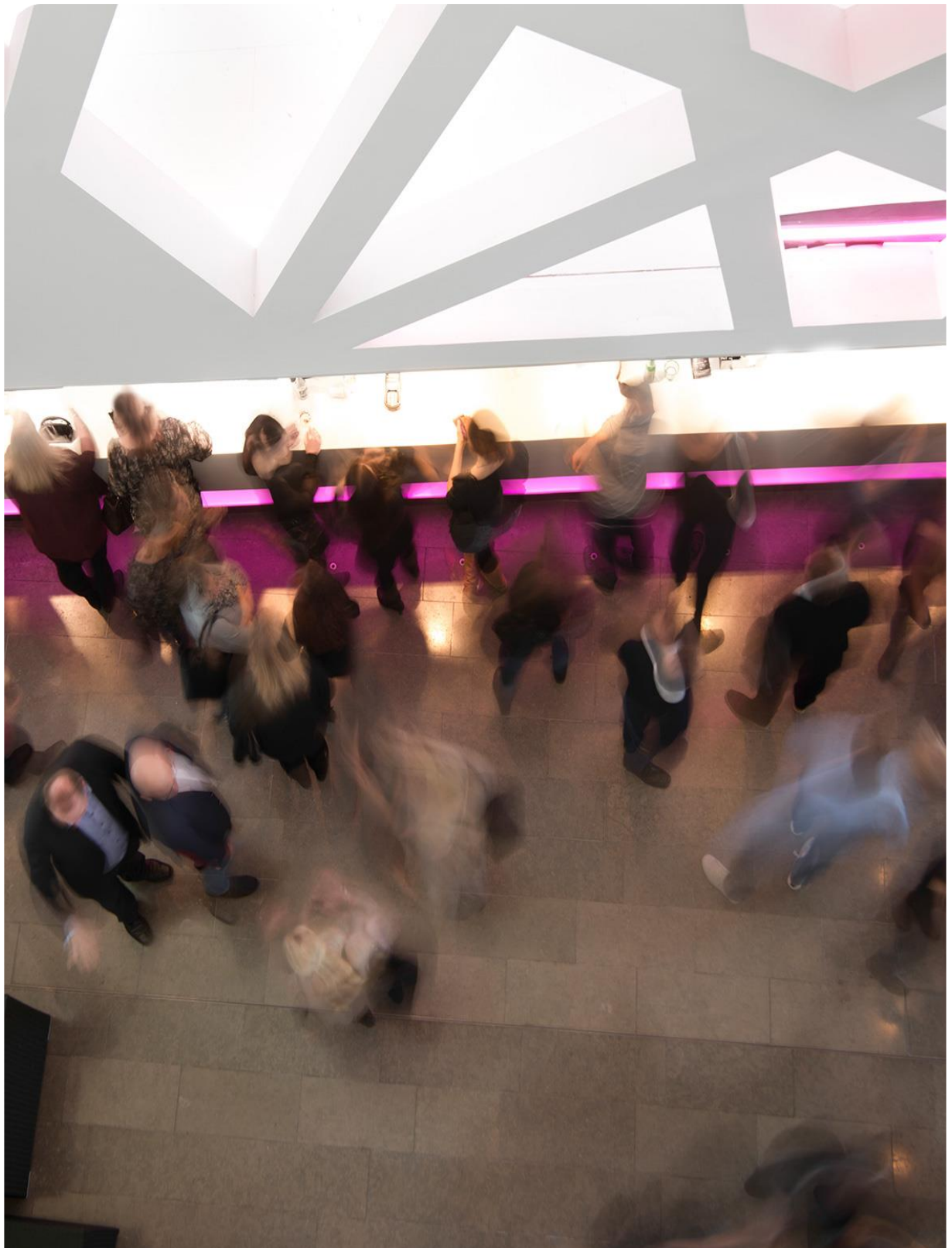


Riskutredning

Kalvsvik 16:1 m.fl. i Jordbro, Haninge kommun

Underlag för detaljplanearbete

2020-12-10



Dokumenttyp: Riskutredning

Uppdragsnamn: Kalvsvik 16:1 m.fl. i Jordbro, Haninge kommun
Riskutredning avseende närhet till Nynäsbanan
Underlag till ny detaljplan

Uppdragsnummer: 502 914

Datum: 2020-12-10

Status: Underlag för detaljplanearbete

Uppdragsledare: Erik Hall Midholm

Handläggare: Jakob Kullmann
Tel: 08-588 188 14
E-post: jakob.kullmann@bsl.se

Uppdragsgivare: Haninge kommun

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2018-12-13	EMM	RKL	Inledande riskutredning – Granskningshandling
2019-01-10	EMM	RKL	Inledande riskutredning – Version 1
2020-12-04	JKN	LSS	Riskutredning (kompletterad med fördjupad riskanalys) – version 2
2020-12-10	JKN	-	Riskutredning (kompletterad med fördjupad riskanalys) – version 3

Sammanfattning

Haninge kommun planerar att ta ett helhetsgrepp om centrala Jordbro för att få till en attraktiv, levande och tillgänglig miljö för de boende i Jordbro. Bl.a. planeras ny centrumbebyggelse med förtätning av bostäder i området närmast pendeltågstationen. För detta område tas en ny detaljplan fram, benämnd Kalvsvik 16:1 m.fl. (etapp 2).

Planområdet för etapp 2 ligger i direkt anslutning till Nynäsbanan. Enligt Länsstyrelsen i Stockholms län ska riskerna från transportleder för farligt gods och järnväg analyseras vid ny bebyggelse inom 150 meter. Med anledning av detta upprättas denna riskanalys.

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

I analysen har en inventering gjorts av trafiken på Nynäsbanan. Trafiken på järnvägen är relativt omfattande och förväntas öka kraftigt både avseende person- och godstrafik. Detta till följd av att Trafikverket planerar en kapacitetsökning på banan samt en planerad godshamn i Norvik. Antalet godståg förväntas kunna öka från 2 godståg per dygn till 17 godståg per dygn år 2040.

Utifrån den förväntade trafiken på Nynäsbanan samt planerad bebyggelse, har beräkning av risknivån i området gjorts. Med avseende på individrisk bedöms olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan hamna inom ALARP från närmaste spårmitt till planområdets gräns för personer utomhus. Individrisken för personer utomhus respektive inomhus hamnar aldrig på en oacceptabel nivå för planområdet.

Samhällsrisken från olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan ligger generellt på en acceptabel nivå. Den planerade bebyggelsen medför dock att samhällsrisken delvis tangerar, eller ligger inom den nedre halvan av ALARP för konsekvenser.

Slutsatsen av analysen är att säkerhetshöjande åtgärder och planbestämmelser rekommenderas för planområdet för att hantera olycksrisker förknippade med trafiken på intilliggande järnväg. Nedan redovisas en sammanställning av säkerhetshöjande åtgärder som bör beaktas i den fortsatta planläggningen.

- Det bebyggelse fria avståndet bör inte understiga 25 meter.
- Obebyggda områden inom 25 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) ska utföras så att de ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Inom 30 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) ska bostadshus som vetter direkt mot järnvägen utföras med följande åtgärder:
 - Friskluftsintag placeras bort från järnvägen alternativt placeras på tak.
 - Respektive lokal där personer vistas stadigvarande ska utföras med minst en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.
 - 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.

- Inom 50 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) ska bostadshus som vetter direkt mot järnvägen utföras med följande åtgärder:
 - Friskluftsintag placeras bort från järnvägen alternativt placeras på tak.
 - Respektive lokal där personer vistas stadigvarande ska utföras med minst en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.
 - 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 härdade/laminerade glas som klarar 300 C i 30 min. Fönster tillåts vara öppningsbara.

Med hänsyn till den beräknade risknivån inom planområdet samt planerad verksamhet och bebyggelse bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt.

Observera att åtgärdsförslagen endast är förslag. Det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärder. För att säkerställa att åtgärderna vidtas krävs att de utformas som planbestämmelser i detaljplanen alternativt som krav i planbeskrivningen.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	7
1.3 Omfattning	7
1.4 Underlag	7
1.5 Revideringar	7
1.6 Internkontroll	8
1.7 Förutsättningar	8
2. OMRÅDESBESKRIVNING	11
2.1 Planerad exploatering	11
2.2 Omgivande planer	13
3. RISKINVENTERING	14
3.1 Allmänt	14
3.2 Inventering av riskkällor	14
3.3 Nynäsbanan	14
3.4 Gamla Nynäsvägen	18
3.5 Jordbro företagspark	18
4. INLEDANDE RISKANALYS	21
4.1 Metodik	21
4.2 Identifiering av olycksrisker	21
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk	21
4.4 Slutsats inledande riskanalys	26
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	27
5.1 Allmänt	27
5.2 Resultat riskberäkningar	29
5.3 Värdering av risk	31
5.4 Hantering av osäkerheter	32
6. FÖRSLAG PÅ SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	34
6.1 Allmänt	34
6.2 Diskussion om säkerhetshöjande åtgärder	34
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder	37
7. SLUTSATSER	40
8. BILAGOR	41

9.	REFERENSER	42
-----------	-------------------------	-----------

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Haninge kommun planerar att ta ett helhetsgrepp om centrala Jordbro för att få till en attraktiv, levande och tillgänglig miljö för de boende i Jordbro. Sammanlagt sex detaljplaner ska tas fram för området. Den första av detaljplanerna (etapp 1) blev antagen i juli 2020, men senare överklagad i juli 2020. Arbetet pågår nu att ta fram underlagshandlingar för den andra detaljplanen som benämns detaljplan för Kalvsvik 16:1 m.fl. (etapp 2).

Enligt riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholms län ska risker analyseras vid ny bebyggelse inom 150 meter från väg med transport av farligt gods, järnväg eller bensinstation /1/. Planområdet för etapp 2 ligger i anslutning till Nynäsbanan. Detta medför att det ställs krav på att olycksrisker förknippade med Nynäsbanan undersöks vid ny bebyggelse inom det aktuella området.

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. Riskanalysen kommer att beakta olycksrisker förknippade med både Nynäsbanan.

Denna riskutredning utgör en underlag för vidare arbete av detaljplan för Kalvsvik 16:1 m.fl. (etapp 2).

1.2 Syfte

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

1.3 Omfattning

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

Trafikanter på järnvägen och omgivande vägar omfattas inte av analysen.

1.4 Underlag

Följande dokument har använts som underlag till analysen:

- Jordbro etapp 2 skiss 201117 A1-S
- Jordbro etapp 2 sektioner

Övriga källor som används redovisas löpande samt i avsnitt 7 *Referenser*.

1.5 Revideringar

Denna version utgör en fördjupad riskanalys utifrån tidigare utförd inledande riskanalys, daterad 2019-01-10.

Revidering i förhållande till den inledande analysen är ej markerade. Följande delar har tillkommit eller reviderats i större omfattning:

- Avsnitt 2, Områdesbeskrivning
- Avsnitt 3, Riskinventering (Gamla Nynäsvägen)
- Avsnitt 5, Fördjupad riskanalys

- Avsnitt 6, Förslag på säkerhetshöjande åtgärder
- Avsnitt 7, Slutsatser

1.6 Internkontroll

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

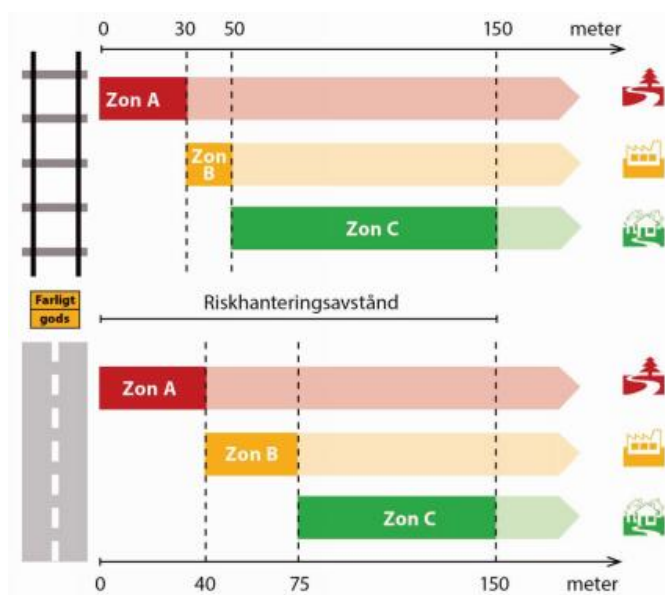
1.7 Förutsättningar

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

Figur 1.1. Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /2/.

Avstånden i figuren mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitte.

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

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

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

För ny bebyggelse intill bensinstationer gäller Länsstyrelsens riktlinjer från 2000 /3/. Dessa innebär att 25 meter närmast bensinstationen bör lämnas bebyggelsefritt. Tätt kontorsbebyggelse kan placeras på 25 meters avstånd och sammanhållen bostadsbebyggelse eller personintensiv verksamhet kan tillåtas på 50 meters avstånd.

1.7.2 Övrig lagstiftning

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

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

2. Områdesbeskrivning

Det aktuella planområdet ligger i centrala Jordbro i Haninge kommun, se figur 2.1. Enligt avsnitt 1.1 utgör planområdet en del av en större exploatering som planeras i Jordbro, se vidare avsnitt 2.2.

Planområdet angränsar mot befintliga flerbostadshusområden i öster.



Figur 2.1. Översiktsbild över centrala Jordbro och dess omgivning där aktuellt planområde (etapp 2) för ny bebyggelse är markerat.

2.1 Planerad exploatering

Syftet med detaljplanen är att utreda lokalisering av centrum, förskolor, kulturbyggnad samt att utreda lämplig förtätning med bostäder i området närmast pendeltågsstationen i Jordbro. Ett utkast till plankarta och situationsplan har tagits fram som beskriver den tänkta exploateringen, se figur 2.2. Med föreslagen utformning uppgår närmaste avstånd mellan ny bebyggelse och Nynäsbanan till cirka 30 meter.

Den aktuella detaljplanen är den andra etappen av tre som syftar till att utveckla de centrala delarna av Jordbro.



Figur 2.2. Förslag situationsplan (Jordbro etapp 2).

2.2 Omgivande planer

Haninge kommun tar ett helhetsgrepp om Jordbro för att få till en attraktiv, levande och tillgänglig miljö för de boende. Arbete pågår med planläggning inför en omvandling av centrala Jordbro, inklusive centrum. Sex detaljplaner planeras att tas fram, som alla syftar till att bidra till att utveckla centrala Jordbro till en levande och variationsrik stadsmiljö med plats för bostäder, kultur och service. Två av detaljplanerna bedöms kunna påverka risknivån inom aktuellt planområdet, se figur 2.3.

Under sommaren 2020 antogs den första detaljplanen (etapp 1). Denna överklagades därefter.

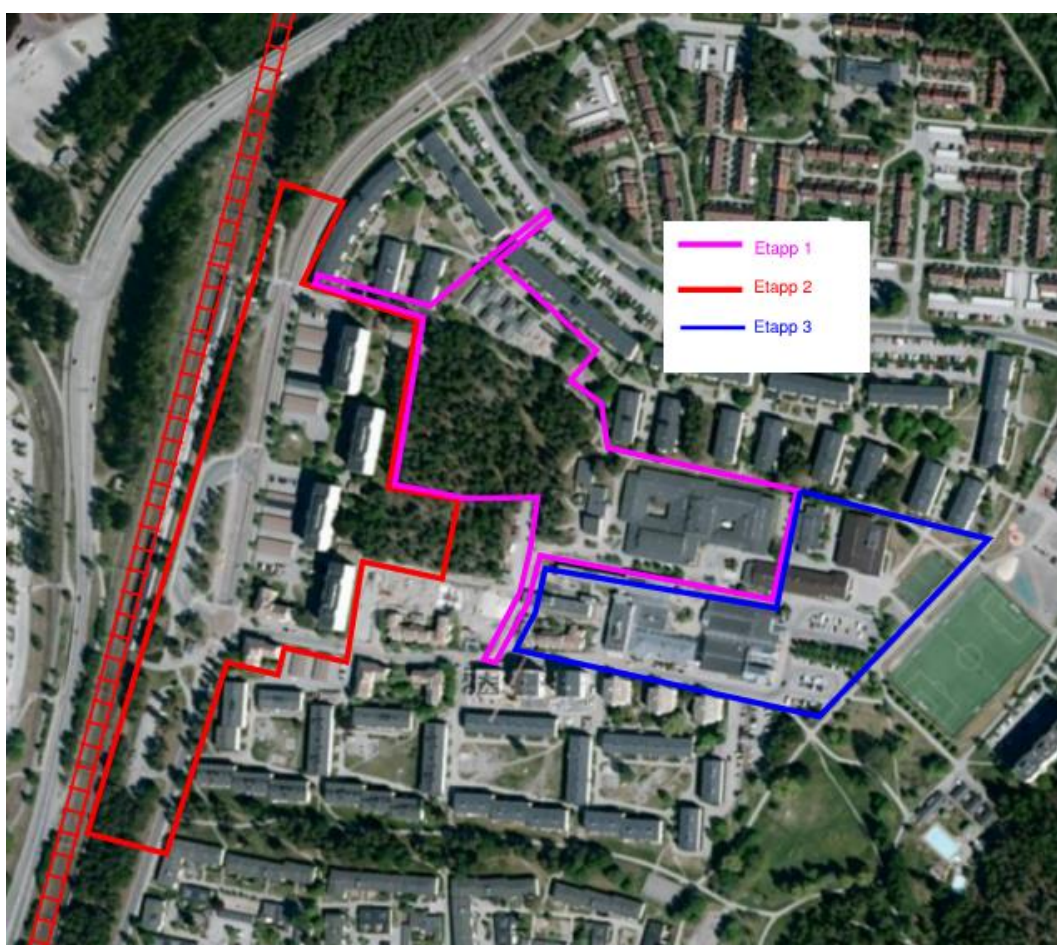
I etapp 1 antogs att området norr om Jordbro centrum bebyggs med bostadskvarter i tre till sex våningar och med varierade upplåtelseformer.

