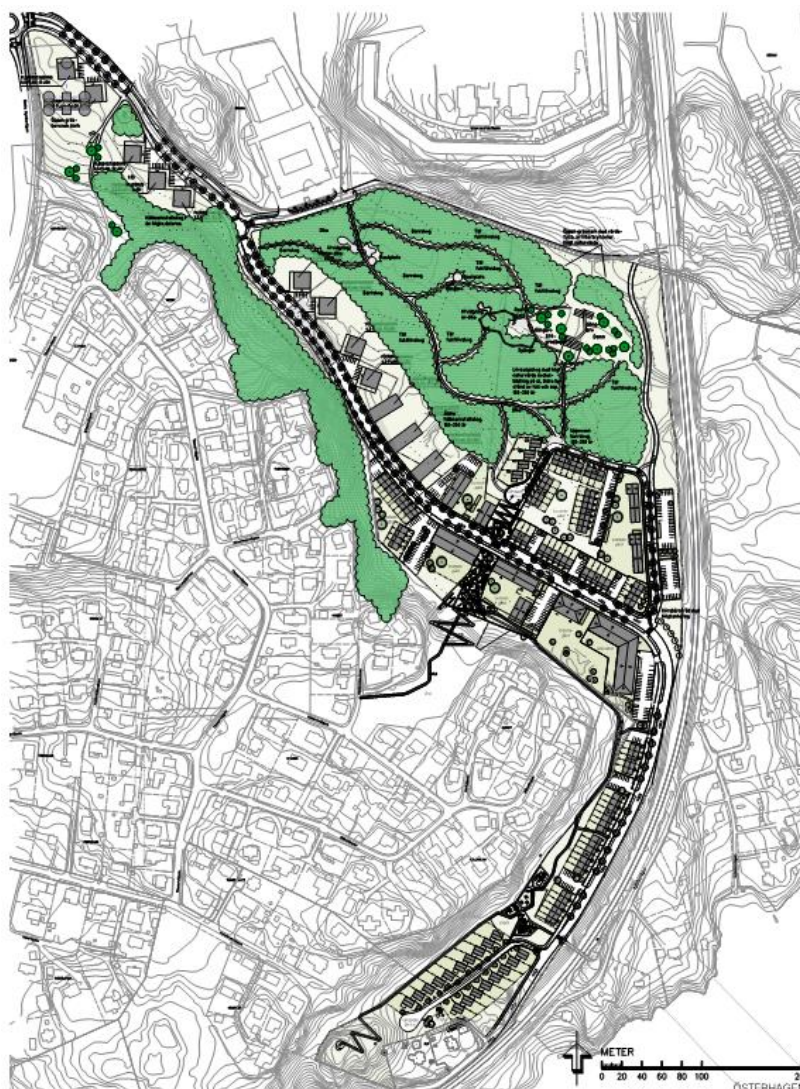


Fördjupad riskanalys

Österhagen i Skogås, Huddinge kommun

Underlag för detaljplanearbete

2019-10-15



Dokumenttyp: Fördjupad riskanalys
Uppdragsnamn: Österhagen i Skogås, Huddinge kommun
Fördjupad riskanalys avseende närheten till Nynäsbanan
Uppdragsnummer: 110662
Datum: 2019-10-15
Status: Underlag för detaljplanearbete
Uppdragsledare: Patrick Ahlgren
Handläggare: Patrick Ahlgren
Tel: 08 588 188 26
E-post: patrick.ahlgren@brandskyddslaget.se
Uppdragsgivare: Veidekke Villatomter AB

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Version
2017-05-04	PAN	EMM	Version 1, granskningshandling
2018-02-09	PAN	LSS	Version 2, underlag för detaljplanearbete - granskningshandling
2018-03-05	PAN	LSS	Version 3, underlag för detaljplanearbete
2019-10-15	PAN	EMM	Version 4, underlag för detaljplanearbete

Version 4 avser uppdaterad riskanalys med anledning av nytt bebyggelseförslag samt nya trafiksiffror enligt uppgift från Huddinge kommun. Ändringar jämfört med tidigare version är markerade med streck i marginalen.

Sammanfattning

Ny bebyggelse planeras i området Österhagen i Skogås, Huddinge kommun. Den planerade byggelsen omfattar blandad bostadsbebyggelse, förskola samt vårdboende. Planområdet ligger i direkt anslutning till Nynäsbanan, vilket ställer krav på att olycksriskerna förknippade med järnvägstrafiken (person- och godståg) analyseras vid exploatering inom området. Brandskyddslaget har fått i uppdrag att analysera möjliga olycksrisker förknippade med Nynäsbanan. Detta har skett i två steg. Under våren 2016 togs en inledande riskanalys fram vilken identifierade ett antal olycksrisker förknippade med Nynäsbanan som bedöms kunna påverka risknivån inom planområdet. Identifierade olycksrisker har därefter analyserats i en fördjupad (kvantitativ) riskanalys.

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

Den fördjupade riskanalysen omfattar följande skadescenarier:

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

Enligt den inledande riskanalysen har urspårning förknippad med trafik på Nynäsbanan en mycket begränsad påverkan på risknivån inom planområdet. Aktuellt skyddsavstånd mellan Nynäsbanan och planområdet, de topografiska förhållandena samt planerad utformning av utrymmen närmast järnvägen, bedöms ge ett betryggande skydd mot urspårningsolyckor varför scenariot inte studeras i den fördjupade analysen.

I den fördjupade (kvantitativa) riskanalysen har risknivån beräknats i form av individrisk (den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla) och samhällsrisk (den risk som riskkällan utgör mot den kringliggande omgivningen), dels för dagens trafiksiffror, dels för prognosåret 2040. För prognosåret 2040 beaktas den planerade utbyggnaden av Norviks hamn, vilken förväntas generera farligt godstransporter på Nynäsbanan.

Analysen visar att individrisken inom planområdet är låg och ligger under ALARP, både för oskyddade personer utomhus och personer som vistas inomhus. Samhällsrisken är i huvudsak låg men för prognosåret 2040 tangerar samhällsrisken ALARP. Det är främst BLEVE till följd av olycka med brännbar gas (klass 2.1) på Nynäsbanan som resulterar i att samhällsrisken tangerar ALARP. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsrisknivån. Vidare bedöms tågbrand ha en extremt liten påverkan på risknivån med hänsyn till att placering av bebyggelse som närmast 30 meter från Nynäsbanan ger ett betryggande skyddsavstånd.

Bebyggelse planeras som närmast cirka 30 meter från närmaste spårmitt på Nynäsbanan, vilket innebär att Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till järnväg underskrids. Den

rekommenderade bebyggelsefria zonen på minst 25 meter uppfylls dock med aktuellt planförslag med undantag för en mindre carport som planeras 20 meter från Nynäsbanan. Med anledning av den något förhöjda risknivån samt aktuellt avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd föreslås att säkerhetshöjande åtgärder vidtas i syfte att reducera "nettotillskottet" av oönskade händelser som avsteget innebär. Åtgärderna syftar till att sänka risknivån så att planerad markanvändning blir acceptabel. Ett antal säkerhetshöjande åtgärder har studerats. De åtgärder som föreslås nedan är de som bedöms rimliga att genomföra med hänsyn till den riskreducerande effekten och begränsning av planerade verksamheter med avseende på bland annat syfte, funktion och kostnad.

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

- Ny bebyggelse placeras som närmast 30 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt).
Carport/cykelförråd eller liknande byggnader för icke stadigvarande vistelse, utförda i lättkonstruktion, kan placeras på minst 20 meters avstånd efter godkännande från Trafikverket.
- Förskola och vårdboende placeras som närmast 50 meter från Nynäsbanan så att Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd uppfylls.
- Obebyggda ytor inom 25 meter från Nynäsbanan ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ny bebyggelse som ligger inom 50 meter från Nynäsbanan, och därmed inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se avsnitt 1.6.1), som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse, ska utföras med följande åtgärd:
 - Från samtliga utrymmen med stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Nynäsbanan.

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

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

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte	6
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Underlag	6
1.5 Internkontroll.....	6
1.6 Förutsättningar	6
2. ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV OMRÅDET	8
2.1 Områdesbeskrivning	8
2.2 Planerad bebyggelse.....	8
3. UNDERLAG TILL DETALJERAD ANALYS	10
3.1 Resultat inledande analys	10
3.2 Riskinventering – gällande förutsättningar Nynäsbanan	10
4. FÖRDJUPAD RISKANALYS	14
4.1 Metodik.....	14
4.2 Resultat riskberäkningar	15
4.3 Värdering av risk	17
4.4 Hantering av osäkerheter	18
5. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	20
5.1 Allmänt.....	20
5.2 Diskussion kring åtgärder	20
5.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning	23
6. SLUTSATSER	25
7. BILAGOR	26
8. REFERENSER	27

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Ny bebyggelse planeras i området Österhagen i Skogås, Huddinge kommun. Den planerade byggelsen omfattar blandad bostadsbebyggelse, förskola samt vårdboende. Planområdet ligger i direkt anslutning till Nynäsbanan vilket ställer krav på att olycksriskerna förknippade med järnvägstrafiken (person- och godståg) analyseras vid exploatering inom området.

Brandskyddslaget har fått i uppdrag att analysera möjliga olycksrisker förknippade med Nynäsbanan. Detta har skett i två steg. Under våren 2016 togs en inledande riskanalys fram som underlag för det fortsatta arbetet /1/. I den inledande analysen konstaterades att det finns ett antal olycksrisker förknippade med Nynäsbanan som bedöms kunna påverka risknivån inom planområdet och som därför behöver studeras i en fördjupad riskanalys.

Med anledning av detta har Brandskyddslaget fått i uppdrag att genomföra en fördjupad (kvantitativ analys) avseende olycksrisker förknippade med trafiken på järnvägen.

1.2 Syfte

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

1.3 Omfattning

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

Trafikanter på järnvägen omfattas inte av analysen.

1.4 Underlag

Underlag för riskanalysen utgörs i huvudsak av följande handlingar:

- Skiss A1719-114 - Illustrationsplan med förslag på ny bebyggelse, upprättad av Equator och daterad 2018-09-09

Övriga dokument, där information inhämtats, redovisas löpande och sammanfattas i avsnitt 8.

1.5 Internkontroll

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

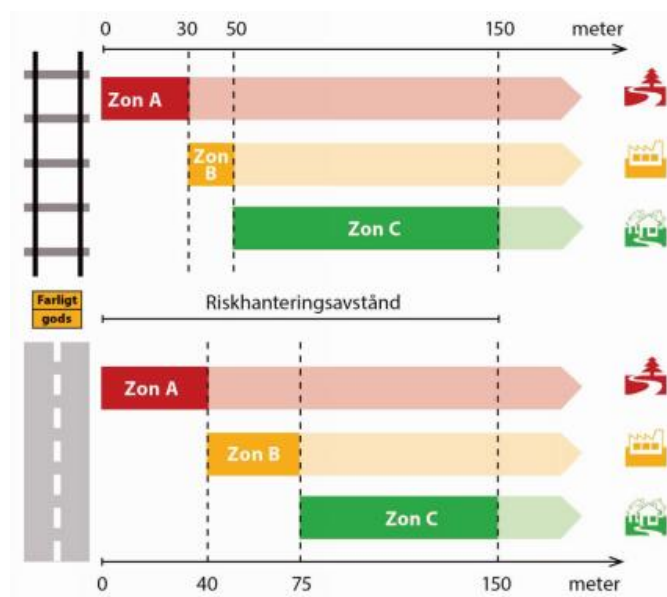
1.6 Förutsättningar

1.6.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

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

Länsstyrelsen i Stockholms Län har tagit fram riktlinjer för hur risker från transporter med farligt gods på väg och järnväg ska hanteras vid exploatering av ny bebyggelse /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 spårmitt.

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

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

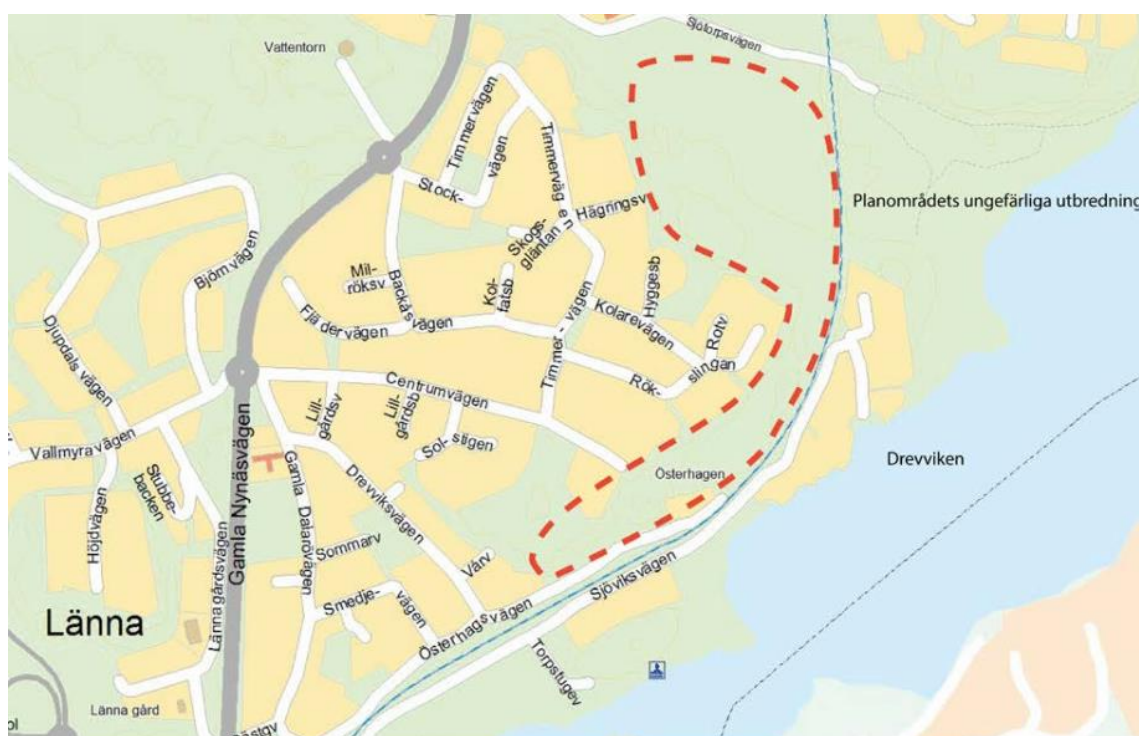
Intill järnväg rekommenderas ett bebyggelsefritt avstånd på minst 25 meter. Åtgärder ska vidtas inom 30 meter.

2. Översiktlig beskrivning av området

2.1 Områdesbeskrivning

Det aktuella området ligger i Länna i Skogås, Huddinge kommun, cirka 1 km söder om Skogås pendeltågsstation. Planområdet är cirka 20 hektar stort och omfattar fastigheterna Länna 4:7, 4:9 och 4:168. Området är idag obebyggt med undantag för några enstaka villor. Planområdet angränsar direkt mot Nynäsbanan som passerar mellan planområdet och sjön Drevviken, se Figur 2.1. Omkringliggande områden västerut och delvis söderut samt österut består av villabebyggelse med inslag av fritidshus. Stora delar av området österut är obebyggt.

Nynäsbanan passerar delvis planområdet i bergsskärning vilket innebär att de sydvästra delarna av planområdet ligger cirka 5-7 meter högre än järnvägen. Höjdskillnaden avtar mot de norra delarna av planområdet där järnvägen går på bank och spårområdet delvis ligger i höjd med planområdet.



Figur 2.1. Planområdets ungefärliga utbredning inklusive närmaste omgivning (underlag från Huddinge kommun).

2.1.1 Omgivande planer

I närområdet kring det aktuella planområdet har det inte identifierats några andra planer som bedöms kunna medföra förändringar avseende riskpåverkan för den planerade nya bebyggelsen.

