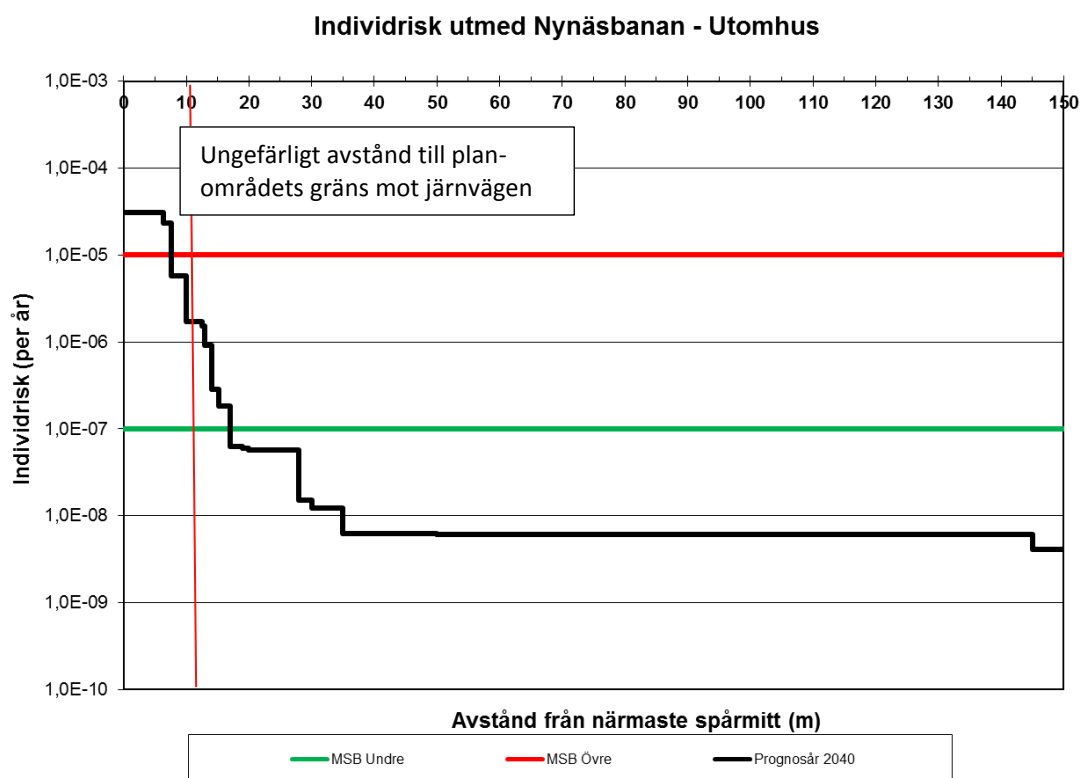
Riskanalysen utgår från underlag som innefattar relativt omfattande osäkerheter, främst med avseende på antalet transporter av farligt gods. I avsnitt 5.4 redovisas en ytterligare diskussion kring hanteringen av ovanstående osäkerheter m.m. samt hur detta inverkar på analysens resultat. För att studera hur olika antaganden påverkar resultatet av den fördjupade riskanalysen utförs en känslighetsanalys.

## 5.2 Resultat riskberäkningar

### 5.2.1 Individrisk

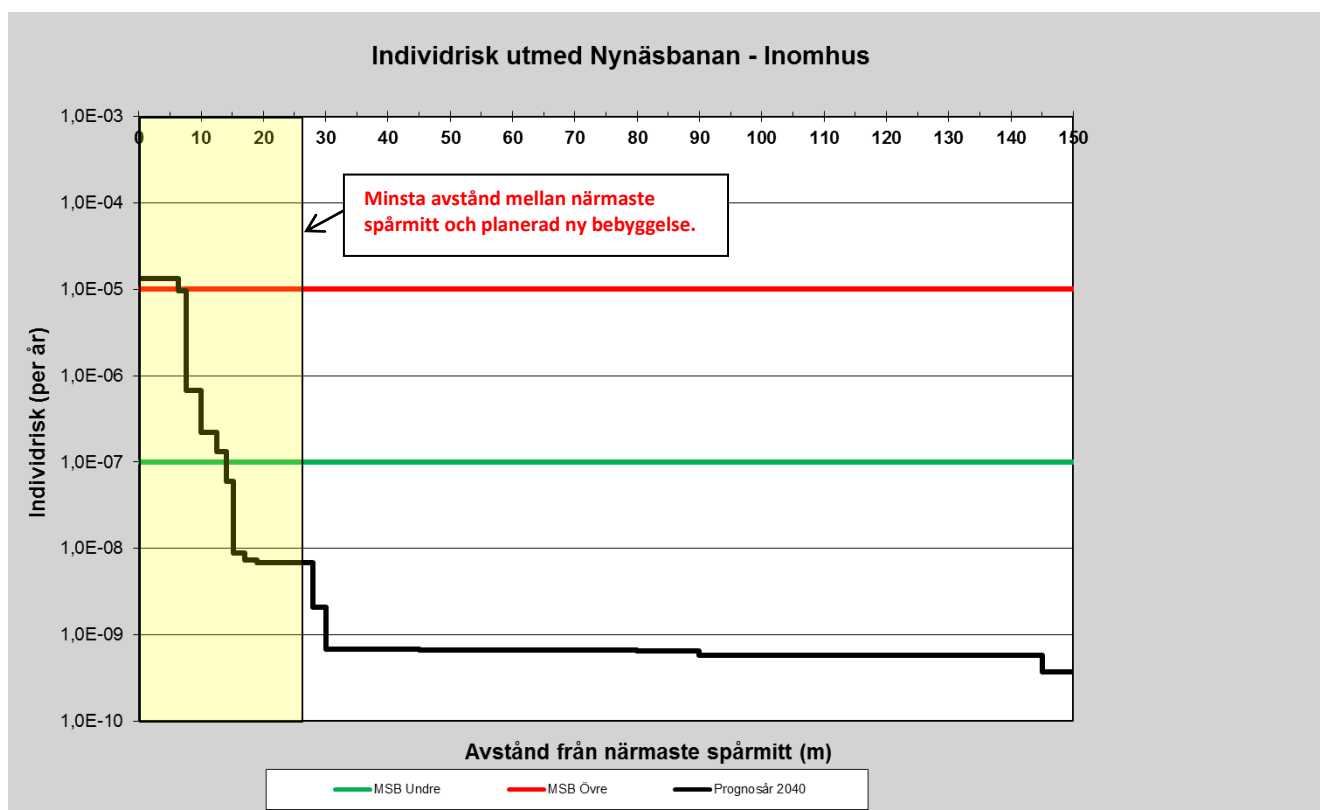
Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed Nynäsbanan. Individrisken presenteras dels för oskyddade personer utomhus (se figur 5.1) och dels för personer inomhus (se figur 5.2).

Individrisken redovisas för prognosår 2040. Avståndet i diagrammet utgår från spårmitt på järnvägens närmaste spår.



Figur 5.1. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt).





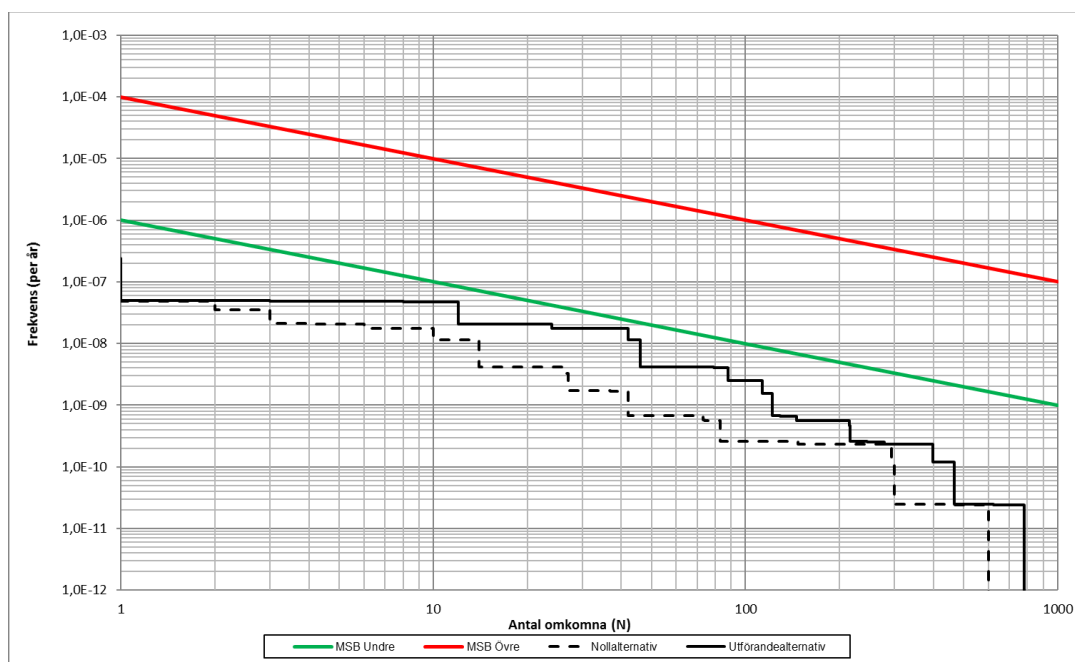
Figur 5.2. Individrisk för person inomhus som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmittp).

### 5.2.2 Samhällsrisk

I figur 5.3 redovisas den beräknade samhällsrisk inom det studerade området, d.v.s. aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse.

Samhällsrisk beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella planområdet. Samhällsrisk har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet.

Samhällsrisk redovisas för prognosår 2040.



Figur 5.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till aktuellt planområde.

### 5.3 Värdering av risk

#### 5.3.1 Individrisk

Med avseende på individrisk bedöms olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan hamna inom ALARP inom knappt 20 meter från närmaste spårmitt. Inom ca 10 meter från Nynäsbanan så hamnar individrisken på en oacceptabel nivå. Detta avser både oskyddade personer utomhus samt personer inomhus (risknivån inomhus är generellt något lägre eftersom bebyggelsen har en riskreducerande effekt med avseende på de studerade olycksriskerna). De olycksrisker som främst bidrar till att individrisken ligger inom ALARP samt på en oacceptabel nivå utgör urspårning, brand i godståg samt olycksrisker förknippade med brandfarliga vätskor.

I figur 5.2 markeras minsta avstånd mellan Nynäsbanans närmaste spårmitt och planerad bebyggelse med stadigvarande vistelse, ca 27 meter. Med avseende på individrisk anses risknivån inomhus vara acceptabel. För områden utomhus närmast järnvägen ligger risknivån inom ALARP upp till ca 15 meter och därefter är risknivån acceptabel.

#### 5.3.2 Samhällsrisk

Samhällsriskerna från olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan ligger på en acceptabel nivå. Den låga risknivån beror på låg frekvens för olyckor, relativt stort avstånd till ny bebyggelse (minst 27 meter), gles bebyggelse inom närområdet samt relativt låg persontäthet.

De olycksrisker som ger störst bidrag till risknivån är olycksrisker förknippade med brännbara gaser. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt urspårning och tågbrand bedöms ha en mycket begränsad påverkan på samhällsrisknivån.

Vid jämförelse mot nollalternativet så kan det konstateras att den planerade medför en markant ökning av risknivån inom området. Dock ligger både risknivån för nollalternativet och utförandealternativet på en acceptabel nivå.

Med hänsyn till den beräknade samhällsriskerna erfordras inga säkerhetshöjande åtgärder med hänsyn till tillämpade acceptanskriterier. Den planerade bebyggelsen innebär dock att avsteg görs från rekommenderade skyddsavstånd (se avsnitt 1.6.1). Med anledning av detta bör säkerhetshöjande åtgärder vidtas. Se vidare avsnitt 6.

## 5.4 Hantering av osäkerheter

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

Vid beräkning av olycksfrekvenser har olyckskvoter för urspårning med persontåg respektive godståg hämtats från beräkningsmetod utgiven av den europeiska järnvägsunionen, *UIC Code 777-2 R* [16]. I tidigare riskanalyser som utförts för detaljplaner längs med Nynäsbanan har frekvensberäkningar utförts enligt den metodik som presenteras i rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [17]. Med avseende på att olyckskvoterna som ligger till grund för beräkning av urspårning skiljer sig åt mellan de olika metoderna kommer följaktligen beräknade olycksfrekvenser för respektive sluthändelse att variera beroende av val av beräkningsmetodik.

För att studera hur antalet farligt godsvagnar respektive val av beräkningsmetodik kan förväntas påverka resultaten inom det studerade området har kompletterande samhällsriskberäkningar utförts där dessa parametrar varierar. I Bilaga C redovisas de kompletterande beräkningarna.

Utförd känslighetsanalys påvisar följande:

- Även vid en mycket kraftig ökning av antalet godståg och antalet farligt godsvagnar på Nynäsbanan så ligger fortfarande samhällsriskerna på i huvudsak acceptabel nivå.
- Att använda en annan mer konservativ beräkningsmetodik för frekvensberäkningarna (VTI) skulle medföra en begränsad skillnad i risknivån utmed den aktuella sträckan bortsett från skadescenarier förknippade med urspårning med persontåg där olycksfrekvensen ökar relativt kraftigt. Med hänsyn till utformningen av omgivningen utmed sträckan och avståndet till kringliggande bebyggelse så medför dessa skadescenarier dock mycket begränsad risk för omkomna till händelse av denna typ av olycka. Påverkan på samhällsriskerna blir därför begränsad. Samhällsriskerna ligger fortfarande på acceptabla nivåer.
- Att använda beräkningsmetodiken enligt VTI påverkar individrisken och innebär ett ökat avstånd från järnvägen där individrisken hamnar inom ALARP. På ett avstånd om ca 30 meter från järnvägens spår kommer individrisknivån dock ändå fortfarande vara acceptabel. Individrisknivån i anslutning till planerad bebyggelse, som planeras minst 27 meter från närmaste spår, är därmed att betrakta som acceptabel även med en konservativ beräkningsmetodik.