I tredje etappen planläggs nuvarande centrum för den markanvändning som visar sig vara lämplig med hänsyn till de två tidigare etapperna.

Etapp 4 planeras norr om aktuellt planområde och kommer främst medge bostäder.

Etapp 5 planeras söder om aktuellt planområde och kommer även denna främst medge bostäder.

De omgivande planer som kan ha betydelse för risknivån inom planområdet och därmed beaktas är etapp 1 och etapp 3. Se figur 2.3 nedan. Detta bedöms kunna påverka aktuellt planområde i form av ett ökat personantal med hänsyn till skolor och centrumverksamhet.



Figur 2.2. Omgivande planer för etapp 2 Jordbro.

3. Riskinventering

3.1 Allmänt

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

Inventeringen fokuserar på de riskkällor som ligger på ett sådant avstånd att Länsstyrelsens riktlinjer anger att de ska beaktas (d.v.s. 150 meter, se avsnitt 1.6.1) eller om de utgör en farlig verksamhet som bedöms kunna påverka risknivån inom planområdet.

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

3.2 Inventering av riskkällor

I det aktuella planområdets närhet har **Nynäsbanan, Gamla Nynäsvägen** samt **Jordbro företagspark** identifierats som riskkällor.

Nedan görs en beskrivning av följande riskkällor:

- Nynäsbanan
- Gamla Nynäsvägen
- Jordbro företagspark

3.3 Nynäsbanan

3.3.1 Allmänt

Nynäsbanan går mellan Älvsjö och Nynäshamn och passerar utmed planområdet. På den aktuella sträckan består banan av två spår med en mellanliggande plattform.

Hastighetsbegränsning på Nynäsbanan är 140 km/h för pendeltåg och 100 km/h för godståg. Närheten till pendeltågsstationen innebär dock att åtminstone pendeltågen har en lägre hastighet utmed den aktuella sträckan.

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

År 2010 trafikerades sträckan av 142 pendeltåg per vardagsmedeldygn /4/ och enligt uppgifter från Trafikverket för perioden 2013-2015 trafikerades sträckan av i genomsnitt 152 tåg per dygn, varav 2 godståg /5/.

3.3.2 Framtida förändringar

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.

Trafikverkets officiella prognos år 2040 för aktuell sträcka av Nynäsbanan är 252 persontåg per dygn och 5 godståg per dygn /6/.

Stockholms Hamnar bygger 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 off). Den nya hamnen förväntas generera cirka 55 000 godsvagnar på Nynäsbanan varje år /7/.

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 vilket i så fall innebär totalt 17 godståg per dygn på den aktuella järnvägssträckan /8/.

3.3.3 Transporter av farligt gods

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

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

Tabell 3.1. Farligt gods indelat i olika klasser enligt RID-S (järnväg) /9/.

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

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 /5/. Informationen är av känslig art och får därför inte presenteras i detalj i denna analys. Av uppgifterna framgår att farligt godstransporter utgör cirka 2 % av godstransporterna på Nynäsbanan 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. De står för cirka 95 % av godstransporterna genom Stockholm. 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 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 /7/.

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 olycksscenarioer 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) samt prognostiserade trafikmängder för Norvik.

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
Totalt		479		2238

Kommentar: Uppskattningen utifrån statistik från Trafikanalys bedöms kunna överskatta antalet farligt godsvagnar på Nynäsbanan. Enligt nationellt snitt omfattar farligt godstransporterna ca 5 % av det totala antalet godstransporter medan motsvarande siffra för Nynäsbanan enligt statistiken från Trafikverket är ca 2 % (och ca 2-2,5 % vid en framtida utbyggnad av Norviks hamn).

Statistiken från Trafikverket över antalet farligt godsvagnar på Nynäsbanan idag utgör dock känslig information och presenteras därför inte i detalj utan läsaren hänvisas istället till Trafikverket. För prognosåret 2040 förväntas Norviks hamn vara fullt utbyggd, vilket medför en markant ökning av antalet farligt godstransporter på Nynäsbanan. P.g.a. sekretess går det dock inte att redovisa antal farligt godsvagnar år 2040 utifrån statistik från Trafikverket med tillägg för framtida ökningar.

En jämförelse mellan de olika kartläggningarna visar att det troligtvis förekommer farligt godstransporter i mindre omfattning idag än vad som redovisades i MSB:s respektive Green Cargos kartläggningar från 2005-2006. Kartläggningarna från MSB och Green Cargo bedöms vara för gamla för att användas som tillförlitligt underlag för riskhantering och kommer därför inte att användas mer än övergripande.

3.4 Gamla Nynäsvägen

3.4.1 Allmänt

Gamla Nynäsvägen passerar över järnvägen via en vägbro. Vägen passerar förbi planområdet, som närmast cirka 60 m. Efter korsningen Lillsjövägen/Gamla Nynäsvägen har vägen två körfält i vardera riktningen men uppe på bron går körfälten ihop i den norrgående körbanan. Bron är försedd med avakningsskydd och mittbarriär.

3.4.2 Transporter av farligt gods

Gamla Nynäsvägen utgör inte rekommenderad transportled för farligt gods, men det kan förekomma transporter till och från mottagare inom området. Transporter till företagsparken på andra sidan Nynäsbanan kan komma antingen norrifrån eller söderifrån på Nynäsvägen (väg 73), som är en primär farligt godsled. För att komma till Jordbro kan man antingen svänga av vid trafikplats Västerhaninge (söder om Jordbro) eller vid trafikplats Jordbro. Från trafikplats Jordbro kan man nå företagsområdet via väg 259 och antingen svänga vidare in på Gamla Nynäsvägen eller fortsätta väg 259 och komma in västerifrån. Det finns ingen heltäckande information över hur stora mängder farligt gods som transporteras på den aktuella vägsträckan. Enligt tidigare kommunala trafikmätningar /14/ passerar cirka 5800 fordon på Gamla Nynäsvägen, varav cirka 700 är lastbilar.

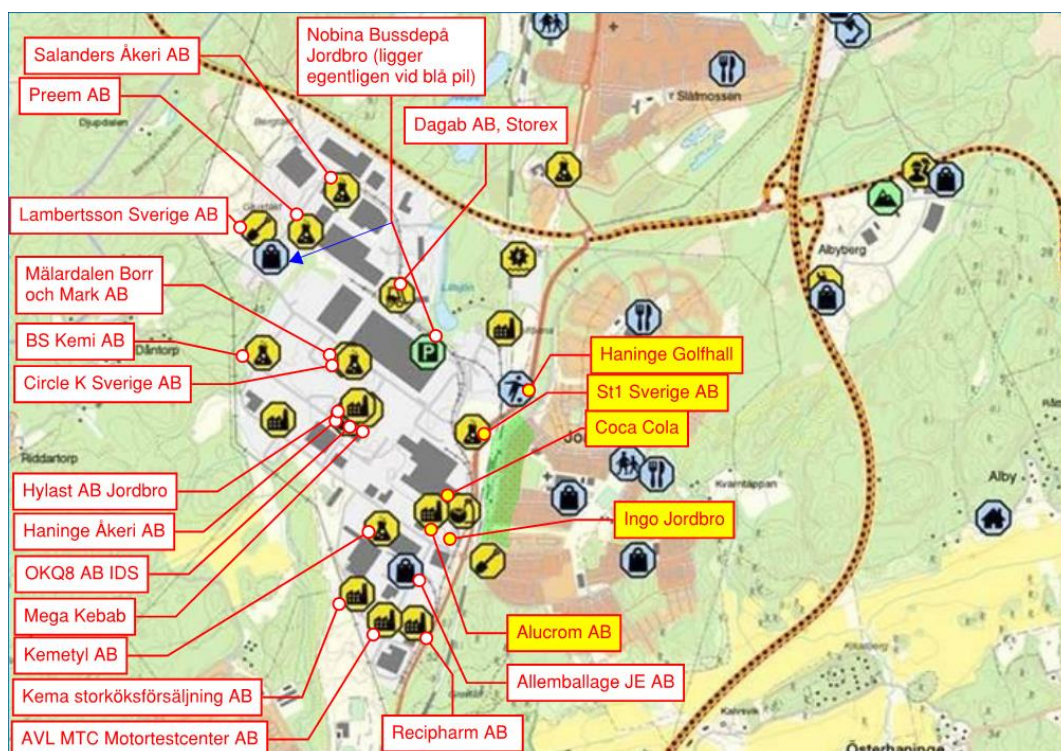
Man kan förvänta sig att en del transporter med farligt gods kan passera förbi planområdet på Gamla Nynäsvägen. Avståndet från Gamla Nynäsvägen till planområdet uppgår dock till cirka 60 meter och till närmsta bebyggelse uppgår det till knappt 100 meter. Med hänsyn till dessa avstånd bedöms Gamla Nynäsvägen ha en marginell påverkan på planområdets risknivå, och därmed ej behöva studeras vidare i denna analys.

3.5 Jordbro företagspark

3.5.1 Allmänt

Jordbro företagspark ligger väster om planområdet, på andra sidan om Nynäsbanan. Här finns ca 170 företag med olika typer av verksamheter, främst tillverkning, lager och distribution. Bland de stora företagen återfinns bland andra Coca cola, Dagab och Åhléns. Andra intressanta verksamheter är två kemiföretag (Kemetyl AB, BS Kemi AB) samt fem bensinstationer.

I figur 3.2 finns de verksamheter som i dag innehar tillstånd för hantering av brandfarlig vara. De verksamheter som ligger inom ca 200 meter från planområdet har markerats med gult.



Figur 3.2. Verksamheter inom Jordbro företagspark med tillstånd för hantering av brandfarlig vara.

3.5.2 Risker med verksamheten

Tabell 3.3. Verksamheter inom Jordbro företagspark närmare än 200 meter från planområdet.

Företag	Adress	Verksamhet	Brandfarlig vara	Avstånd
Alucrom AB	Dryckesvägen 1	Blåstring, rostskyddsmålning	Färg, lösningsmedel, diesel, brandfarlig gas	Ca 200 m
Coca Cola	Dryckesvägen 2	Livsmedelsproduktion	Brandfarlig vätska, brandfarlig gas, väteperoxid	Ca 150 m
Haninge golfhall	G:a Nynäsvägen 150	Idrott	Gasol till matlagning	Ca 70 m
Ingo Jordbro	Rörvägen 2	Drivmedelsförsäljning	Bensin, Diesel, E85	Ca 140 m
Shell Truck Diesel (St1)	Lillsjövägen 2	Drivmedelsförsäljning	Bensin, Diesel, E85	Ca 150 m

De fem verksamheter som ligger inom 200 meter från planområdet listas i tabell 3.3.

Den verksamhet som ligger närmast planområdet, på ett avstånd av 70 meter är *Haninge Golfhall*. Företaget har tillstånd att hantera cirka 650 liter brandfarlig gas (gasol till matlagning). Denna hantering bedöms inte utgöra någon risk för planerad bebyggelse.

Coca colas område ligger på andra sidan Nynäsbanan, cirka 150 meter från planerad bebyggelse. Företaget har tillstånd för hantering av brandfarlig vätska och gas samt väteperoxid (vattenlösning 35%). Organiska peroxider kan ge ett explosionsartat brandförlopp om det kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Detta gäller framför allt väteperoxidlösningar med koncentrationer över 60 %, vilket då kan ge ett skadeområde på cirka 70 m radie. Lösningen som företaget har tillstånd att hantera har en koncentration på 35%. Därmed bedöms inget av de ämnen som hanteras vid anläggningen utgöra någon risk för den planerade bebyggelsen.

Företaget *Alucrom* har tillstånd att hantera färger, lösningsmedel och brandfarlig gas. Verksamheten ligger cirka 200 meter från planområdet och därmed bedöms hanteringen av dessa ämnen inte utgöra någon risk för planerad bebyggelse.

Inom 200 meter från planerad bebyggelse ligger två bensinstationer. Den ena ligger i korsningen Rörvägen/Dryckesvägen (*INGO*, automatstation) cirka 140 m från bebyggelsen i planområdets södra del. Den andra är *Shell Truck Diesel* som ligger på Lillsjövägen 2, cirka 150 meter från planområdets norra del.

För ny bebyggelse intill bensinstationer gäller Länsstyrelsens riktlinjer från 2000 /3/. Dessa innebär att 25 meter närmast bensinstationen bör lämnas bebyggelsefritt. Tät kontorsbebyggelse kan placeras på 25 meters avstånd och sammanhållen bostadsbebyggelse eller personintensiv verksamhet kan tillåtas på 50 meters avstånd. Avståndet mellan de båda bensinstationerna och planområdet är så stort att de inte bedöms utgöra någon risk för den planerade bebyggelsen.

Sammanfattningsvis bedöms ingen av verksamheterna inom Jordbro företagspark utgöra någon risk för den planerade bebyggelsen.

4. Inledande riskanalys

4.1 Metodik

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

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

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

4.2 Identifiering av olycksrisker

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

Nynäsbanan:

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

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Nynäsbanan

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 tågagn. 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 och närmaste spår blir som minst ca 30 meter. Hastighetsbegränsningen på Nynäsbanan är 140 km/h för pendeltåg och 100 km/h för godståg. Närheten till Jordbro station innebär dock sannolikt att hastigheten på den aktuella sträckan är betydligt lägre.

Avståndet mellan bostadsbebyggelse och järnvägen kommer att vara betryggande med avseende på urspårning. Urspårningsrisken kan dock påverka riskbilden inom planområdets obebyggda ytor närmast järnvägen och bör därför studeras i en fördjupad riskanalys.

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.

Skadeområdet vid brand i godståg bedöms däremot 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 bostadsbebyggelse och närmaste spår blir som minst ca 30 meter vilket kommer att vara betryggande. Tågbrand kan dock påverka riskbilden inom planområdets obebyggda ytor närmast järnvägen och bör därför studeras i en fördjupad riskanalys.

Olycka med farligt gods

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån regelverket 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. Skadeområden kan vid stora transportmängder (> 2 ton) överstiga 50-200 meter. Begränsade skadeområden vid mängder under 1 ton. Riskgrupp 1.2-1.6: Ingen risk för massexplosion. Risk för splitter och kaststycken. Skadeområdet begränsas normalt till närområdet.
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnsexplosion, BLEVE. Skadeområden mellan ca 20-200 meter. Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Skadeområden begränsas vanligtvis till närområdet kring olyckan. Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Skadeområden på över 100-tals meter.
3. Brandfarliga vätskor	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 30-40 m.
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Skadeområden bedöms motsvara större brand i ett normalt godståg, se avsnitt 4.3.2.
5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidslösningar med konc. > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Skadeområde ca 70 m radie.
6. Giftiga ämnen	Utsläpp av fasta giftiga ämnen. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Utsläpp av radioaktivt ämne, vilket kan medföra kroniska effekter mm. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.
8. Frätande ämnen	Utsläpp av frätande ämne. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.
9. Övriga farliga ämnen	Utsläpp. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.