2.2 Planerad bebyggelse

Planförslaget innebär att området bebyggs med blandad bostadsbebyggelse (radhus, kedjehus och flerbostadshus), vårdboende samt förskola, se Figur 2.2. Bebyggelsen planeras i huvudsak i planområdets södra, mellersta och nordvästra delar. I norr planeras naturmark med en dagvattendamm. Mellan bebyggelse och Nynäsbanan anläggs en huvudgata med allé, samt i den mellersta delen även markparkering med carport/cykelparkering.



Figur 2.2. Illustrationsplan med förslag på ny bebyggelse inom planområdet. Nynäsbanan är markerad med röstreckad linje.

Avståndet mellan planområdet och Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) varierar och är som kortast cirka 5 meter i höjd med befintlig bebyggelse i planområdets södra del, men uppgår i övriga delar till minst 10 meter. Inom området närmast Nynäsbanan planeras för infrastruktur (huvudgata, gång- och cykelväg) samt obebyggda ytor som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Markparkering planeras som närmast cirka 20 meter från Nynäsbanan och närmaste villatomt cirka 25 meter.

Enligt studerat förslag erhålls följande minsta avstånd mellan planerade bebyggelse typer och Nynäsbanan:

- Kedjehus ca 35 m
- Radhus ca 30 m
- Flerbostadshus ca 50 m
- Vårdboende ca 50 m
- Förskola ca 100 m
- Carport ca 20 m

3. Underlag till detaljerad analys

3.1 Resultat inledande analys

Av de identifierade riskerna som studeras i den inledande riskanalysen /1/ har följande olycksrisker bedömts vara av sådan omfattning att en mer detaljerad analys anses nödvändig:

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

I den inledande riskanalysen /1/ konstaterades att urspårning förknippad med trafik (person- och godståg) på Nynäsbanan har en mycket begränsad påverkan på risknivån inom planområdet. Aktuellt skyddsavstånd mellan Nynäsbanan och planområdet, de topografiska förhållandena samt planerad utformning av utrymmen närmast järnvägen, bedöms ge ett betryggande skydd mot urspårningsolyckor varför scenariot inte studeras i den fördjupade analysen.

3.2 Riskinventering – gällande förutsättningar Nynäsbanan

Detta avsnitt beskriver ändrade förutsättningar gällande trafiken på Nynäsbanan jämfört med den inledande riskanalysen /1/. Trafiksiffror för antalet godståg har justerats utifrån nya uppgifter från Huddinge kommun, se nedan.

3.2.1 Allmänt

Nynäsbanan går mellan Älvsjö och Nynäshamn och passerar utmed planområdet. Cirka 1 km norr om planområdet ligger Skogås pendeltågsstation. På den aktuella sträckan består järnvägen av två spår med genomgående tågtrafik. I höjd med planområdet är järnvägen lätt svängd och viker av norrut mot Skogås pendeltågsstation.

Nynäsbanan trafikeras i huvudsak av pendeltåg men det förekommer även godståg. Pendeltågen går i kvartstrafik under dagtid och i halvtimmestrafik på kvällarna. Enligt uppgifter från Trafikverket för perioden 2013-2015 trafikerades sträckan av i genomsnitt 152 tåg per dygn, varav 2 godståg /3/.

Tillåten maxhastighet på spåren är 140 km/h för pendeltåg och 100 km/h för godståg.

3.2.2 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 256 persontåg per dygn och 5 godståg per dygn /4, 5/.

Stockholms Hamnar planerar en ny hamn för godstrafik i Norvik i Nynäshamns kommun. I planen ingår en framtida industrispåranslutning till Nynäsbanan för att även möjliggöra godstransporter med järnväg utöver transporter på väg 73. Fullt utbyggd beräknas hamnen hantera cirka 300 000 containers per år samt en genomströmning av 200 000 fordon med rullande gods (Roll on-Roll of) /6/.

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.

Utbyggnaden av Norvik kommer innebära en större ökning av godstrafiken på Nynäsbanan än vad som redovisas i Trafikverkets basprognos. Hänsyn bör tas till att utbyggnaden av Norvik kan innebära 12 godståg per dygn istället för 5 godståg per dygn som redovisas i basprognosen /5/.

3.2.3 Transporter av farligt gods

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

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

- Uppgifter över mängden farligt gods som transporterades på Nynäsbanan under år 2013-2015 har erhållits från Trafikverket /3/. Informationen är av känslig art och får därför inte presenteras i detalj i denna analys. Av uppgifterna framgår att ca 5 % av alla godsvagnar på Nynäsbanan rymmer farligt gods samt att det är ämnen i klass 2 och klass 3 som transporteras.

- Utöver statistik från Trafikverket har MSB (tidigare Räddningsverket) genomfört mätningar av mängden farligt gods som transporterades på Sveriges järnvägar under perioden september-november 1996 samt under september 2006. Kartläggningen 1996 /7/ redovisade inga transporter av farligt gods på Nynäsbanan medan motsvarande kartläggning 2006 /8/ 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 /9/. Green Cargo utgör en av de större transportörerna av gods på Sveriges järnvägar. Statistiken redovisar följande transporter av farligt gods på Nynäsbanan:
 - Klass 2.1: 414 ton/kvartal
 - Klass 3: 1 824 ton/kvartal
 - **Totalt: 2 238 ton/kvartal**
- Trafikanalys upprättar årliga statistikrapporter över den totala godstrafiken på Sveriges järnvägar inklusive farligt gods. Enligt denna statistik har i genomsnitt 4-5 % av den totala godsmängden varit farligt gods under femårsperioden, 2013-2017 /10/.

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 /6/.

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 3.1.

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) och prognostiserade trafikmängder för Norvik.

Godståg på den aktuella järnvägssträckan utgör i genomsnitt 10-14 godsvagnar per tåg. Enligt uppgifterna ovan så kommer detta även gälla för de tillkommande godstågen till och från Norvik.

Tabell 3.1. 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	0,05%	1
2	26,3%	126	15,5%	385
3	38,1%	182	33,7%	836
4	3,0%	15	3,1%	77
5	14,2%	68	10,5%	260
6	1,9%	9	4,6%	113
7	0,0%	0	0,0%	0
8	16,2%	78	21,2%	524
9	0,3%	1	11,4%	283
Totalt		479		2 478

4. Fördjupad riskanalys

4.1 Metodik

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

4.1.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

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

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilaga A och bilaga B.

4.1.2 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.

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.

Samhällsrisken beräknas för aktuellt utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom planområdet.

Riskberäkningar redovisas i bilaga C.

4.1.3 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 /11/* ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, se Tabell 4.1.

Tabell 4.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

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

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

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

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

4.1.4 Hantering av osäkerheter

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

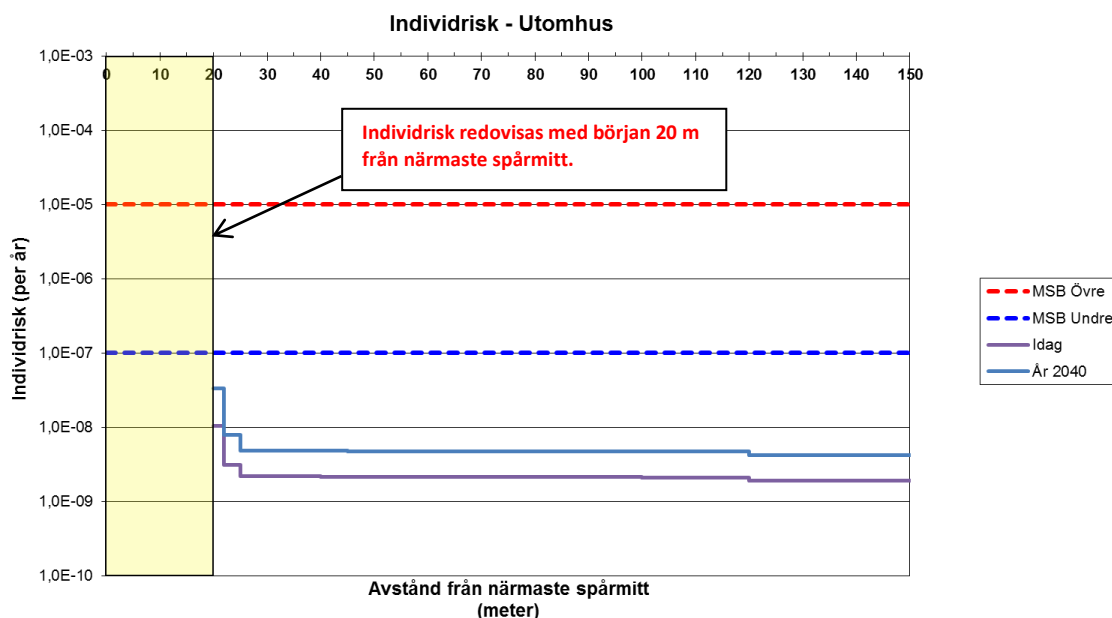
4.2 Resultat riskberäkningar

4.2.1 Individrisk

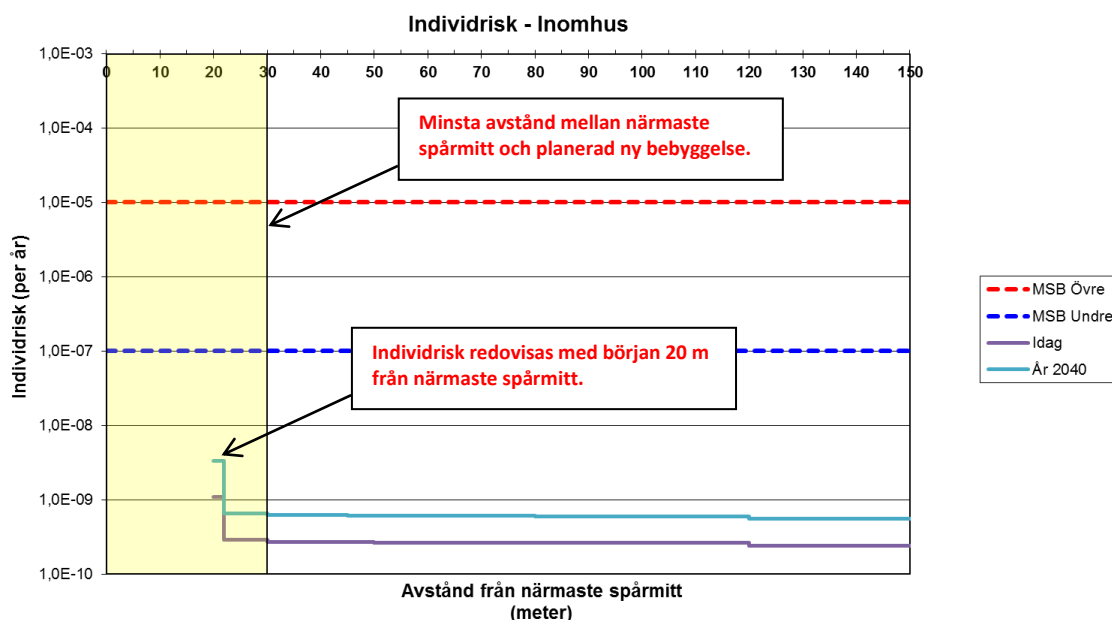
Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed Nynäsbanan. Individrisken presenteras dels för oskyddade personer utomhus (se Figur 4.1) och dels för personer inomhus (se Figur 4.2). Individrisken redovisas för dagens trafiksiffror samt för prognosåret 2040.

Avstånden i diagrammen utgår från närmaste spårmitt på Nynäsbanan.

Individriskens redovisas med början 20 meter från närmaste spårmit med anledning av att riskbidraget från urspårning, som påverkar risknivån närmast Nynäsbanan, inte studeras i den fördjupade riskanalysen, se avsnitt 3.1. Inom 20 meter från Nynäsbanan planeras inga ytor för stadigvarande vistelse, varför det inte finns behov av att studera individriskens inom dessa områden.



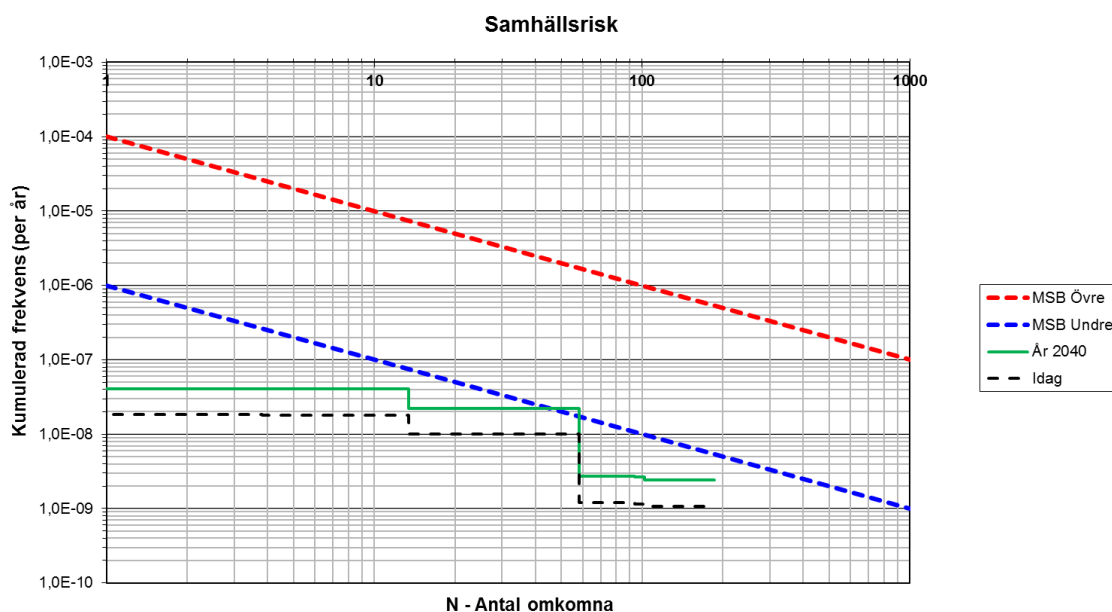
Figur 4.1. Individrisk utomhus utmed Nynäsbanan. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala).



Figur 4.2. Individrisk inomhus utmed Nynäsbanan. (Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala).

4.2.2 Samhällsrisk

I Figur 4.3 redovisas den beräknade samhällsrisk i det studerade området, dvs. aktuellt planområde och kringliggande bebyggelse. Samhällsrisk presenteras med planerad ny bebyggelse inom det aktuella planområdet. Beräkningarna har gjorts för dagens trafik samt för en uppskattad framtida trafiksituation år 2040.



Figur 4.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med Nynäsbanan. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)

4.3 Värdering av risk

Med avseende på **individerisk** bedöms risker förknippade med trafiken på Nynäsbanan hamna under ALARP. Detta gäller för både oskyddade personer inom planområdet samt personer som vistas inomhus inom planområdet. Med avseende på beräknade individerisker anses risknivån vara acceptabel för planerad bebyggelse och inga åtgärder eller ytterligare skyddsavstånd erfordras.

Med avseende på **samhällsrisk** bedöms risker förknippade med transporter av farligt gods på Nynäsbanan tangerar ALARP för prognosåret 2040, vilket innebär att åtgärder som kan sänka risknivån ska undersökas. Det är främst BLEVE till följd av olycka med brännbar gas som resulterar i att samhällsrisk tangerar ALARP. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter på Nynäsbanan bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsrisknivån. Tågbrand bedöms ha en extremt liten påverkan på risknivån med hänsyn till att placering av bebyggelse som närmast 30 meter från Nynäsbanan ger ett betryggande skyddsavstånd.

Resonemang om behov samt förslag på åtgärder redovisas i avsnitt 5.