Utifrån ovanstående beskrivning görs bedömningen att resultatet av genomförda riskberäkningar är robusta och att identifierade osäkerheter kopplade till bl.a. använd statistik eller beräkningsmetodik har en begränsad påverkan på resultatet av den fördjupade riskanalysen. Med hänsyn till detta bedöms det inte vara rimligt att ställa ytterligare krav på säkerhetshöjande åtgärder (utöver värderingen av risk som redovisas i avsnitt 5.3).

## 6. Säkerhetshöjande åtgärder

### 6.1 Allmänt

Enligt den fördjupade riskanalysen bedöms risknivån för det studerade planområdet vara låg och endast föranleda behov av åtgärder för områden inom ca 15 meter från närmaste spår på järnvägen. Den planerade bebyggelsen innebär dock att avsteg görs från rekommenderade skyddsavstånd. Åtgärder bör därför undersökas för att hantera den eventuella riskökningen som avsteget innebär.

### 6.2 Allmänna åtgärder

#### 6.2.1 Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

##### Riktlinjer

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

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

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

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

##### Bedömning utifrån studerat planförslag

*Planerad bebyggelse innebär ett avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd mätt från närmaste spår (50 meter för bostäder enligt figur 1.1). Ny bostadsbebyggelse samt förskola planeras 27 meter från Nynäsbanans närmaste spårmitt. Med avseende på individrisk anses risknivån vara acceptabel inom aktuella områden där bebyggelse planeras.*

*Enligt studerat förslag är förskolegården placerad skyddad bakom byggnad. Detta bör säkerställas, annars ska avståndet till förskolegård i exponerat läge vara minst 50 meter från närmaste spårmitt.*

*Utifrån samhällsriskberäkningen görs bedömningen att planerad exploatering och föreslagna avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd kan accepteras. Kompletterande byggnadstekniska åtgärder behöver dock vidtas med hänsyn till avsteg från rekommenderat skyddsavstånd och den ökade risk detta kan medföra jämfört med om rekommenderat skyddsavstånd hade hållits. Se vidare avsnitt 6.2.2.*

*För att reducera risken för konsekvenser vid en olycka på järnvägen så rekommenderas att obebyggda ytor mellan järnvägen och bebyggelse utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.*

Rekommendationen avser allmänna gemensamma ytor. Exempel på lämplig markanvändning inom ytor som inte ska uppmuntra till stadigvarande vistelse är gång- och cykelväg, lokalgata, markparkering, naturområden, park samt områden som skyddar mot störning, exempelvis bullervall och plantering.

För att tillgodose att avstånden mellan riskkällor och bebyggelse motsvarar föreslagen situationsplan behöver detta anges som krav i detaljplan, se vidare avsnitt 6.4.

## 6.3 Byggnadstekniska åtgärder

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

### 6.3.1 Allmänt om utformning av ny bebyggelse

#### Riktlinjer

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

#### Bedömning utifrån studerat planförslag

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

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

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

*Utrymning via fönster med räddningstjänstens stegutrustning uppfyller inte syftet med ovanstående åtgärdsförslag. Vidare bör det beaktas att om utrymningsstrategin från byggnader utformas med tillgång till enbart utrymningsvägar, som utgörs av trapphus som vetter mot riskkällan, så behöver fasaden mot riskkällan utformas så att strålningsnivån på utrymnande inte överstiger 2,5 kW/m<sup>2</sup> vid ett brandscenario med brännbara gaser eller brandfarliga vätskor.*

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

## 6.3.2 Skydd mot brandspridning

### Riktlinjer

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

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

### Bedömning utifrån studerat planförslag

*Enligt den fördjupade riskbedömningen har aktuella brandscenarier på Nynäsbanan begränsad påverkan på risknivån inom planområdet. I avsnitt 6.2.1 rekommenderas skyddsavstånd mellan Nynäsbanan och ny bebyggelse. Skyddsavstånden ger ett betryggande skydd mot tågbrand samt olycka med brandfarliga vätskor och begränsar dessutom sannolikheten för brandspridning in i byggnader vid olycka med brännbar gas.*

*För att ytterligare begränsa risken för brandspridning in i byggnader rekommenderas att för ny bebyggelse ska fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan (d.v.s. ingen framförhållande bebyggelse eller avskärmning) utföras i obrännbart material alternativt med konstruktioner som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster i fasader som vetter direkt mot järnvägen bör utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Åtgärdsförslaget gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (d.v.s. 50 meter för bostäder och förskola).*

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

*Det föreslås att åtgärden anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.4.*

## 6.3.3 Skydd mot spridning av gaser

### Riktlinjer

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

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

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

### Bedömning utifrån studerat planförslag

*Enligt riskanalysen har olycksrisker med gaser på Nynäsbanan påverkan på risknivån inom det studerade planområdet. Det är osäkert hur stor riskreducerande effekt som de ventilationstekniska åtgärderna innebär för aktuella skadescenarier. Åtgärderna bedöms dock normalt innebära relativt låga kostnader och inkräftar inte mer än marginellt på byggnadsutformningen. Nackdelen med åtgärderna är att de kan vara svåra att följa upp och att de inte kan regleras helt som planbestämmelser.*

*Med hänsyn till rimligheten i att vidta åtgärder i förhållande till riskbidraget och risknivå samt de planerade verksamheterna inom det studerade området så rekommenderas att åtgärder som skyddar mot gasspridning vid olycka på Nynäsbanan vidtas för ny bebyggelse som vetter direkt mot Nynäsbanan (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning). Åtgärdsförslaget gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (d.v.s. 50 meter för bostäder respektive 30 meter för kontor).*

*Det rekommenderas att åtgärderna anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.4.*

## 6.3.4 Skydd mot explosion

### Riktlinjer

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



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

Bedömning utifrån studerat förslag  
*Ovanstående åtgärdsförslag innebär stor begränsning i byggmetod och materialval samt innebär stora kostnader.*

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

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

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

### 6.3.5 Skydd mot urspårning

#### Riktlinjer

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

Konstruktioner ska dimensioneras utifrån gällande krav för konstruktioner över, eller i anslutning till trafikerade järnvägsspår, enligt SS-EN 1991-1-7:2006 (Eurokod 1-7). Detaljerad vägledning om de bakomliggande kraven i Eurokod finns i *UIC Code 777-2 R – Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone* [16].

Som alternativ eller komplement till byggnadstekniska åtgärder kan åtgärder även vidtas på järnvägen, t.ex. kan de yttersta spåren utföras med urspårningsskydd i form av antingen skyddsräll alternativt förhöjd kantbalk. Urspårningsskydd ska utföras i enlighet med Trafikverkets föreskrifter BVF 586.65 [18].

#### Bedömning utifrån studerat planförslag

*Enligt den fördjupade riskbedömningen så har urspårningsscenarioer förknippade med Nynäsbanan en begränsad påverkan på risknivån inom planområdet, även avseende worst case scenario. Det är endast inom ca 20 meter som urspårning påverkar risknivån.*

*De åtgärdsförslag som anges ovan bedöms vara relativt svåra och kostsamma att genomföra. Planerat avstånd mellan spår och bebyggelse med stadigvarande vistelse är minst 27 meter. De rekommenderade skyddsavstånden ger ett betryggande skydd mot nära samtliga potentiella urspårningsscenarioer.*

---

<sup>1</sup> RÖK = Rälsöverkant

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

## 6.4 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

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

- Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden till närmaste spår på Nynäsbanan inte understiger 25 meter.
- Ytor mellan ny bebyggelse och Nynäsbanan bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

*Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser, utegym, uteserveringar m.m.) ska placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste spårmitt.*

- Förskolegård placeras skyddat från Nynäsbanan alternativt på minst 50 meters avstånd.
- Inom 50 meter från Nynäsbanan ska ny bostadsbebyggelse samt förskola som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse utföras med följande åtgärder:
  - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Nynäsbanan.
  - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Nynäsbanan alternativt på byggnadernas tak.
  - Fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
  - Fönster i fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

*De byggnadstekniska åtgärderna gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1.1). Avståndet ska mätas från närmaste spårmitt.*

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

## 6.4.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

De åtgärder som redovisas ovan bedöms ha följande effekt inom planområdet (se även utförligare beskrivning i bilaga C):

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

I bilaga C redovisas samhällsriskerna med hänsyn tagen till föreslagna åtgärder och restriktioner kring markanvändning. För aktuell situationsplan har de byggnadstekniska åtgärderna en viss reducerande effekt i förhållande till den beräknade samhällsriskerna. Med hänsyn till den låga risknivån inom studerade områden bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt för att hantera avsteget från rekommenderade skyddsavstånd.

## 7. Slutsatser

Det aktuella planområdet ligger nära Nynäsbanan. Bebyggelse i form av bostäder och förskola planeras som närmast 27 meter från järnvägen vilket understiger Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd.

Den beräknade individrisknivån utmed järnvägen är hög närmast Nynäsbanan men acceptabel på de avstånd där stadigvarande vistelse och ny bebyggelse planeras. Med föreslagen bebyggelsestruktur inom planområdet så beräknas samhällsriskerna vara acceptabel. Planförslaget innebär dock att avsteg görs från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd på 50 meter till bostäder och förskola. Det rekommenderas därför att säkerhetshöjande åtgärder vidtas för att hantera den riskökning som avsteget medför. I avsnitt 6.4 redovisas ett förslag på säkerhetshöjande åtgärder. En del av dem är redan säkerställda genom studerat förslag, men det är viktigt att de genom hela planprocessen inte glöms bort.

Med vidtagna åtgärder bedöms planförslaget kunna genomföras utan att människor inom planområdet utsätts för oacceptabla risker.

## **8. Bilagor**

**Bilaga A – Frekvensberäkningar**

**Bilaga B – Konsekvensberäkningar**

**Bilaga C - Riskberäkningar**

## **9. Referenser**

- [1] Riskhantering i Detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods, Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län, september 2006.
- [2] Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11.
- [3] Stadsutvecklingsplan - fördjupning av översiktsplanen, Haningen kommun. Beslutad av kommunfullmäktige 2018-04-16.
- [4] RID-S 2019 - Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6, 2018.
- [5] ADR-S 2019 - Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2018:5, 2018.
- [6] Planbeskrivning för Järnvägsplan. Nynäsbanan, Dubbelspårsutbyggnad Hemfrosa - Tungelsta, Trafikverket, 2015-03-15 (Diarienummer TRV 2013/8433).
- [7] Info i mail från Alexander Karbassi, Trafikverket, 2018-09-05.
- [8] Miljörisikanalys av transporter av farligt gods på väg och järnväg samt i farleden utanför hamnen. Planerad hamn vid Stockholm – Nynäshamn, Norviksudden. Enviroplanning.
- [9] Detaljplan för del av Bonden 1 och del av Hammartorp 1:1 inom Trångsunds kommundel, Huddinge kommun – Samrådsredogörelse. Huddinge kommun, daterad 2014-09-24.
- [10] Flödet av farligt gods på järnväg, en översiktlig kartering i GIS-miljö, Räddningsverket 1996 ([www.msb.se](http://www.msb.se)).
- [11] Kartläggning av farligt godstransporter, september 2006, Räddningsverket 2007.
- [12] RID-transporter utförda av Green Cargo, Älvsjö – Jordbro, mars-maj 2005.
- [13] Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys.
- [14] Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1996.
- [15] Göran Davidsson, "Värdering av risk," Räddningsverket, Karlstad, 1997.

- [16] International Union of Railways, "Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R)," International Union of Railways, 2nd edition September 2002.
- [17] Sven Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [18] Banverket, "Föreskrift (BVF 586.65) rörande Banverkets spårteknik – Skyddsräler, regler för anordnande och konstruktiv utformning," Banverket, 1995.

**Bilaga A - Frekvensberäkningar**

**Uppdragsnamn**  
Kolartorp 5:1

**Uppdragsgivare**  
Haninge kommun

**Handläggare**  
Rosie Kvål

**Uppdragsnummer**

112196

**Datum**

2019-10-28

**Egenkontroll**

RKL 2019-10-28

**Internkontroll**

EMM 2019-10-28

## 1. Inledning

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

### Nynäsbanan

- Scenario 1. Ursparning
- Scenario 2. Brand i godståg
- Scenario 3. Olycka med farligt gods
  - Klass 1.1. Massexplösiva ämnen
  - Klass 2.1. Brännbara gaser
  - Klass 2.3. Giftiga gaser
  - Klass 3. Brandfarliga vätskor
  - Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

## 2. Förutsättningar och indata

Tabell A.1. Förutsättningar för Nynäsbanan 2040 – Indata till frekvensberäkningar.

Faktor	Beskrivning
Järnvägssträcka	1
Antal spår	2
Hastighetsbegränsning (km/h):	
- Persontåg	140
- Godståg	100
Årsmedeldygnstrafik (per dygn):	
- Persontåg	256
- Godståg	16
Olyckskvoter per tågkm	
- Persontåg	2,5E-08
- Godståg	2,5E-07
Antal farligt godsvagnar per år	2238
Andel av godsvagnar som rymmer farligt gods	3,0%

### 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.

#### 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* [1]:

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

Ytterligare järnvägsolyckor som kan medföra efterföljande olycksscenarier är kollisioner, antingen mellan spårfordon eller i plankorsningsolyckor. Enligt [2] bedöms sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje vara så låg att den försvinner i den allmänna osäkerheten. Därför beaktas skadescenariot inte vidare i de fortsatta beräkningarna.

Frekvensen för urspårning beräknas för persontåg respektive godståg på en **1 km järnvägssträcka** i anslutning till det aktuella planområdet. Beräkningarna utgår från olyckskvot för **spår med växlar**. Frekvensen utförs för trafiksiffror för prognosår 2040 (256 persontåg respektive 12 godståg per dygn):

- Urspårning persontåg:  $2,3E-03$  urspårningar per år
- Urspårning godståg:  $1,5E-03$  urspårningar per år
- **Urspårning totalt:**  **$3,8E-03$  urspårningar per år**

Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär ovanstående urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca  $3,8E-08$  per tågkm.

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

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



Ovanstående värden kan jämföras med statistik över bantrafikskador [3] respektive bantrafik [4]. Om man dividerar samtliga inrapporterade urspårningar med totala antalet tågkilometer (persontåg och godståg) under perioden 2001-2015 så blir den genomsnittliga olyckskvoten ca 7E-08 per tågkm. Statistiken över bantrafikskador redovisar dock ingen fördelning av antalet urspårning för persontåg respektive godståg. Det kan dock konstateras att för den aktuella perioden så utgör persontågskm ca 70 % av det totala antalet tågkm i Sverige. Detta kan jämföras med ca 94 % för den aktuella järnvägssträckan år 2040 (med hänsyn tagen till utbyggnaden av Norvik). 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 [1].