Utifrån beskrivningen i tabellen ovan görs bedömningen att, med hänsyn till potentiella skadeavstånd, så är det endast enstaka olycksscenarioer med farligt gods som behöver beaktas i den fortsatta processen. Utifrån sammanställningen i tabell 4.1 samt beskrivningen av planerad bebyggelse i avsnitt 2.1 bedöms det vara ämnen ur följande klasser som vid en olycka på **Nynäsbanan** kan innebära konsekvenser för det aktuella området:

- 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 det studerade området.

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, massexlosion, 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 massexlosion uppstå antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten.

Sannolikheten för att en massexlosion 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 massexlosion (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 utvändigt 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. väsketransporter 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 /7/ 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 bostadsbebyggelse och närmaste spår på Nynäsbanan är som minst ca 30 meter. Med hänsyn till avståndet mellan järnvägen och planerad bebyggelse, i förhållande till potentiella skadeavstånd, bedöms en olycka med brandfarlig vätska på Nynäsbanan ha en begränsad påverkan på risknivån inom det studerade området.

Avståndet mellan planerad ny bostadsbebyggelse och närmaste spår blir som minst ca 30 meter vilket kommer att vara betryggande. Brandfarlig vätska kan dock påverka riskbilden inom planområdets obebyggda ytor närmast järnvägen och bör därför studeras i en fördjupad riskanalys.

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 bensen, 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 /15/ 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 /9/ 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:

- Urspårning och tågbrand med avseende på obebyggda ytor närmare än 25 meter från närmaste spårmitt.
- 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 utförs därför. I denna beräknas frekvens och konsekvens och sammanställs i form av risknivå, vilken i sin tur utgör underlag för beslut om säkerhetshöjande åtgärder.

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 riskkällornas 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 (vare sig 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 (år^{-1}) och konsekvenser i antal omkomna, då dessa enheter ger en uppfattning om vilken risk samhället utsätts för till följd av en riskkälla.

Liksom individrisken beräknas samhällsrisk utifrån vissa förutsättningar och antaganden rörande bebyggelsestruktur, byggnadsutformning, topografi etc.

Enligt avsnitt 5.1.3 avser acceptanskriterierna för samhällsrisk 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg. Samhällsriskens beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

Konsekvenserna kommer att beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det studerade området. Samhällsriskens har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet. Detta som en referens för förändringen av risknivå som planområdet medför.

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 /14/* ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, se tabell 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 /14/* bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreatiomsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För boende görs ingen korrigering.

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

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även på inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Enligt *Värdering av risk /14/* 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

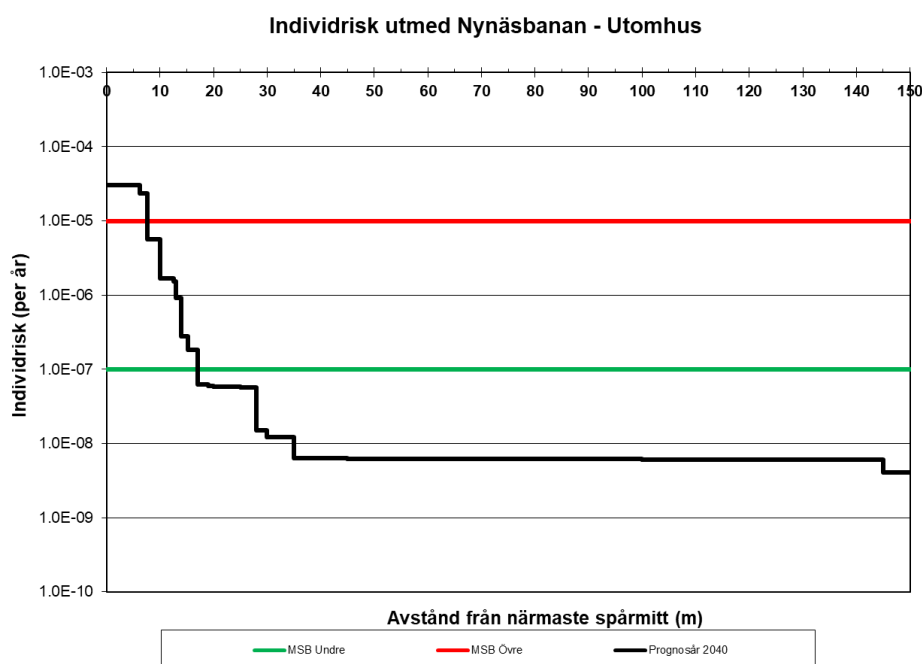
Riskanalysen utgår från underlag som innefattar relativt omfattande osäkerheter, främst med avseende på antalet transporter av farligt gods. I avsnitt 5.4 redovisas en ytterligare diskussion kring hanteringen av ovanstående osäkerheter m.m. samt hur detta inverkar på analysens resultat. För att studera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

5.2 Resultat riskberäkningar

5.2.1 Individrisk Nynäsbanan

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed järnvägen. Individrisken presenteras för oskyddade personer utomhus (se figur 5.1). I bilaga C redovisas även hur individrisken förväntas se ut för personer som vistas inomhus. Beräkningen av individrisk inomhus används som ett komplement för att få en mer nyanserad bild över individrisknivån inom planområdet vid ny bebyggelse och planerad markanvändning. Den primära bedömningsgrunden för riskvärderingen i avsnitt 5.3 kommer dock utgå från den ursprungliga individrisken för en oskyddad person som vistas utomhus i ett obebyggt område

Individrisken redovisas för prognosår 2040. Avståndet i diagrammet utgår från närmaste spårmitt från Nynäsbanan.



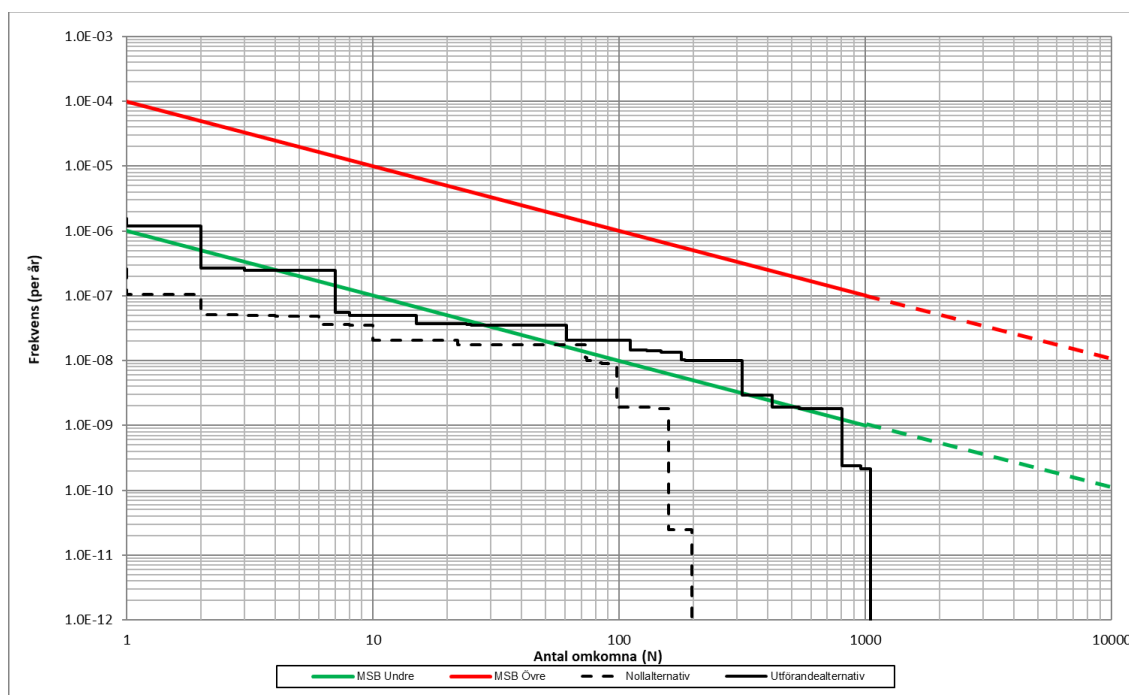
Figur 5.1. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmit).

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 från närmaste spårmit till planområdets gräns för personer utomhus. Individrisken för personer utomhus respektive inomhus hamnar aldrig på en oacceptabel nivå för planområdet. 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 brand i godståg, olycka med samt olycksrisker förknippade med brandfarliga vätskor.

I figur 5.2 markeras minsta avstånd från närmsta spårmit och planerad bebyggelse, ca 30 meter. Med avseende på individrisk, anses risknivån vara acceptabel inom aktuella områden där bebyggelse planeras.

Ytor inom 25 meter från Nynäsbanans spårmit ska ej uppmuntra till stadigvarande vistelse.

5.3.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk från olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan ligger generellt på en acceptabel nivå. Den planerade bebyggelsen medför dock att samhällsrisk delvis tangerar, eller ligger inom den nedre halvan av ALARP för konsekvenser.

De olycksrisker som bidrar till att samhällsrisk hamnar inom ALARP utgör olycksrisker förknippade med brandfarliga vätskor och brännbara gaser. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt urspärning och tågbrand bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsrisknivån.

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

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

5.4 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 risknivå 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 urspärning med persontåg respektive godståg hämtats från beräkningsmetod utgiven av den europeiska järnvägsunionen, *UIC Code 777-2 R /15/*. 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 /16/*. Med avseende på att olyckskvoterna som ligger till grund för beräkning av urspärning skiljer sig åt mellan de olika metoderna kommer följaktligen beräknade olycksfrekvenser för respektive sluthändelse att variera beroende av val av beräkningsmetodik.

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

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

Utförd känslighetsanalys påvisar följande:

- Även vid en mycket kraftig ökning av antalet godståg och antalet farligt godsvagnar på Nynäsbanan så hamnar samhällsriskerna inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- Att använda en annan mer konservativ beräkningsmetodik för frekvensberäkningarna (VTI) skulle medföra en begränsad skillnad i risknivå utmed den aktuella sträckan bortsett från skadescenarier förknippade med urspärning 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 hamnar inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.

- Att använda beräkningsmetodik enligt VTI påverkar individrisken och innebär en ökad individrisk. För planområdet förändras enbart individrisken vid 30 meter från spårmitet vilket redan ligger inom området för acceptabel risk. Detta trots en mer konservativ beräkningsmetodik.
- En kraftig ökning av konsekvenserna för respektive skadescenario bedöms också ha en begränsad påverkan på resultatet. Samhällsrisk förskjuts något, men hamnar fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsrisk hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.

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. Förslag på säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

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

Åtgärdernas omfattning behöver dock diskuteras, då acceptansnivån är beroende av markanvändning samt avstånd till den aktuella riskkällan. Dessutom behöver bedömningen av åtgärder beakta vilket bidrag till risknivån som respektive olycksrisk innebär. I avsnitt 5.3 redovisas vilka olycksrisker som innebär störst bidrag till den sammanlagda riskbilden inom planområdet.

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

6.2 Diskussion om säkerhetshöjande åtgärder

6.2.1 Placering av verksamheter

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

Det bör alltid beaktas att avsteg från det rekommenderade bebyggelsefria området på 25 meter från järnväg ofta är mycket svåra att få igenom, speciellt för bostäder. Eventuella avsteg innebär generellt krav på mycket omfattande byggnadstekniska åtgärder.

Bostadsbebyggelse föreslås placeras cirka 30 meter från Nynäsbanan. Den nya bebyggelsen inom planområdet bedöms vara möjlig att genomföra. Förslaget kommer dock innebära avsteg i förhållande till Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd. Avsteget ställer krav på byggnadstekniska åtgärder för skydd mot olycka med farligt gods.

6.2.2 Utformning av obebyggda ytor

Även för obebyggda områden utomhus är det viktigt att närheten till aktuell riskkälla beaktas. Närmast riskkällan är risknivån högre än längre bort vilket innebär att områden närmast riskkällan inte bör utformas så att människor lockas att vistas längre stunder inom området. Verksamheter som medför stadigvarande vistelse utomhus inom den av Länsstyrelsen rekommenderade bebyggelsefria zonen ska därför undvikas närmast riskkällan. Exempel på sådana verksamheter är utegym, uteserveringar, lekparkar, utomhusteatrar och liknande.

Med hänsyn till den förhöjda risknivån utmed Nynäsbanan rekommenderas att obebyggda ytor mellan bebyggelse och järnvägen utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. 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. Avståndet till obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse bör ej understiga 25 meter till närmaste spår.

6.2.3 Byggnadstekniska åtgärder

Nedan redovisas exempel på säkerhetshöjande åtgärder som skyddar mot de olyckor som enligt den inledande riskanalysen bedöms kunna påverka risknivån inom aktuellt område:

Utrymning

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.

Ovanstående innebär att ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (bostäder/skola inom 50 meter från Nynäsbanan) och som dessutom vetter direkt mot en riskkälla (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning) bör 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 mycket lätta att identifiera och nyttja.

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

Utrymning via fönster med räddningstjänstens stegutrustning uppfyller inte syftet med ovanstående åtgärdsförslag. Vidare bör det beaktas att om utrymningsstrategin från byggnader utformas med tillgång till enbart utrymningsvägar, som utgörs av trapphus som vetter mot riskkällan, så behöver fasaden mot riskkällan utformas så att strålningsnivån på utrymmande inte överstiger 2,5 kW/m² vid ett brandscenario med brännbara gaser eller brandfarliga vätskor. Om trapphusen mynnar mot riskkällan så behöver de dessutom utföras genomgående så att de även medger utrymning bort från riskkällan.

Skydd mot brandspridning

För att minska sannolikheten att en brand på intilliggande järnväg sprider sig in i kringliggande byggnader innan människor i byggnaden har hunnit utrymma kan fasader som vetter mot riskkällan utföras i material som begränsar risken för brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma. Som ett riktvärde bör brandspridning begränsas i åtminstone 30 minuter. Hur omfattande kraven behöver vara för att erhålla skydd mot brandspridning är beroende av avståndet mellan byggnad och riskkälla. Nivåskillnad och framförliggande barriärer behöver också beaktas.

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

Fasadåtgärder kan ersättas med eller kombineras med avskärmande skyddsbarriär som begränsar värmestrålningen mot byggnaden vid en olycka på järnvägen. En skyddsbarriär skyddar även personer som vistas utomhus.

För att begränsa risken för brandspridning in i byggnaden rekommenderas att ny bostadsbebyggelse/skola inom 50 meter från järnvägen (mätt från närmaste spårmitt) utförs med krav på att fasader som vetter mot järnvägen utförs obrännbara samt med fönster som begränsar risken för brandspridning in i byggnaden.

Det ska observeras att det är tillåtet att utföra aktuella fönster öppningsbara. Bedömningen utgår från en sammanvägning av risknivå samt att sannolikheten uppskattas vara låg för att fönster är öppna under längre tid. Det ska observeras att krav på brandklassade fönster enligt Boverkets Byggregler (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.

Skydd mot explosion

Konsekvenserna av en explosion kan bli omfattande på mycket stora avstånd (se tabell 4.1). För att kunna reducera konsekvenserna krävs stora skyddsavstånd mellan bebyggelse och riskkälla. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd bedöms innebära ett begränsat skydd mot stora explosioner (> 1-2 ton massexplosion).

Konsekvenserna kan även reduceras genom att konstruera byggnaderna med hänsyn till höga infallande tryck. Exempelvis kan man dimensionera stommen för en ökad horisontallast samt bygga en rasdämpande stomme. Detta ställer krav på seghet/ deformationsförmåga i stommen samt att stommen klarar bortfall av delar av bärningen.

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

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

Enligt den fördjupade riskanalysen bedöms olycksrisker med explosiva ämnen samt oxiderande ämnen och organiska peroxider på Nynäsbanan ha en begränsad påverkan på risknivå inom de studerade områdena. Frekvenserna för en massexplosion och explosionsartade brandförlopp är extremt låga, vilket dels beror på mycket begränsade transportmängder, 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.

Skydd mot gasspridning

För att kunna reducera konsekvenserna av ett större gasutsläpp så krävs relativt stora skyddsavstånd mellan bebyggelse och riskkälla, alternativt restriktioner på bebyggelse och områdesutformning som reducerar persontätheten, främst utomhus. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd bedöms innebära ett relativt begränsat skydd mot stora utsläpp av brännbar eller giftig gas.