4.4 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 urspårning med persontåg respektive godståg hämtats från beräkningsmetod utgiven av den europeiska järnvägsunionen, *UIC Code 777-2 R /12/*. 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 /13/*. Med avseende på att olyckskvoterna som ligger till grund för beräkning av urspårning skiljer sig åt mellan de olika metoderna kommer följaktligen beräknade olycksfrekvenser för respektive sluthändelse att variera beroende av val av beräkningsmetodik.

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

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

Utförd känslighetsanalys påvisar följande:

- Även vid en mycket kraftig ökning av antalet farligt godstransporter på Nynäsbanan så hamnar samhällsrisken fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsrisken hamnar aldrig på en oacceptabel nivå. Ett ökat transportantal resulterar dock i att fler olycksrisker bidrar till att samhällsrisken hamnar inom ALARP.
- 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 urspårning med persontåg där olycksfrekvensen ökar relativt kraftigt. Med hänsyn till att järnvägen passerar förbi planområdet i bergskärning samt avståndet till kringliggande bebyggelse och obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse så medför dessa skadescenarier dock mycket begränsad risk för omkomna till händelse av denna typ av olycka inom planområdet. Påverkan på samhällsrisken blir därför mycket marginell. Samhällsrisken hamnar fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsrisken hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- Att använda beräkningsmetodiken enligt VTI påverkar individrisken. Mer än 20 meter från järnvägens spår kommer individrisknivån dock ändå fortfarande vara acceptabel.

Individrisknivån i anslutning till bebyggelse, som planeras minst 30 meter närmaste spår, är därmed att betrakta som acceptabel även med en konservativ beräkningsmetodik.

- En kraftig ökning av konsekvenserna för respektive skadescenario bedöms också ha en begränsad påverkan på resultatet. Samhällsriskén förskjuts något och hamnar även inom ALARP för ett färre antal omkomna, men hamnar fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskén 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).

5. Säkerhetshöjande åtgärder

5.1 Allmänt

Enligt den fördjupade analysen bedöms risknivån för det aktuella 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 riskkällor. Dessutom behöver bedömningen av åtgärder beakta vilket bidrag till risknivån som respektive olycksrisk innebär.

5.2 Diskussion kring åtgärder

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

Respektive avsnitt inleds med en generell beskrivning av restriktioner och åtgärder. I kursiv text redovisas en specifik bedömning för det aktuella området. I avsnitt 5.3 redovisas sedan en sammanställning av vilka restriktioner och åtgärder som rekommenderas för det aktuella projektet.

5.2.1 Placering av verksamheter

Vid lokalisering i ett utsatt område bör man alltid sträva efter att lokalisera bebyggelsen på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se 1.6.1) bör användas som riktvärden för placering av verksamheter. I centrala områden där det är ont om mark kan detta dock vara svårt.

Normalt innebär uppfyllande av Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd att ytterligare säkerhetshöjande åtgärder inte behöver vidtas. Vid bebyggelse som inte uppfyller de rekommenderade skyddsavstånden kommer kompletterande byggnadstekniska åtgärder generellt behöva vidtas. Omfattningen av åtgärderna är beroende av hur mycket skyddsavstånden underskrids samt vilka olycksrisker som behöver beaktas. Syftet med åtgärderna är att reducera det "nettotillskott" av oönskade händelser som avsteget medför i förhållande till om riktlinjerna skulle följas, se vidare avsnitt 5.2.2.

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

Enligt planförslaget planeras bebyggelse som närmast 30 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) vilket innebär att avsteg görs från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (50 meter). Den rekommenderade bebyggelsefria zonen på minst 25 meter uppfylls med aktuellt planförslag med undantag för en carport/cykelparkering som planeras på 20 meters avstånd. Denna bedöms dock inte ge upphov till någon stadigvarande vistelse.

Vid planering av området bör även beaktas att Trafikverket normalt anger att minst 25 meters skyddsavstånd ska hållas till närmaste spårmitt. Mindre bebyggelse i lättkonstruktion, t.ex. carport eller cykelparkering, som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse, bedöms kunna accepteras med hänsyn till aktuell hastighet på järnvägen och att järnvägen passerar i bergskärning förbi planområdet. Sammantaget bedöms planerade byggnader i lättkonstruktion ha en mycket begränsad påverkan på trafikanternas säkerhet.

Utifrån samhällsriskberäkningarna dras slutsatsen att planerad exploatering och föreslagna avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd har en mycket begränsad påverkan på samhällsrisknivån inom planområdet. Föreslagen exploatering med bebyggelse inom 50 meter från Nynäsbanan bör därför kunna accepteras. Det rekommenderas dock att kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas, se avsnitt 5.2.2.

Med hänsyn till risknivån samt Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd, rekommenderas att ytor inom 25 meter från Nynäsbanan inte utformas så att de uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Med stadigvarande vistelse avses exempelvis lekplatser, utegym m.m. Markparkering samt gång- och cykelvägar är ytor som inte bedöms ge upphov till stadigvarande vistelse och som därmed kan placeras inom 25 meter från Nynäsbanan.

För att tillgodose att avstånden mellan Nynäsbanan och ny bebyggelse samt utrymmen för stadigvarande vistelse utomhus motsvarar föreslag situationsplan behöver detta anges som krav i detaljplanen, se vidare avsnitt 5.3.

5.2.2 Byggnadstekniska åtgärder

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

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

Utrymningsstrategin för ny bebyggelse i anslutning till riskkällan behöver utformas med beaktande av möjliga olyckor. Detta innebär att utrymningsvägar ska dimensioneras och utformas så att utrymning kan ske tillfredställande även vid en olycka på Nynäsbanan.

Ovanstående innebär att ny bebyggelse inom 50 meter från riskkällan ska utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från riskkällan. 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. Det ska observeras att utrymning via fönster eller balkong med räddningstjänstens stegutrustning inte uppfyller syftet med åtgärdsförslaget.

Åtgärderna bör åtminstone vidtas för byggnader inom 50 meter från järnvägen, som vetter direkt mot järnvägen (rekommenderat skyddsavstånd enligt Länsstyrelsen).

Det föreslås att åtgärden anges som krav i detaljplan alternativt planbeskrivning, se avsnitt 5.3.

Skydd mot explosion

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

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

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

Enligt den fördjupade riskbedömningen så har olycka med explosiva ämnen samt oxiderande ämnen och organiska peroxider på Nynäsbanan en begränsad påverkan på risknivån inom planområdet. Frekvenserna för massexplosion och explosionsartat brandförlopp är extremt låga, vilket dels beror på mycket begränsade transportmängder, dels de hårda regler som gäller för transport av dessa ämnen.

Med hänsyn till det begränsade riskbidraget bedöms det inte vara rimligt att vidta byggnadstekniska åtgärder för explosioner.

Skydd mot gaser

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

Åtgärden innebär normalt en låg kostnad men kan vara svår att följa upp och kan inte helt regleras som en planbestämmelse.

Enligt den fördjupade riskbedömningen är det främst BLEVE till följd av olycka med brännbar gas som bidrar till att samhällsrisken tangerar ALARP. Övriga olycksrisker förknippade med brännbara och giftiga gaser har en begränsad påverkan på risknivån inom planområdet. Med hänsyn till detta samt att ventilationstekniska åtgärder har en mycket begränsad påverkan på BLEVE bedöms det inte vara motiverat med ventilationstekniska åtgärder för bebyggelse som placeras inom 50 meter från Nynäsbanan.

Skydd mot brand

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

Enligt den fördjupade riskbedömningen har olycka med brandfarlig vätska och tågbrand på Nynäsbanan en mycket begränsad påverkan på risknivån inom planområdet. Även olycka med brännbar gas med undantag för BLEVE har en begränsad påverkan på risknivån. I avsnitt 5.2.1 rekommenderas skyddsavstånd mellan Nynäsbanan och ny bebyggelse samt obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Skyddsavståndet ger ett betryggande skydd mot olycka med brandfarliga vätskor samt tågbrand och begränsar dessutom risken för brandspridning in i byggnader vid olycka med brännbar gas. Med hänsyn till ovanstående behöver således inga åtgärder till skydd mot brand vidtas.

5.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

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

- Ny bebyggelse placeras som närmast 30 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt).
- Carport/cykelförråd eller liknande byggnader för icke stadigvarande vistelse, utförda i lättkonstruktion, kan placeras på minst 20 meters avstånd efter godkännande från Trafikverket.
- Förskola och vårdboende placeras som närmst 50 meter från Nynäsbanan så att Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd uppfylls.
- Obebyggda ytor inom 25 meter från Nynäsbanan ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ny bebyggelse som ligger inom 50 meter från Nynäsbanan, och därmed inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se avsnitt 1.6.1), som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse, ska utföras med följande åtgärd:
 - Från samtliga utrymmen med stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Nynäsbanan.

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

5.3.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

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

- Begränsning av sannolikheten för att personer utsätts för en förhöjd risknivå under längre tidsperioder genom att tillgodose skyddsavstånd till ny bebyggelse samt områden med stadigvarande vistelse utomhus.
- Begränsning av möjligheten för att oskyddade personer skadas utomhus inom områden med förhöjd risknivå genom att tillgodose skyddsavstånd till områden med stadigvarande vistelse.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av en större utvändig brand genom skyddsavstånd.
- 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 riskkällan.

I bilaga C redovisas samhällsriskerna med hänsyn tagen till föreslagna åtgärder och restriktioner kring markanvändning. För aktuell situationsplan har de byggnadstekniska åtgärderna och restriktioner kring markanvändning en reducerande effekt i förhållande till den beräknade samhällsriskerna. Samhällsriskerna tangerar fortfarande ALARP eftersom de föreslagna byggnadstekniska åtgärderna och restriktioner i markanvändningen främst syftar till att säkerställa att risknivån inte blir förhöjd inom planområdet. Med hänsyn till den beräknade risknivån inom studerade områden bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt.

6. Slutsatser

Det aktuella planområdet ligger i direkt anslutning till Nynäsbanan på vilken transporter av farligt gods förekommer. Planerad bebyggelse uppförs som närmast cirka 30 meter från närmaste spårmitt, vilket understiger Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till järnväg.

Genomförd riskbedömning av identifierade risker förknippade med Nynäsbanan visar att olycksriskerna påverkar risknivån inom det studerade området. Av identifierade risker är det främst BLEVE vid olycka med brännbar gas (klass 2.1) som leder till att samhällsriskerna tangerar ALARP. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godsklasser bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsriskerna. Vidare bedöms tågbrand ha en extremt liten påverkan på risknivån med hänsyn till att placering av bebyggelse som närmast 30 meter från Nynäsbanan ger ett betryggande skyddsavstånd. Individrisken inom planområdet är låg och ligger under ALARP, både för oskyddade personer utomhus och personer som vistas inomhus.

Med anledning av den något förhöjda samhällsrisknivån samt avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd föreslås att säkerhetshöjande åtgärder vidtas i syfte att reducera "nettotillskottet" av oönskade händelser som avsteget medför.

I avsnitt 5.3 redovisas de åtgärder som rekommenderas vid föreslagen bebyggelse och markanvändning inom planområdet. För att säkerställa att åtgärderna vidtas krävs att dessa utformas som planbestämmelser i kommande detaljplan.

Föreslagna åtgärder innebär en reduktion av samhällsriskerna. Åtgärderna medför att planerad ny bebyggelse och markanvändning får en begränsad påverkan på samhällsriskerna för det aktuella planområdet och dess omgivning.

7. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Riskberäkningar

8. Referenser

- /1/ Österhagen i Skogås, Huddinge kommun – Inledande riskanalys avseende närheten till Nynäsbanan, Brandskyddslaget AB, 2016-05-24
- /2/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /3/ Anders Nilsson, Statistiker på Trafikverket, e-post 2016-05-20
- /4/ Lennart Lennefors, Strategisk planering, Trafikverket, e-post 2016-05-21
- /5/ Helena Ma, Trafik- och landsskapssektionen, Huddinge kommun, e-post 2019-09-23
- /6/ Miljöriskanalys av transporter av farligt gods på väg och järnväg samt i farleden utanför hamnen. Planerad hamn vid Stockholm – Nynäshamn, Norviksudden. Enviroplanning, 2007-01-31
- /7/ Flödet av farligt gods på järnväg, en översiktlig kartering i GIS-miljö, Räddningsverket 1996 (www.msb.se)
- /8/ Kartläggning av farligt godstransporter, september 2006, Räddningsverket 2007
- /9/ RID-transporter utförda av Green Cargo, Älvsjö – Jordbro, mars-maj 2005
- /10/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys
- /11/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /12/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002
- /13/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Österhagen i Skogås, Huddinge kommun

Uppdragsgivare

Veidekke Villatomter AB

Uppdragsnummer

110662

Datum

2019-10-15

Handläggare

Patrick Ahlgren

Egenkontroll

PAN 2019-10-15

Internkontroll

EMM/LSS 2019-10-15

1. Inledning

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

- Tågbrand
- Olycka med farligt gods
 - Explosion vid transport av massexplosivt ämne (klass 1.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)
 - Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

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	12
Olyckskvoter per tågkm	
- Persontåg	2,5E-08
- Godståg	2,5E-07
Antal farligt godsvagnar per år	2478
Andel av godsvagnar som rymmer farligt gods	3,1%

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 Järnvägsolycka allmänt

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 inrymmer farligt gods. Huruvida personer inom planområdet skadas eller ej beror på hur långt från 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>
Godståg:	$2,5 \cdot 10^{-8}$ per tågkm	$25 \cdot 10^{-8}$ per tågkm

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

Frekvensen för urspårning har beräknats för godståg på en **1 km lång järnvägssträcka** i anslutning till det aktuella planområdet. Beräkningarna utgår från olyckskvot för **spår med växlar**. Frekvensen utförs för trafiksiffror idag (152 persontåg respektive 2 godståg per dygn) och prognosår 2040 (256 persontåg respektive 12 godståg per dygn):

- Urspårning godståg idag: $1,8E-04$ urspårningar per år
- Urspårning godståg år 2040: $1,1E-03$ urspårningar per år

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 brandorsak.

Sannolikheten för en tågbrand (oavsett omfattning) bedöms vara relativt hög. Om man studerar det totala antalet inrapporterade tågbränder så är den genomsnittliga olyckskvoten troligtvis högre än t.ex. en urspårning. Enligt statistik från Trafikverket så rapporterades 107

/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

brandhändelser i godståg under perioden januari 2002 till juli 2012 /3, 4/. Under motsvarande tidsperiod producerades cirka 0,44 miljarder godstågskm på järnvägen /5, 6/. Detta ger en total olyckskvot på 2,4E-07 bränder per godstågskm.

Utifrån den redovisade statistiken i /4/ kategoriseras tågbränderna utifrån brandstorlek där statistiken visar på följande fördelning, se tabell A.2.

Tabell A.2. 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.3 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på tågbrand på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.3. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i godståg på aktuell järnvägssträcka.

Scenario	Frekvens (per år)	
	Idag	År 2040
Brand i godståg	1,8E-04	1,1E-03
Väldigt lite tågbrand / rökutveckling	2,9E-05	1,8E-04
Liten tågbrand (inkl. rökutveckling)	8,2E-05	4,9E-04
Stor tågbrand (spridning till gods)	5,7E-05	3,4E-04
Mycket stor tågbrand	6,5E-06	3,9E-05

3.3 Järnvägsolycka med farligt gods

Olycksfrekvens för järnvägsolycka med farligt gods beräknas utifrån samma metodik som redovisas i avsnitt 3.1.

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

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

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

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

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

Enligt avsnitt 3.2.3 i huvudrapporten uppskattas farligt gods utgöra i genomsnitt 5,0 % av den totala godstrafiken med dagens transportsiffror. Motsvarande andel för de prognostiserade transportsiffrorna år 2040 är 3,1 %.

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

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

I Tabell A.4 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka med farligt gods godsvagn är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass.