I avsnitt 2.1 ovan redovisas urspårningsfrekvensen för urspårning på en 1 km lång järnvägssträcka i höjd med det aktuella planområdet. Vid beräkning av hur mycket urspårningen påverkar risknivån inom områdena utmed järnvägen och sannolikheten för att ett urspårat tåg kolliderar med intilliggande bebyggelse används först en reducerande faktor som motsvarar den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret. Denna faktor beräknas som  $V^2/80$ , där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället.

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

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

$F_r$  = urspårningsfrekvens per km (se avsnitt 2.1)

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

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

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

[3] Bantrafikskador 2015 (Statistikrapport 2016:20), Trafikanalys

[4] Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$a$  = se ovan

$d'$  = det, längs spåret, längsta avståndet som den urspårade vagnen kan gå, där hastigheten fortfarande överstiger eller är lika med 60 km/h. Antaget 45 m [1].

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

$$F_{1,\text{persontåg}} = 2,3 \cdot 10^{-3} \times 245 \times 10^{-3} = 5,6 \cdot 10^{-4}$$

$$F_{1,\text{godståg}} = 9,1 \cdot 10^{-4} \times 125 \times 10^{-3} = 1,9 \cdot 10^{-4}$$

I tabell A.1-A.2 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på urspårning på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.2. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Persontåg. Prognosår 2040.**  
Avståndet utgår från närmaste genomgående spår.

a (meter)	$P_2$	$P_3$	Frekvens kollision ( $F_1 \times P_2$ )	Frekvens byggnadskollaps ( $F_1 \times P_2 \times P_3$ )
0	38,1%	100,0%	2,2E-04	2,2E-04
1	30,4%	97,9%	1,7E-04	1,7E-04
2	23,9%	95,5%	1,4E-04	1,3E-04
3	18,4%	92,8%	1,1E-04	9,8E-05
4	13,8%	89,7%	7,9E-05	7,1E-05
5	10,1%	86,0%	5,8E-05	5,0E-05
6	7,1%	81,8%	4,1E-05	3,3E-05
7	4,8%	76,7%	2,7E-05	2,1E-05
8	3,1%	70,7%	1,8E-05	1,2E-05
9	1,8%	63,3%	1,1E-05	6,7E-06
10	1,0%	54,5%	5,8E-06	3,2E-06
11	0,5%	44,2%	2,9E-06	1,3E-06
12	0,2%	34,7%	1,4E-06	5,0E-07
13	0,1%	0,0%	7,8E-07	0,0E+00
14	0,1%	0,0%	5,0E-07	0,0E+00
15	0,0%	0,0%	1,0E-07	0,0E+00
16	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

Tabell A.3. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka. **Godståg. Prognosår 2040.**  
Avståndet utgår från närmaste genomgående spår.

a (meter)	$P_2$	$P_3$	Frekvens kollision ( $F_1 \times P_2$ )	Frekvens byggnadskollaps ( $F_1 \times P_2 \times P_3$ )
0	36,1%	100,0%	6,6E-05	6,6E-05
1	27,4%	93,7%	5,0E-05	4,7E-05
2	20,3%	86,6%	3,7E-05	3,2E-05
3	14,5%	78,6%	2,7E-05	2,1E-05
4	10,0%	69,6%	1,8E-05	1,3E-05
5	6,6%	59,7%	1,2E-05	7,2E-06
6	4,1%	49,2%	7,4E-06	3,6E-06
7	2,3%	39,2%	4,2E-06	1,7E-06
8	1,2%	33,4%	2,2E-06	7,4E-07
9	0,6%	0,0%	1,1E-06	0,0E+00
10	0,3%	0,0%	5,5E-07	0,0E+00
11	0,2%	0,0%	3,4E-07	0,0E+00
12	0,1%	0,0%	1,8E-07	0,0E+00
13	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
14	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
15	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
16	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

### 3.2 Brand i godståg

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

Enligt statistik från Trafikverket så rapporterades 107 brandhändelser i godståg under perioden januari 2002 till juli 2012 [5, 6]. Under motsvarande tidsperiod producerades ca 0,44 miljarder godstågskm på järnvägen [7,8]. Detta ger en total olyckskvot på  $2,4 \cdot 10^{-7}$  bränder per godstågkm.

Utifrån den redovisade statistiken i [6] kategoriseras tågbränderna utifrån brandstorlek där statistiken visar på följande fördelning, se tabell A.3.

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

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

I tabell A.4 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på brand i godståg på den aktuella järnvägssträckan.

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

Scenario	Frekvens [per år]
<b>Brand i godståg</b>	<b>1,4E-03</b>
Mycket stor brand (3,7 %)	5,2E-05
Stor brand (32,7 %)	4,6E-04
Liten brand (46,7 %)	6,5E-04
Väldigt liten brand / rökutveckling (16,8 %)	2,4E-04

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

[6] PM Statistik godståg (Trafikverket rapport 101107-22-025-121), Brandskyddslaget på uppdrag av Trafikverket, 2015

[7] Bantrafik 2006, Statens institut för kommunikationsanalys Rapport 2008:2

[8] Bantrafik 2012, Trafikanalys, Statistik Rapport 2013:28

### 3.3 Järnvägsolycka med farligt gods

#### 3.3.1 Allmänt

Olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods beräknas utifrån motsvarande metodik som redovisas i avsnitt 2.1-2.2. Med hänsyn till potentiella följdscenarier så kommer beräkningarna att omfatta dels **järnvägsolycka utan brand** ( $F_{\text{urspårning}} + F_{\text{sammanstötning}}$ ) och dels **järnvägsolycka med brand** ( $F_{\text{tågbrand}}$ ).

Frekvensberäkningarna för järnvägsolycka med godståg innefattar även farligt godsvagnar.

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

**Järnvägsolycka utan brand:** Följdscenarier med farligt gods vid järnvägsolycka utan brand förknippas med starka påkänningar till följd av t.ex. att vagnar spårar ur eller påverkas av motsvarande kraftiga påkänningar. Vid en urspårning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur [9]. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas då utifrån följande ekvation:

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

**Järnvägsolycka med brand:** Sannolikheten för att en farligt godsvagn utsätts för brandpåverkan beräknas utifrån ekvationen:  $P = X$ .

I tabell A.5 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka med farligt godsvagn är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass.

Tabell A.6. Beräknad olycksfrekvens för olycka med farligt godstransport (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km). **Prognosår 2040.**

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
klass 1	0,04%	6,4E-08
Klass 2	14,4%	2,1E-05
klass 3	33,3%	5,0E-05
klass 4	3,1%	4,6E-06
klass 5	10,1%	1,5E-05
klass 6	4,8%	7,2E-06
klass 7	0,0%	5,9E-09
klass 8	21,7%	3,2E-05
klass 9	12,6%	1,9E-05
<b>Totalt</b>		<b>1,5E-04</b>

I tabell A.6 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med brand i farligt godsvagn. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass.

[9] Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Tabell A.7. Beräknad olycksfrekvens för olycka med farligt gods med brand (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km). **Prognosår 2040.**

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,04%	1,8E-08
Klass 2	14,4%	6,1E-06
Klass 3	33,3%	1,4E-05
Klass 4	3,1%	1,3E-06
Klass 5	10,1%	4,3E-06
Klass 6	4,8%	2,1E-06
Klass 7	0,0%	1,7E-09
Klass 8	21,7%	9,2E-06
Klass 9	12,6%	5,4E-06
<b>Totalt</b>		<b>4,2E-05</b>

Utifrån resultatet av tabell A.5 och tabell A.6 beräknas att järnvägsolycka med brand (3,3E-05 per år) utgör ca 20 % av den totala frekvensen för olycka med farligt gods (d.v.s. järnvägsolycka utan brand 1,2E-04 per år + järnvägsolycka med brand 3,3E-05 per år).

### 3.3.2 Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Enligt RID-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexplosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt [10]. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

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

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

Enligt nationell statistik [4] så transporteras mycket begränsade mängder explosiva ämnen på svenska järnvägar (totalt ca 2-28 ton per år under perioden 2013-2017). I Räddningsverkets [11] kartläggning från september månad 2006 uppgick den totala mängden av transporterade klass 1 varor till 100 kg. Det bör dock noteras att transporter av explosiva ämnen normalt inte skyltas, vilket innebär att det är svårt att få tillförlitliga uppgifter om dessa transporter.

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

[10] RID-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6, 2018

[11] Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007

Antagandet om fördelningen mellan olika transportmängder 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 [12] samt uppgifter från den riskutredning som utförts för Mälärbansans sträckning genom Solna och Sundbyberg [13]. Kartläggningen i [12] 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 transporterna med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. transittransporter (genomfart) medan resterande transporter till avnämare inom länet.

Utifrån ovanstående uppgifter så antas följande fördelning på Nynäsbanan (detta antas vara ett mycket konservativt antagande avseende transportmängder > 500 kg eftersom det inte har identifierats några transporter av explosivämnen i de senaste kartläggningar som genomförts för Nynäsbanan):

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

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

**Explosion p.g.a. tågbrand:** Frekvensen för en tågbrand i en godsvagn utgår från tabell A.6 (se avsnitt 2.3.2). Enligt avsnitt 2.2.1 utgör farligt gods ca 5 % av alla godsvagnar och enligt tabell A.1 uppskattas explosiva ämnen utgöra högst 0,1 % av alla farligt godstransporter. Sannolikheten för att en farligt godsvagn med explosivämnen är inblandad i en tågbrand beräknas utifrån detta till  $5 \% \times 0,01 \% = 0,0005 \%$ .

Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport [10]. Detta innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det leder till explosion.

---

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

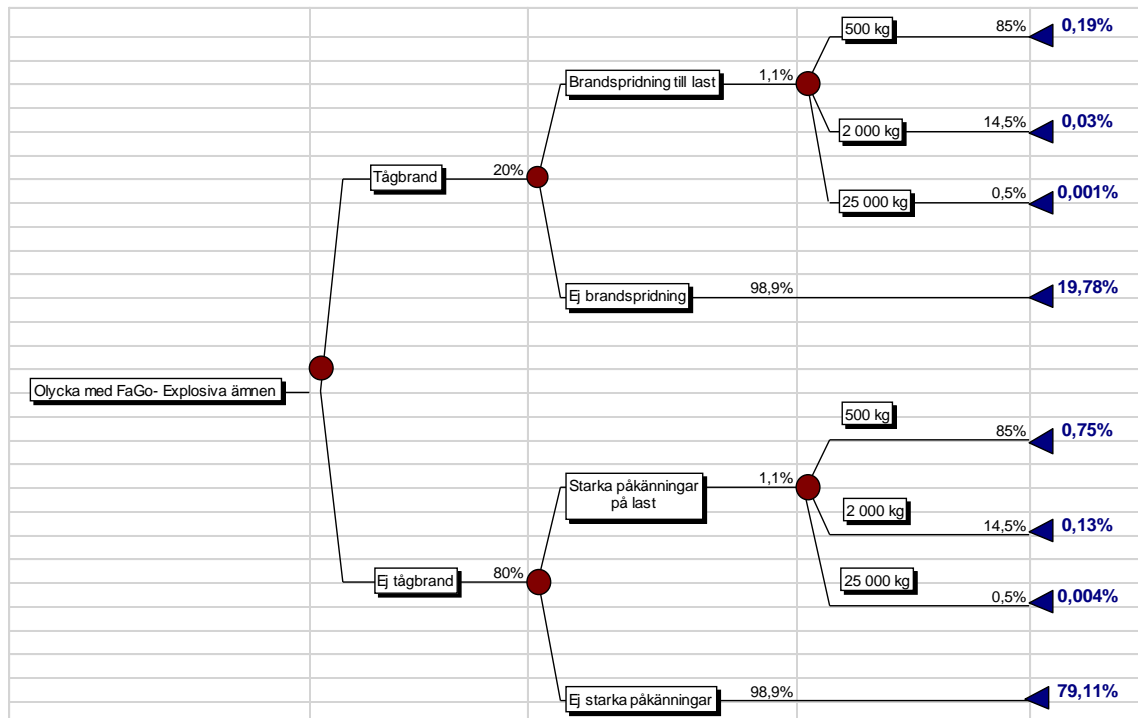
[13] Riskutredning för Mälärbansans sträckning mellan Solna stad och Sundbybergs stad (Huvudsta – Duvbo), Briab Brand & Riskingenjörerna AB, 2018-02-28

Skada på en godsvagn med explosiva ämnen bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % [2] (se vidare avsnitt 2.3.3). Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.3). Förutsatt denna situation med skada på godsvagn och mycket stor brand antas sannolikheten för brandspridning till lasten och massexlosion vara 100 %. Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspårningsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten och orsakar massexlosion bedöms då till ca 1,1 % (30 % x 3,7 %).

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

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

Figur A.1 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexlosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.7.



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



Tabell A.8. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen. *Prognosår 2040.*

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
<b>Järnvägsolycka med explosivämne (klass 1)</b>	<b>8,2E-08</b>
Järnvägsolycka utan brand	6,4E-08
Järnvägsolycka med brand	1,8E-08
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
500 kg	6,5E-10
- P.g.a. starka påkänningar	6,2E-10
- P.g.a. tågbrand	3,4E-11
2 000 kg	1,1E-10
- P.g.a. starka påkänningar	1,1E-10
- P.g.a. tågbrand	5,8E-12
25 000 kg	3,8E-12
- P.g.a. starka påkänningar	3,6E-12
- P.g.a. tågbrand	2,0E-13

### 3.3.3 Klass 2 – Gaser

Allmänt

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

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

Studerad statistik från Trafikanalys [4] redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. I MSB:s kartläggning från september månad 2006 [11] respektive Green Cargos statistik för perioden mars-maj 2005 [14] redovisas däremot klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna. Enligt dessa kartläggningar transporterades endast brännbara gaser på Nynäsbanan. Sett till ett generellt genomsnitt på samtliga järnvägar visar kartläggningen att fördelningen mellan undergrupperna är ca 73 % brännbara gaser, 25 % icke giftiga och icke brännbara gaser respektive 2 % giftiga gaser. I beräkningar tas utgångspunkt i den mer generella statistiken. Gaser ur klass 2.2 utgör sådana gaser som normalt inte orsakar personskador vid utsläpp mer än i det direkta närområdet. Därför beaktas inte transporter av dessa gaser i riskanalysen.