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

Olycka med framförallt brännbara gaser innebär en relativt stor påverkan på risknivån inom det aktuella området. De ventilationstekniska åtgärderna som redovisas ovan bedöms normalt innebära relativt låga kostnader och inkräftar inte mer än marginellt på byggnadsutformningen. Det rekommenderas därför att ny bostadsbebyggelse samt skola inom 50 meter från Nynäsbanan utförs med ventilationstekniska åtgärder som skyddar mot gaser.

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder

Åtgärdsförslagen som redovisas nedan förutsätter föreslagen situationsplan enligt figur 2.2. Föreslagen situationsplan innebär att avståndet mellan ny bostadsbebyggelse/centrumverksamhet och Nynäsbanans närmaste spår är minst 30 meter.

Avståndet mellan bostadsbebyggelse och järnvägen kommer att vara betryggande med avseende på urspårning och tågbrand, varför det inte krävs några kompletterande byggnadstekniska åtgärder som skydd mot dessa olycksrisker. För att tillgodose att avstånden mellan riskkällor och bebyggelse samt övrig planerad markanvändning inom området motsvarar föreslagen situationsplan behöver detta regleras med anvisningar för markanvändning i detaljplan.

Vid ny bebyggelse inom det aktuella planområdet bedöms följande åtgärder ha en positiv effekt på risknivån och bör vidtas:

- Det bebyggelse fria avståndet bör inte understiga 25 meter.
- Obebyggda områden inom 25 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) ska utföras så att de ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Inom 30 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) ska bostadshus som vetter direkt mot järnvägen utföras med följande åtgärder:
 - Friskluftsintag placeras bort från järnvägen alternativt placeras på tak.
 - Respektive lokal där personer vistas stadigvarande ska utföras med minst en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.
 - 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.

- Inom 50 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) ska bostadshus som vetter direkt mot järnvägen utföras med följande åtgärder:
 - Friskluftsintag placeras bort från järnvägen alternativt placeras på tak.
 - Respektive lokal där personer vistas stadigvarande ska utföras med minst en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.
 - 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 härdade/laminerade glas som klarar 300 C i 30 min. Fönster tillåts vara öppningsbara.

En sammanfattning av åtgärderna återfinns i tabell 5.1.

Tabell 5.1. Sammanställning av rekommenderade säkerhetshöjande åtgärder och restriktioner kring markanvändning inför fortsatt planering av ny bebyggelse utmed Nynäsbanan. Avstånden mäts från närmaste spårmitt.

Avstånd (Nynäsbanan)	Obebyggt område	Bostäder/skola/centrum
0-25 m	Ej stadigvarande vistelse	-
25-30 m	-	- Friskluftsintag placeras bort från järnvägen - Utformning av utrymningsvägar - Fasader mot Nynäsbanan ska utföras i obrännbart material och lägst brandtekniskt klass EI 30 eller liknande - Fönster ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30
30-50 m		- Friskluftsintag placeras bort från järnvägen - Utformning av utrymningsvägar - Fasader mot Nynäsbanan ska utföras i obrännbart material och lägst brandtekniskt klass EI 30 eller liknande - Fönster ska utföras härdade/laminerade glas som klarar 300 C i 30 min
50-150 m	-	Ok

6.3.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

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

- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av eventuella gasutsläpp genom skyddsavstånd i kombination med ventilationstekniska åtgärder.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av en större utvändig brand genom skyddsavstånd och brandskyddstekniska åtgärder.

- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på Nynäsbanan genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från järnvägen.

I bilaga C redovisas risknivån med föreslagna åtgärder.

Med hänsyn till den beräknade risknivån inom planområdet samt planerad verksamhet och bebyggelse bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt.

7. Slutsatser

Det aktuella planområdet som omfattar fastigheten Kalvsvik 16:1 m.fl. i Jordbro i Haninge kommun ligger i ett relativt utsatt läge med hänsyn till olycksrisker förknippade med transporter av farligt gods på den närliggande Nynäsbanan.

Riskenivån inom planområdet bedöms vara förhöjd p.g.a. närheten till Nynäsbanan. Utifrån en fördjupade riskanalysen konstateras att det är nödvändigt att beakta vissa olycksrisker förknippade med transporter av farligt gods vid ny bebyggelse inom området.

Bedömning utifrån riskanalysen är att bebyggelse kan uppföras enligt studerat förslag men att åtgärder för att hantera identifierade risker är nödvändiga. Med åtgärder bedöms riskerna i området kunna hanteras utan att människor utsätts för oacceptabla risker.

Utifrån den fördjupade riskanalysen har en lista över åtgärdsförslag upprättats.

Vid ny bebyggelse inom det aktuella planområdet bedöms följande åtgärder ha en positiv effekt på riskenivån och bör vidtas:

- Det bebyggelse fria avståndet bör inte understiga 25 meter.
- Obebyggda områden inom 25 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) ska utföras så att de ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Inom 30 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) ska bostadshus som vetter direkt mot järnvägen utföras med följande åtgärder:
 - Friskluftsintag placeras bort från järnvägen alternativt placeras på tak.
 - Respektive lokal där personer vistas stadigvarande ska utföras med minst en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.
 - 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.
- Inom 50 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) ska bostadshus som vetter direkt mot järnvägen utföras med följande åtgärder:
 - Friskluftsintag placeras bort från järnvägen alternativt placeras på tak.
 - Respektive lokal där personer vistas stadigvarande ska utföras med minst en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.
 - 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 härdade/laminerade glas som klarar 300 C i 30 min. Fönster tillåts vara öppningsbara.

Med hänsyn till den beräknade riskenivån inom planområdet samt planerad verksamhet och bebyggelse bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt.

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/ Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer, Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 2000:01
- /4/ Planbeskrivning för Järnvägsplan. Nynäsbanan, Dubbelspårsutbyggnad Hemfrosa – Tungelsta, Trafikverket, 2015-03-15 (Diariumnummer TRV 2013/8433)
- /5/ Anders Nilsson, Statistiker på Trafikverket, e-post 2016-05-20
- /6/ Lennart Lennefors, Strategisk planering, Trafikverket, e-post 2016-05-21
- /7/ Miljörisikanalys av transporter av farligt gods på väg och järnväg samt i farleden utanför hamnen. Planerad hamn vid Stockholm – Nynäshamn, Norviksudden. Enviroplanning, 2007-01-31
- /8/ Detaljplan för del av Bonden 1 och del av Hammartorp 1:1 inom Trångsunds kommun, Huddinge kommun – Samrådsredogörelse. Huddinge kommun, daterad 2014-09-24
- /9/ RID-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2016:9, 2017
- /10/ Flödet av farligt gods på järnväg, en översiktlig kartering i GIS-miljö, Räddningsverket 1996 (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/ Vägtrafikflödeskartan, kommunala trafikmätningar Nynäsvägen 2010-10-11, Trafikverket
- /15/ Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1996
- /14/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /15/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002
- /16/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Bilaga A - Frekvensberäkningar**Uppdragsnamn**

Kalvsvik 16:1 m.fl. Jordbro, Haninge kommun

Uppdragsgivare

Haninge kommun

Uppdragsnummer

502 914

Datum

2020-12-04

Handläggare

Jakob Kullmann

Egenkontroll

JKN 2020-12-04

Internkontroll

LSS 2020-12-04

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. Massexplosiva 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 – 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 olycksscenarioer 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 16 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 m
$d_{\text{godståg, 100 km/h}}$	=	$100^2/80$	=	125 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 spårmitte och byggnad

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

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

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

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

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

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

a = se ovan

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

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

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

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

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 godstågskm.

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]
Brand i godståg	1,4E-03
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. Det antas att ca 5 % av den totala godsmängden per år utgör farligt gods, se avsnitt 3.3.3. i huvrapporten.

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
Totalt		1.5E-04

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.

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
Totalt		4.2E-05

Utifrån resultatet av tabell A.5 och tabell A.6 beräknas att järnvägsolycka med brand (4,2E-05 per år) utgör ca 20 % av den totala frekvensen för olycka med farligt gods (d.v.s. järnvägsolycka utan brand 1,5E-04 per år + järnvägsolycka med brand 4,2E-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 Mälarbanans 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 transporter 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.6 uppskattas explosiva ämnen utgöra högst 0,05 % 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

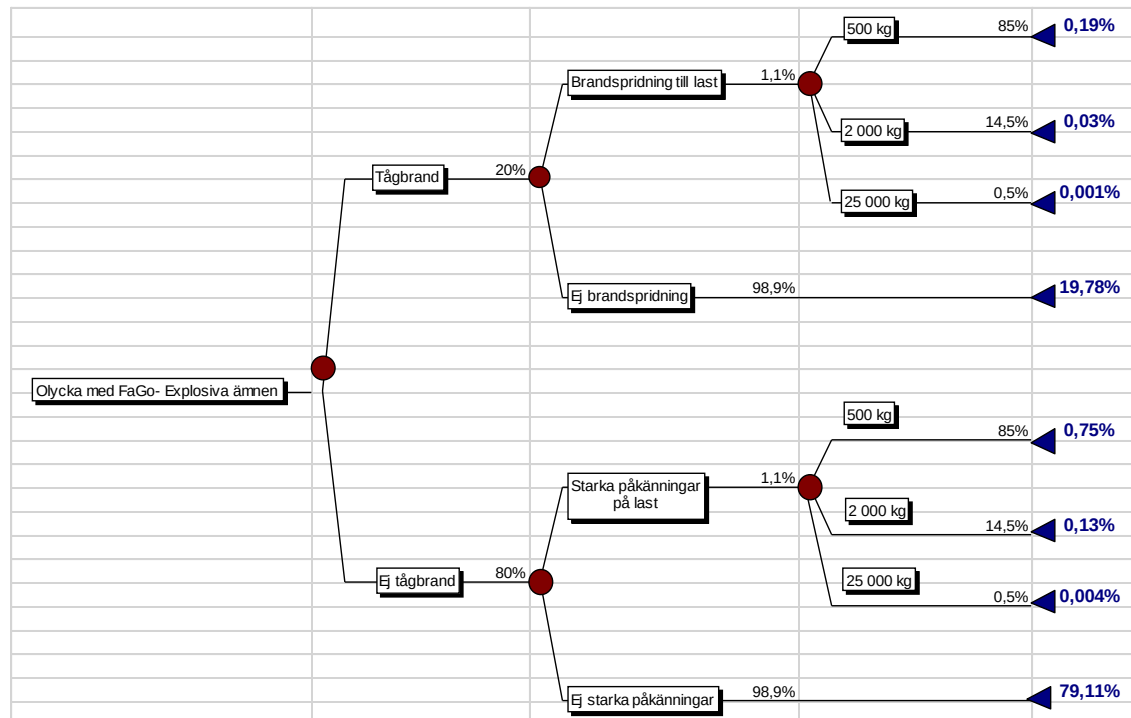
/13/ Riskutredning för Mälarbanans sträckning mellan Solna stad och Sundbybergs stad (Huvudsta – Duvbo), Briab Brand & Riskingenjörerna AB, 2018-02-28

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 massexplosion vara 100 %. Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspårningsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten och orsakar massexplosion bedöms då till ca 1,1 % (30 % 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 massexplosion 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)
Järnvägsolycka med explosivämne (klass 1)	8,2E-08
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.
- *Gasmolnsexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck.
- *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE)*: gasexplosion där hela en tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en brand under en längre tid vilket hettar upp den kondenserade gasen så att den kokar upp och expanderar tills tanken exploderar.

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

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

Enligt VROM – *Guideline for Quantitative Risk Assessment*, "Purple book" /16/ kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnsexplosion 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

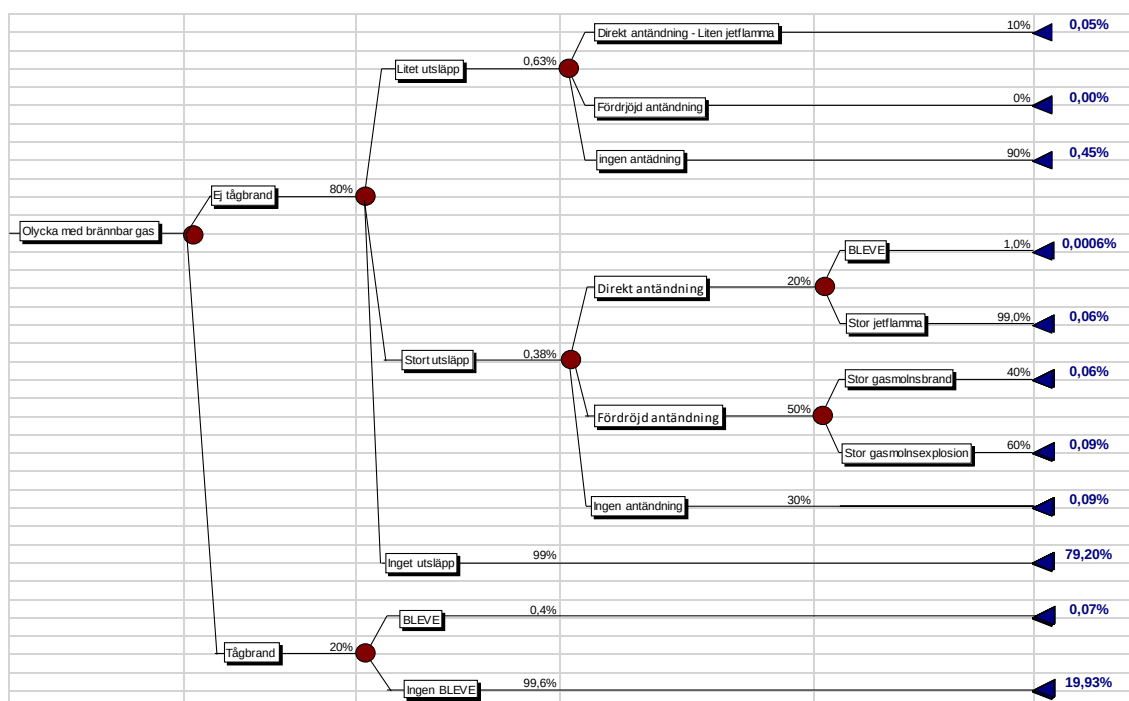
/16/ Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VROM), Nederländerna, 2005

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.

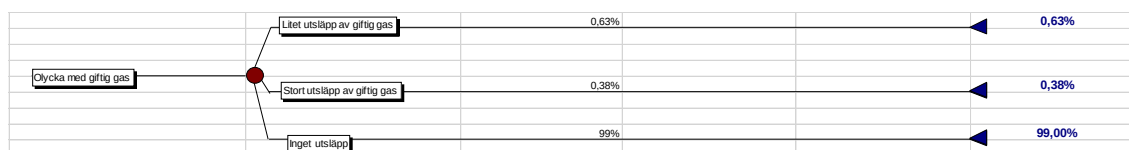
Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser. Prognosår 2040.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.1	2,0E-05
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)
Järnvägsolycka med klass 2.3	5,5E-07
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 3.3.3 ovan.

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

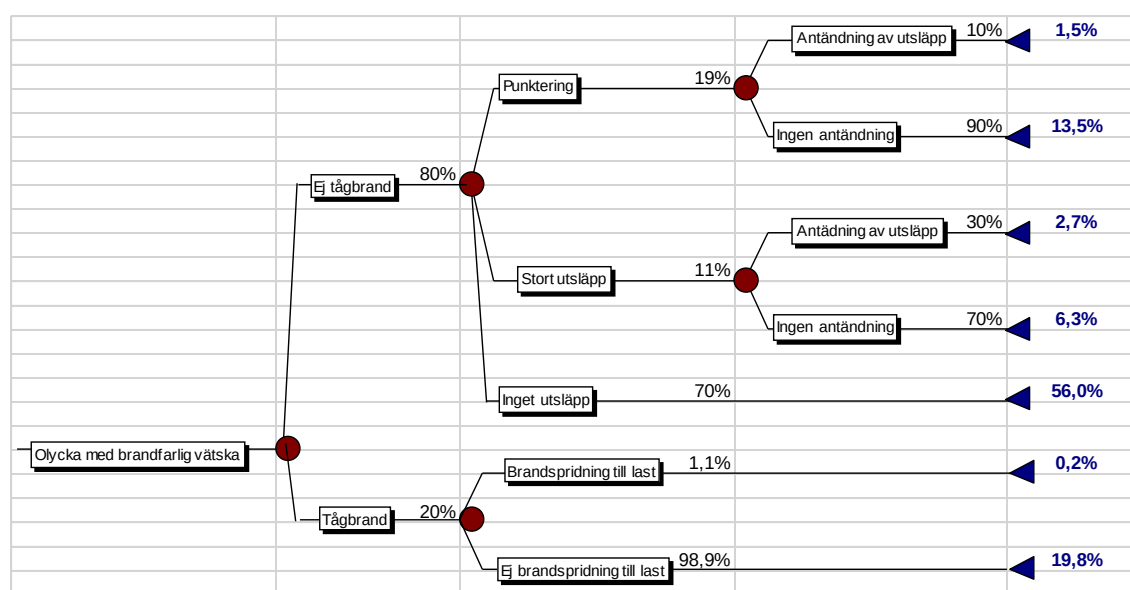
I /9/ anges en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %).

