

Riskanalys

Kv. Sändaren 2 m.fl. i Trångsund, Huddinge kommun

Underlag för detaljplanearbete

2019-08-27

Dokumenttyp: Riskanalys

Uppdragsnamn: Kv. Sändaren 2 m.fl. i Trångsund, Huddinge kommun
Fördjupad riskanalys avseende närhet till Nynäsbanan
Underlag till ny detaljplan

Uppdragsnummer: 111645

Datum: 2019-08-27

Status: Underlag för detaljplanearbete

Uppdragsledare: Rosie Kvål

Handläggare: Erik Hall Midholm
Tel: 08-588 188 60
E-post: erik.midholm@brandskyddslaget.se

Uppdragsgivare: HSB Bostad

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2018-09-18	EMM	LSS	Inledande riskanalys – Granskningshandling
2019-03-06	EMM	PAN	Komplettering med fördjupad riskanalys - Granskningshandling
2019-08-27	EMM	PAN	Riskanalys slutrapport – Utgåva 1.0

Sammanfattning

I Trångsund i Huddinge kommun undersöks möjligheten att bygga bostäder inom ett nytt planområde nordväst om Trångsunds pendeltågsstation. Planområdet omfattar fastigheterna Sändaren 2 samt Hammartorp 1:1, 2:16 och 2:17.

Eftersom planområdet ligger inom 150 meter från Nynäsbanan samt Nynäsvägen (primär transportled för farligt gods) har Brandskyddslaget fått i uppdrag att upprätta en riskanalys för det aktuella bebyggelseförslaget. Syftet med riskanalysen är att undersöka lämpligheten med det aktuella förslaget genom att utvärdera vilka risker som människor inom det aktuella området kan komma att utsättas för samt i förekommande fall föreslå hur risker ska hanteras så att en acceptabel säkerhet uppnås.

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.

I analysen har en inventering gjorts av trafiken på Nynäsbanan respektive Nynäsvägen. Trafiken på järnvägen är relativt omfattande och förväntas öka kraftigt både avseende person- och godstrafiken. Detta till följd av att Trafikverket planerar en kapacitetsökning på banan samt en planerad godshamn i Norvik. Antalet godståg förväntas kunna öka från 2 godståg per dygn till 17 godståg per dygn år 2040. Även på Nynäsvägen förekommer relativt stora mängder farligt godstransporter och även där förväntas trafiken öka, till följd av nya etableringar utmed vägen (bl.a. den nya godshamnen samt en ny terminal för LNG i Norvik).

Utifrån inventeringen har olycksscenarioer kopplade till de båda riskkällorna identifierats. En kvalitativ uppskattning av riskerna, d.v.s. sannolikhet och konsekvens, för respektive scenario har gjorts i syfte att fastställa vilka scenarier som bedöms kunna medföra skadliga konsekvenser för människor i området och som därför behöver beaktas vid fortsatt planering. Scenarier som bedömts kunna påverka det aktuella området utgörs av urspårning, tågbrand samt olyckor med inblandning av farligt gods.

Med hänsyn till förekomsten av transporter av de olika farligt godsklasserna och/eller potentiella konsekvensområden är det huvudsakligen olycka på Nynäsbanan med transporter av farligt gods klass 1.1 (massexplosiva ämnen), klass 2.1 (brännbara gaser), klass 2.3 (brännbara gaser) samt klass 5 (oxiderande ämnen och organiska peroxider) som, utifrån den inledande analysen, bedöms påverka risknivån inom området i sådan utsträckning att de kan behöva beaktas i den fortsatta planprocessen. Olycksscenarioer på Nynäsbanan förknippade med övriga farligt godsklasser samt urspårning och tågbrand innebär skadeområden som är mindre än avståndet mellan spår och ny bebyggelse vilket innebär att dessa olycksrisker inte bedöms påverka risknivån inom det aktuella området. För att kunna bestämma behov och omfattning av åtgärder behöver en fördjupad analys att utföras för olycksscenarioerna ovan.

Avståndet mellan Nynäsvägen och planområdet, tillsammans med rådande nivåskillnader, innebär ett betryggande skydd mot farligt godsolycka. Med avseende på risknivån inom det aktuella planområdet behöver den fördjupade riskbedömningen inte beakta olycka på Nynäsvägen.

I den fördjupade riskanalysen avseende Nynäsbanan 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 hela den kringliggande omgivningen). Den fördjupade analysen har genomförts med hänsyn tagen till den prognostiserade trafiksituationen år 2040. Riskanalysen av identifierade risker visar att olycksriskerna påverkar risknivån inom det studerade planområdet. Detta gäller framförallt samhällsrisk. Med hänsyn till avståndet till järnvägen så ligger individrisken däremot på en acceptabel nivå inom hela planområdet. Av de olycksrisker som främst påverkar risknivån inom planområdet är det huvudsakligen transporter av brännbara gaser som leder till en förhöjd samhällsrisknivå. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt urspårning och tågbrand bedöms ha en mycket begränsad påverkan på samhällsrisk.

Med anledning av risknivån föreslås att säkerhetshöjande åtgärder vidtas i syfte att reducera "nettotillskottet" av oönskade händelser som avsteget från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd medför. Vid bebyggelse och förändrad markanvändning inom det aktuella planområdet rekommenderas att följande restriktioner och byggnadstekniska åtgärder vidtas:

- Ny bostadsbebyggelse ska placeras så att avstånden till närmaste spår på Nynäsbanan inte understiger 30 meter.
- Ytor mellan ny bebyggelse och Nynäsbanan ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser) bör placeras så att avstånden är minst 30 meter till närmaste spårmitt.
- Inom 50 meter från Nynäsbanan ska ny bostadsbebyggelse som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse utföras med följande åtgärder:
 - o Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Nynäsbanan.
 - o Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Nynäsbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - o Fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - o Fönster i fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

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

Föreslagna åtgärder och restriktioner gällande markanvändning innebär en reduktion av samhällsrisk. För aktuell situationsplan har de byggnadstekniska åtgärderna en relativt hög reducerande effekt i förhållande till den beräknade samhällsrisk och medför att de delar av samhällsrisk som tidigare hamnade inom ALARP nu tangerar det undre acceptanskriteriet. Med hänsyn till den beräknade risknivån inom studerade områden bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt. 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 förslag och att det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärder i samband med framtida planarbete. 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. OMRÅDESBESKRIVNING	8
2.1 Planerad exploatering.....	9
2.2 Omgivande planer	10
3. RISKINVENTERING	10
3.1 Allmänt.....	10
3.2 Inventering av riskkällor	10
4. INLEDANDE RISKANALYS.....	18
4.1 Metodik.....	18
4.2 Identifiering av olycksrisker	18
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk	18
4.4 Slutsats inledande riskanalys	24
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS.....	25
5.1 Metodik.....	25
5.2 Resultat riskberäkningar	27
5.3 Värdering av risk	29
5.4 Hantering av osäkerheter	29
6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	31
6.1 Allmänt.....	31
6.2 Diskussion kring åtgärder	31
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning	35
7. SLUTSATSER	37
8. BILAGOR	37
9. REFERENSER	38

1. Inledning

1.1 Bakgrund

I Trångsund i Huddinge kommun undersöks möjligheten att bygga bostäder inom ett nytt planområde nordväst om Trångsunds pendeltågsstation. Planområdet omfattar fastigheterna Sändaren 2 samt Hammartorp 1:1, 2:16 och 2:17.

Enligt riktlinjer från Länsstyrelsen i Stockholms län ska risker analyseras vid ny bebyggelse inom 150 meter från väg med transport av farligt gods, järnväg eller bensinstation /1/. Området ligger i anslutning till Nynäsbanan och Nynäsvägen (väg 73) som utgör en primär transportled för farligt gods. Detta medför att det ställs krav på att olycksrisker förknippade med Nynäsbanan samt Nynäsvägen undersöks vid ny bebyggelse inom det aktuella området.

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

1.2 Syfte

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

1.3 Omfattning

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

Trafikanter på angränsande järnvägar och vägar omfattas inte av analysen.