Sannolikheten för läckage av farligt gods till följd av järnvägsolycka varierar beroende på om godset transporteras i en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för utsläpp är mycket låg. Generellt gäller att tjockväggiga tankar har en sannolikhet för läckage som är 1/30 av den för tunnväggiga tankar [9]. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 %.

[14] RID-transporter utförda av Green Cargo, Älvsjö – Jordbro, mars-maj 2005

Observera att det i [9] redovisas en *not* att de sannolikheter som är angivna för tjockväggiga tankar främst har angetts för att markera att sannolikheten för utsläpp är mycket nära 0. Med hänsyn till detta kommer utsläppsfördelningen att utgå från ovanstående uppgifter om en generell reducering av sannolikheten för utsläpp från tjockväggiga tankar i förhållande till tunnväggiga tankar. För tjockväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp då 1 %.

I [9] 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 %.

Klass 2.1. Brännbara gaser

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

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

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För utsläpp på järnväg finns fördelningsstatistik [15]:

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

Enligt *VROM – Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book"* [16] kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 60 respektive 40 %.

---

[15] Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993

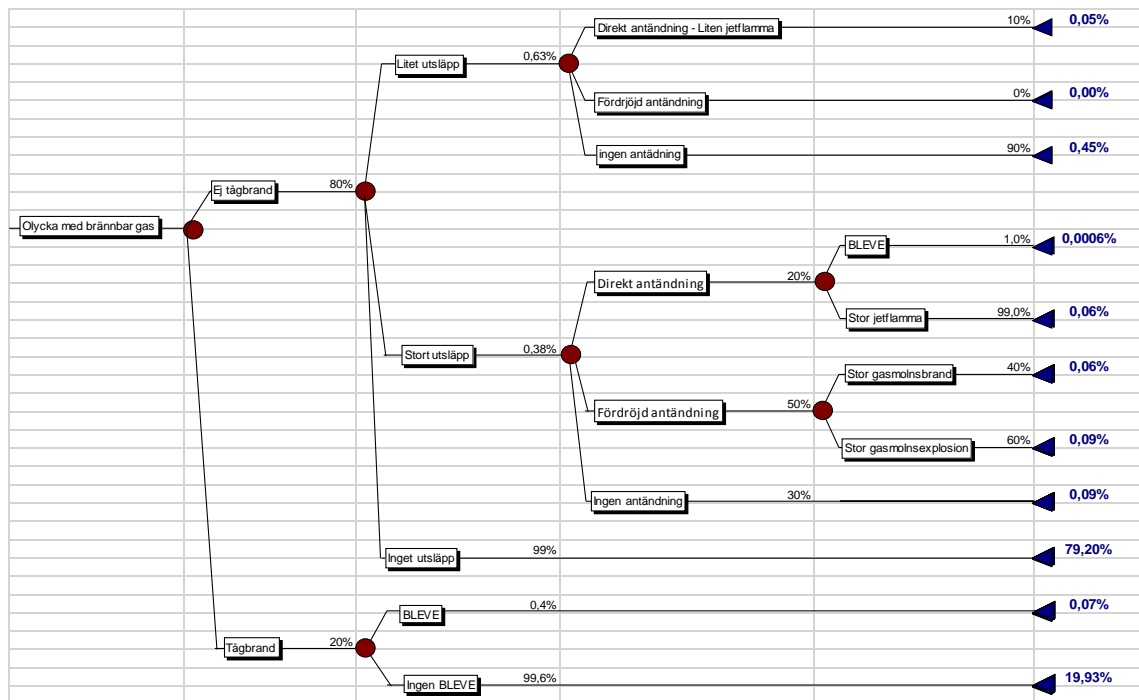
[16] Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VROM), Nederländerna, 2005

En **BLEVE** antas kunna uppstå i en oskadad tankvagn utan fungerande säkerhetsventil antingen om en stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om järnvägsolyckan omfattar en tågbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning.

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

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

Figur A.2 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara gaser som redovisar de förutsättningar som krävs för att olika skadescenarier ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.8.



Figur A.2. Händelsetråd olycka med transport av brännbara gaser.

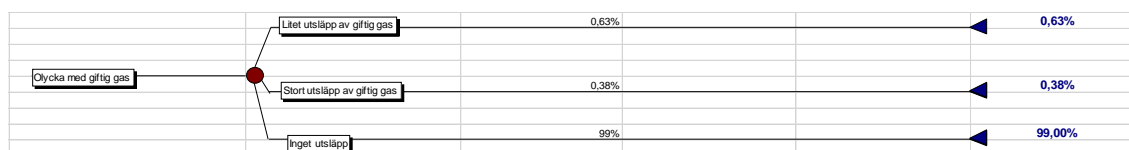
Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser. Prognosår 2040.

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

### Klass 2.3. Giftiga gaser

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

Figur A.3 redovisar händelsesträd över följdscenarier vid en olycka med transport av giftiga gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.9.



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

Tabell A.10. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
<b>Järnvägsolycka med klass 2.3</b>	<b>5,5E-07</b>
Litet utsläpp giftig gas	3,4E-09
Stort utsläpp giftig gas	2,1E-09

### 3.3.4 Klass 3 – Brännbara 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 2.3.3 ovan.

För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % [9].

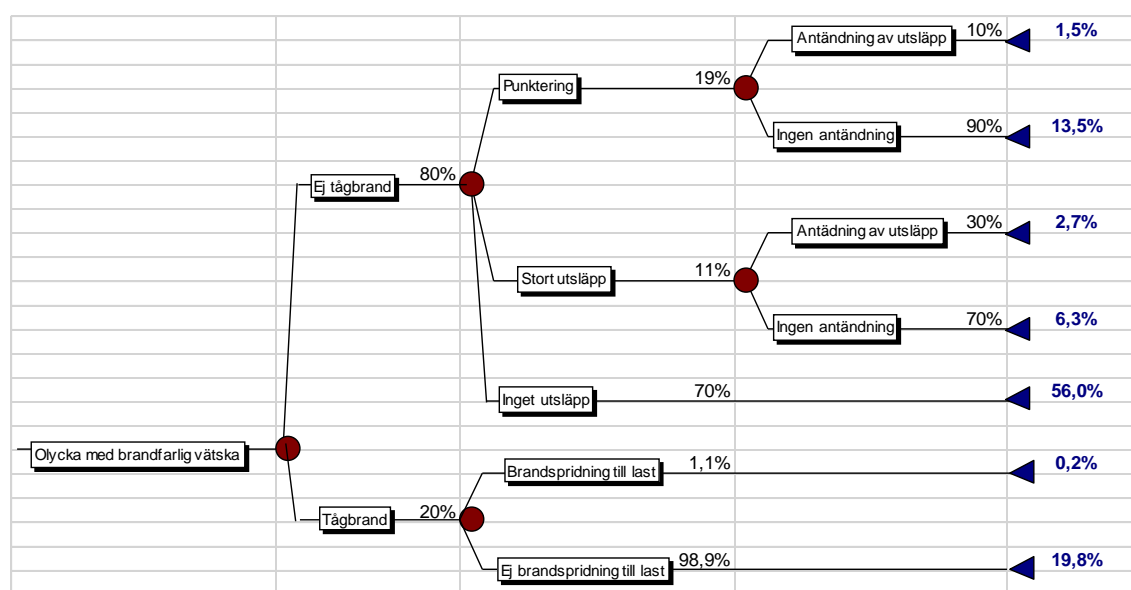
I [9] anges en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %).

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 % [9].

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

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



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

Tabell A.11. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 3	6,4E-05
Urspårning	5,0E-05
Tågbrand	1,4E-05
Liten pölbrand	9,5E-07
Stor pölbrand	1,7E-06
Godsvagnsbrand	1,4E-07

### 3.3.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

Ämnen ur klass 5 som i ren form kan sönderfalla explosivt utan blandning med något bränsle utgörs enligt [17] av ammoniumdikromat, ammoniumnitrat, ammoniumperklorat samt väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid. Dessa ämnen och föreningar är termiskt stabila upp till relativt höga temperaturer, vilket innebär att ett explosivt sönderfall vid en transportolycka med dessa ämnen främst kan inträffa som följd av en brand. Ett explosionsscenario med dessa ämnen utan blandning av bränsle har en explosionslast som är ca 20-30 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl.

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

Enligt regelverket RID-S [10] är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på järnväg. Andelen av de organiska peroxiderna på järnvägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid brand eller vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad. Utifrån den nationella statistiken från Trafikanalys utgör dock organiska peroxider en liten andel (< 5 %) av de totala transportmängderna av klass 5.

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

Enligt regelverket RID-S [10] är det dock inte tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % av brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolekvivalent) utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen).

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

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

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

**Detonation p.g.a. tågbrand:** Frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med klass 5 utgår från tabell A.6. Det finns detaljerade regler för hur oxiderande ämnen och organiska peroxider skall förpackas och hanteras vid transport [10], vilket innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det detonerar.

---

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

Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar. Skada på en godsvagn med klass 5 bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % [9]. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.3). Förutsatt denna situation med skada på godsvagn och mycket stor brand antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 100 %. Sannolikheten för att brand som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till ca 1,1 % (30 % x 3,7 %).

Med hänsyn till gällande regler så bedöms dock sannolikheten för att tågbranden leder till ett explosionsartat brandförlopp vara begränsad, uppskattningsvis högst 1 %. I övriga fall där branden sprider sig till lasten antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand.

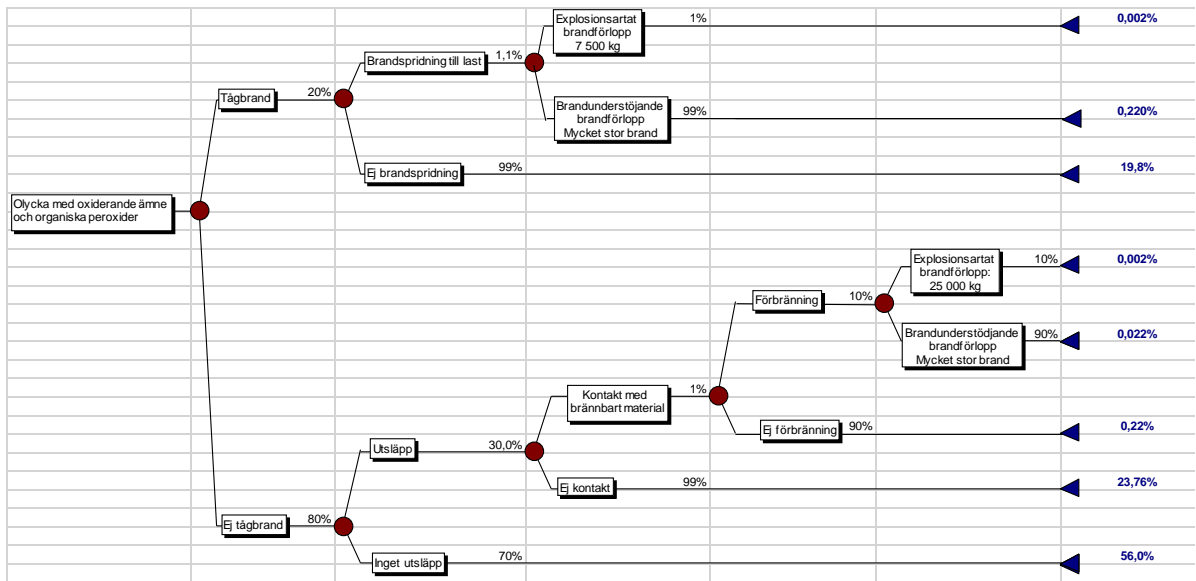
**Detonation p.g.a. förorening av brännbart material:** Enligt ovan är sannolikheten för utsläpp 30 % (25 + 5 %). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska förorenas med brännbart material bedöms som låg, 1 % (i princip krävs att en tank med brännbar vätska skadas i närheten för att risk för omfattande förorening och blandning föreligger). Vidare bedöms att sannolikheten för förbränning av blandningen givet förorening och blandning vara högst 10 %. Förbränningen antas kunna leda till explosionsartade brandförlopp alternativt till en kraftig brand där det utläckta godset fungerar brandunderstödjande. Sannolikheten för att förbränningen leder till explosionsartat brandförlopp uppskattas till högst 10 % och i övriga fall antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand. Det råder stora osäkerheter kring den explosiva blandning som kan bildas till följd av ett utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider som förorenas med brännbart material. Hur stor den explosiva blandningen blir är beroende på utsläppsmängden oxiderande ämne samt tillgången till brännbart material. I den riskanalys som togs fram för Fördjupad översiktsplan för Göteborg 1996 [18] angavs att den explosiva blandning som kan bildas vid ett utsläpp av klass 5 på järnväg motsvarar en explosiv blandning med 25 ton trotyl. Detta scenario utgår från antagandet att vagnen med oxiderande ämnen kolliderar med en vagn med brandfarlig vätska (klass 3) som blandas med utsläppet. Mängden massexplisiv vara motsvarar den mängd ideal blandning som då kan uppkomma. Blandningen antas motsvara 100 % mängd ekvivalent TNT (trotyl).

Enligt ovan kan explosion även inträffa till följd av tågbrand utan blandning av bränsle. Explosionslasten antas då motsvara 30 % ekvivalent mängd trotyl, d.v.s. givet en transportmängd på 25 ton så motsvarar explosionslasten ca 7,5 ton ekvivalent TNT (trotyl).