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 utsläppsscenarioer 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.

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 %).

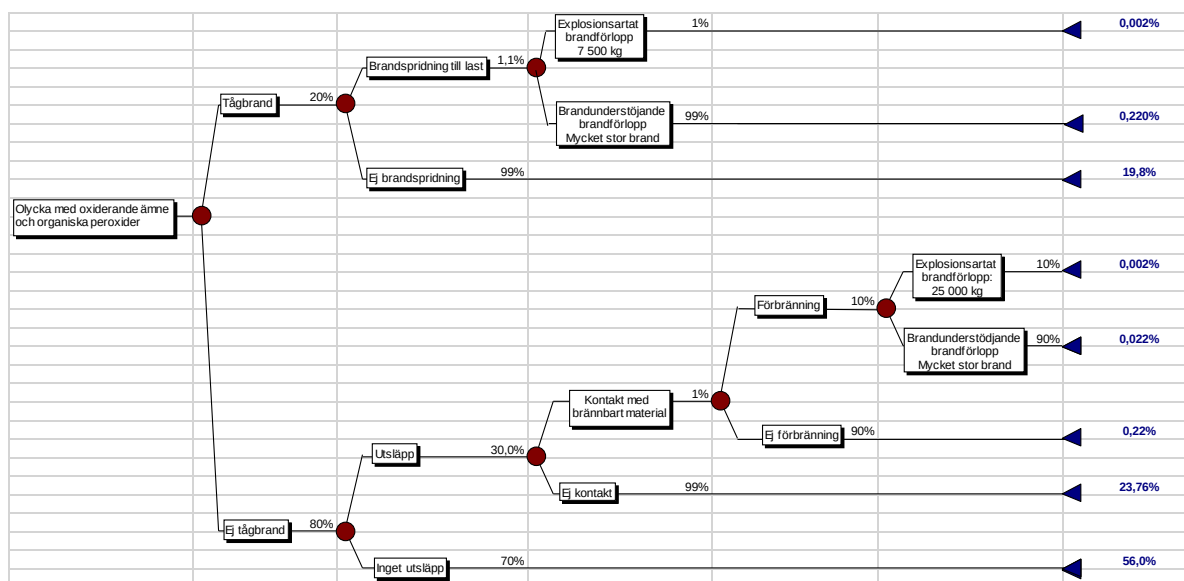
Med hänsyn till gällande regler så bedöms dock sannolikheten för att tågbranden leder till ett explosionsartat brandförlopp vara begränsad, uppskattningsvis högst 1 %. I övriga fall där branden sprider sig till lasten antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar 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. Händelseträd 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)
Järnvägsolycka med oxiderande ämne (klass 5)	1,9E-05
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. förorening av brännbart material	4,2E-09

Bilaga B - Konsekvensberäkningar**Uppdragsnamn**

Kalvsvik 16:1 m.fl. Jordbro, Haninge kommun

Uppdragsgivare

Haninge kommun

Uppdragsnummer

502 914

Datum

2020-12-04

Handläggare

Jakob Kullmann

Egenkontroll

JKN 2020-12-04

Internkontroll

LSS 2020-12-04

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. Massexplosiva 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.

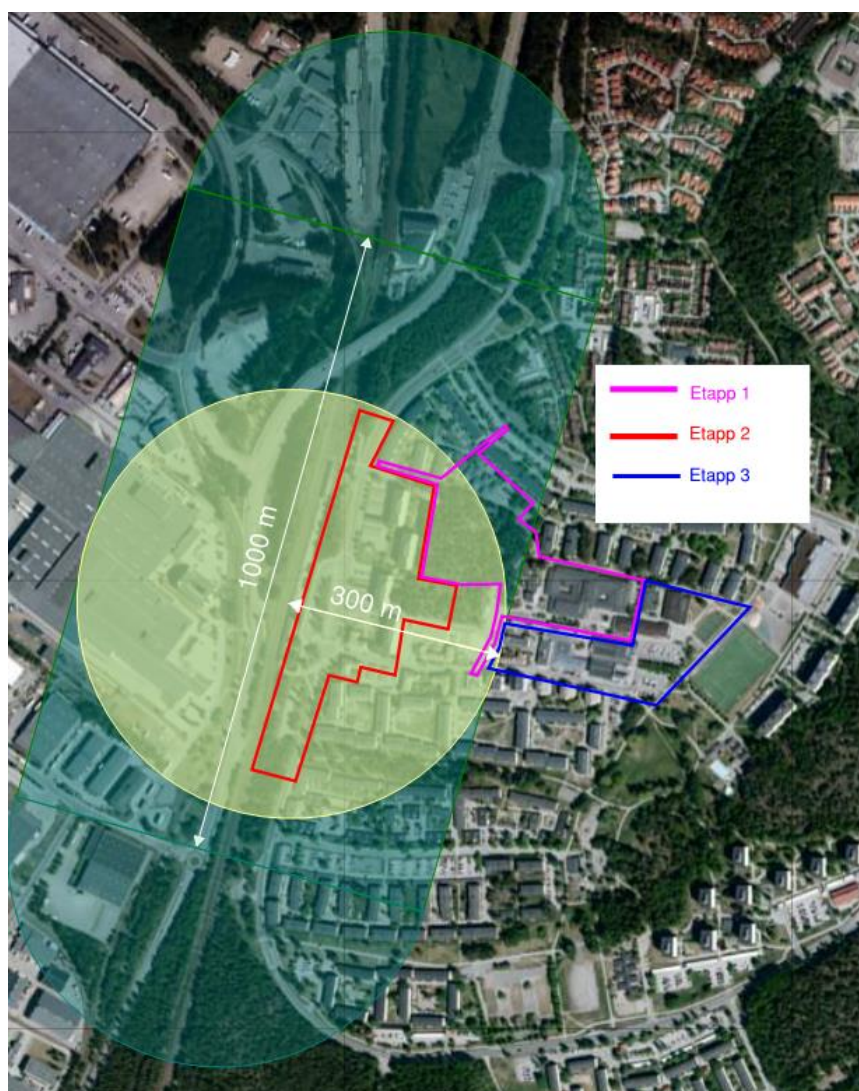
I riskanalysen används riskmåten **individerisk** och **samhällsrisk**. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område (avsnitt 3) respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk (avsnitt 4).

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 riskkällan med hänsyn tagen till att den avskärmande effekten av ny och befintlig bebyggelse). Det beaktade området markeras med vitt i figur B.1.



Figur B.1. Översiktspild över Jordbro där området för planerad bebyggelse inom Kalvsvik 16:1 m.fl. för de olika etapperna är markerat.

Blå markering visar ungefärligt maximalt påverkansområde för olycka på Nynäsbanan, ca 300 meter. Maximalt konsekvensområde är markerat gult.

2.2 Jordbro, Kalvsvik 16:1 m.fl.

2.2.1 Uppskattning av personantal inom studerat område

Enligt BBR /1/ ska dimensioneringen av utrymningsvägar för lokaler och verksamheter utgå från en genomsnittlig persontäthet på 0,5 personer per m² nettoarea. Motsvarande värde för kontor är 0,1 personer per m² 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.

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

För bostäder finns inget värde på dimensionerande persontäthet. Det antas grovt att i genomsnitt bor 2-3 personer per lägenhet beroende på storlek, vilket kan omräknas till 1 person per ca 20-30 m² bostadsyta.

Det bör observeras att ovanstående schablonvärden ger mycket höga personantal inom det studerade området. De dimensionerande persontätheterna avser dimensionering av en byggnads utrymningssäkerhet, vilket innebär att de utgör maximal personbelastning. Så höga persontätheter bedöms uppstå vid relativt begränsade tillfällen och det är mycket konservativt att förutsätta detta som genomsnittliga persontätheter inom hela bebyggelsen samtidigt.

För nollalternativet med befintlig bebyggelse bedöms de dimensionerande persontätheterna enligt ovan inte fullt ut motsvara förutsättningarna inom planområdet, vilket innebär att det beräknade personantalet sannolikt överstiger maximal verklig belastning. Förväntade personantal för nollalternativet ska dock beräknas utifrån potentiella förutsättningar inom området enligt gällande detaljplan, vilken medger ombyggnation och anpassning av befintlig bebyggelse som kan innebära en högre personbelastning.

2.2.2 Nollalternativ

I figur B.1 är områdena för planerad om- och nybyggnation markerat med rött, lila och blått.

Väster om Nynäsbanan

Planområdet är enbart förlagt öster om Nynäsbanan och befintlig bebyggelse/markanvändning bevaras. Planförslagen kommer därför inte att påverka risknivån i dessa områden.

Öster om Nynäsbanan

Den planerade bebyggelsen förläggs på ett område som idag utgörs av obebyggda ytor med växtlighet eller parkering. Större delen av planområdet utgörs idag av gator vilket gör att detta ej uppmanar till stadigvarande vistelse. Dock kan det förväntas finnas personer utomhus som är i rörelse i det aktuella planområdet.

Markytan för planområdet motsvarar ca 58 000 m². Vid ett värsta tänkbart scenario kan man förvänta sig att 0,005 personer per m² befinner sig inom området. Detta motsvarar således 145 personer i området.

Under nattetid förväntar sig denna yta enbart innefatta 10% av detta vilket motsvarar 15 personer.

2.2.3 Planalternativ

Öster om Nynäsbanan

Syftet med detaljplanen är att utreda lokalisering av centrum, förskolor, kulturbyggnad samt att utreda lämplig förtätning med bostäder i området närmast pendeltågsstationen i Jordbro.

Sammantaget skapas det drygt 380 bostäder i denna etapp. Med det ökade antalet bostäder i området planeras det för en naturnära F-6-skola i del av Hurtigs park. Bostadskvarteren planeras få högre bottenvåningar och entréer mot gaturummet för att ge stadsmässiga kvaliteter och öka tryggheten. De översta våningarna dras in för att skapa ett mer varierat taklandskap. En helt ny gata med trädplanteringar föreslås byggas parallellt med Moränvägen, mellan nuvarande centrum och skolområdet. Boendeparkering löses primärt med underjordiska garage.

Den totala bruttoarean (BTA) för nybyggnation uppskattas till ca 20 500 m² nya bostadshus. Utöver planering av bostadshus planeras även nybyggnation av skolor och centrumverksamhet motsvarande en BTA om ca 15 000 m².

Med en persontäthet inom centrum och skola motsvarande dimensionerande värden enligt BBR (se avsnitt 2.2.1) skulle detta kunna innebära sammanlagt ca 5 000 personer inom dessa verksamheter.

Inom flerbostadshus uppskattas en maximal persontäthet på ca 0,033 personer per m² BTA, enligt avsnitt 2.2.1. Detta motsvarar sammanlagt ca 690 personer inom bostäder vid full belastning.

Figur B.2 visar planerad bebyggelsestruktur inom planområdet efter föreslagen nybyggnation enligt beskrivningen ovan.



Figur B.2. Planförslag Kalvsvik 16:1 m.fl.

Med föreslagen utformning enligt figur B.2 blir avståndet mellan Nynäsbanan och bebyggelse som minst 30 meter (mätt från närmaste spårmit).

Väster om Nynäsbanan

Ingen förändring av bebyggelse eller markanvändning görs väster om Nynäsbanan.

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.

Öster om Nynäsbanan

Öster om Nynäsbanan är det främst bostäder som finns inom det studerade området. Bostäderna motsvarar en totalt uppskattad BTA om 74 740 m². Detta medför en ungefärlig personmängd om ca 2 500 personer enligt samma princip som används ovan. Vidare görs bedömningen att det under nattetid kommer att vara ett fullsatt område. Detta eftersom flest människor bedöms vara hemma under natten. Under dagtid görs ett konservativt antagande om att ca 50% av bostäderna är fulla av människor.

Resterande del av området innehar grönområden och vägar. Det antas konservativt att dessa områden totalt rymmer ca 152 personer under dagtid, samt 30 personer under nattetid. Detta baseras på storleken av området samt att det enbart är begränsade områden som medför stadigvarande vistelse utomhus.

Avståndet till befintlig kringliggande bebyggelse på den östra sidan av Nynäsbanan varierar utmed den studerade sträckan. Närmaste bebyggelse ligger ca 75 meter från spårmitte och detta används vidare i beräkningarna då det är en konservativ bedömning med avseende på att skyddsavståndet för annan bebyggelse i verkligheten är längre.

Väster om Nynäsbanan

Bebyggelsen inom det studerade området väster om Nynäsbanan, se figur B.1, är mycket gles och består av industriområde, resterande del av området utav skogsmark. Det uppskattas mycket grovt att högst 500 personer vistas inom det studerade kringliggande området runt planområdet väster om Nynäsbanan. Varav 10% av dessa vistas utomhus.

Under nattetid vistas enbart 10 % i området vilket motsvarar 50 personer. Detta med hänsyn till industriområdet. Dock ett konservativt antagande.

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. Enligt avsnitt 2.1 beräknas konsekvenserna för respektive olycksscenario där de bedöms innebära så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet.

Beräkningarna avgränsas vidare till tre scenarier, nämligen:

1. Genomsnittligt normaldygn:

- 1.1 Dagtid (kl 08-22) – Ca 50 % beläggning inom centrum och verksamheter respektive bostadshus m.m. inom planområdena och i omgivningen.

Öster om Nynäsbanan antas ca 10 % vistas utomhus.

Öster om Nynäsbanan antas persontätheten utomhus vara ca 0,005 pers/m².

- 1.2 Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse. 100 % beläggning inom bostadshus och 0 % inom övrig bebyggelse.

Öster om Nynäsbanan antas ca 10 % vistas utomhus.

Väster om Nynäsbanan antas personantalet konservativt till 50 personer utomhus.

- 1.3 **"Fullbelagt område"** – Full beläggning inom all bebyggelse (kontor, verksamheter och bostäder m.m.), vilket bedöms kunna förekomma under begränsade perioder i samband med morgon- respektive eftermiddagsrusningen.
 Öster om Nynäsbanan antas ca 10-20 % vistas utomhus (det högre värdet antas inom planområdet i och med närheten till pendeltågsstationen som kan förväntas medföra personflöden genom området).
 Väster om Nynäsbanan antas personantalet konservativt till 500 personer samt att 10 % vistas utomhus.

I tabell B.1 redovisas en sammanställning av förutsatta personantal inom det studerade området, uppdelat på planområde respektive kringliggande bebyggelse, öster respektive väster om Nynäsbanan.

Tabell B.1. Tabell med förutsatta personantal inom det studerade området.

Område	Planalternativ			Nollalternativ		
	Normaldygn - dag	Normaldygn - natt	Fullsatt område	Normaldygn - dag	Normaldygn - natt	Fullsatt område
Planområden öster om Nynäsbanan						
<i>Inomhus</i>	2 677	662	4 650	131	14	232
<i>Utomhus</i>	297	35	1 162	15	1	58
Planområden väster om Nynäsbanan						
<i>Inomhus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Utomhus</i>	0	0	0	0	0	0
Kringliggande områden öster om Nynäsbanan						
<i>Inomhus</i>	1 258	2 396	2 517	1 258	2 396	2 517
<i>Utomhus</i>	140	126	280	140	126	280
Kringliggande områden väster om Nynäsbanan						
<i>Inomhus</i>	450	0	450	450	0	450
<i>Utomhus</i>	50	50	50	50	50	50
Totalt	4 873	3 269	9 108	2 043	2 586	3 586
<i>Inomhus</i>	4 386	3 058	7 616	1 839	2 409	3 199
<i>Utomhus</i>	487	211	1 492	204	177	388

3. Beräkning av skadeavstånd/-områden

3.1 Ursparning

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 i samma marknivå som planområdet. Både befintlig och planerad bebyggelse ligger dessutom minst 30 meter från närmaste spårmitte.

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.