1.4 Underlag

Följande dokument har använts som underlag till analysen:

- Trångsund – Strukturanalys, Semrén+Månsson, daterad 2018-06-18
- Trångsund – Situationsplan, Semrén+Månsson, daterad 2019-08-16

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

1.5 Internkontroll

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

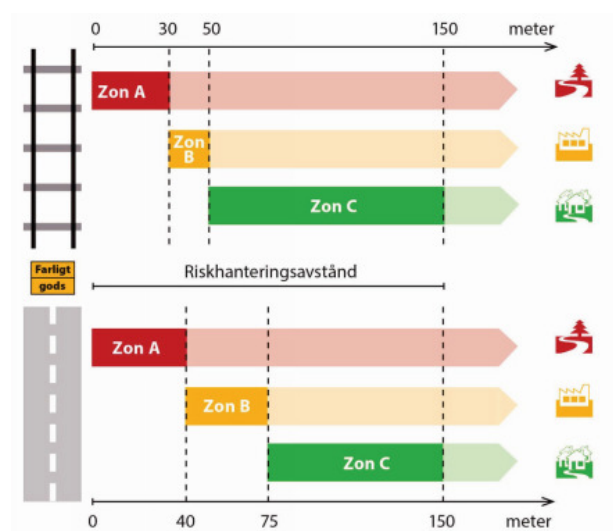
1.6 Företsättningar

1.6.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

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

Länsstyrelsen i Stockholms Län har tagit fram riktlinjer för hur risker från transporter med farligt gods på väg och järnväg ska hanteras vid exploatering av ny bebyggelse /2/. Syftet med riktlinjerna är att ge vägledning och underlätta hanteringen av riskfrågor. Länsstyrelsen anser att möjliga risker ska studeras vid exploatering närmare än 150 meter från en riskkälla. I vilken utsträckning och på vilket sätt riskerna ska beaktas beror på hur riskbilden ser ut för det aktuella planförslaget.

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



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

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

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

Avstånden i figuren mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt.

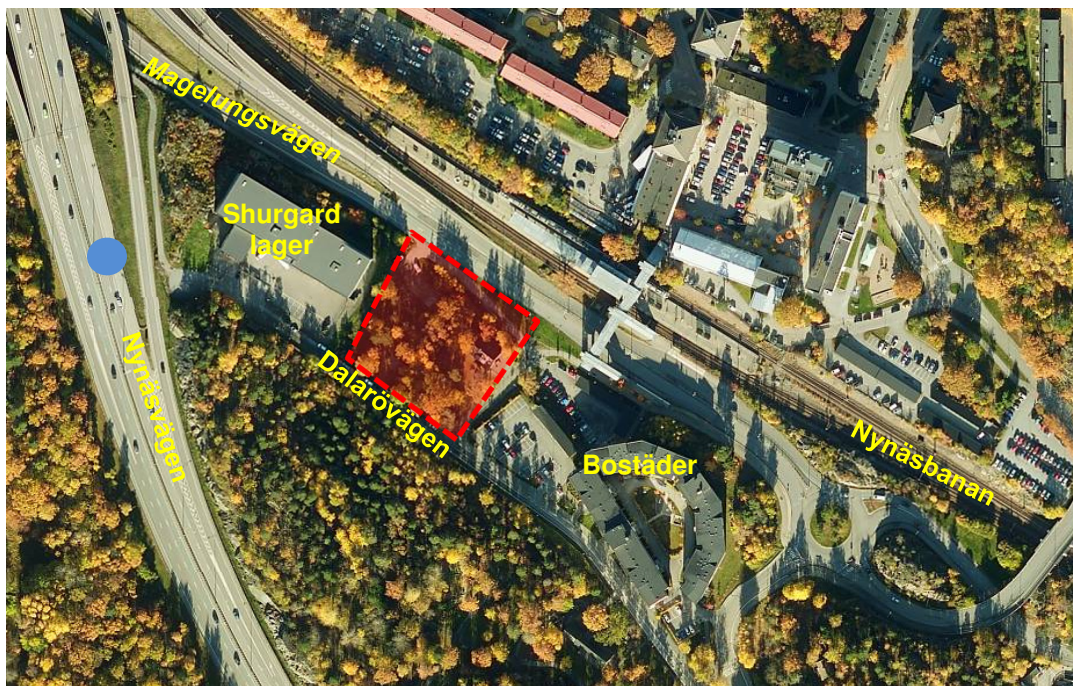
Länsstyrelsen anger i sina riktlinjer generellt att skyddsavstånd är att föredra framför andra skyddsåtgärder. Vid korta avstånd lägger Länsstyrelsen större vikt vid konsekvensen av en olycka än frekvensen av olyckan.

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

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

2. Områdesbeskrivning

Det aktuella exploateringsområdet ligger i Trångsund i Huddinge kommun, se figur 2.1. Området angränsar i norr mot Magelungsvägen och i söder mot Dalarövägen. I väster angränsar planområdet mot befintlig lagerbyggnad och i öster ligger markparkering samt flerbostadshus. Området är idag bebyggt med två mindre hus av villakarakär. I övrigt består området av grönyta.



Figur 2.1. Översiktsbild över centrala Trångsund och dess omgivning där aktuellt planområde för ny bebyggelse är rödmarkerat.

Det är en viss nivåskillnaden inom området som lutar från Dalarövägen ner mot Magelungsvägen. Det är sedan en mycket kraftig nivåskillnad mellan Dalarövägen och Nynäsvägen på den aktuella sträckan där Nynäsvägen angränsar mot en flera meter hög bergvägg, se figur 2.2.



Figur 2.2. Bild tagen från Nynäsvägen strax norr om planområdet (placering visas med blå punkt i figur 2.1), vilket visar den kraftiga nivåskillnaden mot planområdet. Planområdet ligger strax bakom den röda bilen.

Det aktuella planområdet ligger ca 30 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) respektive ca 85-90 meter från Nynäsvägen (mätt från vägkant på närmaste avfartsramp).

2.1 Planerad exploatering

Det aktuella bebyggelseförslaget omfattar fyra stycken flerbostadshus i fyra till sex våningsplan. Föreslagen situationsplan visas i figur 2.3.

Med hänsyn till nivåskillnaderna inom fastigheten så utförs byggnaden som vetter mot Magelungsvägen i suterräng med en upphöjd innergård. Under delar av bebyggelsen samt innergården planeras ett parkeringsgarage som ligger i nivå med Magelungsvägen.

Bostadshuset som vetter mot Magelungsvägen syftar till att skärma av buller från vägen och Nynäsbanan. Uteplatser, grönytor och lekplatser placeras i bullerskyddade lägen på innergårdar.

Föreslagen bebyggelse omfattar en total bruttoarea (BTA) på ca 12 500 m², varav ca 1 800 m² BTA garage. Föreslagen utformning omfattar sammanlagt ca 130 lägenheter (2-4 rum och kök).



Figur 2.1. Förslag till ny bebyggelsestruktur inom det aktuella planområdet.

Det aktuella planområdet ligger enligt ovan ca 30 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt) respektive ca 85-90 meter från Nynäsvägen (mätt från vägkant på närmaste avfartsramp). Enligt det förslag till bebyggelsestruktur som redovisas i figur 2.3 planeras ny bebyggelse minst 42 meter från närmaste järnvägsspår (mätt från spårmitt) samt minst 85 meter från Nynäsvägen (mätt från vägkant på närmaste avfartsramp).

2.2 Omgivande planer

Det aktuella planområdet ingår i Huddinge Översiktsplan 2030 /3/. Översiktsplanen uppmuntrar till en relativt kraftig exploatering och förtätning i och i anslutning till centrala Trångsund. I översiktsplanen anges att planområdet, tillsammans med fastigheten Sändaren 1 direkt öster om området utgör ett s.k. förtätningsområde, vilket är ett befintligt bebyggelseområde där kommunen ser positivt på en högre/tätare bebyggelse med bostäder/arbetsplatser.

I övrigt så anges det i översiktsplanen ett flertal områden i anslutning till det aktuella planområdet som utgör s.k. exploateringsområden, vilket utgör obebyggda ytor där kommunen uppmuntrar och ser mycket positivt på exploatering med byggnader, gator och utveckling av allmänna platser.

De närmaste exploateringsområdena ligger ca 150 meter öster om planområdet, på båda sidor om Nynäsbanan samt ca 150 meter nordväst om området, norr om Nynäsbanan. Detaljplanen för exploateringsområdet öster om planområdet på motstående sida om Nynäsbanan har redan vunnit laga kraft (2016) och byggstart för två bostadshus påbörjades under hösten 2018.

Det har inte identifierats några planer på etablering av verksamheter som kan medföra risk för det område som studeras i denna analys. En större exploatering med förtätning utmed järnvägen kan dock komma att påverka samhällsriskerna.

3. Riskinventering

3.1 Allmänt

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

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

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

3.2 Inventering av riskkällor

I det aktuella planområdets närhet har **Nynäsbanan** samt **Nynäsvägen (väg 73)** identifierats som riskkällor.