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

---

[18] Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1996



Figur A.5. Händelse-träd olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Tabell A.12. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
<b>Järnvägsolycka med oxiderande ämne (klass 5)</b>	<b>1,9E-05</b>
Järnvägsolycka utan brand	1,5E-05
Järnvägsolycka med brand	4,3E-06
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	4,3E-10
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	4,6E-10
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	4,7E-08
- P.g.a. tågbrand	4,2E-08
- P.g.a. förening av brännbart material	4,2E-09



## Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn  
Kolartorp 5:1

Uppdragsgivare  
Haninge kommun

Handläggare  
Rosie Kvål

Uppdragsnummer

112196

Datum

2019-10-28

Egenkontroll

RKL 2019-10-28

Internkontroll

EMM 2019-10-28

## 1. Inledning

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

### Nynäsbanan

- Scenario 1. Ursparning
- Scenario 2. Brand i godståg
- Scenario 3. Olycka med farligt gods
  - Klass 1.1. Massexplösiva ämnen
  - Klass 2.1. Brännbara gaser
  - Klass 2.3. Giftiga gaser
  - Klass 3. Brandfarliga vätskor
  - Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

I riskanalysen används riskmåttet *individrisk* och *samhällsrisk*. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område (avsnitt 3) respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk (avsnitt 4).

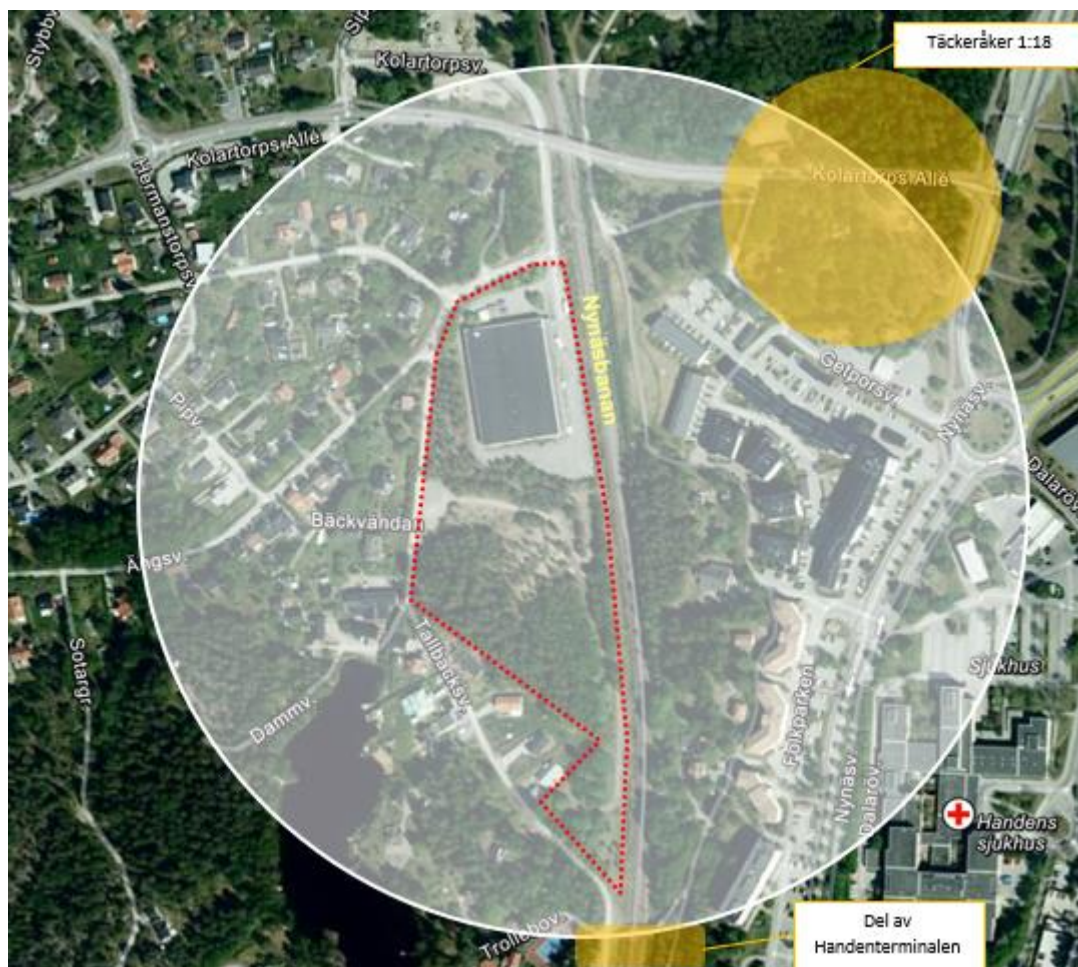
## 2. Förutsättningar

### 2.1 Allmänt om det studerade området

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

- Det område som kommer att studeras omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för det planerade utförandealternativet med planerad ny bebyggelse inom planområdet. Konsekvenserna beräknas dessutom för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom planområdet samt eventuella planerade förändringar i omgivningen.

- Figur B.1 visar det aktuella området som studeras i denna riskutredning samt dess närmaste omgivning. Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka av Nynäsbanan. Konsekvensberäkningarna kommer att avgränsas till att studera respektive olycksscenario där de innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet.
- Det område som beaktas i konsekvensberäkningarna motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier (ca 300 meter radie kring en tänkt olycksplats). Det beaktade området markeras med vitt i figur B.1.



Figur B.1. Aktuellt planområde (rödmarkerat) samt den närmaste omgivningen. Vit markering visar ungefärligt maximalt påverkansområde för olycka på Nynäsbanan, ca 300 meter, kring en tänkt olycksplats. Gulmarkerade områden utgör planarbeten inom skadeområdet.

## 2.2 Kolartorp 5:1

### 2.2.1 Nollalternativ

I figur B.1 är planområdet markerat med rött.

Inom planområdet finns idag en verksamhet av lätt industrikaraktär som kommer att flytta från området. I övrigt består planområdet av skog- och naturmark. Verksamheten omfattar en byggnad i två våningar med en ungefärlig yta av 4 300 m<sup>2</sup> per plan. Persontätheten i byggnaden uppskattas mycket grovt till 150 personer. Byggnaden ligger som närmast ca 30 meter från närmaste spår på Nynäsbanan.

Resten av planområdet upptas av skogs- och naturmark. Persontätheten utomhus brukar generellt sättas till 50 personer per hektar. Planområdet upptar ett område på ca 32 000 m<sup>2</sup> (inklusive ovan beskrivna verksamhet). Det medför en persontäthet utomhus på ca 140 personer inom planområdet. Detta är sannolikt högt räknat då ytor utomhus inte uppskattas ha så stor lockelse för vistelse bland allmänheten. Som underlag till beräkningarna förutsätts därför ett personantal utomhus på maximalt 30 personer.

### 2.2.2 Planalternativ

Planförslaget omfattar ny bebyggelse i form av flerbostadshus, radhus, torgytor, garage samt en förskola. Se även beskrivning och situationsplan i huvudrapporten.

I tabell B.1 redovisas omfattning av planerad bebyggelse.

Tabell B.1. Planerad bebyggelse.

Verksamhet	Info	Antal personer (max beläggning)
Flerbostadshus	330 lägenheter Förutsätter 2-3 personer per lägenhet.	660-990
Radhus	18 radhus Förutsätter en familj om 4 personer/radhus	64
Förskola	6 avdelningar Förutsätter 20 barn + 3 personal per avdelning.	138
Yta utomhus	Ca 20 000 m <sup>2</sup> (exkl villatomter) Förutsätter 0,005 personer/m <sup>2</sup> .	100
<b>Maximalt personantal inom planområdet</b>		<b>Inne: 862-1 192 Ute: 100</b>

Med föreslagen utformning (se huvudrapport) blir avståndet mellan Nynäsbanan och bebyggelse med stadigvarande vistelse som minst 27 meter (mätt från närmaste spårmitt). Avståndet mellan närmaste spårmitt och planområdets gräns blir ca 10 meter. Närmast Nynäsbanan planeras gång- och cykelstråk, lokalgata samt markparkering.

## 2.3 Kringliggande bebyggelse

Enligt avsnitt 2.1 studeras ett område med ca 300 meters radie kring järnvägen, vilket motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier, se markering i figur B.1.

Kringliggande bebyggelse varierar både avseende verksamhet och avstånd till Nynäsbanan.

## Väster om Nynäsbanan

Planområdet tar upp en stor del av området väster om järnvägen. Övriga områden omfattar bebyggelse i huvudsak i form av enfamiljshus, skogs- och naturområden samt några enstaka mindre verksamheter. I tabell B.2 redovisas verksamheter inom 300 meter från järnvägen väster om järnvägen, exkl. det aktuella planområdet.

Tabell B.2. Verksamheter inom möjligt påverkansområde väster om Nynäsbanan.

Verksamhet	Info	Antal personer (max beläggning)
Enfamiljshus	ca 60 villor och radhus Förutsätter en familj om 4 personer/villa eller radhus	240
Yta utomhus	Ca 60 000 m <sup>2</sup> exkl. villatomter. Förutsätter 0,005 personer/m <sup>2</sup> .	300
<b>Maximalt personantal väster om Nynäsbanan</b>		<b>Inne: 240 Ute: 300</b>

Det kortaste avståndet mellan bebyggelse och närmaste spår på järnvägen är ca 45-50 meter.

Området väster om Nynäsbanan ligger i nivå med järnvägen.

## Öster om Nynäsbanan

Närmast järnvägen finns skogs- och naturområden. I den norra delen går en gång- och cykelväg utmed järnvägen. Bebyggelsen inom 300 meter från järnvägen består nästan uteslutande av bostadshus i form av flerbostadshus och enfamiljshus. Inom området finns även ett sjukhus (Handens sjukhus) samt en bensinstation. I tabell B.3 redovisas verksamheter inom 300 meter från järnvägen öster om järnvägen.

Tabell B.3. Verksamheter inom möjligt påverkansområde öster om Nynäsbanan.

Verksamhet	Info	Antal personer (max beläggning)
Flerbostadshus	ca 50 000 m <sup>2</sup> Förutsätter 1 person per 30 m <sup>2</sup>	1 670
Enfamiljshus	12 villor Förutsätter en familj om 4 personer/radhus	48
Sjukhus*	ca 25 000 m <sup>2</sup> 150 platser för slutenvård	8 750
Yta utomhus	Ca 200 000 m <sup>2</sup> inkl infrastruktur. Förutsätter 0,005 personer/m <sup>2</sup> .	1 000
<b>Maximalt personantal öster om Nynäsbanan</b>		<b>Inne: 10 468 Ute: 1 000</b>

\* Enligt BBR [1] ska dimensioneringen av utrymningsvägar för lokaler och verksamheter utgå från en genomsnittlig persontäthet på 0,5 personer per m<sup>2</sup> nettoarea. Vid beräkning av totalt personantal inom en byggnad behöver avdrag göras för allmänna utrymmen och utrymmen utan stadigvarande vistelse (t.ex. lager, förråd, teknikutrymmen, korridorer och trapphus m.m.). Det antas mycket grovt att persontätheten per BTA är ca 30 % lägre än ovanstående värden. Troligtvis mycket högt räknat.

/1/ Boverkets byggregler BFS 2011:6 med ändringar t o m BFS 2016:13 (BBR 24)

Det kortaste avståndet mellan verksamhet med stadigvarande vistelse (bostad) och järnvägen är ca 34 meter. Merparten av bebyggelsen ligger dock på större avstånd från Nynäsbanan.

Området öster om Nynäsbanan ligger i nivå med järnvägen.

## 2.4 Sammanställning

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

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

### 1. Genomsnittligt normaldygn:

- 1.1 Dagtid (kl 08-22) – ca 50 % beläggning inom bostadshus, verksamheter samt utomhus. 80 % inom förskola och sjukvård. 50 % vistas utomhus.
- 1.2 Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse. 100 % beläggning inom bostadshus och 0 % inom övrig bebyggelse med undantag för sjukhus där det finns 150 platser för slutenvård samt personal nattetid (uppskattningsvis ca 200 totalt). 5 % vistas utomhus.

- 2 **”Fullsatt område”** – Full beläggning inom all bebyggelse (bostäder, förskola och sjukvård), vilket bedöms kunna förekomma under mycket begränsade perioder i samband med morgon- respektive eftermiddagsrusningen. 100 % vistas utomhus.

I tabell B.4 redovisas en sammanställning av förutsatta personantal inom det studerade området, uppdelat på planområde respektive kringliggande bebyggelse, öster respektive väster om Nynäsbanan.

Tabell B.4. Uppskattat antal personer inom planområdet och dess omgivning.

Område	Planalternativ			Nollalternativ		
	Normaldygn - dag	Normaldygn - natt	Fullsatt område	Normaldygn - dag	Normaldygn - natt	Fullsatt område
<b>Planområdet</b>						
<i>Inomhus</i>	692	1 164	1 192	75	0	150
<i>Utomhus</i>	50	5	100	15	2	30
<b>Kringliggande områden väster om Nynäsbanan</b>						
<i>Inomhus</i>	120	240	240	120	240	240
<i>Utomhus</i>	150	15	300	150	15	300
<b>Kringliggande områden öster om Nynäsbanan</b>						
<i>Inomhus</i>	5 234	1 914	10 468	5 234	1 914	10 468
<i>Utomhus</i>	500	50	1 000	500	50	1 000
<b>Totalt</b>	<b>6 746</b>	<b>3 388</b>	<b>13 300</b>	<b>6 094</b>	<b>2 221</b>	<b>12 188</b>
<i>Inomhus</i>	6 046	3 318	11 900	5 429	2 154	10 858
<i>Utomhus</i>	700	70	1 400	665	67	1 330

### 3. Beräkning av skadeavstånd/-områden

#### 3.1 Urspårning

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

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

Med hänsyn till gällande hastighetsbegränsningar på den aktuella järnvägssträckan (140 km/h för persontåg och 100 km/h för godståg) beräknas det maximala vinkelräta avståndet från spåret som vagnen kan hamna till ca 15 meter vid urspårning med persontåg och ca 13 meter vid urspårning med godståg.

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 något lägre än bebyggelsen, se avsnitt 2.2. Både befintlig och planerad bebyggelse ligger dessutom minst 25 meter från närmaste spårmittpunkt.

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

- Urspårning persontåg (hastighetsbegränsning 140 km/h)
  - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd <8 meter
  - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 8-15 meter
  - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)
- Urspårning godståg (hastighetsbegränsning 100 km/h)
  - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd < 6 meter
  - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 6-13 meter
  - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)

Skadezonen utbredning i längsled utmed järnvägen antas konservativt motsvara den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas i bilaga A. För samtliga scenarier ovan antas skadezonen i längsled utmed järnvägen vara 245 meter vid urspårning med persontåg respektive 125 meter vid urspårning med godståg.