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

Klass	Ämne	Järnvägsolycka med farligt godsvagn (per år)			
		Idag		År 2040	
		Andel	Frekvens	Andel	Frekvens
1	Explosiva ämnen	<0,1 %	3,0E-08	0,05 %	5,6E-08
2	Gaser	26,3 %	8,0E-06	15,5 %	1,8E-05
3	Brandfarliga vätskor	38,1 %	1,2E-05	33,7 %	3,9E-05
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	3,0 %	9,2E-07	3,1 %	3,6E-06
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	14,2 %	4,3E-06	10,5 %	1,2E-05
6	Giftiga ämnen	1,9 %	5,8E-07	4,6 %	5,3E-06
7	Radioaktiva ämnen	0,0 %	2,8E-09	0,0 %	5,2E-09
8	Frätande ämnen	16,2 %	4,9E-06	21,2 %	2,5E-05
9	Magnetiska material och övriga farliga ämnen	0,3 %	8,8E-08	11,4 %	1,3E-05
Totalt			3,0E-05		1,2E-04

3.3.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Enligt RID-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexplosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt /8/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

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

/8/ RID-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6, 2018

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 massexplosiv ämne per godsvagn. Hur stor andel av transporterna som rymmer så stora mängder är dock oklart.

Enligt nationell statistik (se avsnitt 3.2.3 i huvudrapporten) så transporteras mycket begränsade mängder explosiva ämnen på järnvägar i Sverige. För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarier förknippade med explosivämnerna på aktuella järnvägssträckor så antas det dock konservativt att det förekommer vissa transporter av explosivämnerna. Antagandet utgår från tidigare lokala kartläggningar som pekar på att det kan förekomma transporter av explosivämnerna. Fördelningen mellan olika transportmängder har uppskattats utifrån en separat utredning som upprättades inom projektet med överdäckningen av Norra Stationsområdet /9/. Denna kartläggning beaktar uppgifter från bl.a. MSB, Polisen samt transportörer i Stockholms län.

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

Utifrån de uppgifter som erhållits i kartläggningen som utförts i projektet Norra Stationsområdet har följande fördelning antagits mellan olika transportmängder på Nynäsbanan:

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

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

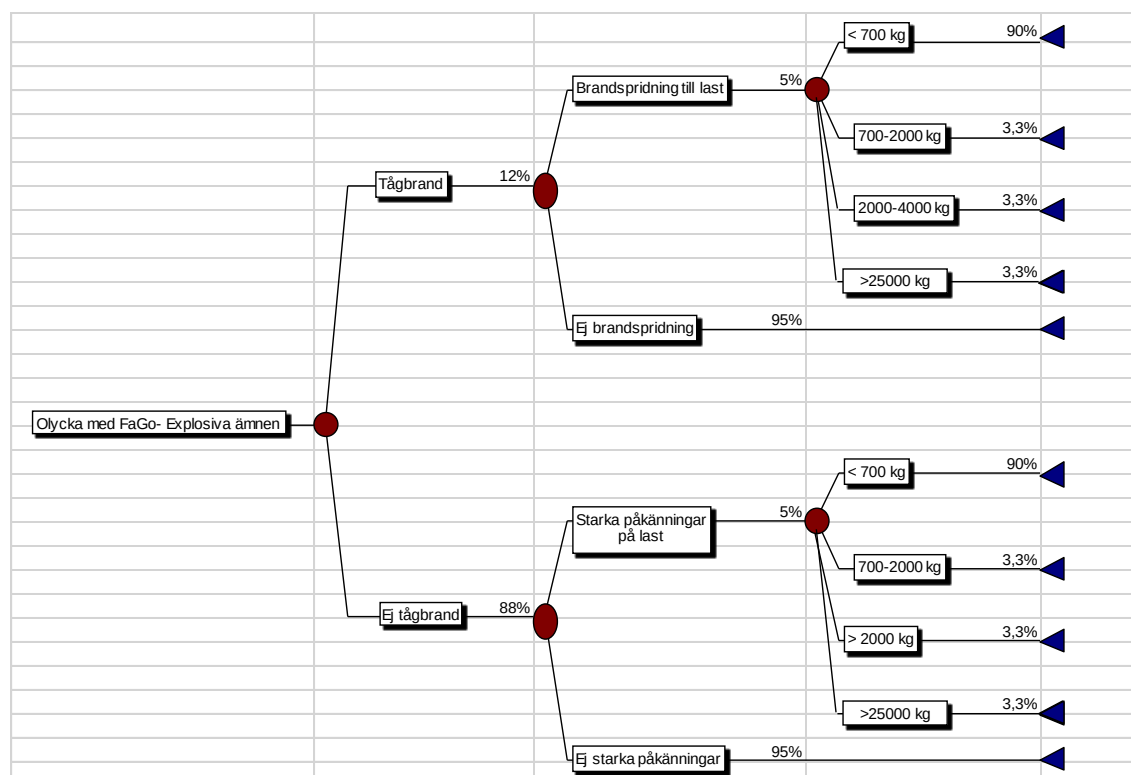
- Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /8/ och utifrån detta bedöms det vara låg sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar. Sannolikheten för stora påkänningar är dessutom beroende av utformningen av området utmed järnvägen. Ett konservativt uppskattande för att tillräckligt stora påkänningar uppstår vid olyckan sätts till 5 % av fallen.
- Utifrån underlaget som redovisas i avsnitt 3.2.3 i huvudrapporten och avsnitt 3.2 uppskattas frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med massexplosiva ämnen:

/9/ Samrådsunderlag avseende omledningsvägnät för explosiva ADR-S transporter – Intunlling av Norra Station, WSP, 2008-11-14

Scenario	Frekvens (per år)	
	Idag	År 2040
Tågbrand i godståg (se Tabell A.3)	1,8E-04	1,1E-03
Tågbrand i vagn med farligt gods (5,0 % av godstrafik Idag) (3,1 % av godstrafik År 2040)	$1,8E-04 \times 5,0 \% = 8,8E-06$	$1,1E-03 \times 3,1 \% = 3,3E-05$
Tågbrand i vagn med explosivämnen (0,1 % av farligt gods Idag) (0,05 % av farligt gods År 2040)	$8,8E-06 \times 0,1 \% = 8,8E-09$	$3,3E-05 \times 0,05 \% = 1,6E-08$

Med hänsyn tagen till gällande regler enligt RID-S uppskattas sannolikheten för att en tågbrand växer sig så stor och riskerar att spridas till lasten vara maximalt 5 % (dvs. hälften av vad som antas för en "vanlig godsvagn" enligt avsnitt 3.2).

Figur A.1 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexlosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i Tabell A.5. Den totala frekvensen för olycka med explosiva ämnen utgörs av frekvensen för järnvägsolycka med explosivämnen enligt Tabell A.4 + frekvensen för tågbrand i vagn med explosiva ämnen, se ovan. Sannolikheten för tågbrand utgår från förhållandet mellan dessa två delfrekvenser (frekvensen för tågbrand i vagn med explosivämne/frekvens för järnvägsolycka med explosivämne).



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

Tabell A.5. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Scenario	Frekvens (per år)	
	Idag	År 2040
Järnvägsolycka med klass 1	3,9E-08	7,2E-08
Urspårning	3,0E-08	5,6E-08
Tågbrand	8,8E-09	1,6E-08
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)		
< 700 kg	1,8E-09	2,7E-09
- P.g.a. starka påkänningar	1,4E-09	2,0E-09
- P.g.a. tågbrand	4,0E-10	7,3E-10
700-2000 kg	6,5E-11	1,2E-10
- P.g.a. starka påkänningar	5,0E-11	9,2E-11
- P.g.a. tågbrand	1,5E-11	2,7E-11
2000-4000 kg	6,5E-11	1,2E-10
- P.g.a. starka påkänningar	5,0E-11	9,2E-11
- P.g.a. tågbrand	1,5E-11	2,7E-11
> 4000 kg	6,5E-11	1,2E-10
- P.g.a. starka påkänningar	5,0E-11	9,3E-11
- P.g.a. tågbrand	1,5E-11	2,7E-11

3.3.2 Klass 2. Gaser

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

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

Statistiken från Trafikanalys /10/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. I tidigare kartläggning från MSB under september 2006 redovisas klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna /11/. Enligt denna kartläggning består den största andelen (cirka 98 %) av brännbara gaser på Nynäsbanan, men kartläggningen redovisar inga transporter av giftiga gaser. I de fortsatta beräkningarna antas grovt att fördelningen mellan undergrupperna är 75 % brännbara gaser, 20 % icke giftiga och icke brännbara gaser respektive 5 % giftiga gaser.

/10/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys

/11/ Kartläggning av farligt godstransporter, september 2006, Räddningsverket 2007

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

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

Observera att det i /7/ redovisas en *not* att de sannolikheter som är angivna för tjockväggiga tankar främst har angetts för att markera att sannolikheten för utsläpp är mycket nära 0. Med hänsyn till detta kommer utsläppsfördelningen att utgå från ovanstående uppgifter om en generell reducering av sannolikheten för utsläpp från tjockväggiga tankar i förhållande till tunnväggiga tankar. För tjockväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp då 1 %.

I konsekvensberäkningarna studeras endast litet respektive stort läckage. Sannolikheten för medelstort utsläpp (20,8 % givet utsläpp enligt /7/) fördelas jämnt mellan dessa två skadescenarier. Sannolikheten för litet (punktering) respektive stort utsläpp givet olycka är då ca 0,7 % respektive ca 0,3 %.

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 /12/:

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

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

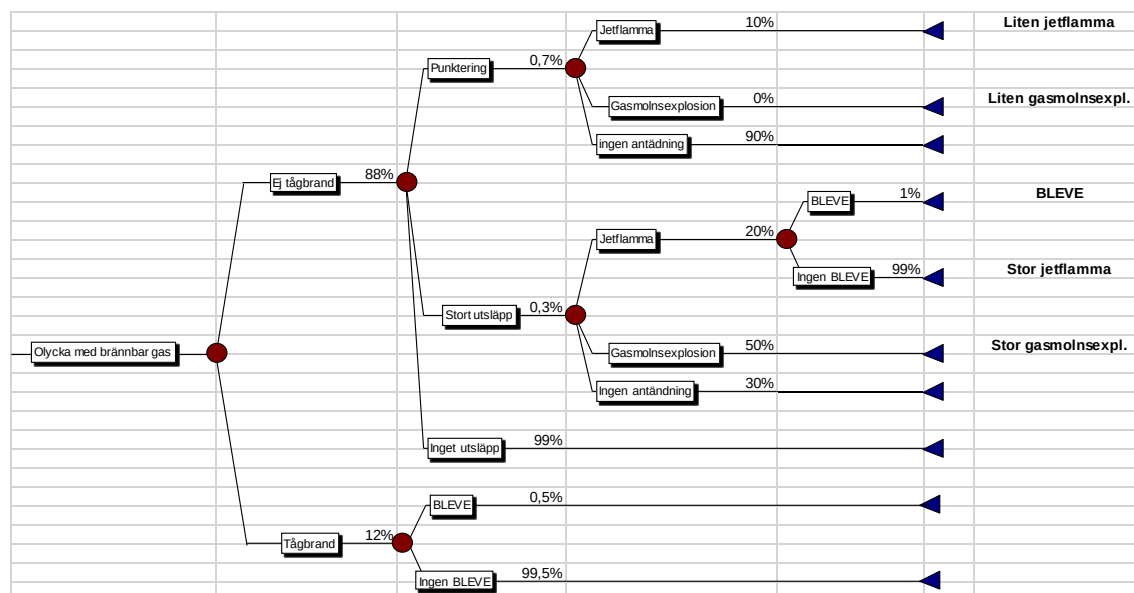
En **BLEVE** antas kunna uppstå i en oskadad tankvagn utan fungerande säkerhetsventil antingen om en stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om järnvägsolyckan leder till tågbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre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

Utifrån underlaget som redovisas i avsnitt 3.2.3 i huvudrapporten och avsnitt 3.2 uppskattas frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med brännbara gaser:

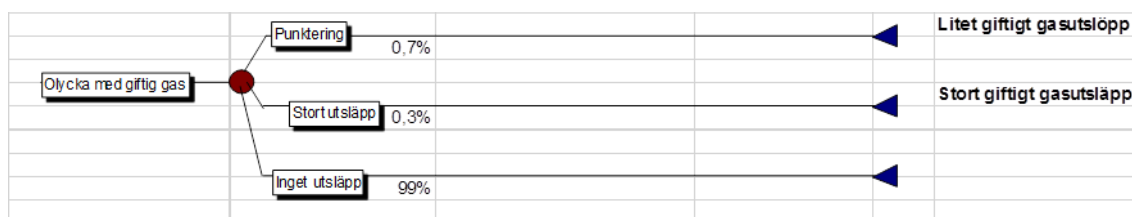
Scenario	Frekvens (per år)	
	Idag	År 2040
Tågbrand i godståg (se Tabell A.3)	1,8E-04	1,1E-03
Tågbrand i vagn med farligt gods (5,0 % av godstrafik Idag) (3,1 % av godstrafik År 2040)	$1,8E-04 \times 5,0 \% = 8,8E-06$	$1,1E-03 \times 3,1 \% = 3,3E-05$
Tågbrand i vagn med brännbar gas (26,3 % x 75 % av farligt gods Idag) (15,5 % x 75 % av farligt gods År 2040)	$8,8E-06 \times (26,3 \% \times 75 \%) = 1,7E-06$	$3,3E-05 \times (15,5 \% \times 75 \%) = 3,9E-06$

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

Figur A.2 och Figur A.3 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med brännbara respektive giftiga gaser. Beräkningsresultaten redovisas i Tabell A.6.



Figur A.2. Händelseträd olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1).



Figur A.3. Händelseträd olycka med transport av giftig gas (klass 2.3).

Tabell A.6. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av gaser.

Scenario	Frekvens (per år)	
	Idag	År 2040
Järnvägsolycka med klass 2.1 (75 % av klass 2)	7,7E-06	1,7E-05
Urspårning	6,0E-06	1,4E-05
Tågbrand	1,7E-06	3,9E-06
Liten jetflamma	4,4E-09	9,9E-09
Liten gasmolnexplosion	0,0E+00	0,0E+00
Stor jetflamma	3,2E-09	7,3E-09
Stor gasmolnexplosion	8,1E-09	1,8E-08
BLEVE	8,8E-09	1,9E-08
- p.g.a. stor jetflamma	3,2E-11	7,3E-11
- p.g.a. brand i godsvagn	8,7E-09	1,9E-08
Järnvägsolycka med klass 2.3 (5 % av klass 2)	4,0E-07	9,0E-07
Litet utsläpp giftig gas	2,9E-09	6,6E-09
Stort utsläpp giftig gas	1,1E-09	2,4E-09

3.3.3 Klass 3. Brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor (klass 3) transporteras normalt i tunnväggiga tankar. Detta medför en något högre sannolikhet för läckage till följd av en järnvägsolycka jämfört med vid en olycka med gastransporter som transporteras i tjockväggiga vagnar, se avsnitt 3.3.2. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % /7/.

I konsekvensberäkningarna studeras litet respektive stort läckage. Sannolikheten för medelstort utsläpp (20,8 % givet utsläpp enligt /7/) fördelas jämnt mellan dessa två skadescenarier. Sannolikheten för litet respektive stort utsläpp givet olycka är då ca 22 % respektive ca 8 %.