- Ursparning 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)
- Ursparning 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 desto lägre sannolikhet att omkomma. För personer som vistas inomhus antas det grovt att 50 % omkommer av de som vistas i byggnader med fasad inom det avstånd från järnvägen som den urspårade vagnen hamnar.

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

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

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

Utfallande strålning (I₀) – Den utfallande strålningen (kW/m²) 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

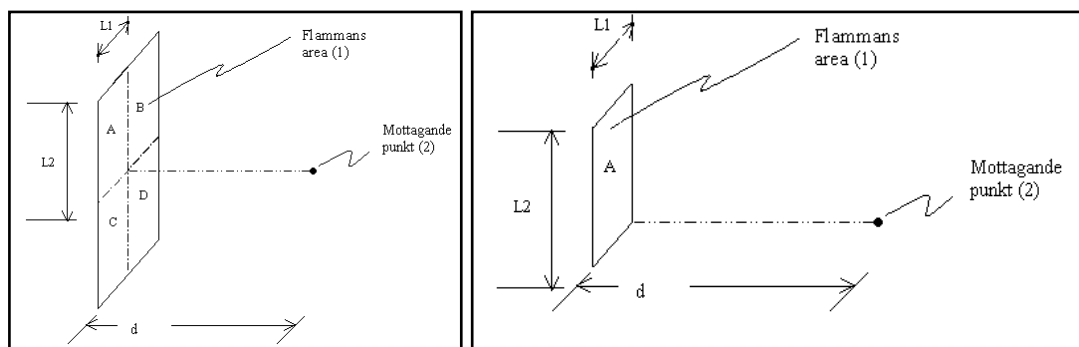
/4/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammen 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.3.



Figur B.3. Synfaktor.

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

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

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

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

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden för de olika scenarierna beräknats (se tabell B.2).

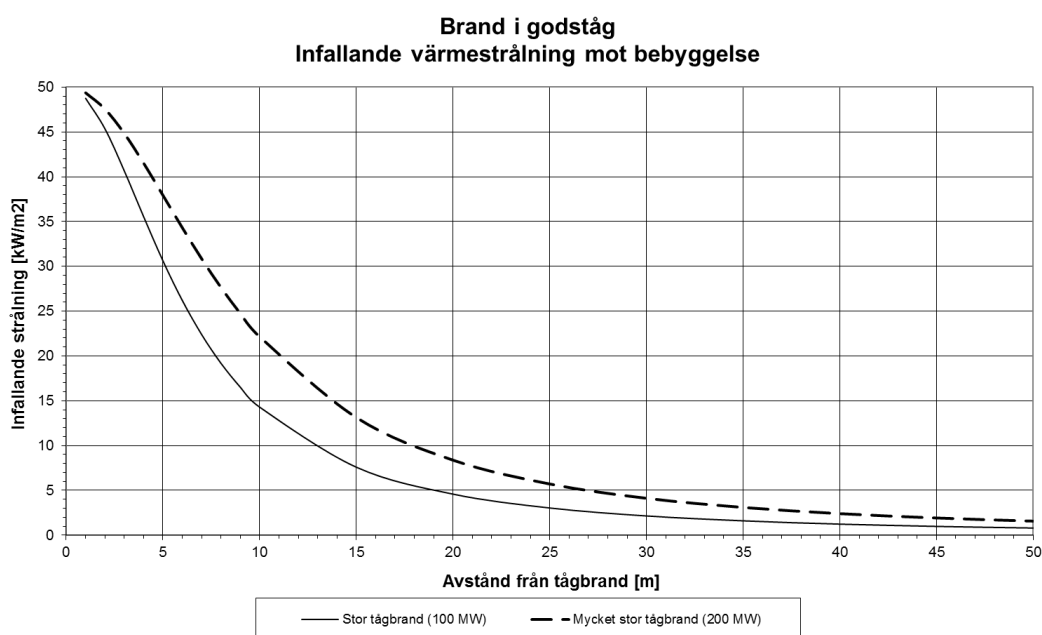
Tabell B.2. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

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

/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.4. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. Enligt tabell B.2 sjunker den utfallande strålningen med brandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större bränder. Soten och röken döljer själva flammen och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmestrålningen. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m^2 för samtliga brandscenarier.



Figur B.4. 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.3 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning.

Tabell B.3. Effekter av olika strålningsnivåer /2, 7/.

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

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmestrålningen ansätts till 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /8/ avseende brandspridning mellan byggnader. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring tågbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

En oskyddad person **utomhus** som upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan hen reagerar. Sannolikheten för att oskyddade personer utomhus omkommer bedöms utifrån tabell B.2. Nedan redovisas uppskattad andel omkomna beroende på strålningsnivå för personer som befinner sig utomhus:

- 10 kW/m²: < 5 % sannolikhet att omkomma
- 15-20 kW/m²: 50 % sannolikhet att omkomma
- > 40 kW/m²: 100 % sannolikhet att omkomma

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

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

Resultat

I tabell B.4 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.4. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid tågbrand.

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

3.3 Olycka med farligt gods

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.5 och figur B.6 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·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)

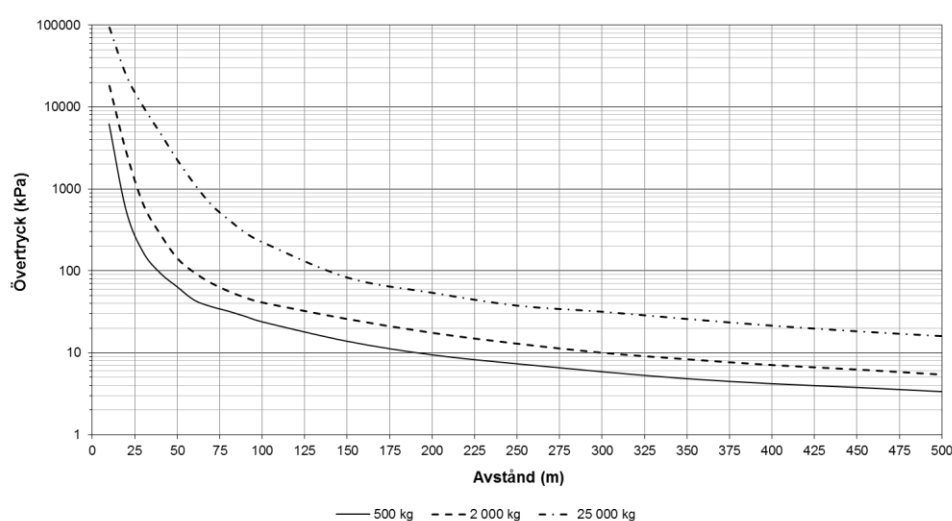
För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

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 θ :

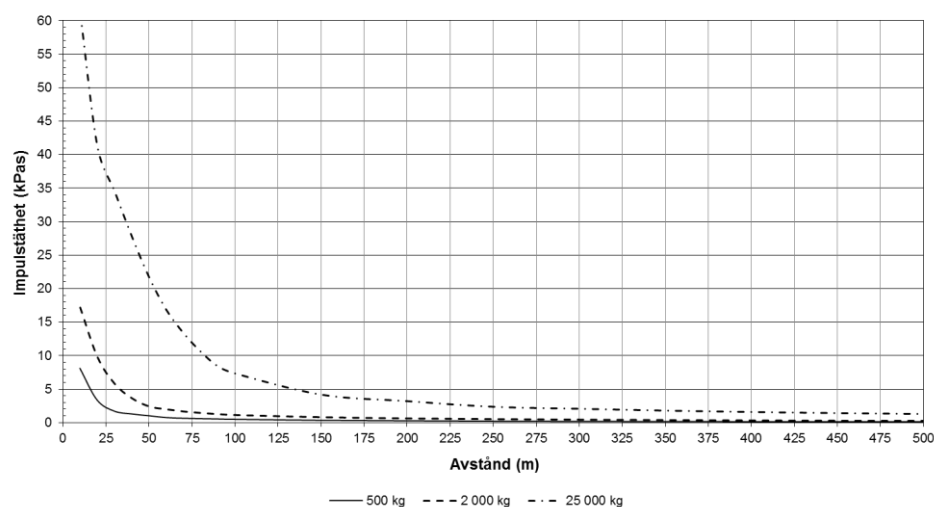
$$t_+ = \frac{2 \times I_+}{P_+}$$

Max övertryck vid detonation klass 1.1



Figur B.5. 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.6. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.5 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /9/.

Tabell B.5. Karaktäristiska tryck (P_c) respektive impuls (I_c) för olika byggnadsdelar.

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

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.6 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Byggnadsdelarna har delats upp på bärande byggnadsdelar och icke bärande lätta respektive medeltunga byggnadsdelar. De infallande tryck som redovisas i figur B.5 gäller för en punkt (byggnad eller människa) som är helt oskyddad mot riskkällan. Den första byggnaden reducerar med stor sannolikhet det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att den första byggnaden medför att trycket och impulstätheten mot nästföljande byggnad reduceras med ca 75 % i förhållande till vad som anges i figur B.5 respektive figur B.6. I tabell B.6 redovisas skadeavstånden för dels icke skyddad bebyggelse och dels skyddad bebyggelse.

Tabell B.6. Beräknade konsekvenser – skadeområden för byggnadsras (helt eller delvis) samt för oskyddade personer utomhus, vid massexplosion.

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

3.3.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

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 gasmolnexplosion simulerats för följande utsläppsstorlekar /10/:

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

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

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

Bedömningskriterier

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

Utomhus: I tabell B.6 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 gasmolnexplosion och BLEVE bedöms sannolikheten för brandspridning vara låg med hänsyn till kortvariga brandförlopp. Konsekvenser inomhus kan dock uppstå p.g.a. tryckpåverkan. Utifrån detta uppskattas grovt att 5 % av personer som befinner sig inomhus inom belyst skadezon enligt tabell B.7 förväntas omkomma.

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

Resultat

I tabell B.7 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

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

Vid tät bebyggelsestruktur så reducerar byggnaderna skadeavståndet och påverkan på bakomliggande byggnader relativt mycket. Planerad bebyggelse 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.7. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

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

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 lägre vindstyrkan är. I simuleringarna antas därför vindstyrkan vara relativt låg, ca 3 m/s.

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

Bedömningskriterier

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

Resultat

I tabell B.8 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt avsnitt 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.8. 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 m²
- Stor pölbrand: 200 m²
- 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.9).

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

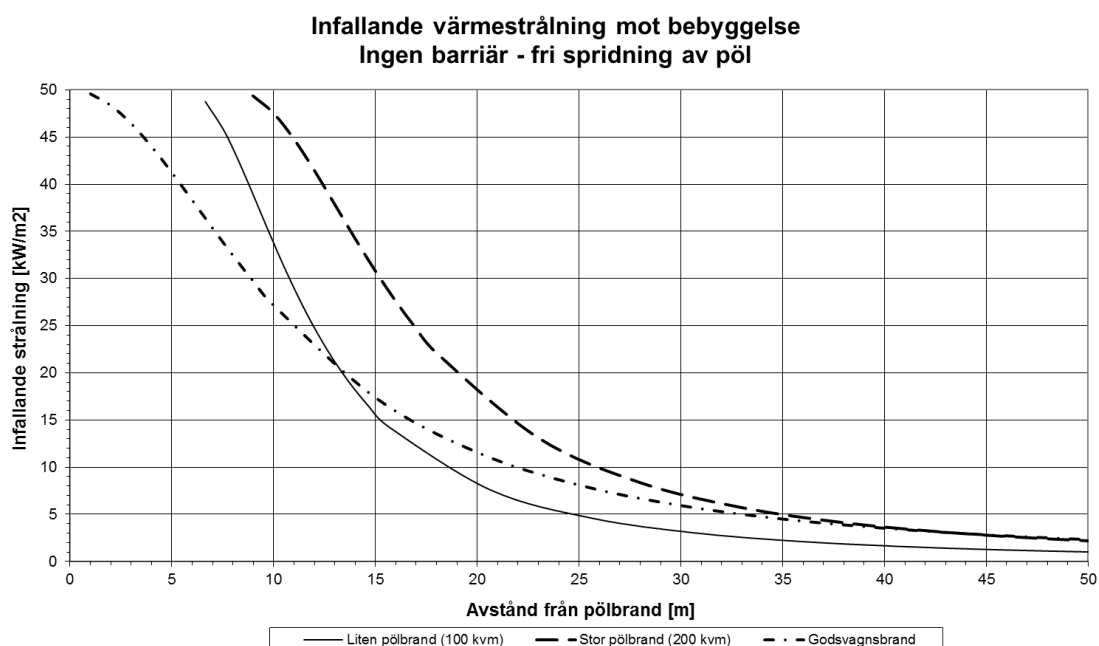
Scenario	Brinnande yta A_F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D_f (m)	Flammhöjd H_f (m)	Utfallande strålning I_o (kW/m ²)
Liten pölbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Stor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Godsvagnsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0

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

Enligt tabell B.9 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.

/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.7. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand respektive godsvagnsbrand.

Bedömningskriterier
Se avsnitt 3.2.

Resultat

I tabell B.10 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

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

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

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.

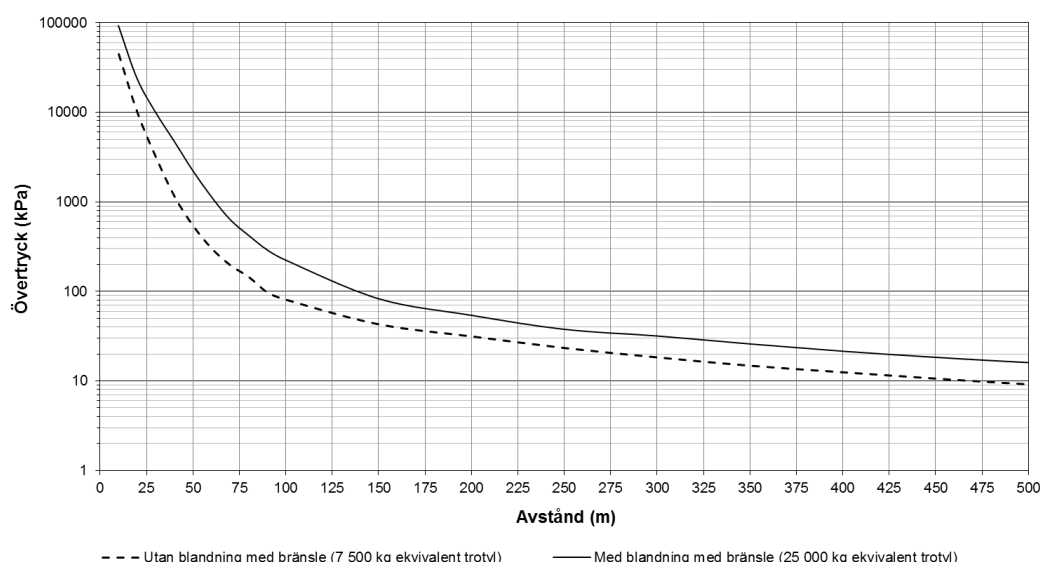
Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

- 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.

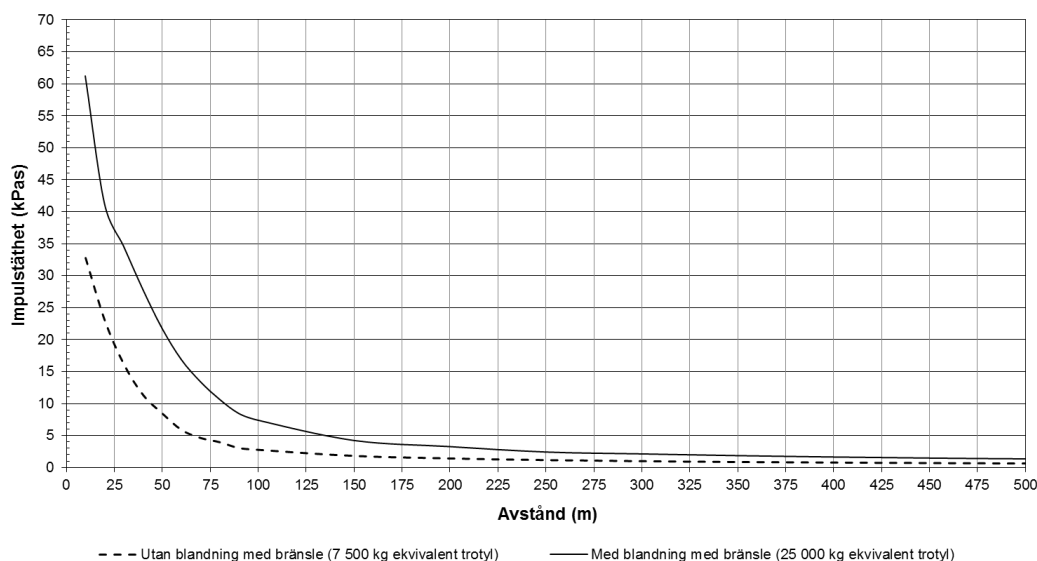
I figur B.8 och figur B.9 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft. För byggnader 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.8. 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.9. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Konsekvensberäkningarna för brandunderstödjande brandförlopp följer den metodik som redovisas i avsnitt 3.2 samt avsnitt 3.3.4. Aktuellt scenario med brandunderstödjande brandförlopp antas motsvara en godsvagnsbrand med brandfarlig vätska (se figur B.7).

Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.2 respektive avsnitt 3.3.1.

Resultat

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

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

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

4. Beräkning av antal omkomna

4.1 Resultat

I tabell B.12 redovisas beräknat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2) inom det studerade området (aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse).

Tabell B.12. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka på Nynäsbanan.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspårning						
Urspårning persontåg, dim.scenario min						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn – natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, dim.scenario max						
Normaldygn – dag	0	2	2	0	1	1
Normaldygn – natt	0	2	2	0	2	2
Fullsatt område	0	7	7	0	2	2
Urspårning persontåg, worst case scenario						
Normaldygn – dag	0	9	9	0	5	5
Normaldygn – natt	0	9	9	0	8	8
Fullsatt område	0	28	28	0	10	10
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	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	1	1	0	1	1
Fullsatt område	0	3	3	0	1	1
Urspårning godståg, worst case scenario						
Normaldygn - dag	0	7	7	0	2	2
Normaldygn - natt	0	5	5	0	4	4
Fullsatt område	0	24	24	0	5	5

Tabell B.11. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
2. Brand i godståg						
Stor tågbrand (100 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
3. Olycka vid transport av farligt gods						
Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen						
500 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	7	0	7	0	0	0
Normaldygn - natt	2	0	2	0	0	0
Fullsatt område	12	2	13	1	0	1
2 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	127	2	129	73	0	74
Normaldygn - natt	20	1	20	6	0	6
Fullsatt område	172	8	180	78	1	79
25 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	470	48	518	126	23	149
Normaldygn - natt	168	24	192	80	21	101
Fullsatt område	778	129	907	181	32	213
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnexplosion						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor jetflamma						
Normaldygn - dag	2	6	8	0	1	1
Normaldygn - natt	0	2	2	0	1	1
Fullsatt område	3	21	25	0	3	3

Tabell B.11. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	21	40	61	1	9	10
Normaldygn - natt	5	10	15	0	6	6
Fullsatt område	36	143	179	2	20	22
BLEVE						
Normaldygn - dag	133	182	315	39	59	98
Normaldygn - natt	47	65	111	23	50	73
Fullsatt område	217	588	804	55	105	159
Klass 2.3 Giftig gas						
Litet utsläpp						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	5	5	0	1	1
Stort utsläpp						
Normaldygn - dag	245	173	418	37	37	74
Normaldygn - natt	104	44	148	50	28	78
Fullsatt område	433	617	1050	71	88	159
Klass 3 Brandfarlig vätska						
Liten pölbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	1	1	0	0	0
Stor pölbrand						
Normaldygn - dag	0	2	2	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	7	7	0	0	0
Godsvagnsbrand						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	2	2	0	0	0

Tabell B.11. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 5 Oxiderande ämnen						
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)						
Normaldygn - dag	151	1	153	73	0	74
Normaldygn - natt	26	0	26	6	0	6
Fullsatt område	213	5	219	79	1	79
Explosionsartad brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)						
Normaldygn - dag	507	32	539	126	7	133
Normaldygn - natt	177	8	185	80	5	85
Fullsatt område	842	113	955	181	16	197
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	2	2	0	0	0

Bilaga C - Riskberäkningar**Uppdragsnamn**

Kalvsvik 16:1 m.fl. Jordbro, Haninge kommun

Uppdragsgivare

Haninge kommun

Uppdragsnummer

502 914

Datum

2020-12-04

Handläggare

Jakob Kullmann

Egenkontroll

JKN 2020-12-04

Internkontroll

LSS 2020-12-04

1. Inledning

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

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

2. Beräkning av individrisk

2.1 Metodik

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

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

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

1. De konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B visar att andelen personer inom skadeområdet som bedöms omkomna minskar med avståndet från riskkällan. Detta innebär även att sannolikheten för att den fiktiva personen som studeras vid beräkning av individrisk omkommer också minskar med avståndet för respektive skadescenario. Med avseende på respektive skadescenario reduceras därför individrisken för olika avståndsnivåer enligt konsekvensberäkningarna.
2. De beräknade skadeområdena för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den 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.

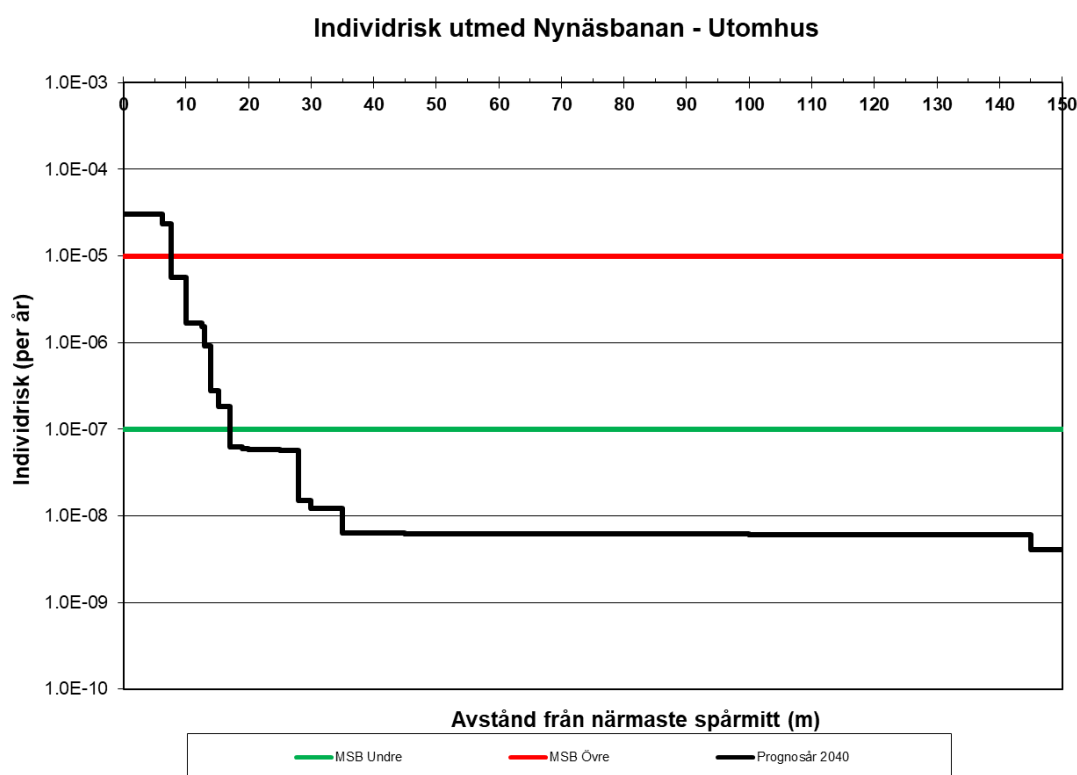
2.2 Bedömningskriterier

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. Riskkriterierna redovisas även i diagrammen nedan.

2.3 Resultat

I figur C.1 redovisas individrisken för det studerade planområdet och dess omgivning som funktion av avståndet till Nynäsbanan. Individrisken redovisas för prognosår 2040 enligt de trafikciffror och förutsättningar som redovisas i bilaga A.

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



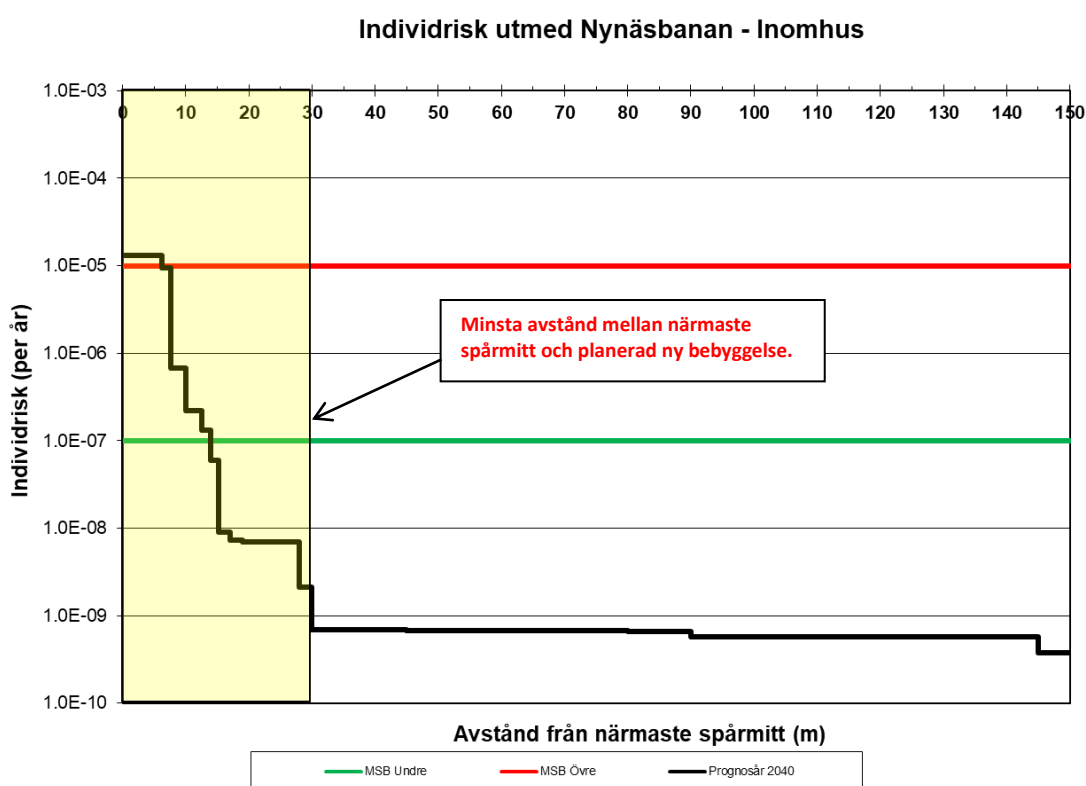
Figur C.1. Individriskprofil för person utomhus som funktion av avståndet till Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt).

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

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

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

I figur C.2 redovisas därför individrisken för det studerade planområdet och dess omgivning som funktion av avståndet till järnvägen där hänsyn tas till bebyggelsen. Diagrammet bedöms ge en bättre bild över individrisknivån inom planområdet vid ny bebyggelse och planerad markanvändning. Avståndet utgår från närmaste spårmit. Individrisken redovisas för prognosår 2040 enligt de trafiksiffror och förutsättningar som redovisas i bilaga A.



Figur C.2. Individriskprofil för person inomhus som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmit).

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

3. Beräkning av Samhällsrisk

3.1 Metodik

Samhällsrisknivån presenteras som en F/N-kurva, vilket anger den kumulativa frekvensen för N, eller fler än N, antal omkomna inom det studerade området till följd av olycka på järnvägen. 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:

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

- 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.

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

3.2 Bedömningskriterier

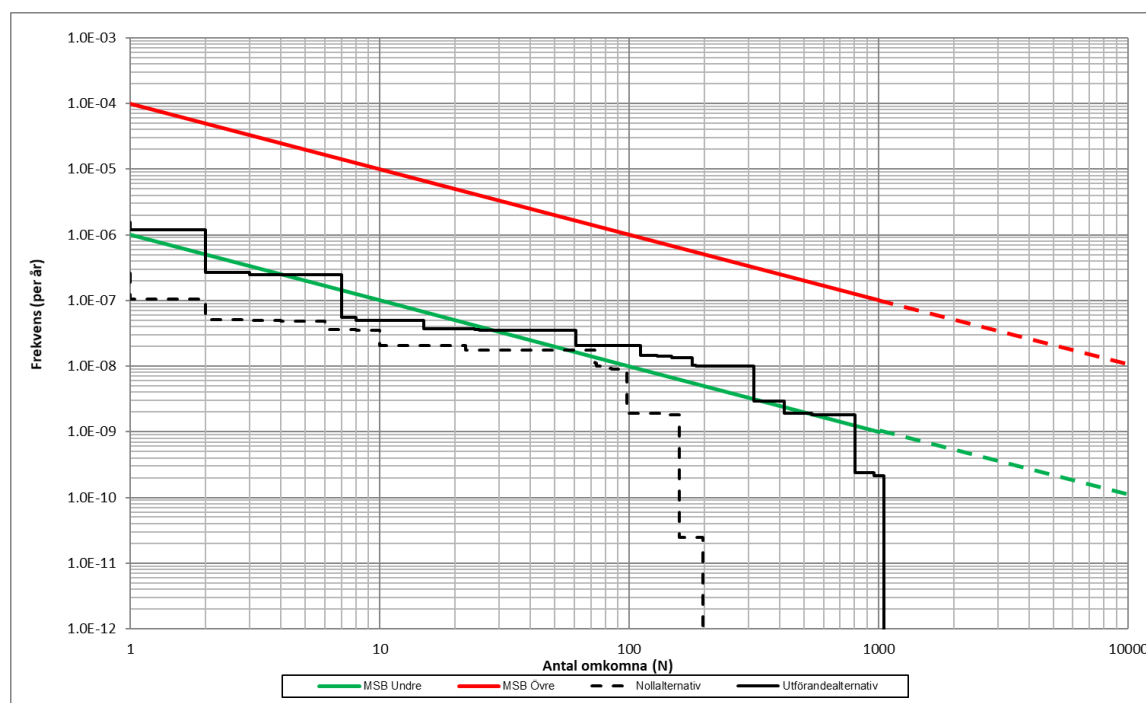
Den beräknade samhällsrisk kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.2.3 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammet nedan.

3.3 Resultat

3.3.1 Samhällsrisk utan åtgärder

I figur C.3 redovisas den beräknade samhällsrisk inom det studerade området, d.v.s. det aktuella planområdet samt kringliggande bebyggelse inom ca 300 meter från Nynäsbanan. Samhällsrisk beräknas för studerat 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 C.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivå med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i Jordbro.

3.3.2 Samhällsrisk med åtgärder

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

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

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

Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

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

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 medge inter bebyggelse 25 meter från närmaste järnvägsspår. Åtgärdsförslagen har därför beaktats i riskberäkningarna och innebär ingen förändring i förhållande till utförda beräkningar.

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

Åtgärden reducerar antalet omkomna utomhus för olycksrisker med skadeavstånd som understiger dessa avstånd samt reducerar antalet omkomna utomhus för övriga olycksrisker. Åtgärdsförslaget har delvis beaktats i riskberäkningarna genom att ange ett avstånd på minst 10 meter till ytor där personer vistas. Konsekvensberäkningarna beaktar inte i detalj placering av ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse eftersom dessa förutsättningar kan förändras. Förslagen restriktion bedöms främst reducera antalet omkomna vid urspårning, tågbrand och övriga mindre olycksscenarioer med minst 50 %.

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 framförliggande 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/skola/centrumverksamhet inom 30 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.