## Bedömningskriterier

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

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

## 3.2 Brand i godståg

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

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

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

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

**Flamhöjd (H<sub>f</sub>)** – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation [3]:

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

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

**Utfallande strålning (I<sub>0</sub>)** – Den utfallande strålningen (kW/m<sup>2</sup>) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flamman, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation [4]:

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

**Synfaktor (F)** – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.3). 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.

---

[2] Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

[3] Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

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

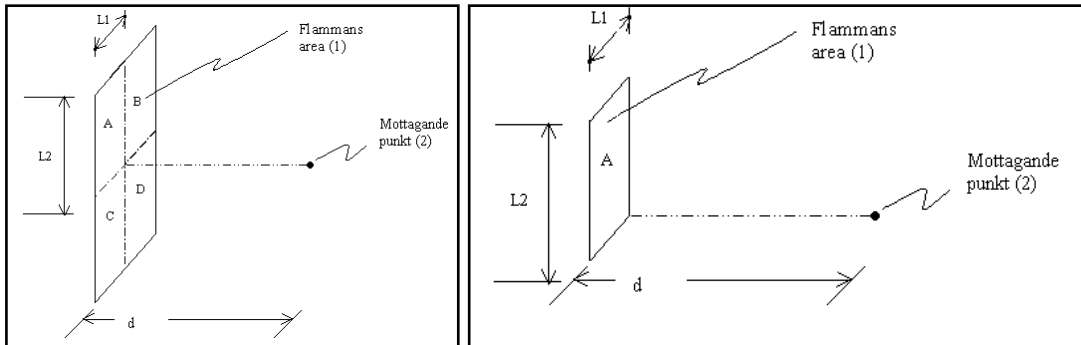


Synfaktorn  $F_{1,2}$  mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt [5]:  $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

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

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

$\theta_1 = \theta_2 =$  infallande vinkel (d.v.s. 0) och  $A_1 = L_1 \times L_2$  enligt figur B.2.



Figur B.2. Synfaktor.

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

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

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

**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 ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden för de olika scenarierna beräknats (se tabell B.5).

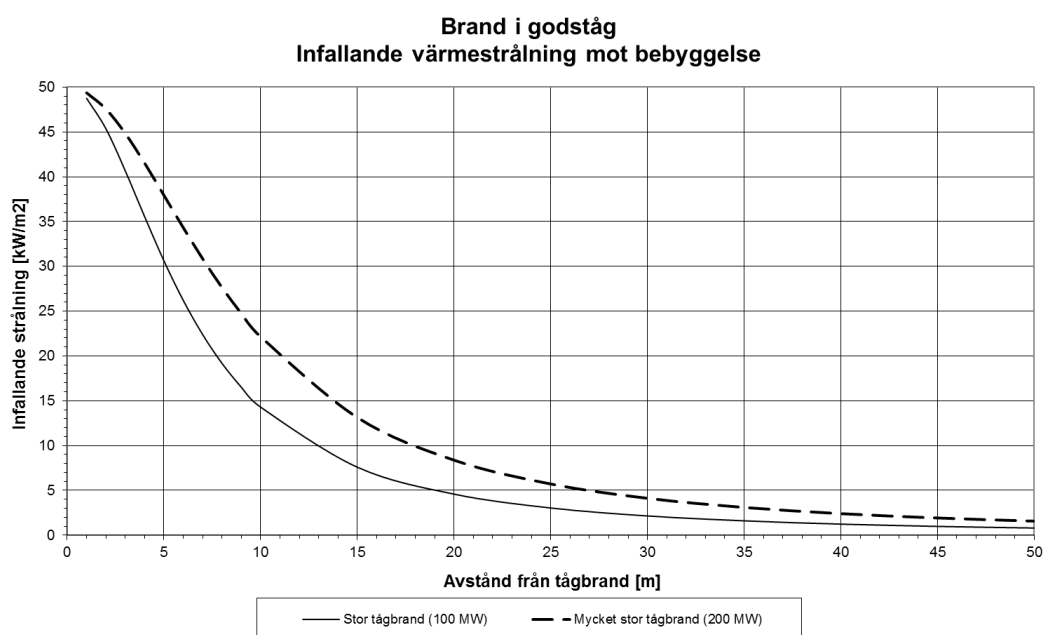
Tabell B.5. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

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

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

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

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.3. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. Enligt tabell B.1 sjunker den utfallande strålningen med brandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större bränder. Soten och röken döljer själva flammen och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmestrålningen. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på  $50 \text{ kW/m}^2$  för samtliga brandscenarier.



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

#### Bedömningskriterier

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

I tabell B.6 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning.

Tabell B.6. Effekter av olika strålningsnivåer [2, 7].

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 [8] avseende brandspridning mellan byggnader. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt spridd 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.6. 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

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

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

Resultat

I tabell B.7 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.7. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid tågbrand.

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

### 3.3 Olycka med farligt gods

#### 3.3.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Metodik

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

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

- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl)
- 2000 kg ekvivalent TNT (trotyl)
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl)

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner* [9]. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck ( $P_+$ ) och impulstäthet ( $I_+$ ) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck ( $P_C$ ) och impuls ( $I_C$ ). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

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

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

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

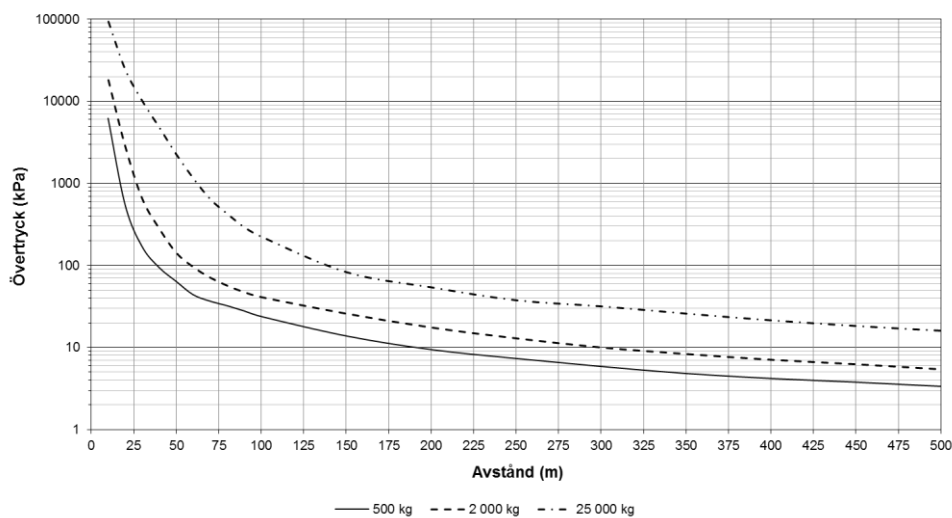
För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

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

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

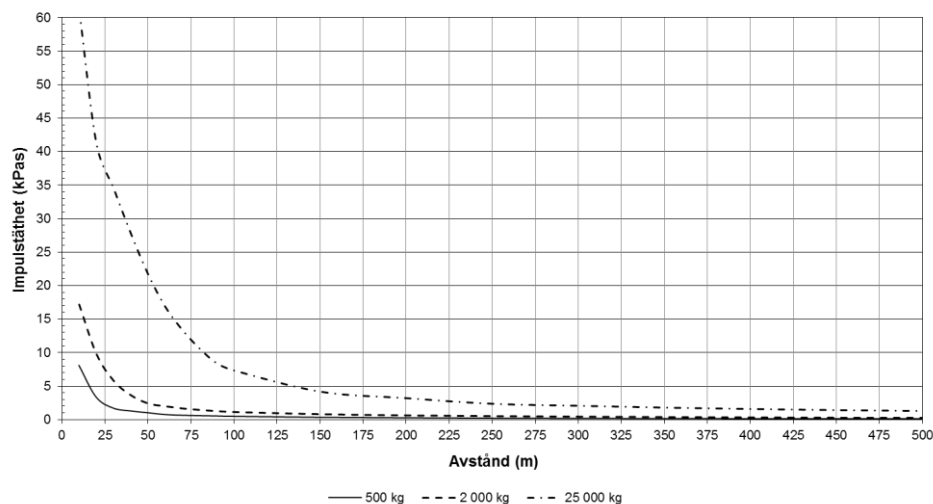
$$t_+ = \frac{2 \times I_+}{P_+}$$

### Max övertryck vid detonation klass 1.1



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

### Impulstäthet vid detonation klass 1.1



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

## Bedömningskriterier

**Inomhus:** Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck ( $P_+$ ) och impulstäthet ( $I_+$ ) i förhållande till byggnadsdelarnas karaktäristiska tryck ( $P_c$ ) och impuls ( $I_c$ ), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.8 anges karaktäristiska tryck ( $P_c$ ) respektive impulstäthet ( $I_c$ ) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet [9].

Tabell B.8. Karaktäristiska tryck ( $P_c$ ) respektive impuls ( $I_c$ ) för olika byggnadsdelar.

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

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

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

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

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

- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl):        10 %
- 2 000 kg ekvivalent TNT (trotyl):     50 %
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl):    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.9 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Byggnadsdelarna har delats upp på bärande byggnadsdelar och icke bärande lätta respektive medeltunga byggnadsdelar. De infallande tryck som redovisas i figur B.5 gäller för en punkt (byggnad eller människa) som är helt oskyddad mot riskkällan. Den första byggnaden reducerar med stor sannolikhet det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att den första byggnaden medför att trycket och impulstätheten mot nästföljande byggnad reduceras med ca 75 % i förhållande till vad som anges i figur B.4 respektive figur B.4. I tabell B.9 redovisas skadeavstånden för dels icke skyddad bebyggelse och dels skyddad bebyggelse.

Tabell B.9. Beräknade konsekvenser – skadeområden för byggnadsras (helt eller delvis) samt för oskyddade personer utomhus, vid massexplosion.

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

### 3.3.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

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

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

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma.

Avseende olycka på järnväg har utsläppssimuleringarna utförts för en tankvagn med total mängd ca 40 ton tryckkondenserad gas.

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

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck vid 15°C
- Lufttryck: 760 mmHg
- Väder: 15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart

- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)
- Tankdiameter: 2,5 m
- Tanklängd: 19 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens tomma vikt: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4 x designtrycket

Avseende olycka på järnväg har skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnsexplosion simulerats för följande utsläppsstorlekar [10]:

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

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

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

Bedömningskriterier

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

**Inomhus:** Sannolikheten för att personer som befinner sig inomhus omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. För jetflamma uppskattas det grovt att skadeområdet för brandspridning till byggnad för de studerade scenarierna motsvarar skadeområdet där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt brand sprids in i byggnaden omkommer.

För gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms sannolikheten för brandspridning vara låg med hänsyn till kortvariga brandförlopp. Konsekvenser inomhus kan dock uppstå p.g.a. tryckpåverkan. Utifrån detta uppskattas grovt att 5 % av personer som befinner sig inomhus inom belyst skadezon enligt tabell B.6 förväntas omkomma.

---

[10] Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996



## Resultat

I tabell B.10 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

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

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

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

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

### 3.3.3 Klass 2.3 Giftiga Gaser

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

Med simuleringsprogrammet **Spridning i Luft 1.2** beräknas storleken på det område där koncentrationen ammoniak respektive svaveldioxid antas vara dödlig (inomhus och utomhus). Utsläppssimuleringarna har utförts för järnvägsvagn rymmandes ca **65 ton klor**.

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

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

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

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

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

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

Bedömningskriterier

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

Resultat

I tabell B.11 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt avsnitt 3.3.1 utgår beräkningarna i **Spridning i Luft 1.2** från bebyggelse med avseende på ytråheten (d.v.s. möjligheten för gasmolnet att spridas). Beräkningarna avser relativt fri spridning av gas som inte tar någon hänsyn till framföriggande objekt och avskärmningar som kan reducera spridningen av gasmoln vilket i sin tur reducerar skadeavstånden. Föreslagen bebyggelsestruktur med en kraftig förtätning av bebyggelsen i direkt anslutning till riskkällan bedöms ha en avskärmande effekt som reducerar skadeavståndet (längden) för respektive scenario, åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Spridning i Luft 1.2**. I tabellen redovisas därför även skadeavstånden vid framföriggande skyddande bebyggelse. För skadescenarioer med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs inget reducering.

Tabell B.11. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarioer vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)							
		Oskyddad bebyggelse				Skyddad bebyggelse			
		Inomhus		Utomhus		Inomhus		Utomhus	
		bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd
Litet utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0	4	10	0	0	4	10
	50%	0	0	20	30	0	0	20	15
	5%	4	15	30	50	4	15	30	25
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	20	50	140	250	20	25	140	125
	50%	80	260	240	370	80	130	240	185
	5%	190	345	360	430	190	172,5	360	215

### 3.3.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

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

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

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

Konsekvensberäkningar utförs för följande skadescenarier:

- Liten pölbrand: 100 m<sup>2</sup>
- Stor pölbrand: 200 m<sup>2</sup>
- Godsvagnsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW  
(effekten motsvarar det värde som anges i [12] för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

Beräkningsmetodiken följer den som redovisas i avsnitt 3.2.

Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.12).