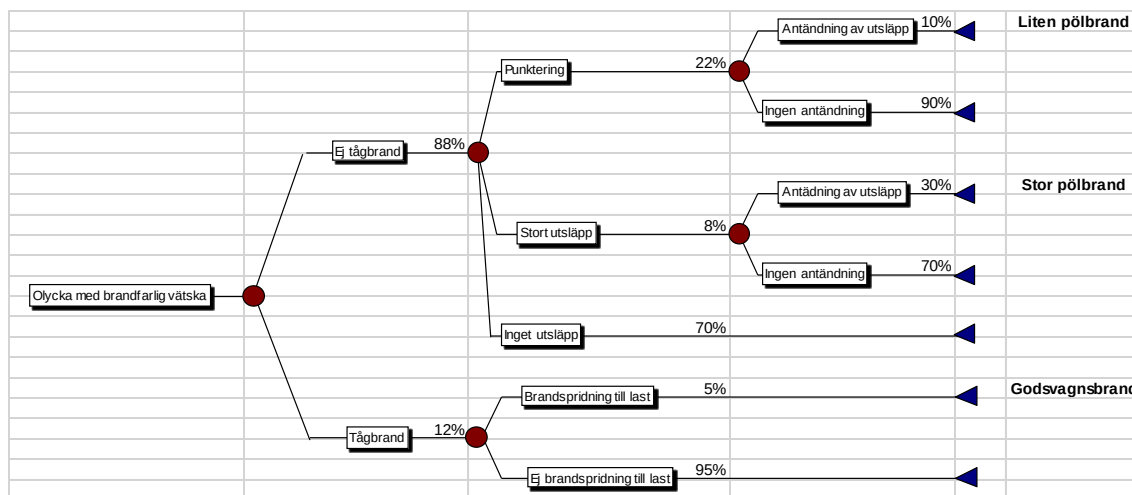
Sannolikheten för att ett litet (punktering) respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg skall antändas är 10 % och 30 % /12/.

Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Utifrån underlaget som redovisas i avsnitt 3.1 och 3.2 uppskattas frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med brandfarliga vätskor:

Scenario	Frekvens (per år)	
	Idag	År 2040
Tågbrand i godståg (se Tabell A.3)	1,8E-04	1,1E-03
Tågbrand i vagn med farligt gods (5,0 % av godstrafik Idag) (3,1 % av godstrafik 2040)	$1,8E-04 \times 5,0 \% = 8,8E-06$	$1,1E-03 \times 3,1 \% = 3,3E-05$
Tågbrand i vagn med brandfarlig vätska (38,1 % av farligt gods Idag) (33,7 % av farligt gods 2040)	$8,8E-06 \times 38,1 \% = 3,4E-06$	$3,3E-05 \times 33,7 \% = 1,1E-05$

Med hänsyn till gällande regler enligt RID-S uppskattas sannolikheten för att en tågbrand växer sig stor och riskerar att spridas till lasten vara maximalt 5 % (dvs. hälften av vad som antas för en "vanlig godsvagn" enligt avsnitt 3.2).

Figur A.4 redovisar ett händelseträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Frekvensen för olika utsläppsscenarioer har beräknats för respektive indata och redovisas i Tabell A.7.



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

Tabell A.7. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska.

Scenario	Frekvens (per år)	
	Idag	År 2040
Järnvägsolycka med klass 3	1,5E-05	5,0E-05
Urspårning	1,2E-05	3,9E-05
Tågbrand	3,4E-06	1,1E-05
Liten pölbrand	3,3E-07	1,1E-06
Stor pölbrand	3,6E-07	1,2E-06
Godsvagnsbrand	1,7E-07	5,6E-07

3.3.4 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

Ämnen ur klass 5 som i ren form kan sönderfalla explosivt utan blandning med något bränsle utgörs enligt /13/ 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 /8/ är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på järnväg. Andelen av de organiska peroxiderna på järnvägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid brand eller vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad. Utifrån den nationella statistiken från Trafikanalys utgör dock organiska peroxider en liten andel (< 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 /8/ 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.

/13/ FOI Memo 2774 – Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI, 2009-04-20

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 /8/, vilket innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det detonerar.

Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar. Skada på en godsvagn med klass 5 bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /7/. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.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 %).

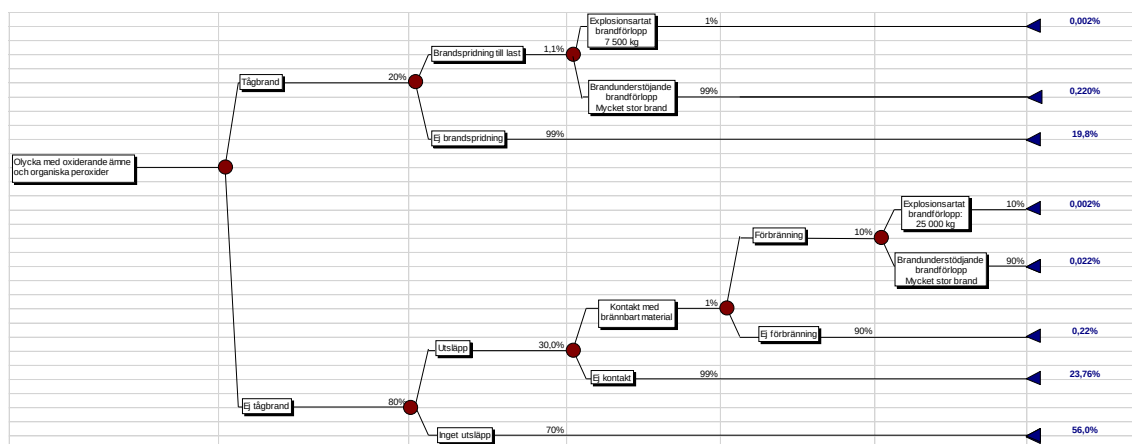
Med hänsyn till gällande regler så bedöms dock sannolikheten för att tågbranden leder till ett explosionsartat brandförlopp vara begränsad, uppskattningsvis högst 1 %. I övriga fall där branden sprider sig till lasten antas det utläckta godset fungera brandunderstödjande så att brandförloppet motsvarar 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 /14/ 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.8.

/14/ 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 (klass 5).

Tabell A.8. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)	
	Idag	År 2040
Järnvägsolycka med oxiderande ämne (klass 5)	5,6E-06	1,6E-05
Järnvägsolycka utan brand	4,3E-06	1,2E-05
Järnvägsolycka med brand	1,3E-06	3,5E-06
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	1,2E-10	3,5E-10
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	1,3E-10	3,7E-10
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)		
- P.g.a. tågbrand	1,2E-08	3,4E-08
- P.g.a. förorening av brännbart material	1,2E-09	3,4E-09

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Österhagen i Skogås, Huddinge kommun

Uppdragsgivare

Veidekke Villatomter AB

Uppdragsnummer

110662

Datum

2019-10-15

Handläggare

Patrick Ahlgren

Egenkontroll

PAN 2019-10-15

Internkontroll

EMM/LSS 2019-10-15

1. Inledning

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

- Tågbrand
- Olycka med farligt gods
 - Explosion vid transport av massexplosivt ämne (klass 1.1.)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)
 - Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

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

2. Beräkning av skadeavstånd/-områden

2.1 Tågbrand

2.1.1 Metodik

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

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

Beräkningarna av den infallande värmestrålningen som det analyserade området utsätts för i händelse av en olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar enligt beskrivningen nedan (metoden motsvarar den som används för strålningsberäkningar avseende pölbränder, se även avsnitt 2.2.4):

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

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /2/: $H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1.02D$

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

Utfallande strålning (I₀) – Den utfallande strålningen (kW/m²) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammans, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /3/:

$$I_0 = 58 \cdot 10^{-0.00823D}$$

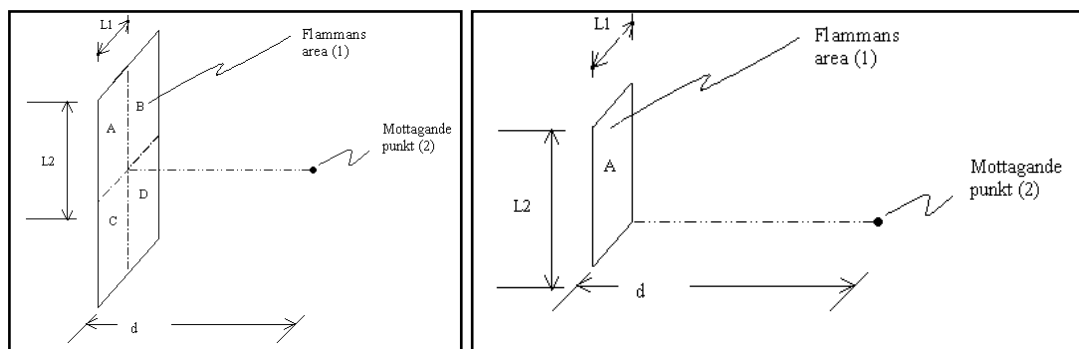
Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se Figur B.1). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden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

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /4/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

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

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

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



Figur B.1. Synfaktor.

/1/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/2/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

/3/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

/4/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /5/:

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

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

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

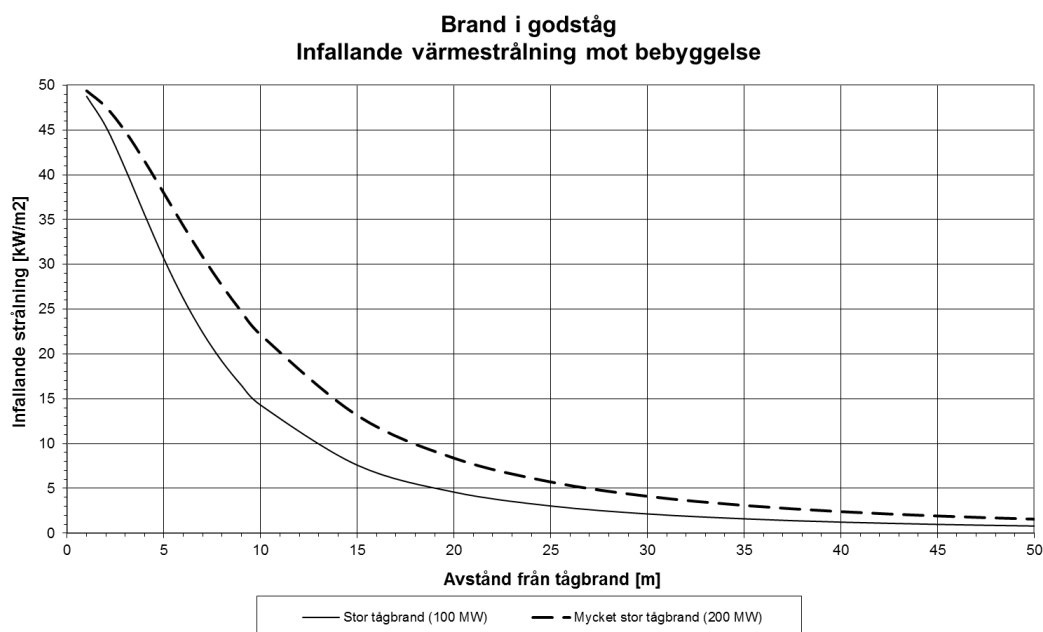
Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden för de olika scenarierna (se Tabell B.1).

Tabell B.1. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta A _F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D _f (m)	Flammhöjd H _f (m)	Utfallande strålning I ₀ (kW/m ²)
Stor tågbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Mycket stor tågbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i Figur B.2. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. Enligt Tabell B.1 sjunker den utfallande strålningen med brandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större bränder. Soten och röken döljer själva flammen och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmestrålningen. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.

/5/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992



Figur B.2. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i godståg.

2.1.2 Bedömningskriterier

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

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

Tabell B.2. Effekter av olika strålningsnivåer /1, 6/.

Konsekvens	Strålningsintensitet [kW/m²]
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 sekunder	20

/6/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

Konsekvens	Strålningsintensitet [kW/m ²]
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 /7/ avseende brandspridning mellan byggnader. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändig brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring tågbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

En oskyddad person **utomhus** som upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för 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

2.1.3 Resultat

I Tabell B.3 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

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

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

/7/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

2.2 Järnvägsolycka med farligt gods

2.2.1 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 utredningsområdet. Konsekvensberäkningarna omfattar fyra skadescenarier utifrån den uppdelning som redovisas i Bilaga A:

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

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /8/*. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck (P_C) och impuls (I_C). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

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

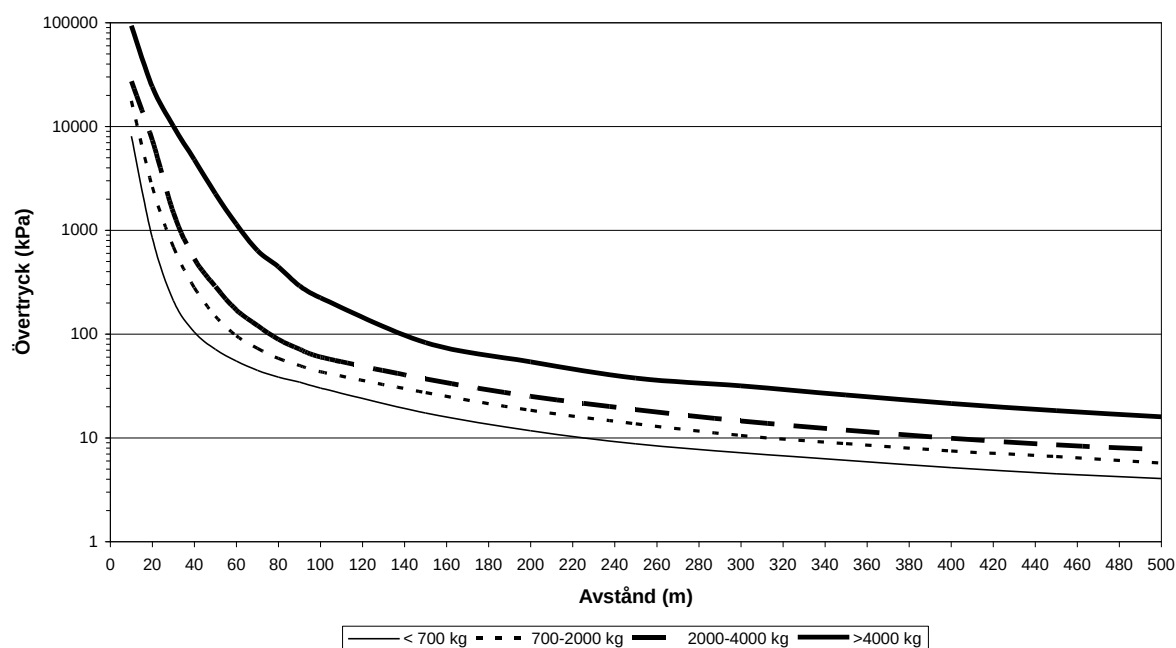
Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenarierna. I Figur B.3 och Figur B.4 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av $1,8 \cdot X$ kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

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°).