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

- Fasaderna 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 härdade/laminerade glas som klarar 300 C i 30 min. 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 begränsad del av bebyggelsen som omfattas av åtgärdsförslaget. För aktuell situationsplan har åtgärderna därför en relativt låg effekt. Det antas dock grovt att åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus med 100 % vid tågbrand och olycka med brandfarliga vätskor samt 25 % 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/skola/centrumverksamhet inom 50 meter från järnvägens närmaste spår gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

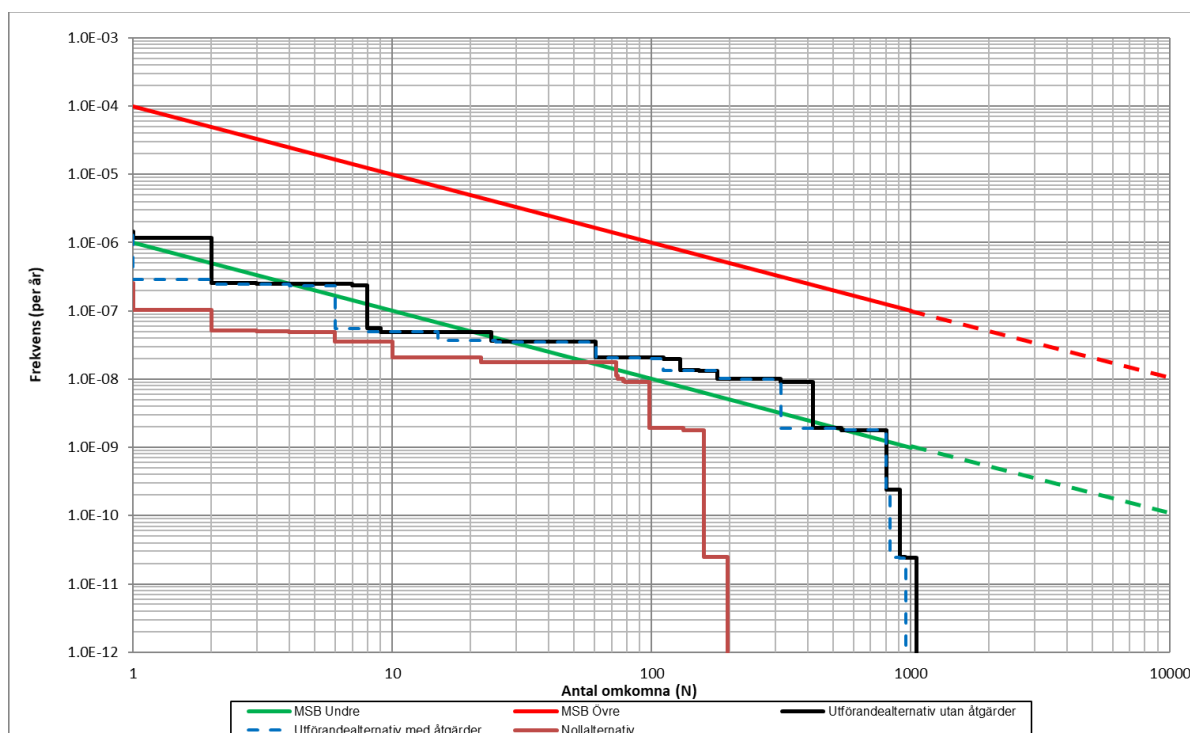
- Ny bebyggelse som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse ska utföras med friskluftsintag placerade mot trygg sida, d.v.s. bort från Nynäsbanan alternativt på byggnadernas tak.

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

Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att det är en relativt begränsad del av bebyggelsen som omfattas av åtgärdsförslaget. För aktuell situationsplan har åtgärderna därför en relativt låg 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.4 redovisas den beräknade samhällsriskerna för utförandealternativet utan respektive med rekommenderade åtgärder. Samhällsriskerna redovisas för prognosår 2040.



Figur C.4. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivå med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i Jordbro för studerat utförandealternativ utan, respektive, med rekommenderade restriktioner och åtgärder. Prognosår 2040.

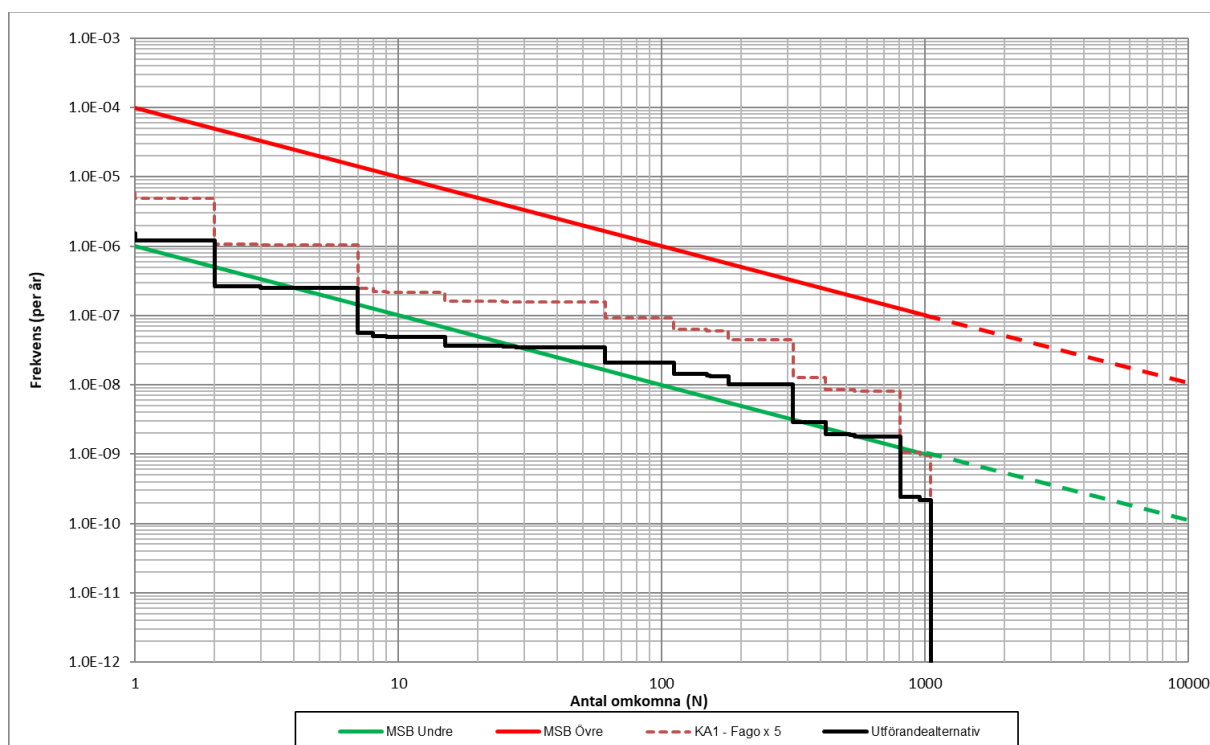
4. Känslighetsanalys

Med hänsyn till osäkerheter i det statistiska underlaget upprättas en känslighetsanalys som beaktar förändrade förutsättningar avseende dels frekvensberäkningar och dels avseende konsekvensberäkningar. Känslighetsanalysen omfattar sammanvägning av samhällsrisk 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 det uppskattade antalet farligt godsvagnar antas öka med en faktor 5 i förhållande till de dimensionerande transportmängderna för prognosår 2040.

I figur C.5 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 1.



Figur C.5. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i Jordbro.

Känslighetsanalys del 1 – Förändrat antal godståg och farligt godsvagnar.

4.2 Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetod

Statistiksamling 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 förväntande påverkan på urspårningsfrekvensen. Jämförelsen indikerar att metodik enligt *UIC Code 777-2* återger rimliga resultat.

/2/ Bantrafikskador 2015 – Statistik. Trafikanalys, rapport 2016:20 (Sveriges officiella statistik). Innehåller även historiska översikter.

/3/ Bantrafik 2016, Trafikanalys, Statistik 2017:21.

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/.

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.

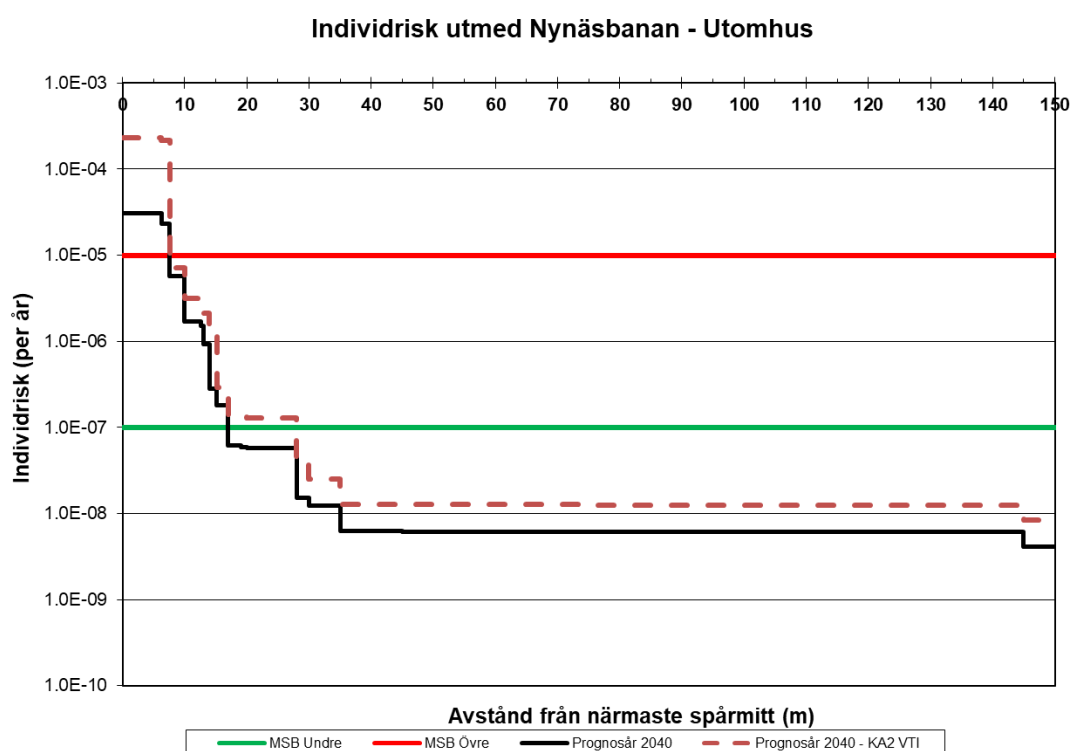
Orsak	Olycksfrekvens (per år)	
	Urspårning persontåg	Urspårning godståg
Rälsbrott	1,1E-04	2,3E-05
Solkurvor	1,9E-05	1,2E-06
Spårlägesfel	8,8E-04	1,9E-04
Växel sliten, trasig	4,6E-04	2,9E-05
Växel ur kontroll	6,4E-03	4,1E-04
Vagnfel	1,1E-03	1,4E-03
Lastförskjutning	0,0E+00	1,9E-04
Annan orsak	5,2E-03	3,3E-04
Okänd orsak	1,3E-02	8,2E-04
Totalt	2,7E-02	3,4E-03

/4/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

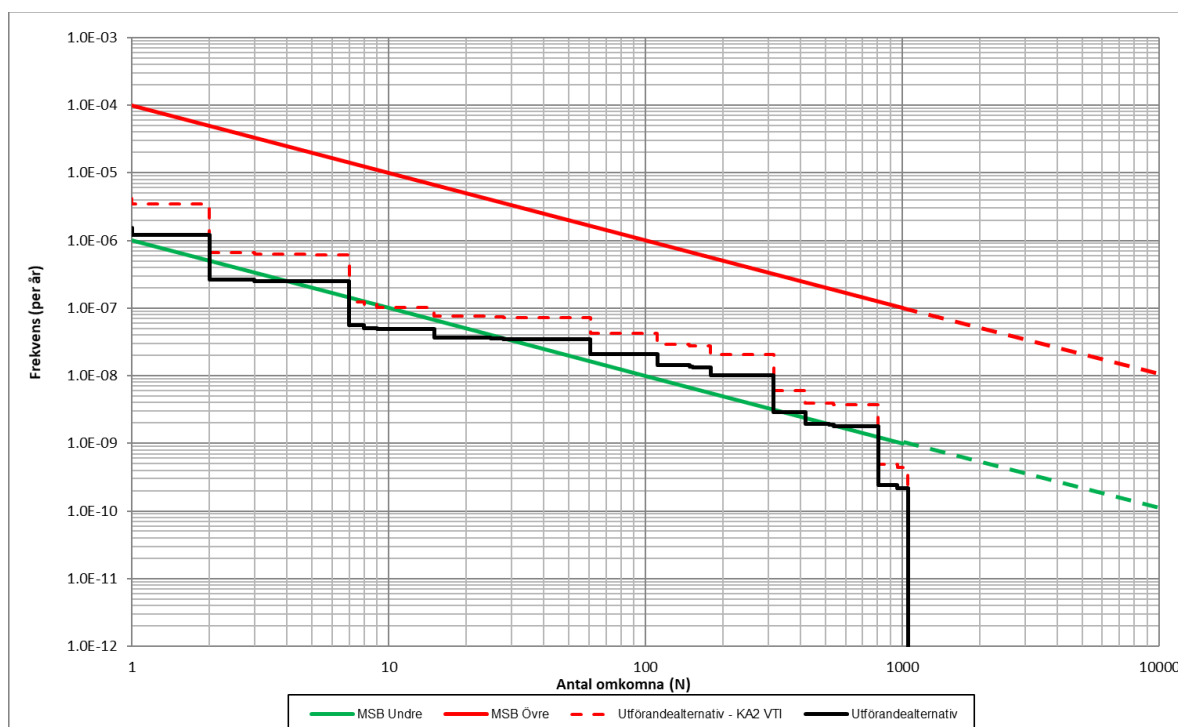
Urspårningsfrekvenser benämnda VTI är framtagna genom att beräknade urspårningsfrekvenser, framtagna med *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (enligt tabell C.1), har multiplicerats med belysta delsannolikheter enligt Bilaga A vad gäller uppkomst av en farligt 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.6 - C.7 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 2.

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



Figur C.6. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmit efter utbyggnad).
Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.



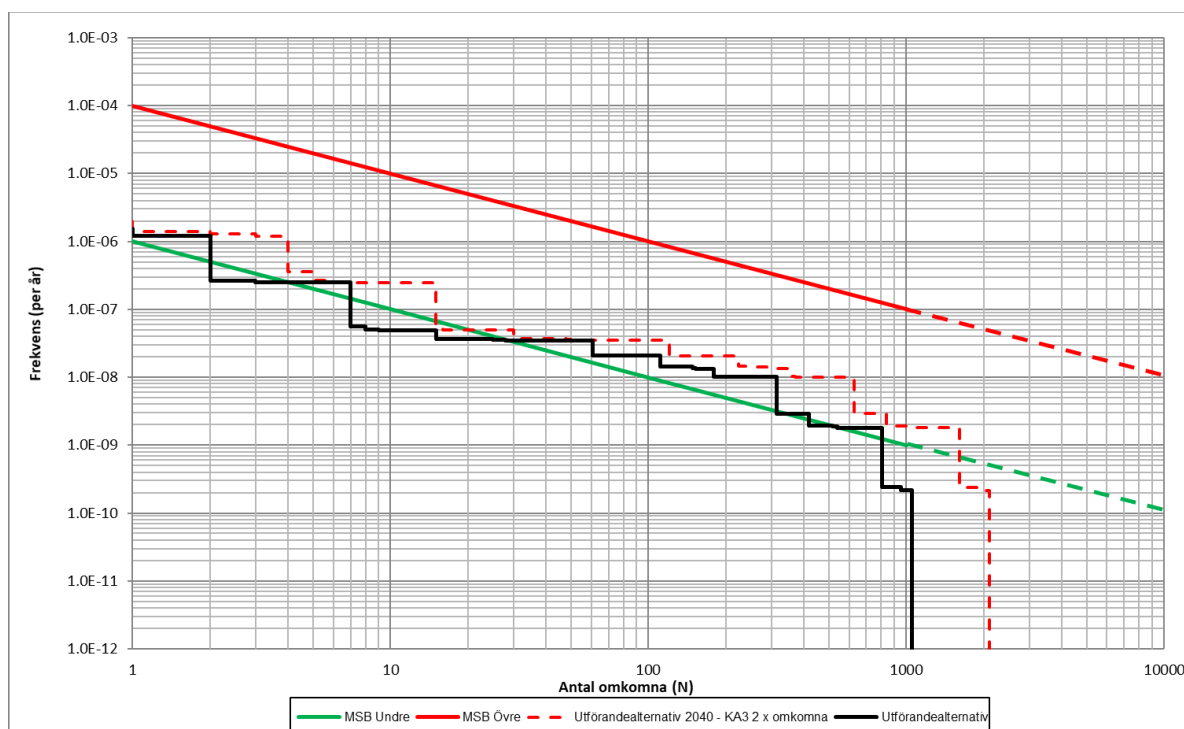
Figur C.7. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i Jordbro

Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

4.3 Känslighetsanalys 3. Förändrade konsekvenser

Samhällsriskberäkningar presenterade i figur C.8 återger hur resultaten kan förväntas variera beroende av antagande om persontäthet inom det studerade området.

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



Figur C.8. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i Jordbro.

Känslighetsanalys 3 – Förändrade konsekvenser.