Tabell B.12. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

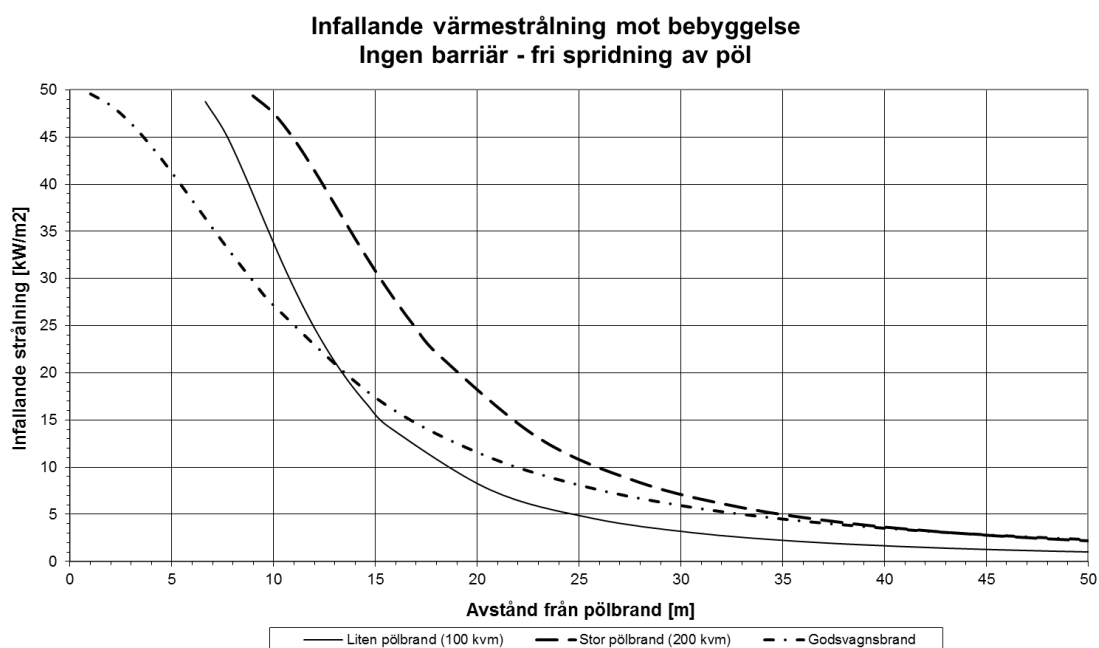
Scenario	Brinnande yta $A_F$ (m <sup>2</sup> )	Utvecklad effekt $Q$ (kW)	Brandens diameter $D_f$ (m)	Flammhöjd $H_f$ (m)	Utfallande strålning $I_o$ (kW/m <sup>2</sup> )
Liten pölbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Stor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Godsvagnsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0

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

Enligt tabell B.12 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m<sup>2</sup> för samtliga brandscenarier.

[11] Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensen i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998

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



Figur B.6. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand respektive godsvagnsbrand.

Bedömningskriterier  
Se avsnitt 3.2.

Resultat

I tabell B.13 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.13. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
<b>Liten pölbrand (100 MW)</b>	5% inomhus	15
	100% utomhus	9
	50% utomhus	15
	5% utomhus	18
<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

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

#### Metodik

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

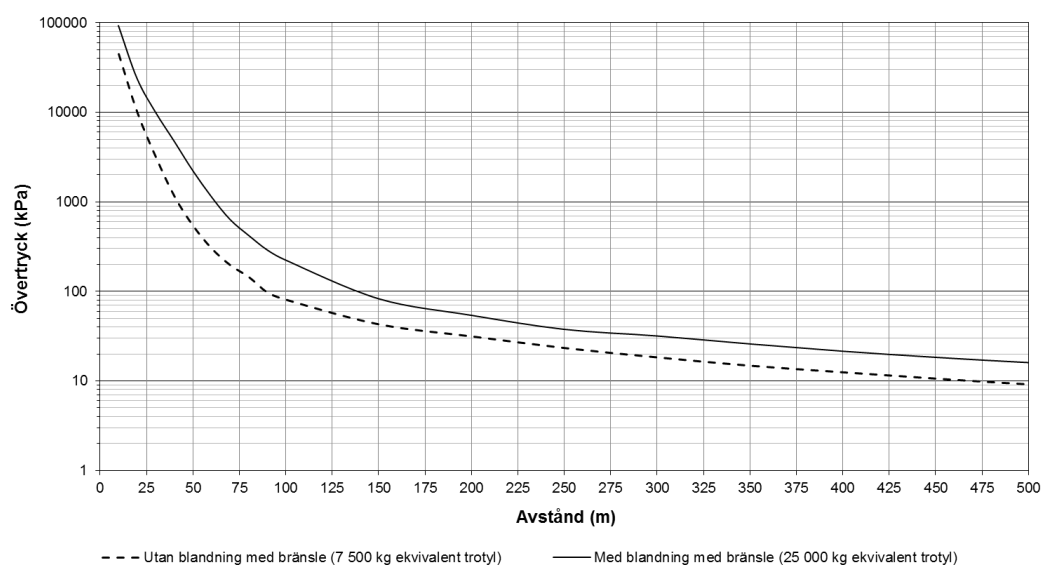
Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

- Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarar 30 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarar 100 % av 25 000 kg ekvivalent trotyl)
- Brandunderstöjdande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med brandfarlig vätska, se avsnitt 3.3.4)

Konsekvensberäkningarna avseende explosionsartade brandförlopp följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner* [9] och som beskrivs i avsnitt 2.3.1.

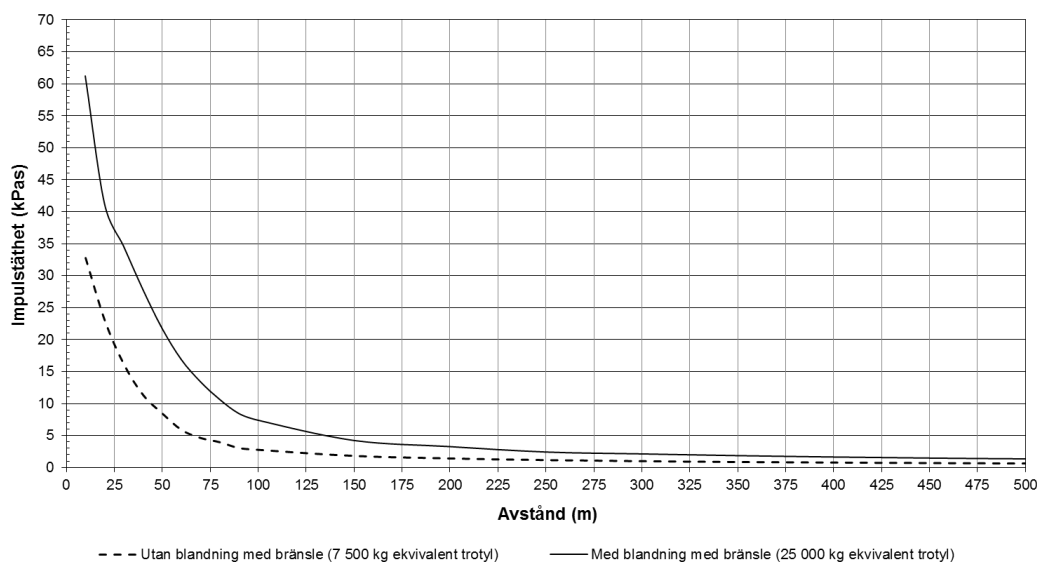
I figur B.7 och figur B.8 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av  $1,8 \cdot X$  kg i fri luft. För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

#### Max övertryck vid explosionsartat brandförlopp klass 5



Figur B.7. Max övertryck som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

## Impulstäthet vid explosionsartat brandförlopp klass 5



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

Konsekvensberäkningarna för brandunderstödjande brandförlopp följer den metodik som redovisas i avsnitt 3.2 samt avsnitt 3.3.4. Aktuellt scenario med brandunderstödjande brandförlopp antas motsvara en godsvagnsbrand med brandfarlig vätska (se figur B.6).

Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.2 respektive avsnitt 3.3.1.

Resultat

I tabell B.14 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario med ämne ur klass 5.

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

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	100 % <i>inomhus</i>	60	35
	15 % <i>inomhus</i>	400	100
	50 % <i>utomhus</i>	75	50
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	100 % <i>inomhus</i>	90	60
	15 % <i>inomhus</i>	600	200
	50 % <i>utomhus</i>	100	70
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	5% <i>inomhus</i>	17	17
	100% <i>utomhus</i>	7	7
	50% <i>utomhus</i>	17	17
	5% <i>utomhus</i>	22	22

## 4. Beräkning av antal omkomna

### 4.1 Resultat

I tabell B.15 redovisas beräknat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2) inom det studerade området (aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse).

Tabell B.15. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka på Nynäsbanan.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
<b>1. Urspårning</b>						
Urspårning persontåg, dim.scenario min						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn – natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, dim.scenario max						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn – natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, worst case scenario						
Normaldygn – dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn – natt	1	0	1	0	0	0
Fullsatt område	1	2	3	0	1	1
Urspårning godståg, dim.scenario min						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, dim.scenario max						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, worst case scenario						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	1	0	1	0	0	0
Fullsatt område	1	2	2	0	1	1

Tabell B.15. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
<b>2. Brand i godståg</b>						
Stor tågbrand (100 MW)						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
<b>3. Olycka vid transport av farligt gods</b>						
<b>Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen</b>						
500 kg masseexplosion						
Normaldygn – dag	7	0	7	3	0	4
Normaldygn - natt	8	0	8	2	0	2
Fullsatt område	13	0	13	7	0	7
2 000 kg masseexplosion						
Normaldygn – dag	66	1	67	36	1	37
Normaldygn - natt	79	0	79	24	0	24
Fullsatt område	126	2	129	72	2	74
25 000 kg masseexplosion						
Normaldygn – dag	228	17	245	134	12	146
Normaldygn - natt	313	2	315	141	1	142
Fullsatt område	590	33	624	420	24	444
<b>Klass 2.1 Brännbar gas</b>						
Liten jetflamma						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnexplosion						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor jetflamma						
Normaldygn – dag	1	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	1	0	1	0	0	0
Fullsatt område	1	2	3	0	1	1



Tabell B.15. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn – dag	7	5	12	1	2	3
Normaldygn - natt	12	1	12	2	0	2
Fullsatt område	13	11	24	3	3	6
BLEVE						
Normaldygn – dag	24	22	46	7	7	14
Normaldygn - natt	40	2	42	9	1	10
Fullsatt område	45	43	88	14	13	27
<b>Klass 2.3 Giftig gas</b>						
Litet utsläpp						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	0	0
Stort utsläpp						
Normaldygn – dag	71	42	113	18	24	42
Normaldygn - natt	118	4	122	23	3	26
Fullsatt område	133	84	216	35	48	83
<b>Klass 3 Brandfarlig vätska</b>						
Liten pölbrand						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor pölbrand						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	0	1
Godsvagnsbrand						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0

Tabell B.15. Forts.

Skadesscenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
<b>Klass 5 Oxiderande ämnen</b>						
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)						
<i>Normaldygn – dag</i>	145	1	<b>146</b>	73	1	<b>73</b>
<i>Normaldygn - natt</i>	215	0	<b>215</b>	83	0	<b>83</b>
<i>Fullsatt område</i>	276	2	<b>278</b>	145	1	<b>147</b>
Explosionsartad brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)						
<i>Normaldygn – dag</i>	379	20	<b>399</b>	285	15	<b>300</b>
<i>Normaldygn - natt</i>	464	2	<b>466</b>	291	2	<b>293</b>
<i>Fullsatt område</i>	741	39	<b>780</b>	570	30	<b>600</b>
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)						
<i>Normaldygn – dag</i>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
<i>Normaldygn - natt</i>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>
<i>Fullsatt område</i>	0	0	<b>0</b>	0	0	<b>0</b>

## Bilaga C - Riskberäkningar

Uppdragsnamn		
Kolartorp 5:1		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum
Haninge kommun	112196	2019-10-28
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll
Rosie Kvål	RKL 2019-10-28	EMM 2019-10-28

---

## 1. Inledning

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

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

## 2. Beräkning av individrisk

### 2.1 Metodik

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

Individrisken beräknas som den kumulativa frekvensen för att omkomma på ett specifikt avstånd från respektive riskkälla. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som frekvensen för alla skadescenarier med ett skadeområde  $\geq 100$  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 olycksscenerierna 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 5.2.3 i huvudrapporten.

## 2.3 Resultat

I figur 5.1 i huvudrapporten redovisas individrisken för det studerade planområdet och dess omgivning som funktion av avståndet till Nynäsbanan. Individrisken redovisas för prognosår 2040 enligt de trafiksiffror och förutsättningar som redovisas i bilaga A.

Avståndet i diagrammet utgår från spårmittpå järnvägens närmaste spårmitt. Riskprofilen som redovisas gäller för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuella konsekvensreducerande effekter av exempelvis framförliggande bebyggelse eller nivåskillnader.

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). För skadescenarier med explosiva ämnen bedöms däremot skadeavstånden vara större inomhus.

I figur 5.2 i huvudrapporten 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 utgår från närmaste spårmitt. Individrisken redovisas för prognosår 2040 enligt de trafiksiffror och förutsättningar som redovisas i bilaga A.

## 3. Beräkning av Samhällsrisk

### 3.1 Metodik

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

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

---

[1] *Värdering av risk*, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997

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

Vid sammanställningen av samhällsriskerna antas att de beräknade konsekvenserna kan inträffa oavsett var på den studerade järnvägssträckan 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 österut mot bebyggelsen.

Med hänsyn till att bebyggelsestrukturen och markanvändningen både inom planområdet och inom kringliggande områden varierar mycket kraftigt på respektive sida om järnvägen kan konsekvenserna bli annorlunda om olyckan riktas åt motsatt håll. Vid sammanställningen av samhällsriskerna för de studerade riskkällorna antas dock att konsekvenserna kan inträffa oavsett åt vilket håll som olyckan riktas.

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

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

#### **Genomsnittligt normaldygn:**

Dagtid (kl 08-22, exkl. tider med "fullsatt område") – Ca 48 % av ett år.

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

**"Fullsatt område"** – Ca 10 % av ett år (vilket motsvarar ca 2,5 timme per dygn).

## **3.2 Bedömningskriterier**

Den beräknade samhällsriskerna värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk* [1], se avsnitt 5.2.3 i huvudrapporten.

## **3.3 Resultat**

### **3.3.1 Samhällsrisk utan åtgärder**

I figur 5.3 i huvudrapporten redovisas den beräknade samhällsriskerna inom det studerade området, d.v.s. det aktuella planområdet samt kringliggande bebyggelse inom ca 300 meter från Nynäsbanan. Samhällsriskerna beräknas för studerat Utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella planområdet. Samhällsriskerna har dessutom beräknats för ett Nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet.

Samhällsriskens redovisas för prognosår 2040.

### 3.3.2 Samhällsrisk med åtgärder

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

De rekommenderade åtgärderna innebär att samhällsriskens minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.1 redovisas den beräknade samhällsriskens för utförandeanvändningen utan respektive med rekommenderade åtgärder.