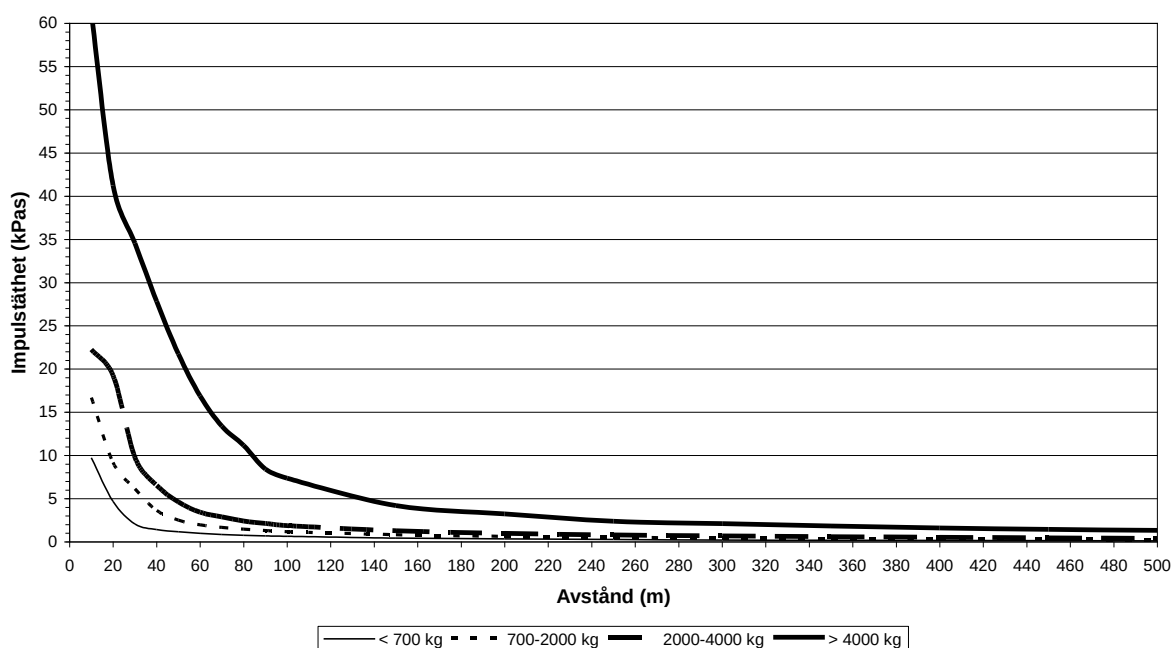
Explosionens varaktighet t_+ beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel /8/:

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

/8/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)



Figur B.3. Max övertryck som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.



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

Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt Metodik. I Tabell B.4 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /8/.

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

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

De infallande tryck som redovisas i Figur B.3 gäller för en punkt (byggnad eller människa) som är helt oskyddad mot riskkällan. Den första byggnaden reducerar med stor sannolikhet det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att den första byggnaden medför att trycket och impulstätheten mot nästföljande byggnad reduceras med ca 75 % i förhållande till vad som anges i Figur B.3 respektive Figur B.4. Detta beaktas i de fortsatta konsekvensberäkningarna avseende skadeområden och uppskattat antal omkomna.

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

Utomhus: En människa tål tryck relativt bra och riskerar i huvudsak att förolyckas p.g.a. kringflygande föremål eller att de trillar omkull av tryckvågen. Med avseende på tryck så går gränsen för dödliga skador vid /6/:

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

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

- | | | | |
|-----------------|------|-------------------|-------|
| • < 700 kg: | 10 % | • 2 000-4 000 kg: | 50 % |
| • 700-2 000 kg: | 25 % | • > 4 000 kg: | 100 % |

Resultat

Uifrån 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.5 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

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

Tabell B.5. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (m)
< 700 kg massexplosion	100 % inomhus	10
	15 % inomhus	30
	10 % utomhus	20
700 – 2 000 kg massexplosion	100 % inomhus	20
	15 % inomhus	60
	25 % utomhus	30
2 000 – 4 000 kg massexplosion	100 % inomhus	30
	15 % inomhus	80
	50 % utomhus	40
> 4 000 kg massexplosion	100 % inomhus	50
	15 % inomhus	200
	100 % utomhus	70

2.2.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

Metodik

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

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

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

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck vid 15°C
- Tankdiameter: 2,5 m
- Tanklängd: 19 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens tomma vikt: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck

- Bristningstryck: 4 x designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Väder: 15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnsexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar /9/:

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

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

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

Bedömningskriterier

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

Utomhus: I Tabell B.6 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /9/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. Det uppskattas grovt att motsvarande för de som får 2:a-3:e gradens brännskada är ca 50 %.

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

Resultat

I Tabell B.6 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 3 bedöms reducera skadeavståndet (längden) för respektive scenario med åtminstone 20 % i förhållande till vad som redovisas i **Gasol**. I Tabell B.6 redovisas därför även skadeavstånden vid framförliggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs ingen reducering.

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

Tabell B.6. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd oskyddad bebyggelse (m)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		Bredd	Längd	Bredd	Längd
Liten jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	6	5	6	5
Liten gasmolnexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	2	5	2	5
Stor jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	50	45	50	45*
Stor gasmolnexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	165	145	165	120
BLEVE	5 % inomhus 50 % utomhus	530	265	530	210

*Med hänsyn till att stor jetflamma endast bedöms kunna påverka den första raden av bebyggelse görs ingen reducering.

2.2.3 Klass 2.3 Giftiga Gaser

Metodik

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

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

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

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 ton)

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

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

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

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

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

Bedömningskriterier

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

Resultat

Enligt ovan utgår beräkningarna i **Spridning i Luft 1.2** från bebyggelse med avseende på ytråheten (dvs. möjligheten för gasmolnet att spridas). Beräkningarna avser fri spridning av gas som inte tar någon hänsyn till framförliggande objekt och avskärmningar som kan reducera spridningen av gasmoln vilket i sin tur reducerar skadeavstånden. Föreslagen bebyggelsestruktur bedöms dock inte vara tillräckligt tät för att ha en avskärmade effekt som reducerar skadeavstånden. I Tabell B.7 redovisas därför skadeavstånden för respektive skadescenario vid oskyddad bebyggelse.

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

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (m)			
		Inomhus		Utomhus	
		Bredd	Längd	Bredd	Längd
Litet utsläpp (packningsläckage)	100 %	0	0	4	10
	50 %	0	0	20	30
	5 %	4	15	30	50
Stort utsläpp (stor punktering)	100 %	20	50	140	250
	50 %	80	260	240	370
	5 %	190	345	360	430

2.2.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

Metodik

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

Utformningen av spårområdet med makadam och dränering innebär att spridningen av ett vätskeutsläpp på järnvägen bedöms bli relativt begränsat, även vid ett stort utsläpp, eftersom underlagets genomsläpplighet är god. I försök har det även påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av underlagets utformning och lutningar /10/. Det krävs relativt små lutningar för att vätska ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m.

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

Konsekvensberäkningar utförs för följande skadescenarier:

- Liten pölbrand: 100 m²
- Stor pölbrand: 200 m²
- Godsvagnsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW (effekten motsvarar det värde som anges i /11/ 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 2.1.1. Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se Tabell B.8).

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

Scenario	Brinnande yta A_F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D_F (m)	Flammhöjd H_F (m)	Utfallande strålning I_0 (kW/m ²)
Liten pölbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Stor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Godsvagnsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0

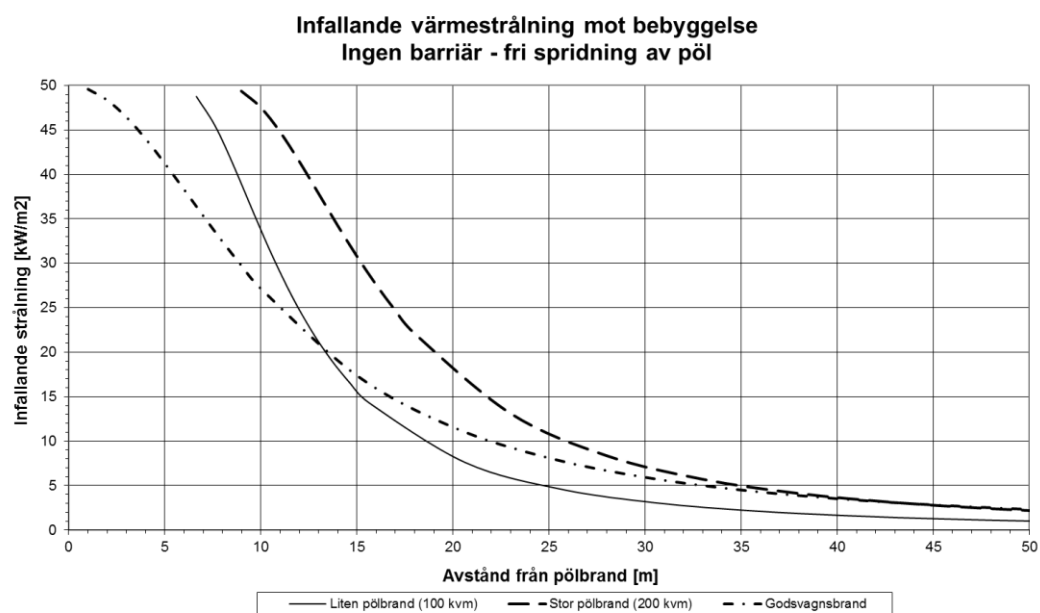
Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i Figur B.5. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I diagrammen beaktas även pölarnas radie (ej för scenariot godsvagnsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.

Enligt Tabell B.8 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna

/10/ Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensen i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998

/11/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

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



Figur B.5. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand.

Bedömningskriterier
Se avsnitt 2.1.2.

Resultat

I Tabell B.9 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario utifrån Figur B.5 ovan.

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

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

2.2.5 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.

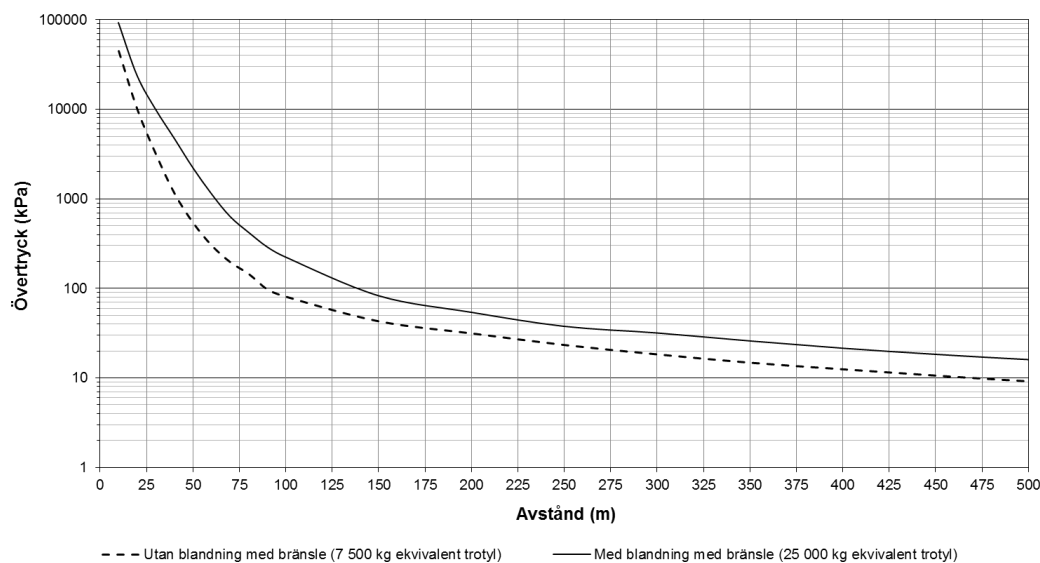
Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

- 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 2.2.4)

Konsekvensberäkningarna avseende explosionsartade brandförlopp följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /8/* och som beskrivs i avsnitt 2.3.1.

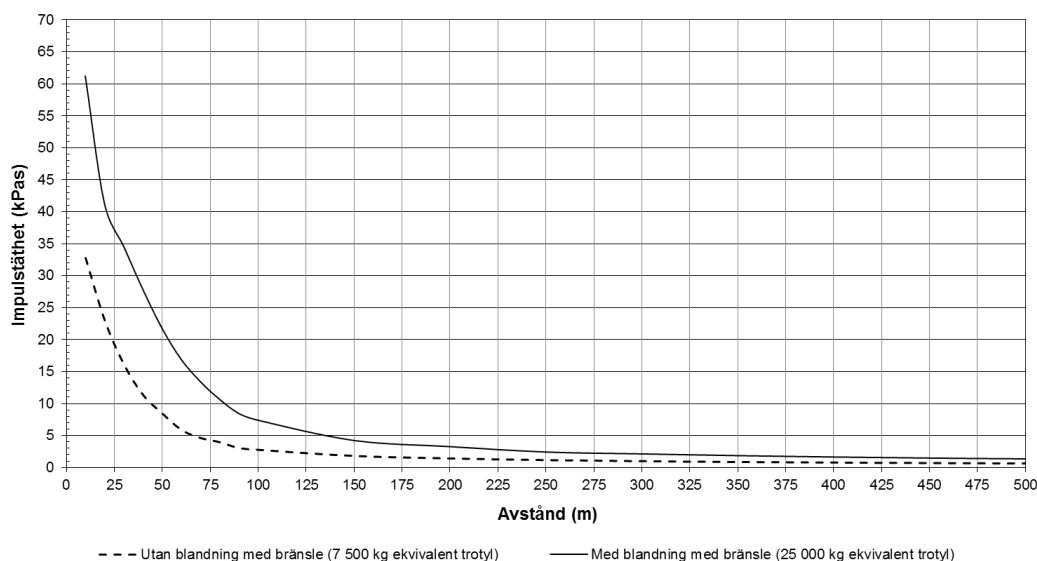
I figur B.6 och figur B.7 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av $1,8 \cdot X$ kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

Max övertryck vid explosionsartat brandförlopp klass 5



Figur B.6. 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.7. 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 3.1 samt avsnitt 2.2.4. Aktuellt scenario med brandunderstödjande brandförlopp antas motsvara en godsvagnsbrand med brandfarlig vätska (se figur B.5).

Bedömningskriterier

Se avsnitt 2.2.1.

Resultat

I Tabell B.10. redovisas skadeavstånden för skadescenario med ämne ur klass 5.

Tabell B.10. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

3. Beräkning av antalet omkomna

3.1 Föresättningar

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

Det område som studeras omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för det planerade utförandealternativet med planerad ny bebyggelse.

Figur B.8 visar det aktuella området som studeras i denna riskanalys samt dess närmaste omgivning. Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka, men konsekvensberäkningarna kommer att avgränsas till att studera respektive olycksscenario där det innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet, vilket innebär mitt för planerad bebyggelse inom planområdet, se markering i Figur B.8.

Det område som beaktas i konsekvensberäkningarna motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier (cirka 300-400 meters radie kring riskkällan), se markering i Figur B.8.

Konsekvensberäkningarna utgår från planerad exploatering i enlighet med beskrivning i huvudrapporten. Som underlag till de fortsatta beräkningarna har antagande om antal personer inom området samt en uppskattning av byggnadsytor samt ytor utomhus varit nödvändiga.



Figur B.8. Översiktssbild över det studerade området och dess närmaste omgivning. Det studerade områdets ungefärliga utbredning är inringat i rött. Den skuggade cirkeln markerar omfattning av området som studeras i konsekvensberäkningarna och motsvarar maximalt skadeområde för aktuella skadescenarier. Röd stjärna visar antagen placering av olycka.

3.1.1 Österhagen

Det aktuella området är cirka 20 ha stort och i huvudsak obebyggt. Området angränsar direkt mot Nynäsbanan som passerar mellan planområdet och sjön Drevviken. Omkringliggande områden västerut och delvis söder samt österut består av villabebyggelse med inslag av fritidshus. Stora delar av området österut är obebyggt.

Nynäsbanan går delvis i bergskärning genom området vilket innebär att de sydvästra delarna av planområdet ligger cirka 5-7 meter högre än järnvägen. Höjdskillnaden avtar mot de norra delarna av planområdet där järnvägen går på bank och spårområdet delvis ligger i höjd med planområdet.

Nollalternativ

Området är obebyggt, så när som på två villor, och omfattar huvudsakligen grönytor. Bortsett från villabebyggelsen innebär markanvändningen inte någon stadigvarande vistelse inom området. Persontätheten är mycket låg inom området, varför nollalternativet inte beaktas i samhällsriskberäkningarna. Även utan beräkningar av nollalternativet kan det konstateras att utförandealternativet har mycket stor inverkan på samhällsrisken.

Utförandealternativ

Planförslaget innebär att området bebyggs med blandad bostadsbebyggelse, vårdboende och förskola enligt Figur B.9. Bebyggelse planeras i huvudsak i planområdets södra, mellersta och nordvästra delar. I norra planeras naturmark med en dagvattendamm. Mellan bebyggelse och Nynäsbanan anläggs en huvudgata med allé. Markparkering med carport/cykelparkering planeras som närmast cirka 20 meter från Nynäsbanan.