Magelungsvägen utgör inte rekommenderad transportled för farligt gods. Det har inte identifierats några verksamheter utmed vägen som bedöms generera transporter av farligt gods på den aktuella sträckan förbi planområdet. Det finns inga bensinstationer inom 150 meter från planområdet. Närmaste bensinstation ligger i Skogås, ca 2 km söderut. Transporter till och från denna bensinstation förväntas inte trafikera Magelungsvägen förbi planområdet utan dessa transporter kommer sannolikt från Nynäsvägen via Österleden. Magelungsvägen bedöms därmed inte utgöra någon riskkälla utmed sträckan förbi aktuellt planområde.

Nedan görs en beskrivning av följande riskkällor:

- Nynäsbanan
- Nynäsvägen (väg 73)

3.2.1 Allmänt om transporter av farligt gods

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

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

Tabell 3.1. Farligt gods indelat i olika klasser enligt RID-S (järnväg) /4/ respektive ADR-S (väg) /5/.

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

3.2.2 Nynäsbanan

Allmänt

Nynäsbanan går mellan Älvsjö och Nynäshamn och passerar utmed planområdet på motstående sida om Magelungsvägen, se figur 2.1. I höjd med planområdet ligger Trångsunds pendeltågsstation.

På den aktuella sträckan består banan av två spår med en mellanliggande plattform. Längs den aktuella sträckan är spåren raka. Det har identifierats en växel mellan spåren inom ca 1 km från det aktuella planområdet.

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

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

År 2010 trafikerades sträckan av 142 pendeltåg per vardagsmedeldygn /6/ och enligt uppgifter från Trafikverket för perioden 2013-2015 trafikerades sträckan av i genomsnitt 152 tåg per dygn, varav 2 godståg /7/.

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 /8/.

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).

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 /9/.

Transporter av farligt gods

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

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

- Uppgifter över mängden farligt gods som transporterades på Nynäsbanan under år 2013-2015 har erhållits från Trafikverket /7/. Informationen är av känslig art och får därför inte presenteras i detalj i denna analys. Av uppgifterna framgår att ca 5 % av alla godsvagnar på Nynäsbanan rymmer farligt gods samt att det är ämnen i klass 2 och klass 3 som transporteras.
- Utöver statistik från Trafikverket har MSB (tidigare Räddningsverket) genomfört mätningar av mängden farligt gods som transporterades på Sveriges järnvägar under perioden september-november 1996 samt under september 2006. Kartläggningen 1996 /10/ redovisade inga transporter av farligt gods på Nynäsbanan medan motsvarande kartläggning 2006 /11/ redovisade transporter av:
 - Klass 2.1: 0 – 5 200 ton/månad
 - Klass 3: 0 – 8 700 ton/månad
 - **Totalt: 0 – 10 000 ton/månad**

- Det finns dessutom information om Green Cargos transporter på aktuell sträcka av Nynäsbanan under perioden mars-maj 2005 /12/. Green Cargo utgör en av de större transportörerna av gods på Sveriges järnvägar. Statistiken redovisar följande transporter av farligt gods på Nynäsbanan:
 - Klass 2.1: 414 ton/kvartal
 - Klass 3: 1 824 ton/kvartal
 - **Totalt: 2 238 ton/kvartal**
- Trafikanalys upprättar årliga statistikrapporter över den totala godstrafiken på Sveriges järnvägar inklusive farligt gods. Enligt denna statistik har i genomsnitt 4-5 % av den totala godsmängden varit farligt gods under femårsperioden, 2013-2017 /13/.

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

Enligt ovan planerar Stockholms Hamnar en ny hamn för godstrafik i Norvik i Nynäshamns kommun. Av de 55 000 godsvagnarna, som hamnen uppskattas generera på Nynäsbanan varje år, bedöms cirka 1 280 vagnar (cirka 2,5 %) omfatta farligt gods ur samtliga klasser förutom klass 1 och klass 7 /14/.

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

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

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

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

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

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

Klass	Antal godsvagnar med farligt gods per år			
	Idag		År 2040	
	Andel	Antal	Andel	Antal
1	0,10%	0	0,05%	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

3.2.3 Nynäsvägen (väg 73)

Allmänt

Nynäsvägen (riksväg 73) sträcker sig mellan Stockholm och Nynäshamn och är relativt kraftigt trafikerad. Enligt trafikmätningar från Trafikverket för år 2015 så är årsmedeldygnstrafiken på Nynäsvägen i höjd med Trångsund ca 63 450 fordon per dygn summerat i båda körriktningar /15/. Drygt 13 % av trafiken utgör tung trafik.

På den aktuella sträckan har Nynäsvägen motorvägsstandard med mittbarriär. I höjd med planområdet ligger trafikplats Trångsund med på- och avfartsramper mellan Nynäsvägen och Magelungsvägen. Vägen utgörs av två huvudkörfält (genomgående) i vardera riktningen samt på-/avfartsramper.

Den skyltade hastigheten på vägen är 110 km/h.

Framtida förändringar

Trafikmängden på Nynäsvägen ökar för varje år. Enligt Trafikverkets trafikmätningar har trafiken på den aktuella sträckan ökat med i genomsnitt 2-3 % per år under de senaste 15 åren /15/. Mellan år 2002 och år 2015 ökade trafiken med sammanlagt ca 30 %.

I en vägutredning som har upprättats av Trafikverket för sträckan Handen – Länna (ca 2 km söder om planområdet) redovisas att trafiken på väg 73 förväntas öka med ca 42 % fram till år 2030 i förhållande till trafikmängden år 2001 /16/. Detta motsvarar en genomsnittlig trafikökning på ca 1,3 % per år.

Med en motsvarande trafikökning på den aktuella sträckan bedöms årsmedeldygnstrafiken bli ca 76 000 fordon per dygn år 2030. Om trafikökningen sedan antas fortsätta i samma takt så bedöms årsmedeldygnstrafiken bli ca 85 000 fordon per dygn år 2040.

Transporter av farligt gods

Nynäsvägen utgör en s.k. primär transportled för farligt gods, vilket innebär att Länsstyrelsen i Stockholms län rekommenderar att farligt gods transporteras denna väg, även genomfartstransporter rekommenderas ta denna väg /17/. Det finns inga restriktioner för olika farligt godsklasser. Teoretiskt sett kan därför transporter av i stort sett samtliga farligt godsklasser passera förbi det aktuella området.

Nynäsvägens sträckning med slut i Nynäshamn innebär att majoriteten av de genomfartstransporter med farligt gods som går på vägen troligtvis kommer från, eller ska till, hamnen i Nynäshamn. Förekomsten av farligt gods kan med hänsyn till detta bedömas utifrån identifierade verksamheter utmed vägen, åtminstone i större utsträckning än för andra primära farligt godsleder för farligt gods. Vilka transporttyper som går på vägen kan bl.a. antas vara beroende av eventuella restriktioner kring vilka transporttyper som är tillåtna att hantera inom hamnen.

Det finns ingen heltäckande information över hur stora mängder farligt gods som transporteras på den aktuella vägsträckan. Det har dock genomförts ett antal kartläggningar som ger information om vad som har transporterats/transporteras under vissa perioder:

- I maj och oktober 2015 genomfördes mätning av antalet farligt godsfordon vid 15 mätpunkter i Stockholm /18/. En av dessa mätpunkter omfattar Nynäsvägen ca 6 kilometer norr om aktuellt område. Mätningen genomfördes via detektion med hjälp av trafikkameror. Mätningarna visar bland annat att merparten av trafiken sker utanför rusningstrafik samt att det är relativt få fordon som genomför samtliga passager (1 700 fordon stod för 12 300 passager i maj). På Nynäsvägen utgjorde transporterna med farligt gods 0,8 % av den tunga trafiken. Totalt passerade under oktober 779 transporter med farligt gods. Vanligast förekommande ämnen var bensin och diesel. I tabell 3.3 redovisas fördelning mellan olika klasser utifrån genomförda mätningar uppräknat till år. Antalet farligt godstransporter utifrån mätningar via kameradetektion är mindre än hälften så många som enligt övriga underlag som presenteras nedan. Transporter lastade med explosiva ämnen (klass 1) skyltas sällan eftersom lasten bland annat är mycket stöldbegärlig. Antalet transporter med klass 1 kan därför vara fler än vad som redovisas i tabell 3.3.
- Trafikanalys upprättar årliga statistikrapporter över den totala lastbilstrafiken, inkl. farligt gods, på Sveriges vägar. Utifrån statistik över antal transporter per farligt godsklass under femårsperioden 2013-2017 /19/ uppskattas farligt godstransporter i genomsnitt utgöra ca 1-1,5 % av det totala antalet lastbilstransporter på svenska vägar (om man istället studerar transporterade godsmängder så utgör farligt gods ca 3 % av de totala transporterade godsmängderna). För Nynäsvägen så skulle detta motsvara ca 36 500 transporter med farligt gods per år med de trafiksiffror som redovisas i avsnitt 3.2 för år 2015.
- Dessutom har MSB gjort försök att kartlägga transporterna av farligt gods i Sverige, bl.a. under september månad 2006 då statistik över farligt godstransporter samlades in /11/. Kartläggningen redovisas som intervall över transporterade godsmängder per farligt godsklass. För Nynäsvägen så uppskattas de angivna godsmängderna från kartläggningen år 2006, omräknat till årsbasis, motsvara ca 6 700-30 000 transporter med farligt gods per år. Detta motsvarar ca 0,2-1 % av den totala tunga trafiken på Nynäsvägen med de trafiksiffror som redovisas i avsnitt 3.2 för år 2015.