**För utförandeanvändning med åtgärder antas att åtgärderna har följande reducerande effekter:**

Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden är minst 25 meter till Nynäsbanans närmaste spår, mätt från spårmittpunkt.

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

*Aktuell situationsplan medger bebyggelse 27 meter från närmaste järnvägsspår.*

*Åtgärdsförslaget har därför beaktats i riskberäkningarna och innebär ingen förändring i förhållande till utförda beräkningar.*

Ytor mellan ny bebyggelse och Nynäsbanan ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser eller uteserveringar) bör placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste spår, mätt från spårmittpunkt.

*Åtgärden reducerar antalet omkomna utomhus för olycksrisker med skadeavstånd som understiger dessa avstånd samt reducerar antalet omkomna utomhus för övriga olycksrisker. Åtgärdsförslaget har beaktats i riskberäkningarna eftersom ingen stadigvarande vistelse planeras inom 25 meter från spår riskberäkningarna och innebär ingen förändring i förhållande till utförda beräkningar.*

Byggnadstekniska åtgärder

#### **Allmänt om utformning av ny bebyggelse**

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

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

## Skydd mot brand

För bostadsbebyggelse och förskola inom 50 meter från järnvägens närmaste spår gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

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

*Åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus vid olycka med brandfarlig vätska och brännbar gas.*

*Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att det är en relativt omfattande del av bebyggelsen som omfattas av åtgärdsförslaget. För aktuell situationsplan har åtgärderna därför en relativt hög effekt. Det antas grovt att åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus med 100 % vid tågbrand och olycka med brandfarliga vätskor samt 25-50 % vid olycka med brännbar gas inom planområdet. Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %. Inom kringliggande bebyggelse har åtgärderna ingen effekt.*

## Skydd mot gaser

För bostadsbebyggelse och förskola inom 50 meter från järnvägens närmaste spår gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

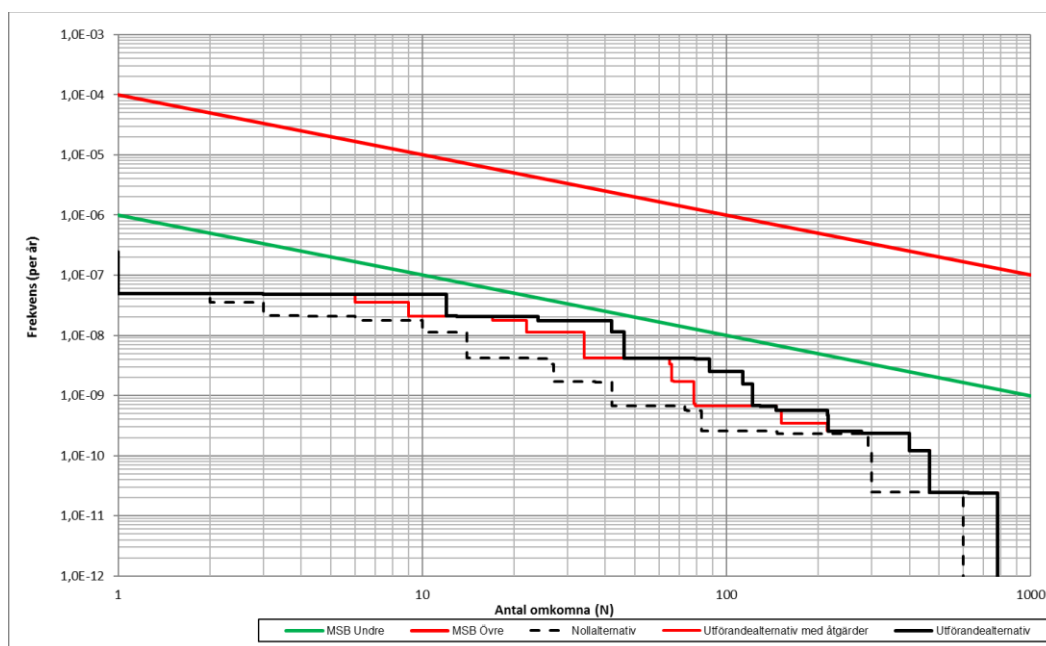
- Ny bebyggelse som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse ska utföras med friskluftsintag placerade mot trygg sida, d.v.s. bort från Nynäsbanan alternativt på byggnadernas tak. Mekaniska ventilationssystem ska utföras med central nödavstängningsfunktion (manuell).

*Åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus vid olycka med brännbar respektive giftig gas.*

*Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att det är en relativt omfattande del av bebyggelsen som omfattas av åtgärdsförslaget. För aktuell situationsplan har åtgärderna därför en relativt hög effekt. Inom de delar där åtgärder vidtas antas det att konsekvenserna reduceras med 50 % vid utsläpp av giftig gas (de reducerande konsekvenserna för brännbar gas sker i kombination med skyddsåtgärder mot brand och explosion). Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %. Inom kringliggande bebyggelse har åtgärderna ingen effekt.*

## Sammanvägning

De rekommenderade åtgärderna innebär att samhällsriskerna minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.1 redovisas den beräknade samhällsriskerna för utförandealternativet utan respektive med rekommenderade åtgärder. Samhällsriskerna redovisas för prognosår 2040.



Figur C.1. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till aktuellt planområde för studerat utförandealternativ utan, respektive, med rekommenderade restriktioner och åtgärder. Prognosår 2040.

## 4. Känslighetsanalys

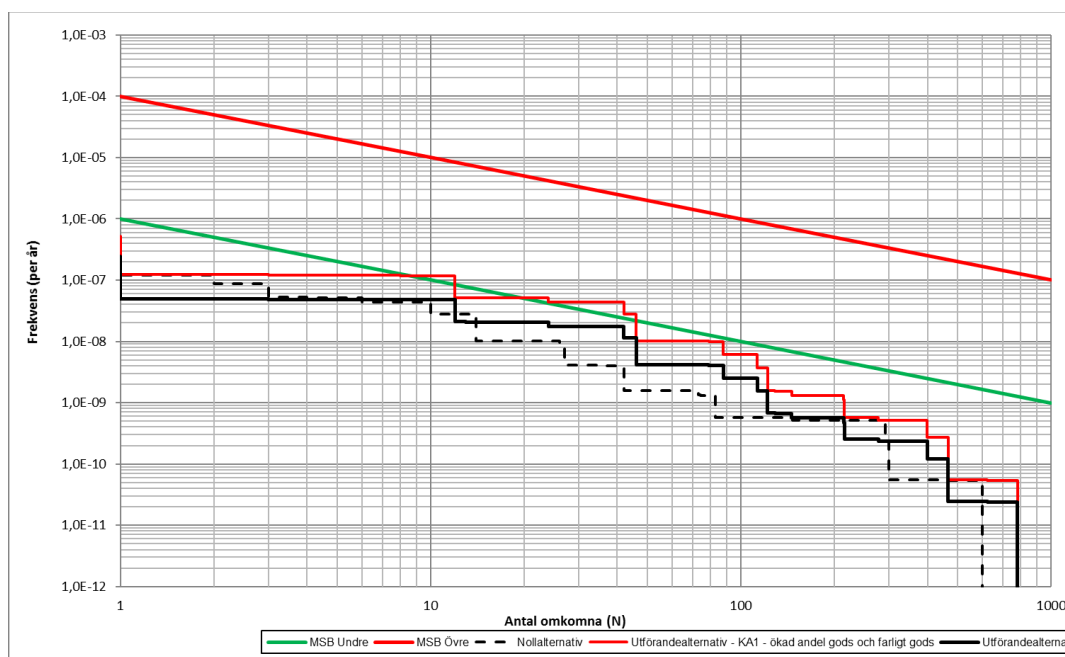
Med hänsyn till osäkerheter i det statistiska underlaget upprättas en känslighetsanalys som beaktar förändrade förutsättningar avseende frekvensberäkningar. Känslighetsanalysen omfattar sammanvägning av samhällsriskerna för de förändrade förutsättningarna och utförs endast för utförandealternativet.

### 4.1 Känslighetsanalys 1 – Förändrat antal godståg och farligt godsvagnar

Denna del av känslighetsanalysen omfattar att antalet godståg antas öka med en faktor 2 och det uppskattade antalet farligt godsvagnar antas öka med en faktor 5 i förhållande till de dimensionerande transportmängderna för prognosår 2040.

I figur C.2 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 1.





Figur C.2. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till aktuellt planområde.

Känslighetsanalys del 1 – Förändrat antal godståg och farligt godsvagnar.

## 4.2 Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetod

Statistikinsamling för järnvägen görs kontinuerligt. Trafikanalys gör varje år en sammanställning avseende bantrafikskador samt bantrafik som utgör en del av den officiella statistiken. I hela Sverige har det i närtid (2006–2015) inträffat 91 urspårningar vid tågrörelse på järnväg [2]. Det sammanlagda trafikarbetet under åren 2006–2015 kan utifrån statistiken uppskattas till totalt ca 1400 miljoner tågkilometer, varav persontrafiken står för ca 100 miljoner tågkilometer per år och godstrafiken står för ca 40 miljoner tågkilometer per år [3].

Sannolikheten för en tågurspårning i medeltal (oberoende av bankaraktär och tågtyp) blir då ca  $6,5 \times 10^{-8}$  per tågkilometer. Denna siffra ligger relativt nära värden presenterade i *UIC Code 777-2* (Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär beräknade urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca  $2,7E-08$  per tågkm, se bilaga A) och tar vidare ingen hänsyn till specifika korrelationer såsom exempelvis växlars förväntade påverkan på urspårningsfrekvensen. Jämförelsen indikerar att metodik enligt *UIC Code 777-2* återger rimliga resultat.

I tidigare riskanalyser som utförts för detaljplaner längs med Nynäsbanan har frekvensberäkningar utförts enligt den metodik som presenteras i rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [4].

- 
- [2] Bantrafikskador 2015 – Statistik. Trafikanalys, rapport 2016:20 (Sveriges officiella statistik). Innehåller även historiska översikter.
- [3] Bantrafik 2016, Trafikanalys, Statistik 2017:21.
- [4] Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

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

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

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

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

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

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

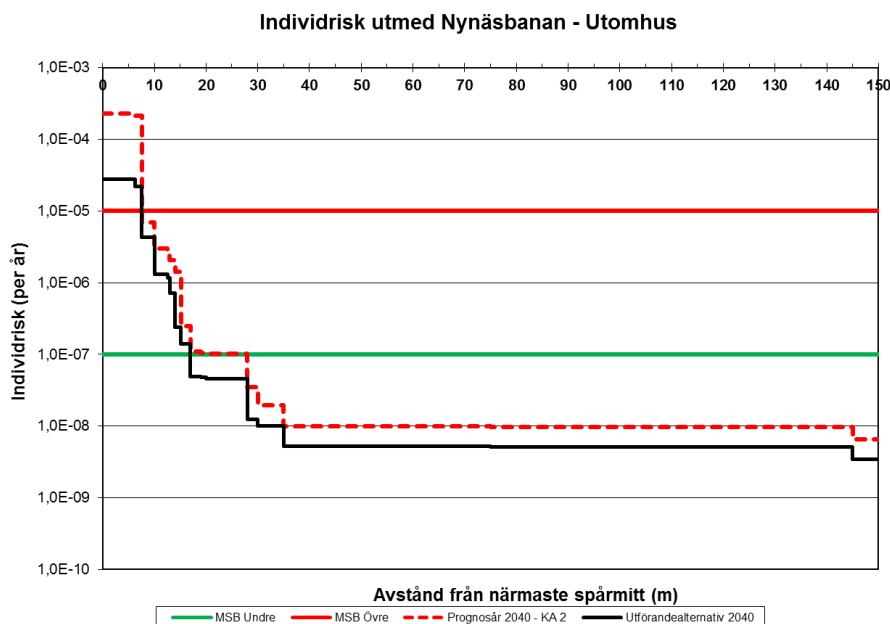
Tabell C.1. Urspårningsfrekvens beräknad enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.

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

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

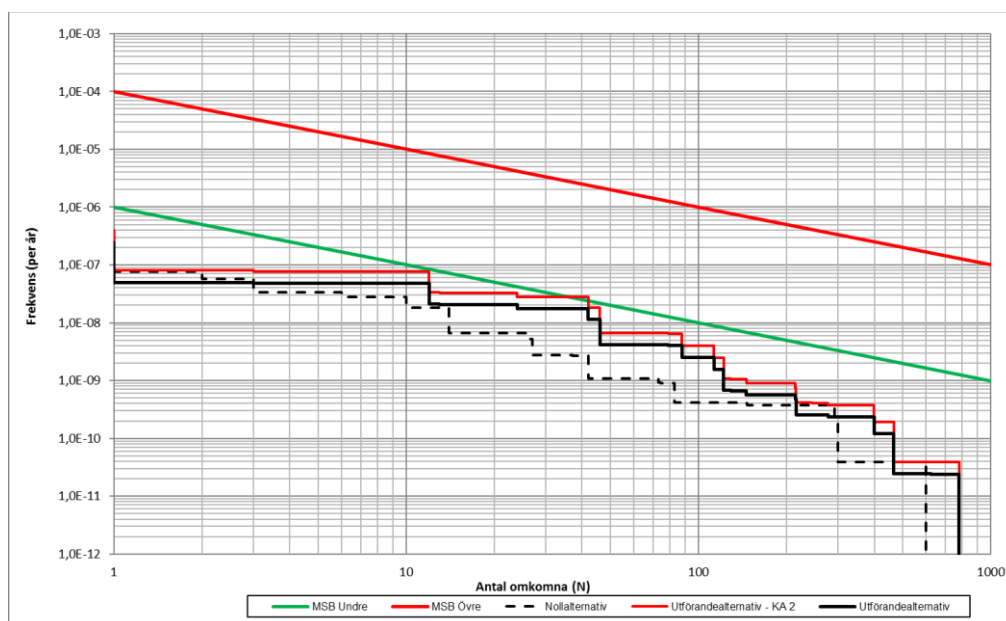
I figur C.3 - C.4 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 2.

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



Figur C.3. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt efter utbyggnad).

Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.



Figur C.5. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till aktuellt planområde.  
Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.