Figur B.9. Illustrationsplan med förslag på ny bebyggelse inom planområdet. Nynäsbanan är markerad med röstreckad linje.

Vid uppskattning av personantal inom planområdet samt kringliggande områden kommer följande personantal och persontätheter att användas:

- För bostäder finns ingen dimensionerande persontäthet. Det antas grovt att 1 person per 20-30 m² BOA vilket grovt översätts till cirka 2-3 personer per lägenhet och 3-4 personer per kedjehus/radhus.
- För vårdboende uppskattas personantalet till 1-2 personer per bostad.
- För förskola uppskattas personantalet (barn och pedagoger) utifrån riktvärdet ett förskolebarn/10 m², vilket normalt gäller vid nybyggnation av förskolor. Antalet pedagoger uppskattas till cirka 1 per 5 förskolebarn.
- Genomsnittlig persontäthet för ytor som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. markparkering) uppskattas grovt till cirka 0,005 personer per m².

En sammanställning över planerade bebyggelsetyper och antal bostäder, samt uppskattat personantal, redovisas i Tabell B.11. Med ovanstående värden så motsvarar föreslagen bebyggelsestruktur sammanlagt drygt 1600 personer inom området vid full beläggning.

Tabell B.11. Sammanställning över planerad bebyggelse och uppskattade personantal inom planområdet.

Bebyggelsetyp	Antal	Uppskattat personantal	Minsta avstånd till riskkälla
Radhus och kedjehus	97	340	30
Flerfamiljshus	410 lgh	1025	50
Vårdboende	80 st	120	50
Förskola, 1000 m ²	-	120 (barn+pedagoger)	100
LSS-boende	6 lgh	9	220
Markparkering ca 1500 m ²	-	8	20
Totalt		1622	

3.1.2 Kringliggande bebyggelse

Enligt avsnitt 3.1 studeras ett område med cirka 400 meters radie kring Nynäsbanan, vilket motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier, se markering i Figur B.8.

Området väster om planområdet upptas av befintlig bostadsbebyggelse. Bebyggelsen omfattar i huvudsak villabebyggelse (enfamiljshus). Uppskattningsvis ligger cirka 75 villor inom området, vilket motsvarar ett totalt uppskattat personantal på cirka 300 personer (3-4 personer/villa). Befintlig bebyggelse ligger som närmast cirka 100 meter från Nynäsbanan.

Området söder och öster om planområdet upptas till viss del av villabebyggelse (enfamiljshus) med inslag av fritidshus. Stora delar av områdena är dock obebyggda och upptas av skog- och naturmark, se Figur B.8. Uppskattningsvis är området bebyggt med cirka 20 villor/fritidshus vilket motsvarar ett totalt personantal på cirka 80 personer enligt riktvärdena ovan. Befintlig bebyggelse ligger som närmast cirka 10 meter från Nynäsbanan.

Det har inte identifierats några obebyggda ytor som bedöms uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus. Med hänsyn till detta antas 10 % av personerna vistas utomhus.

3.1.3 Sammanställning

För att kunna bedöma hur stort antal personer som befinner sig inom skadeområde för respektive skadescenario så görs grova uppskattningar inom det studerade området (se avsnitt 3.1.1).

I Tabell B.12 redovisas de uppskattade personantalen (inklusive kringliggande bebyggelse inom det studerade området, se avgränsning i Figur B.8) för utförandealternativet med planerad ny bebyggelse.

Persontätheten bedöms variera under dygnet med hänsyn till olika verksamheter.

Förskoleverksamhet bedrivs i huvudsak dagtid. Bostadsbebyggelse innebär beläggning dygnet runt, men maximala personantal uppnås normalt kvälls- och nattetid.

Konsekvensberäkningarna utförs dock konservativt för ett scenario där maximalt personantal förväntas inom området, dvs. beläggningen ansätts till 100 %.

Vid olyckstillfället antas 10 % av det totala personantalet befinna sig utomhus.

Tabell B.12. Uppskattade personantal utmed järnväg som funktion av avståndet (närmaste spårmitt).

Område	Uppskattat personantal		Avstånd till riskkälla (m)
	Inomhus	Utomhus	
Planområde, <u>nollalternativ</u>	0	0	-
Planområde, <u>utförandealternativ</u>	1600	160	30
Kringliggande områden			
- Väster	300	30	100
- Söder och öster	80	8	10

3.2 Resultat

I Tabell B.13 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 3.1.1 och 3.1.2) inom det studerade området. I tabellen redovisas endast de scenarier som innebär konsekvenser inom exploateringsområdet. Skadescenarier med skadeavstånd som understiger avståndet till bebyggelse redovisas ej.

Tabell B.13. Beräknade konsekvenser – antal omkomna.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna		
	Inomhus	Utomhus	Totalt
Tågbrand			
Stor tågbrand (100MW)	0	0	0
Mycket stor tågbrand (400 MW)	0	0	0
Olycka vid transport av farligt gods			
Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen			
< 700 kg	0	0	0
700 – 2 000 kg	4	0	4
2 000 – 4 000 kg	9	0	9
> 4 000 kg	90	4	94

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna		
	<i>Inomhus</i>	<i>Utomhus</i>	<i>Totalt</i>
Klass 2.1 Brännbar gas			
Liten jetflamma	0	0	0
Liten gasmolnsexplosion	0	0	0
Stor jetflamma	0	1	1
Stor gasmolnsexplosion	6	7	13
BLEVE	29	29	58
Klass 2.3 Giftig gas			
Litet utsläpp	0	0	0
Stort utsläpp	122	65	187
Klass 3 Brandfarlig vätska			
Liten pölbrand	0	0	0
Stor pölbrand	0	1	1
Godsvagnsbrand	0	0	0
Klass 5 Oxiderande ämnen och organiska peroxider			
Explosionsartad brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)	16	0	16
Explosionsartad brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)	98	4	102
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)	0	0	0

Bilaga C - Riskberäkningar**Uppdragsnamn**

Österhagen i Skogås, Huddinge kommun

Uppdragsgivare

Veidekke Villatomter AB

Uppdragsnummer

110662

Datum

2019-10-15

Handläggare

Patrick Ahlgren

Egenkontroll

PAN 2019-10-15

Internkontroll

EMM/LSS 2019-10-15

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 riskkällan. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som frekvensen för alla skadescenarier med ett skadeområde ≥ 100 meter.

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

1. De konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B visar att andelen personer inom skadeområdet som bedöms omkomna minskar med avståndet från riskkällan. Detta innebär även att sannolikheten för att den fiktiva personen som studeras vid beräkning av individrisk omkommer också minskar med avståndet för respektive skadescenario. Med avseende på respektive skadescenario reduceras därför individrisken för olika avståndsnivåer enligt konsekvensberäkningarna.
2. De beräknade skadeområden för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den järnvägssträcka som studeras (1 000 m). Detta innebär att det inte är givet att en person som befinner sig inom kritiskt område i planområdet omkommer om en olycka inträffar på den aktuella sträckan. För skadescenarier med mycket stort skadeområde kan fallet vara det motsatta, d.v.s. personer inom planområdet kan omkomma även om olyckan inträffar utanför den studerade sträckan.

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

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

2.2 Bedömningskriterier

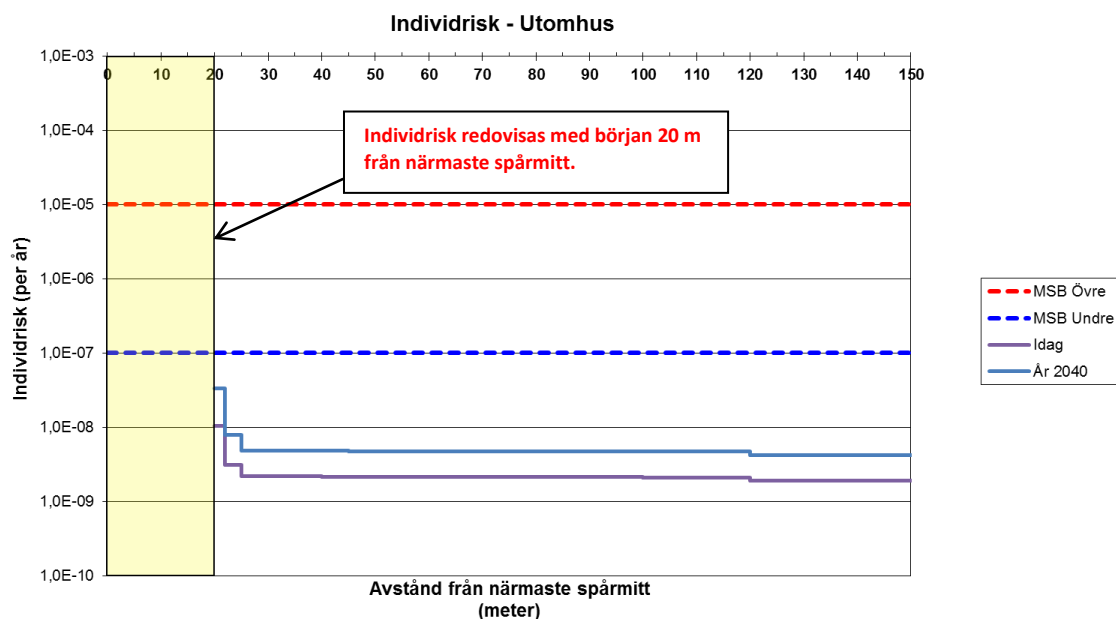
Den beräknade individrisken kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 4.3 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i Figur C.1.

2.3 Resultat

I Figur C.1 och Figur C.2 redovisas individrisken utomhus respektive inomhus för planområdet som funktion av avståndet till Nynäsbanan. Avståndet i figuren utgår från järnvägens närmaste spår.

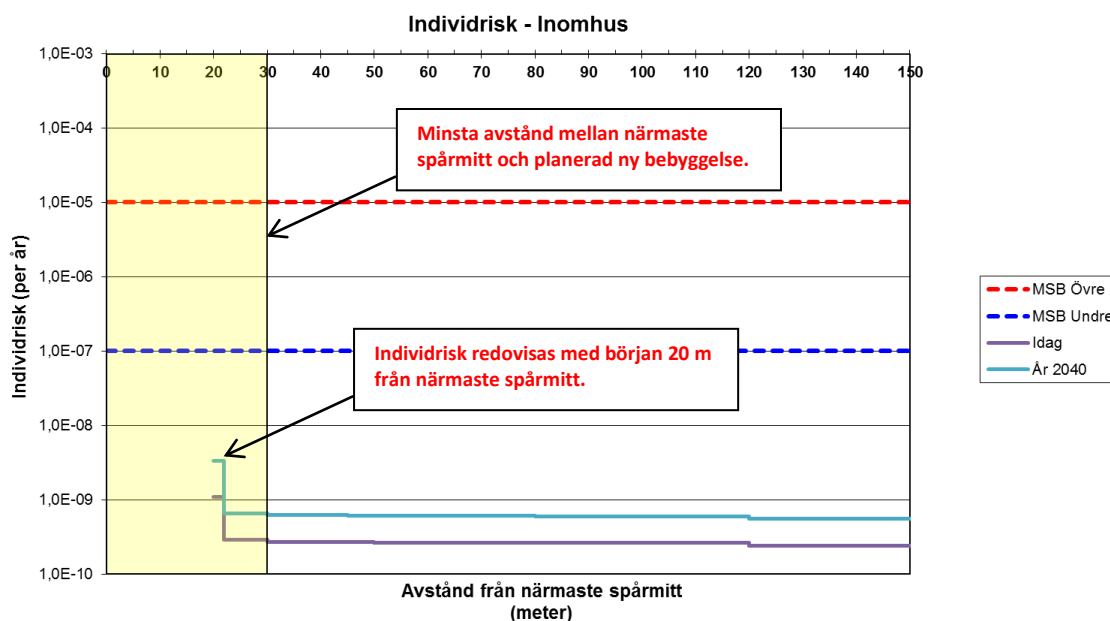
Individrisken redovisas för dagens trafiksiffror respektive för prognosåret 2040. Riskprofiler som redovisas gäller för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuella konsekvensreducerande effekter av exempelvis framförliggande bebyggelse.

Individrisken beräknas med början 20 meter från närmaste spårmitt och vidare in i området. Detta eftersom risker förknippade med urspårning inte beaktas i den fördjupade riskanalysen, se avsnitt 3.1 i huvudrapporten. Inom 20 meter från Nynäsbanan planeras inga ytor för stadigvarande vistelse, varför det inte finns något behov av att studera individrisken inom dessa områden.



Figur C.1. Individriskprofiler för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet till Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt). Utan hänsyn tagen till bebyggelse eller andra avskärmade barriärer inom planområdet. (Observera att frekvensen redovisas för logaritmisk skala).

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



Figur C.2. Individriskprofiler för person inomhus som funktion av avståndet till Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmit). Med hänsyn tagen till bebyggelse eller andra avskärmande barriärer inom planområdet. (Observera att frekvensen redovisas för 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 Nynäsbanan. I bilaga B redovisas omfattningen av det studerade området, vilket omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Samhällsriskerna beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella området.

Det finns ett flertal olika parametrar som påverkar samhällsriskerna, 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 bl.a. 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 tagen till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden utmed den studerade järnvägssträckan (1000 m) bedöms sannolikheten för att de beräknade konsekvenserna skulle uppstå oavsett var på sträckan som olycka inträffar vara låg. Vid sammanställningen av samhällsriskerna för den studerade järnvägssträckan antas att dessa konsekvenser kan inträffa oavsett var på sträckan som olyckan inträffar. Detta är ett mycket konservativt antagande som säkerställer att risknivån för det aktuella planområdet inte underskattas med hänsyn till kringliggande bebyggelse.

- Vidare antas respektive skadescenario inträffa då personantalet inom det studerade området är som störst, vilket innebär största möjliga konsekvenser. Vid sammanställningen av samhällsrisk antas att dessa konsekvenser uppstår oavsett vilken tid på dygnet eller året som olyckan inträffar. Även detta innebär en konservativ skattning av samhällsrisk.
- Enligt avsnitt 2.1 så blir skadeområdet för vissa skadescenarier förknippade med gaser inte cirkulära. Konsekvensberäkningarna för dessa scenarier har genomförts för förutsättningar som medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet, d.v.s. skadeområdet är riktat mot planområdet. Vid sammanställningen av samhällsrisk antas dessa konsekvenser uppstå oavsett riktningen på utsläppet, vilket innebär en konservativ skattning av samhällsrisk med avseende på bidraget från planområdet.