Sedan den genomförda kartläggningen 2006 har Nynäs raffinaderi byggt ut hamnen i Norvik i Nynäshamns kommun med en terminal för naturgas (LNG). Denna verksamhet har genererat en kraftig ökning av farligt godstransporter (brännbar gas) på Nynäsvägen. Enligt en prognos som redovisas i den miljökonsekvensbeskrivning som upprättades för terminalen /20/ uppskattas verksamheten att kunna medföra ca 40 transporter med brännbar gas per dygn år 2020.

LNG-transporterna kommer dels att gå till Fortum Värme och AGA:s anläggningar och uppskattas främst trafikera sträckorna Nynäshamn – Länna (ny anläggning för Fortum), Nynäshamn – Avesta samt Stockholm – Avesta. Dessutom går transporter till ett bunkringsfartyg i Frihamnen som sedan januari 2013 används för att tanka Viking Lines fartyg Grace /21/. Hur stor andel av transporterna från LNG-terminalen som passerar det aktuella planområdet är något oklart och beror bl.a. på vilka transportvägar som väljs för transporter mot Avesta.

Framtida förändringar: Stockholms Hamn planerar en ny hamn för godsfartyg i Norvik i Nynäshamns kommun. Godset kommer att transporteras vidare på väg och järnväg från hamnen. Enligt den miljörisikanalys som har gjorts /14/ i samband med planarbetet för hamnen uppskattas hamnen medföra en ökning med ca 8 700 farligt godstransporter per år på Nynäsvägen (prognos 2020).

Sammanställning: Den studerade informationen är inte heltäckande, men ger ändå en indikation på hur situationen ser ut samt hur den har förändrats de senaste åren. I tabell 3.2 redovisas en sammanställning av de studerade underlagen. Tabellen redovisar uppskattat antal transporter per farligt godsklass idag respektive för prognosåret 2030. För underlaget från MSB utgår antalet transporter från de maximala transportmängderna för respektive farligt godsklass med komplettering av tillkommande transporter från de nya verksamheterna i Norvik i enlighet med beskrivningen ovan. I sammanställningen så antas det mycket konservativt att samtliga gastransporter från den nya LNG-terminalen kan komma att passera på den aktuella vägsträckan.

Tabell 3.3. Uppskattat antal farligt godstransporter på Nynäsvägen.

Klass	Ämne	Trafikanalys		MSB 2006 + Norvik (maxvärdet)		Kameradetektion maj och oktober 2015		Tillkommande transporter pga. LNG-terminal samt hamnen i Norvik
		År 2015	År 2030	År 2015	År 2030	År 2015	År 2030	År 2020
1	Explosiva ämnen	578	729	176	186	0	0	10
2	Gaser	5126	6466	25482	25982	654	894	15 100
3	Brandfarliga vätskor	13553	17098	7737	10637	5459	7461	2 900
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	189	238	357	657	84	115	300
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	878	1108	0	700	0	0	700
6	Giftiga ämnen	600	757	68	768	0	0	700
7	Radioaktiva ämnen	11	14	588	588	0	0	0
8	Frätande ämnen	3758	4741	4594	6494	47	64	1 900
9	Övriga farliga ämnen	1301	1641	6203	7903	1131	1546	1 700
Totalt		25994	32793	45 205	53 915	7376	10080	23 310

Kommentar: Explosivämnen (klass 1) transporteras normalt inte skyltade som klass 1 p.g.a. stöldrisk. Det råder därför osäkerhet om hur stort antal transporter med denna ämnesklass som förekommer på det aktuella vägavsnittet. Bedömningen är dock att det rör sig om små mängder.

4. Inledande riskanalys

4.1 Metodik

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

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

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

4.2 Identifiering av olycksrisker

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att det är följande olycksrisker förknippade med de närliggande riskkällorna som bedöms innebära möjliga konsekvenser för det aktuella planområdet:

Nynäsbanan:

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

Nynäsvägen:

4. Olycka med farligt gods

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Urspårning

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

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

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

Avståndet mellan planerad ny bebyggelse och närmaste spår blir som minst ca 40 meter. Hastighetsbegränsningen på Nynäsbanan är 140 km/h för pendeltåg och 100 km/h för godståg. Närheten till Trångsunds pendeltågsstation innebär dock sannolikt att hastigheten på den aktuella sträckan är betydligt lägre.

Avståndet mellan bebyggelse och järnvägen kommer att vara betryggande med avseende på urspårning. Den sammanvägda risknivån förknippad med urspårning bedöms vara mycket låg inom hela planområdet.

Utifrån ovanstående beskrivning görs bedömningen att urspårning inte utgör någon risk som behöver beaktas vidare i den fortsatta planprocessen.

4.3.2 Tågbrand

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

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

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

Avståndet mellan planerad ny bebyggelse och närmaste spår blir som minst ca 40 meter. Avståndet ger ett betryggande skydd mot brandspridning till planerad bebyggelse vid en tågbrand. Den sammanvägda risknivån förknippad med tågbrand bedöms vara mycket låg inom hela planområdet.

Utifrån ovanstående beskrivning görs bedömningen att tågbrand inte utgör någon risk som behöver beaktas vidare i den fortsatta planprocessen.

4.3.3 Olycka vid transport av farligt gods på Nynäsbanan

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

Tabell 4.1. Konsekvensbeskrivning för olycka med respektive farligt godsklass.

Klass	Konsekvensbeskrivning
1. Explosiva ämnen	Riskgrupp 1.1: Risk för massexplosion. Skadeområden kan vid stora transportmängder (> 2 ton) överstiga 50-200 meter. Begränsade skadeområden vid mängder under 1 ton. Riskgrupp 1.2-1.6: Ingen risk för massexplosion. Risk för splitter och kaststycken. Skadeområdet begränsas normalt till närområdet.
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnsexplosion, BLEVE. Skadeområden mellan ca 20-200 meter. Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Skadeområden begränsas vanligtvis till närområdet kring olyckan. Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Skadeområden på över 100-tals meter.
3. Brandfarliga vätskor	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 30-40 m.
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Skadeområden bedöms motsvara större brand i ett normalt godståg, se avsnitt 4.3.2.
5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med konc. > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Skadeområde ca 70 m radie.
6. Giftiga ämnen	Utsläpp av fasta giftiga ämnen. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Utsläpp av radioaktivt ämne, vilket kan medföra kroniska effekter mm. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.
8. Frätande ämnen	Utsläpp av frätande ämne. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.
9. Övriga farliga ämnen	Utsläpp. Skadeområdet begränsas vanligtvis till närområdet.

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

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

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

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

Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen

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

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

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

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

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

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

Klass 2.1. Brännbara gaser

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

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

Utifrån de kartläggningar som finns att tillgå bedöms brännbara gaser kunna utgöra en relativt stor andel av farligt godstransporterna på järnvägen. Enligt tabell 3.2 kan ca 25 % av den totala mängden farligt gods utgöra gastransporter. Statistiken från Trafikanalys /13/ samt prognosen för Norvik /14/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. Kartläggningen från MSB år 2006 /11/ redovisar dock klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna och visar att i Stockholmsområdet så utgör brännbara gaser sannolikt en majoritet av gastransporterna.

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

Klass 2.3. Giftiga gaser

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

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

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

Klass 3. Brandfarliga vätskor

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

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

Avståndet mellan ny bebyggelse och närmaste spår på Nynäsbanan är som minst ca 40 meter. Med hänsyn till avståndet mellan järnvägen och planerad bebyggelse, i förhållande till potentiella skadeavstånd, bedöms en olycka med brandfarlig vätska på Nynäsbanan ha en begränsad påverkan på risknivån inom det studerade området. Avståndet ger ett betryggande skydd mot brandspridning till planerad bebyggelse.

Den sammanvägda risknivån förknippad med olycka med brandfarlig vara bedöms vara låg inom planområdet, förutom inom de delar utomhus som ligger mellan järnvägen och planerad ny bebyggelse. Med hänsyn till att risknivån inom delar av planområdet kan vara något förhöjd bör olycksrisken studeras vidare i en fördjupad riskanalys för att avgöra behovet av riskreducerande åtgärder.

Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till något följdscenario som innebär allvarliga personskador. Det finns dock ämnen inom denna farligt godsklass som, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.), kan leda till självantändning. Blandningen kan till och med innebära ett explosionsartat brandförlopp som motsvarar explosion med massexplosiva ämnen.

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

I den riskanalys som togs fram för fördjupad översiktsplan för Göteborg 1996 /22/ angavs att den explosiva blandning som kan bildas vid ett utsläpp på järnväg motsvarar en explosiv blandning med 25 ton trotyl. Detta scenario utgår dock från antagandet att vagnen med oxiderande ämnen kolliderar med en vagn med brandfarlig vätska (klass 3) som blandas med utsläppet. Detta skadescenario bedöms vara mycket konservativt.

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

Enligt RID-S /4/ är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på järnväg. Andelen av de oxiderande ämnena på järnvägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material antas därför vara begränsad.

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

4.3.4 Olycka vid transport av farligt gods på Nynäsvägen

Riskuppskattningen avseende farligt godsolycka på Nynäsvägen utgår från den övergripande konsekvensbedömningen som redovisas i tabell 4.1. Bedömningarna i tabell 4.1 förutsätter dock att riskkällan ligger ungefär i nivå med kringliggande områden och att det inte finns några avskärmande barriärer. Avskärmande barriärer innebär en kraftig begränsning av skadeområdet för olycka med samtliga farligt godsklasser.

Avståndet mellan planområdet och Nynäsvägen är som minst ca 85-90 meter (mätt från väggkant på närmaste avfartsramp). Utmed planområdet så angränsar Nynäsvägen dessutom mot en flera meter hög bergvägg. Denna naturliga barriär kommer att, tillsammans med avståndet, ge ett betryggande skydd mot nära samtliga farligt godsolyckor på Nynäsvägen. Det skulle krävas att olyckan inträffar på en mycket begränsad sträcka av Nynäsvägen strax norr om planområdet, d.v.s. där området ligger oskyddat mot vägen utan varken framförliggande bebyggelse eller bergvägg.

Utifrån ovanstående beskrivning så bedöms riskbidraget från olycksrisker förknippade med trafiken på Nynäsvägen vara extremt begränsad inom hela planområdet. Avståndet mellan planerad ny bebyggelse och Nynäsvägen överstiger dessutom med god marginal Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1.1). Baserat på detta görs bedömningen att olycka med farligt gods på Nynäsvägen inte utgör någon risk som behöver beaktas vidare i den fortsatta planprocessen. Det bedöms inte bli aktuellt med restriktioner kring bebyggelsestruktur eller krav på åtgärder för skydd mot olycka med farligt gods på Nynäsvägen.

4.4 Slutsats inledande riskanalys

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

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

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

Avståndet och nivåskillnaden mellan Nynäsbanan och ny bebyggelse innebär ett betryggande skydd med avseende på urspårning och tågbrand. För att erhålla ett fullständigt resultat avseende riskberäkningarna (individerisk och samhällsrisk) för det aktuella planområdet kommer dock dessa olycksrisker att beaktas i den fördjupade riskbedömningen.

Avståndet mellan Nynäsvägen och planområdet, tillsammans med rådande nivåskillnader, innebär ett betryggande skydd mot farligt godsolycka. Med avseende på risknivån inom det aktuella planområdet behöver den fördjupade riskbedömningen inte beakta olycka på Nynäsvägen.

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Metodik

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

5.1.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

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

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

5.1.2 Sammanvägning av risk

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

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

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

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

Samhällsrisk är det riskmått som en riskkälla utgör mot hela den omgivning som utsätts för risken. Frekvenser för olika händelser vägs samman med konsekvenserna av dessa. Detta redovisas sedan i ett F/N-diagram (frequency/number of fatality) där den kumulerade frekvenser plottas mot konsekvenser i ett logariterat diagram. Frekvenser uttrycks i förväntat antal olyckor per år (år^{-1}) och konsekvenser i antal omkomna, då dessa enheter ger en uppfattning om vilken risk samhället utsätts för till följd av en riskkälla.

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

Enligt avsnitt 5.1.3 avser acceptanskriterierna för samhällsrisk 1 km^2 med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg. Samhällsrisk beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

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

Riskberäkningar redovisas i bilaga C.

5.1.3 Värdering av risk

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

Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. I publikationen *Värdering av risk /23/* ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, se tabell 5.1.

Tabell 5.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

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

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

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

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter och markanvändning. Detta gäller framförallt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt *Värdering av risk /23/* bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreationsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För boende görs ingen korrigering.

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

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även på inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Enligt Värdering av risk /23/ så bör en rimlig utgångspunkt vara att risker som ligger inom den övre delen av ALARP-området, d.v.s. nära gränsen för "oacceptabla risker" endast tolereras om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av ALARP-området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Underlåtenhet att genomföra ytterligare åtgärder skall då motiveras.

5.1.4 Hantering av osäkerheter

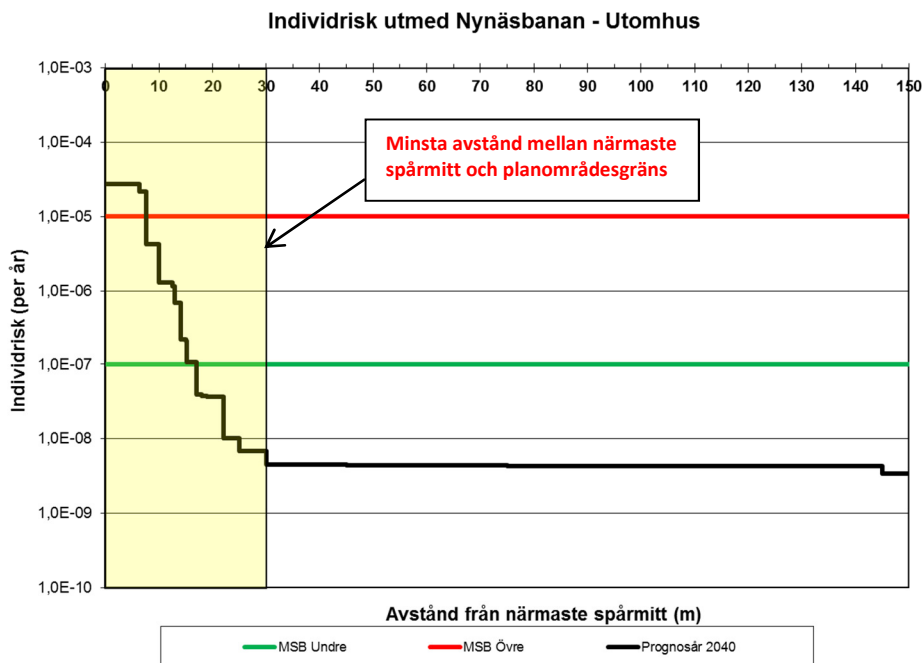
Risikanalysen utgår från underlag som innefattar relativt omfattande osäkerheter, främst med avseende på antalet transporter av farligt gods. I avsnitt 5.4 redovisas en ytterligare diskussion kring hanteringen av ovanstående osäkerheter m.m. samt hur detta inverkar på analysens resultat. För att studera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

5.2 Resultat riskberäkningar

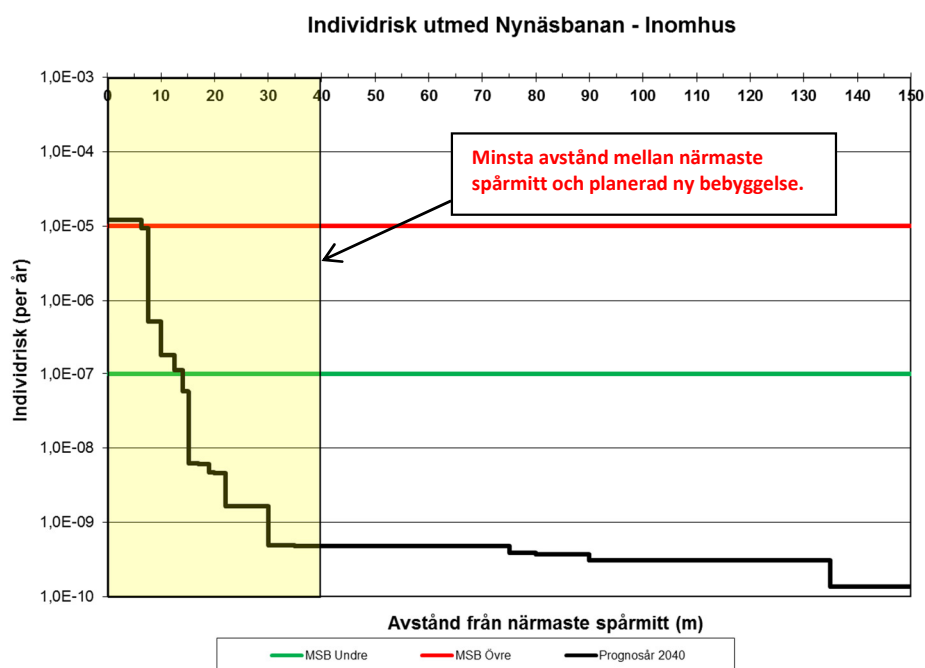
5.2.1 Individrisk Nynäsbanan

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

Individrisken redovisas för prognosår 2040 där hänsyn tas till planerad utbyggnad av järnvägen. Avståndet i diagrammet utgår från spårmittpå järnvägens närmaste spår.



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



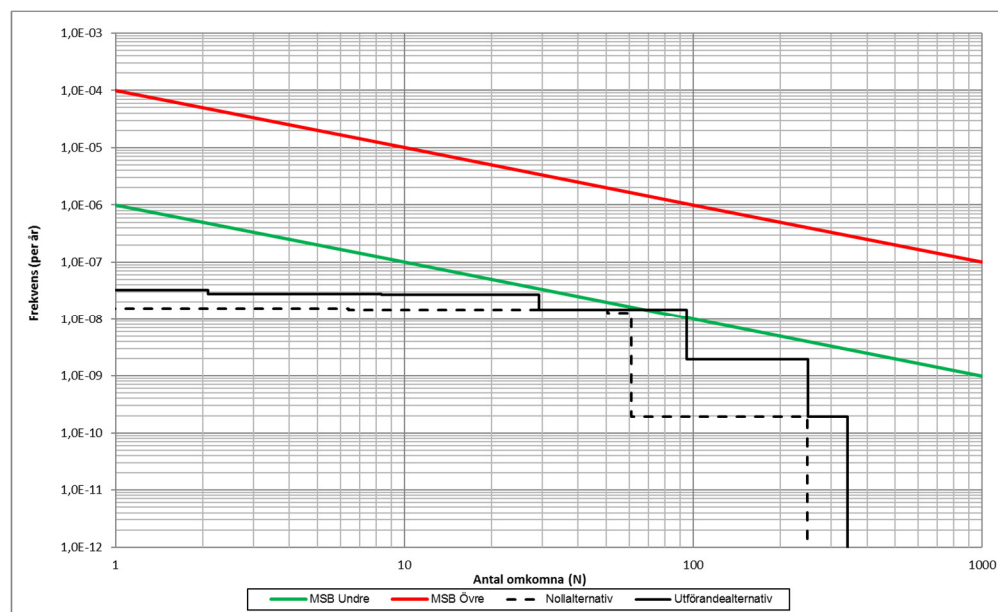
Figur 5.2. Individrisk för person inomhus som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmit).

5.2.2 Samhällsrisk

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

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

Samhällsrisken redovisas för prognosår 2040.



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

5.3 Värdering av risk

5.3.1 Individrisk

Med avseende på individrisk bedöms olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan hamna inom ALARP inom knappt 20 meter från närmaste spårmitt. Inom ca 10 meter från Nynäsbanan så hamnar individrisken på en oacceptabel nivå. Detta avser både oskyddade personer utomhus samt personer inomhus (risknivån inomhus är generellt något lägre eftersom bebyggelsen har en riskreducerande effekt med avseende på de studerade olycksriskerna).

I figur 5.1 markeras avståndet mellan Nynäsbanans närmaste spårmitt och det aktuella planområdet, ca 30 meter. I figur 5.2 markeras minsta avstånd mellan Nynäsbanans närmaste spårmitt och planerad bebyggelse, ca 40 meter. Med avseende på individrisk anses risknivån vara acceptabel inom hela planområdet, både utomhus och inomhus.

Med avseende på individrisknivån behöver ingen hänsyn tas till olycksrisker förknippade med järnvägen vid planering och utformning av planområdet, varken avseende obebyggda ytor eller planerad ny bebyggelse.

5.3.2 Samhällsrisk

Samhällsriskerna från olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan ligger generellt på en acceptabel nivå. Den planerade bebyggelsen medför dock att samhällsriskerna ligger inom den nedre halvan av ALARP för konsekvenser mellan ca 50 och 90 omkomna. För < 10 omkomna respektive för > 115 omkomna så ligger risknivån långt under ALARP.

De olycksrisker som bidrar till att samhällsriskerna hamnar inom ALARP utgör olycksrisker förknippade med brännbara gaser (BLEVE). Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt urspårning och tågbrand bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsrisknivån.

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

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

5.4 Hantering av osäkerheter

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

Vid beräkning av olycksfrekvenser har olyckskvoter för urspårning med persontåg respektive godståg hämtats från beräkningsmetod utgiven av den europeiska järnvägsunionen, *UIC Code 777-2 R /24/*. 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 /25/*. 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 samhällsriskerna fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- Att använda en annan mer konservativ beräkningsmetodik för frekvensberäkningarna (VTI) skulle medföra en begränsad skillnad i risknivån utmed den aktuella sträckan bortsett från skadescenarier förknippade med urspårning med persontåg där olycksfrekvensen ökar relativt kraftigt. Med hänsyn till utformningen av omgivningen utmed sträckan och avståndet till kringliggande bebyggelse så medför dessa skadescenarier dock mycket begränsad risk för omkomna till händelse av denna typ av olycka. Påverkan på samhällsriskerna blir därför mycket marginell. Samhällsriskerna hamnar fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- Att använda beräkningsmetodiken enligt VTI påverkar individrisken och innebär ett ökat avstånd från järnvägen där individrisken hamnar inom ALARP. På ett avstånd om ca 30 meter från järnvägens spår kommer individrisknivån dock ändå fortfarande vara acceptabel. Individrisknivån i anslutning till planerad byggnad, som planeras minst 40 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. Samhällsriskerna förskjuts något, men hamnar fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskerna hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.

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

6. Säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

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

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

Dessutom behöver bedömningen av åtgärder beakta vilket bidrag till risknivån som respektive olycksrisk innebär. I avsnitt 5.3 redovisas vilka olycksrisker som innebär störst bidrag till den sammanlagda riskbilden inom planområdet.

6.2 Diskussion kring åtgärder

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

Respektive avsnitt inleds med en generell beskrivning av restriktionerna och åtgärder. I kursiv text redovisas en specifik bedömning för det aktuella området. I avsnitt 6.3 redovisas en sammanställning av vilka restriktioner och åtgärder som rekommenderas för det aktuella projektet.

6.2.1 Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

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

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

Vid bebyggelse som inte uppfyller de rekommenderade skyddsavstånden kommer kompletterande byggnadstekniska åtgärder generellt behöva vidtas. Omfattningen av åtgärderna är beroende av hur mycket skyddsavstånden underskrids samt vilka olycksrisker som behöver beaktas. Syftet med åtgärderna är att reducera det "nettotillskott" av oönskade händelser som avsteget medför i förhållande till om riktlinjerna skulle följas, se vidare avsnitt 6.2.2.

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

Planerad bostadsbebyggelse innebär ett avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd mätt från närmaste spår (50 meter enligt figur 1.1). Det är endast en begränsad del av den nya bebyggelsen som hamnar inom 50 meter från järnvägens närmaste spår.

Utifrån samhällsriskberäkningen dras slutsatsen att planerad exploatering och föreslagna avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd har en begränsad påverkan på samhällsrisknivån inom planområdet. Föreslagen exploatering bör därför kunna accepteras. Det rekommenderas dock att kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas, se avsnitt 6.2.2.

Avseende Nynäsvägen så överstiger avståndet till planområdet med mycket god marginal Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd. Riskbidraget från olycksrisker förknippade med trafiken på Nynäsvägen bedöms vara extremt begränsad inom området. Det bedöms därför inte bli aktuellt med restriktioner kring bebyggelsestruktur eller krav på åtgärder för skydd mot olycka med farligt gods på Nynäsvägen.

För att reducera risken för konsekvenser vid en olycka på järnvägen så rekommenderas att obebyggda ytor mellan järnvägen och ny bebyggelse utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Rekommendationen avser allmänna gemensamma ytor. Exempel på lämplig markanvändning inom ytor som inte ska uppmuntra till stadigvarande vistelse är gång- och cykelväg, lokalgata, markparkering, naturområden, park samt områden som skyddar mot störning, exempelvis bullervall och plantering. Med hänsyn till den höga risknivån bör obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse placeras så att avståndet är minst 30 meter till närmaste spårmitt.