3.2 Bedömningskriterier

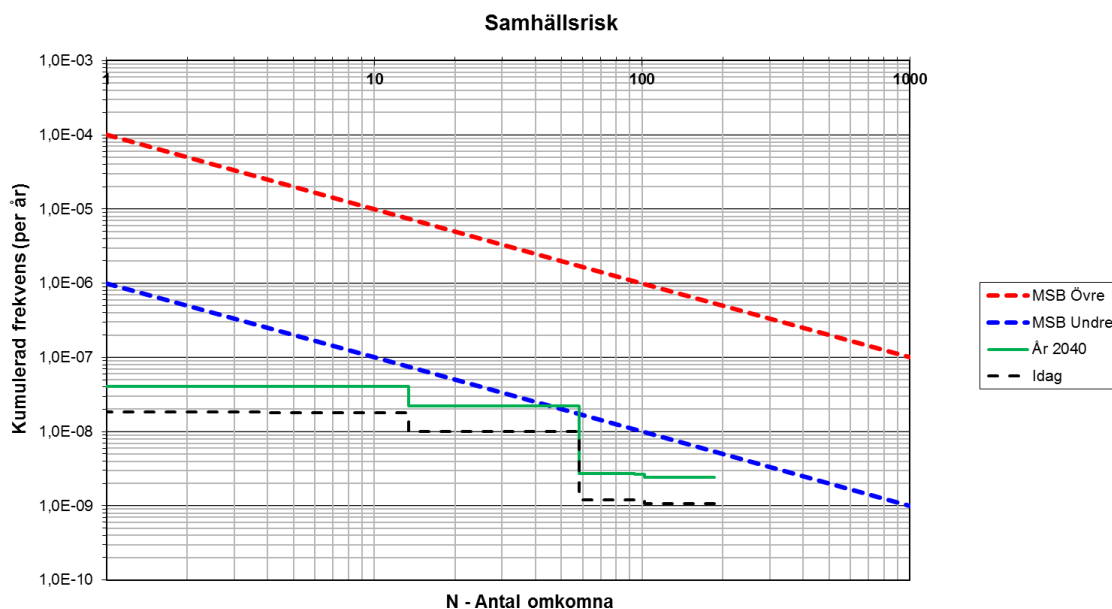
Den beräknade samhällsrisk kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 4.3 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i Figur C.3.

3.3 Resultat

3.3.1 Samhällsrisk utan åtgärder

I Figur C.3. redovisas den beräknade samhällsrisk inom det studerade området, vilket omfattar både aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse. Samhällsrisk beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella området.

Samhällsrisk beräknas för dagens trafiksiffror samt för prognosåret 2040.



Figur C.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet samt kringliggande bebyggelse med avseende på olycksrisker förknippade med Nynäsbanan. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala).

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 med stadigvarande vistelse ska placeras så att avstånden är minst 30 meter till närmaste spår, mätt från spårmittpunkt.

Åtgärden eliminerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för olycksrisker med skadeavstånd som understiger skyddsavstånden samt reducerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för övriga olycksrisker. Studerad situationsplan medger bebyggelse ca 30 meter från närmaste järnvägsspår. Åtgärdsförslagen har därför beaktats i riskberäkningarna och innebär ingen förändring i förhållande till utförda beräkningar.

Ytor inom 25 meter från Nynäsbanan, mätt från närmaste spårmittpunkt, utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Åtgärden reducerar antalet omkomna utomhus för olycksrisker med skadeavstånd som understiger dessa avstånd samt reducerar antalet omkomna utomhus för övriga olycksrisker. Riskberäkningarna har utförts konservativt där minsta avstånd till ytor för stadigvarande vistelse utomhus inom planområdet är 20 meter. Åtgärden bedöms därmed minska de beräknade konsekvenserna något eftersom ytor för stadigvarande vistelse placeras som närmast 25 meter från närmaste spårmittpunkt. Det antas grovt att åtgärderna reducerar antalet omkomna utomhus med 10 % inom planområdet vid olycka med farligt gods på Nynäsbanan.

Byggnadstekniska åtgärder

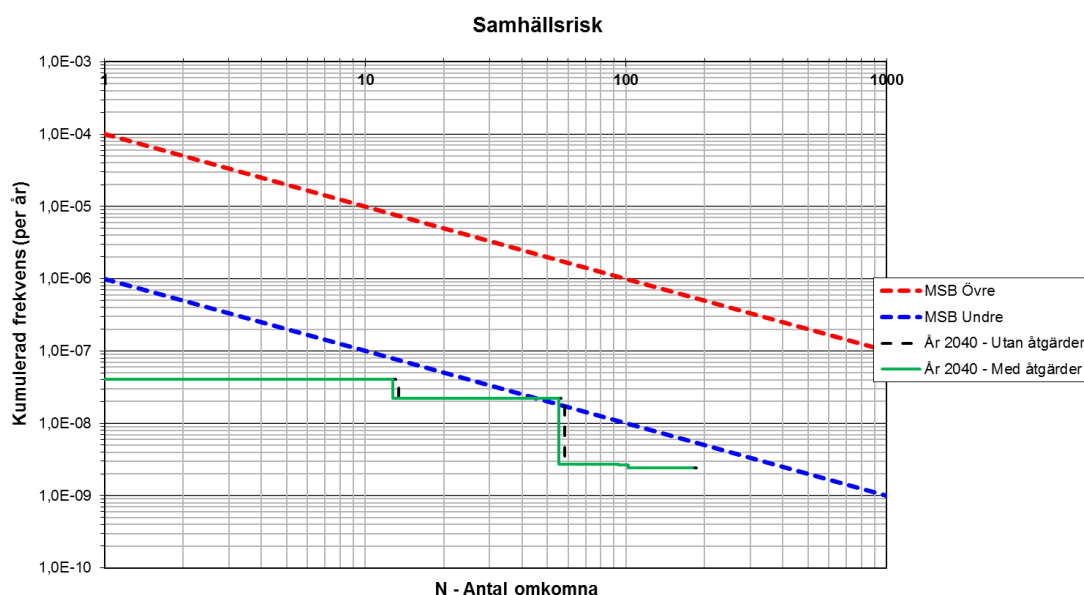
Allmänt om utformning av ny bebyggelse

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 %.

Sammanställning

De rekommenderade åtgärderna innebär en viss minskning av samhällsrisk genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I figur C.4 redovisas den beräknade samhällsrisk för utförandealternativet utan respektive med rekommenderade åtgärder. Samhällsrisk redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen.



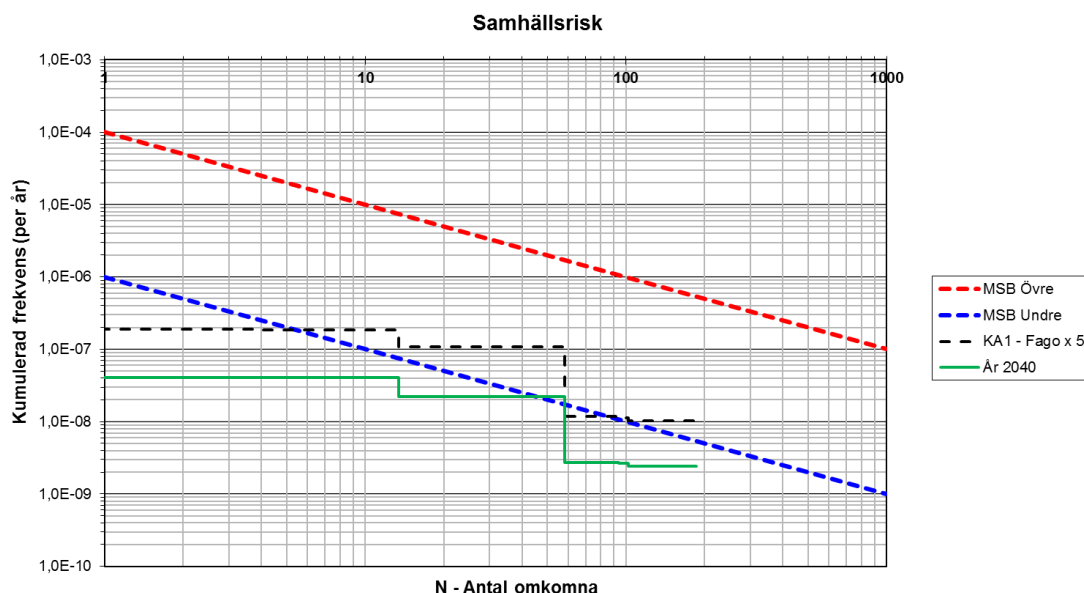
Figur C.4. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till aktuellt planområde för studerat utförandealternativ utan respektive med rekommenderade restriktioner och åtgärder. Prognosår 2040.

4. Känslighetsanalys

4.1 Känslighetsanalys 1 - Förändrat antal farligt godsvagnar

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

I Figur C.5 redovisas resultatet av del 1.



Figur C.5. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet samt kringliggande bebyggelse med avseende på olycksrisker förknippade med Nynäsbanan. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala).

Känslighetsanalys 1 – Förändrat antal farligt godsvagnar.

4.2 Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik

Statistikinsamling för järnvägen görs kontinuerligt. Trafikanalys gör varje år en sammanställning avseende bantrafikskador samt bantrafik som utgör en del av den officiella statistiken. I hela Sverige har det i närtid (2006–2015) inträffat 91 urspårningar vid tågrörelse på järnväg /2/. Det sammanlagda trafikarbetet under åren 2006–2015 kan utifrån statistiken i uppskattas till totalt ca 140 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 R /4/* (Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär beräknade urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $2,7 \times 10^{-8}$ per tågkm) 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

/4/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

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

- 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.

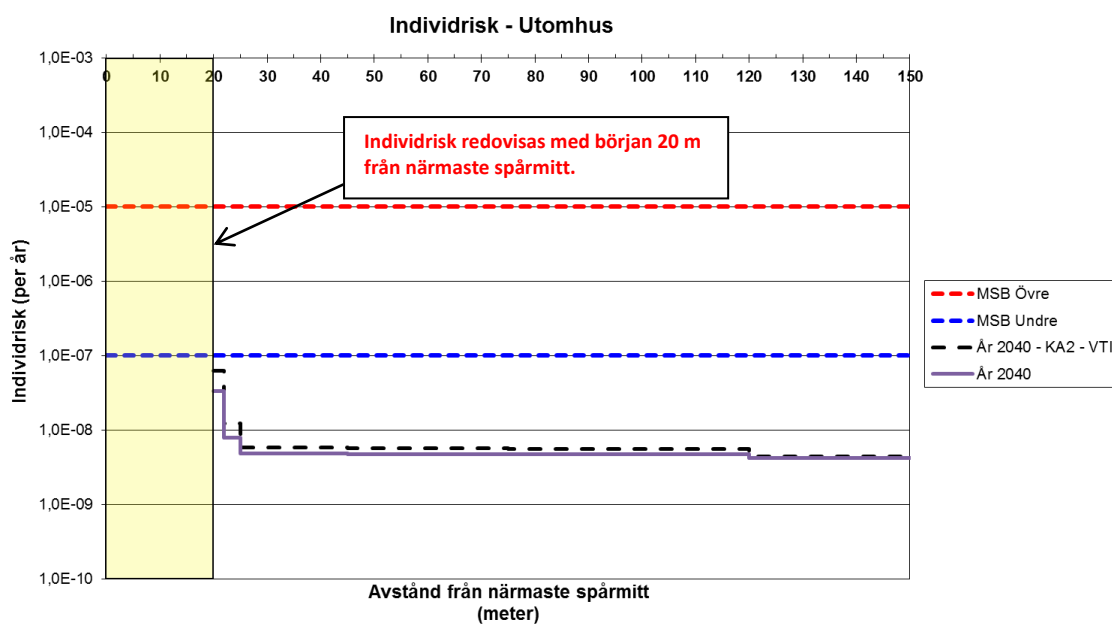
Tabell C.1. Urspårningsfrekvens beräknad enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.

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

Urspårningsfrekvenser benämnda VTI är framtagna via 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. *Frekvensberäkningar* 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.

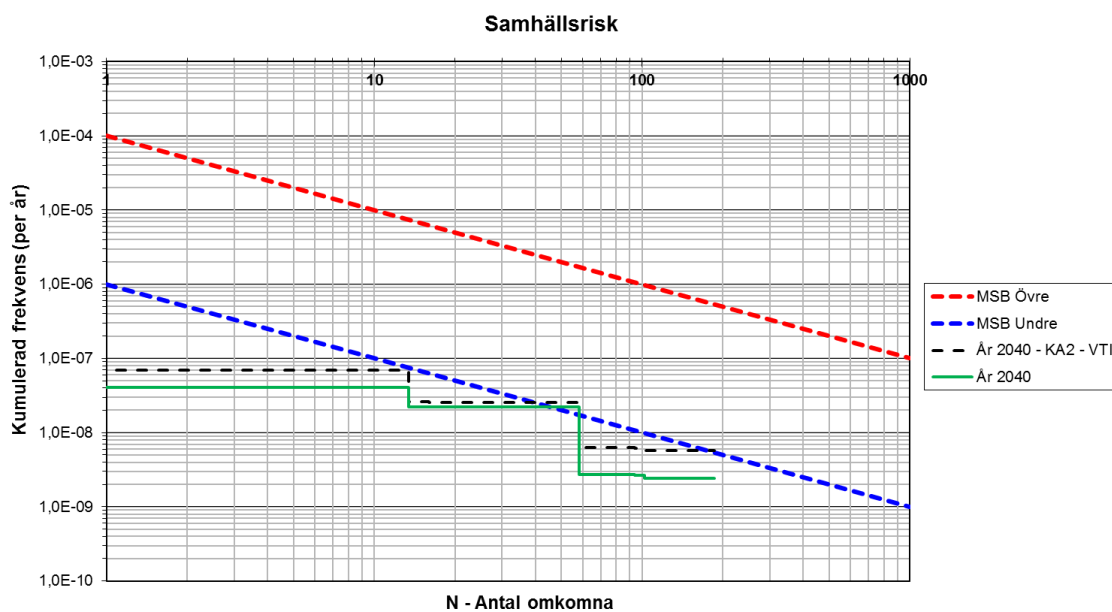
I figur C.6 och figur C.7 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 2.

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 spårmitt).

Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

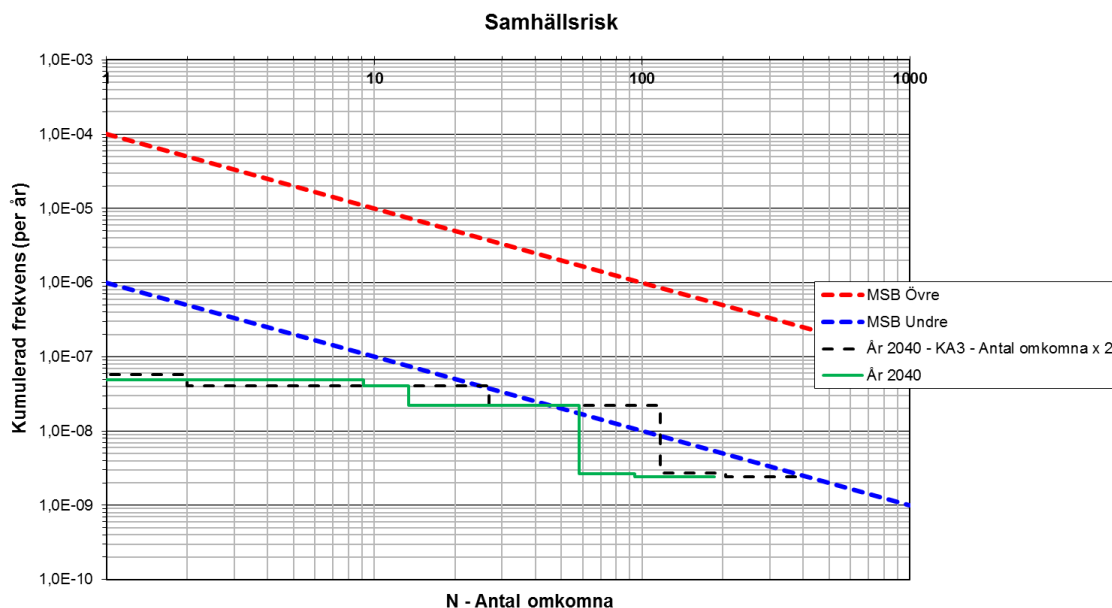


Figur C.7. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

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. För samtliga skadescenarier med skadeavstånd som överstiger uppmätt avstånd mellan riskkälla och planerad bebyggelse så antas dessutom minsta antal omkomna vara 1 person (d.v.s. även om sannolikheten att omkomma är mycket låg inom planområdet så avrundas antal omkomna uppåt).



Figur C.8. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet samt kringliggande bebyggelse med avseende på olycksrisker förknippade med Nynäsbanan. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala).

Känslighetsanalys 3 – Förändrade konsekvenser.