För att tillgodose att avstånden mellan riskkällor och bebyggelse motsvarar föreslagen situationsplan behöver detta anges som krav i detaljplan, se vidare avsnitt 6.3. Avståndet mellan planområdesgräns och järnvägen är 30 meter, varför ovanstående rekommendation avseende utformning av obebyggda ytor inte behöver anges som planbestämmelse.

6.2.2 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 förhöjd risknivå inom de aktuella områdena. För att acceptera avstegen samt för att reducera risknivån behöver kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas. Nedan redovisas diskussioner kring behovet av åtgärder.

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

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

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

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

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

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

Skydd mot brandspridning

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 framförlliggande bebyggelse och barriärer behöver också beaktas.

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

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

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

Åtgärdsförslaget motsvarar planbestämmelse för bostäder inom 50 meter från Nynäsbanan som finns i detaljplan för del av Bonden 1 och Hammartorp 1:1 m.fl. som ligger på motstående sida om Nynäsbanan, ca 100 meter söder om aktuellt planområde /9/.

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

Det föreslås att åtgärden anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.3.

Skydd mot spridning av 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.

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

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

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

Med hänsyn till rimligheten i att vidta åtgärder i förhållande till riskbidraget och risknivå samt de planerade verksamheterna inom det studerade området så rekommenderas att åtgärder som skyddar mot gasspridning vid olycka på Nynäsbanan vidtas för ny bebyggelse som vetter direkt mot Nynäsbanan (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning). Åtgärdsförslaget gäller för ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (50 meter för bostäder). Åtgärdsförslaget motsvarar planbestämmelse för bostäder inom 50 meter från Nynäsbanan som finns i detaljplan för del av Bonden 1 och Hammartorp 1:1 m.fl. /9/.

Det rekommenderas att åtgärderna anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.3.

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

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

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

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

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

- Ny bostadsbebyggelse ska placeras så att avstånden till närmaste spår på Nynäsbanan inte understiger 30 meter.
- Ytor mellan ny bebyggelse och Nynäsbanan bör utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser) ska placeras så att avstånden är minst 30 meter till närmaste spårmitt. Avståndet mellan planområdesgräns och järnvägen är 30 meter, varför ovanstående rekommendation avseende utformning av obebyggda ytor inte behöver anges som planbestämmelse.

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

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

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

6.3.1 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 eventuella gasutsläpp genom skyddsavstånd i kombination med ventilationstekniska åtgärder.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av en större utvändig brand genom skyddsavstånd.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av urspårning genom skyddsavstånd.
- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på angränsande järnväg eller transportled för farligt gods genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från riskkällan.

I bilaga C redovisas samhällsriskerna med hänsyn tagen till föreslagna åtgärder och restriktioner kring markanvändning. För aktuell situationsplan har de byggnadstekniska åtgärderna en relativt hög reducerande effekt i förhållande till den beräknade samhällsriskerna och medför att de delar av samhällsriskerna som tidigare hamnade inom ALARP nu tangerar det undre acceptanskriteriet. Med hänsyn till den beräknade risknivån inom studerade områden bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig riskreducerande effekt.

7. Slutsatser

Det aktuella planområdet som omfattar fastigheterna Sändaren 2 samt Hammartorp 1:1, 2:16 och 2:17 i Trångsund i Huddinge kommun ligger i ett relativt utsatt läge med hänsyn till olycksrisker förknippade med transporter av farligt gods på den närliggande Nynäsbanan. Planområdet ligger dessutom ca 85-90 meter från Nynäsvägen (primär transportled för farligt gods).

Genomförd riskanalys av identifierade risker förknippade med Nynäsbanan visar att olycksriskerna påverkar risknivån inom det studerade planområdet. Detta gäller framförallt samhällsriskerna. Av de olycksrisker som främst påverkar risknivån inom planområdet är det huvudsakligen transporter av brännbara gaser som leder till en förhöjd samhällsrisknivå. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt urspärning och tågbrand bedöms ha en mycket begränsad påverkan på samhällsriskerna.

Planerad ny bebyggelse inom planområdet understiger Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till järnväg. Med anledning av den höga risknivån samt aktuella avsteg från rekommenderade avstånd föreslås att säkerhetshöjande åtgärder vidtas i syfte att reducera "nettotillskottet" av oönskade händelser som avsteget medför.

Närheten till Nynäsvägen (primär transportled för farligt gods) bedöms däremot ha en mycket begränsad påverkan på risknivån inom planområdet. Med hänsyn till detta behöver närheten till Nynäsvägen inte beaktas i den fortsatta planläggningen av området.

I avsnitt 6.3 redovisas de åtgärder som rekommenderas vid bebyggelse och vid förändrad markanvändning inom planområdet. För att säkerställa att åtgärderna vidtas krävs att dessa utformas som planbestämmelser i kommande detaljplaner.

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.

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Riskberäkningar

9. Referenser

- /1/ Riskhantering i Detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods, Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län & Västra Götalands län, september 2006
- /2/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /3/ Huddinge kommun – Översiktsplan 2030, maj 2014
- /4/ RID-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6, 2018
- /5/ ADR-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2018:5, 2018
- /6/ Planbeskrivning för Järnvägsplan. Nynäsbanan, Dubbelspårsutbyggnad Hemfrosa – Tungelsta, Trafikverket, 2015-03-15 (Diarienummer TRV 2013/8433)
- /7/ Anders Nilsson, Statistiker på Trafikverket, e-post 2016-05-20
- /8/ Lennart Lennefors, Strategisk planering, Trafikverket, e-post 2016-05-21
- /9/ Helena Ma, Trafik- och landsskapssektionen, Huddinge kommun, e-post 2019-03-17
- /10/ Flödet av farligt gods på järnväg, en översiktlig kartering i GIS-miljö, Räddningsverket 1996 (www.msb.se)
- /11/ Kartläggning av farligt godstransporter, september 2006, Räddningsverket 2007
- /12/ RID-transporter utförda av Green Cargo, Älvsjö – Jordbro, mars-maj 2005
- /13/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys
- /14/ Miljörisikanalys av transporter av farligt gods på väg och järnväg samt i farleden utanför hamnen. Planerad hamn vid Stockholm – Nynäshamn, Norviksudden. Enviroplanning, 2007-01-31
- /15/ Årsmedelsdygnstrafik från stickprov och helårsmätning, i form av tabeller, med hjälp av klickbar karta, Statistik från Trafikverkets hemsida www.trafikverket.se, uppgifter hämtade 2018-09-06
- /16/ Vägutredning väg 73 Handen-Länna, trafikplats Vega, Objekt nummer 49 370, Vägverket 2007
- /17/ 01FS 2016:10 – Länsstyrelsens i Stockholms läns kungörelse om sammanställning av rekommenderade vägar och lokala trafikföreskrifter för transporter av farligt gods i Stockholms län; (dnr 451-10401-2016), mars 2016
- /18/ Analyser av transporter med farligt gods, mätningar utförda i Stockholm under maj och oktober 2015, WSP, 2016-0427
- /19/ Statistikrapporter från Trafikanalys: Lastbilstrafik 2013 (Rapportnr 2014:12), Lastbilstrafik 2014 (Rapportnr 2015:21) , Lastbilstrafik 2015 (Rapportnr 2016:27) , Lastbilstrafik 2016 (Rapportnr 2017:14) , Lastbilstrafik 2017 (Rapportnr 2018:13)
- /20/ Miljökonsekvensbeskrivning för detaljplan inom Kalvö 1:22 och 1:12, LNG-terminal i Nynäshamns kommun, Sweco Viak, Antagandehandling mars 2008
- /21/ Full gas för grönare hav med LNG, www.stockholmshamnar.se, publicerad: 2013-01-11, besökt: 2013-04-10
- /22/ Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1996
- /23/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997

-
- /24/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002
 - /25/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Bilaga A - Frekvensberäkningar**Uppdragsnamn**

Kv. Sändaren m.fl. i Trångsund, Huddinge kommun

Uppdragsgivare

HSB Bostad

Uppdragsnummer

111645

Datum

2019-08-27

Handläggare

Erik Hall Midholm

Egenkontroll

EMM 2019-08-27

Internkontroll

PAN 2019-08-27

1. Inledning

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

Nynäsbanan

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

Frekvensberäkningarna utförs för en 1 km lång järnvägssträcka i anslutning till det aktuella planområdet. Beräkningarna utförs utifrån förutsättningar avseende spårutformning och trafiksiffror för prognosår 2040 enligt avsnitt 3.2 i huvudrapporten.

2. 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.

2.1 Urspårning

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

Frekvensen för urspårning beräknas utifrån följande olyckskvoter för urspårning förknippade med tågtyp samt spårutformning enligt uppgifter som redovisas i *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone* /1/:

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

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

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

- Urspårning persontåg: $2,3E-03$ urspårningar per år
- Urspårning godståg: $1,1E-03$ urspårningar per år
- **Urspårning totalt:** **$3,4E-03$ urspårningar per år**

Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär ovanstående urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $3,5E-08$ per tågkm.

Ovanstående värden kan jämföras med statistik över bantrafikskador /3/ respektive bantrafik /4/. Om man dividerar samtliga inrapporterade urspårningar med totala antalet tågkilometer (persontåg och godståg) under perioden 2001-2015 så blir den genomsnittliga olyckskvoten ca $7E-08$ per tågkm. Statistiken över bantrafikskador redovisar dock ingen fördelning av antalet urspårning för persontåg respektive godståg. Det kan dock konstateras att för den aktuella perioden så utgör persontågskm ca 70 % av det totala antalet tågkm i Sverige. Detta kan jämföras med ca 94 % för den aktuella järnvägssträckan år 2040 (med hänsyn tagen till utbyggnaden av Norvik). Sannolikheten för urspårning är normalt betydligt högre för godståg än för persontåg, vilket kan förklara skillnaden i genomsnittlig olyckskvot enligt nationell statistik och aktuell sträcka.

-
- /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
- /3/ Bantrafikskador 2015 (Statistikrapport 2016:20), Trafikanalys
- /4/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys

2.1.1 Urspårning i anslutning till bebyggelse

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

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

De fortsatta frekvensberäkningarna för urspårning och dess påverkan på kringliggande bebyggelse utförs utifrån den metodik som redovisas i UIC Code 777-2 R /1/.

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

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

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

F_r = urspårningsfrekvens per km (se avsnitt 2.1)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmitte och byggnad

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

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

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

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

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

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

a = se ovan

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

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

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

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

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

Tabell A.1. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarier på aktuell järnvägssträcka. **Persontåg. Prognosår 2040.**
Avståndet utgår från närmaste genomgående spår.

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

Tabell A.2. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspärningsscenarier på aktuell järnvägssträcka. **Godståg. Prognosår 2040.**

Avståndet utgår från närmaste genomgående spår.

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

2.2 Brand i godståg

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

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

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

-
- /5/ Tunnelsäkerhet Dimensionerande brandeffektkurvor i godståg (Trafikverket publ.nr. 2016:117), Brandskyddslaget AB på uppdrag av Trafikverket, 2016
 - /6/ PM Statistik godståg (Trafikverket rapport 101107-22-025-121), Brandskyddslaget på uppdrag av Trafikverket, 2015
 - /7/ Bantrafik 2006, Statens institut för kommunikationsanalys Rapport 2008:2
 - /8/ Bantrafik 2012, Trafikanalys, Statistik Rapport 2013:28

Tabell A.3. Fördelning av brandstorlek vid brand i godståg.

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

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

Tabell A.4. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i godståg på aktuell järnvägssträcka. **Prognosår 2040.**

Scenario	Frekvens [per år]
Brand i godståg	1,1E-03
Mycket stor brand (3,7 %)	3,9E-05
Stor brand (32,7 %)	3,4E-04
Liten brand (46,7 %)	4,9E-04
Väldigt liten brand / rökutveckling (16,8 %)	1,8E-04

2.3 Järnvägsolycka med farligt gods

2.3.1 Allmänt

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

Frekvensberäkningarna för järnvägsolycka med godståg innefattar även farligt godsvagnar.

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

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

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

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

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

Tabell A.5. Beräknad olycksfrekvens för olycka med farligt godstransport (totalt samt per farligt godsklass) på studerad järnvägssträcka (1 km). **Prognosår 2040.**

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
klass 1	0,05%	5,6E-08
Klass 2	15,5%	1,8E-05
klass 3	33,7%	3,9E-05
klass 4	3,1%	3,6E-06
klass 5	10,5%	1,2E-05
klass 6	4,6%	5,3E-06
klass 7	0,0%	5,2E-09
klass 8	21,2%	2,5E-05
klass 9	11,4%	1,3E-05
Totalt		1,2E-04

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

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

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,05%	1,6E-08
Klass 2	15,5%	5,1E-06
Klass 3	33,7%	1,1E-05
Klass 4	3,1%	1,0E-06
Klass 5	10,5%	3,5E-06
Klass 6	4,6%	1,5E-06
Klass 7	0,0%	1,5E-09
Klass 8	21,2%	7,0E-06
Klass 9	11,4%	3,8E-06
Totalt		3,3E-05

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

2.3.2 Klass 1. Explosiva ämnen

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

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

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

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

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

Antagandet om fördelningen mellan olika transportmängder 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 /12/ samt uppgifter från den riskutredning som utförts för Mälärbansans sträckning genom Solna och Sundbyberg /13/. Kartläggningen i /12/ beaktar uppgifter från bl.a. MSB, Polisen samt transportörer i Stockholms län:

- Enligt uppgifter från MSB utgörs ca 80-90 % av transporter med 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 transportererna med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. transittransporter (genomfart) medan resterande transporter till avnämare inom länet.

/10/	RID-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6, 2018
/11/	Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007
/12/	Samrådsunderlag avseende omledningsvägnät för explosiva ADR-S transporter – Intunnling av Norra Station, WSP, 2008-11-14
/13/	Riskutredning för Mälärbansans sträckning mellan Solna stad och Sundbybergs stad (Huvudsta – Duvbo), Briab Brand & Riskingenjörerna AB, 2018-02-28

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

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

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

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

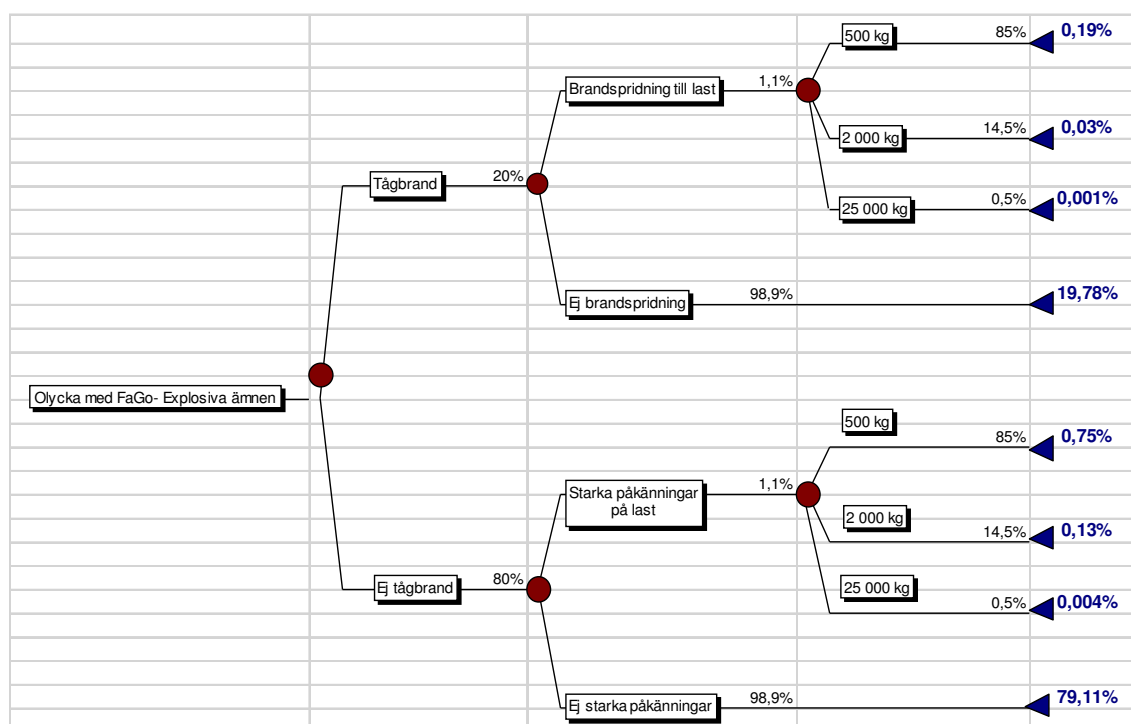
Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /10/. Detta innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det leder till explosion.

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

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

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

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



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

Tabell A.7. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen. **Prognosår 2040.**

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med explosivämne (klass 1)	7,2E-08
Järnvägsolycka utan brand	5,6E-08
Järnvägsolycka med brand	1,6E-08
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
500 kg	5,7E-10
- P.g.a. starka påkänningar	5,4E-10
- P.g.a. tågbrand	3,0E-11
2 000 kg	9,8E-11
- P.g.a. starka påkänningar	9,3E-11
- P.g.a. tågbrand	5,1E-12
25 000 kg	3,4E-12
- P.g.a. starka påkänningar	3,2E-12
- P.g.a. tågbrand	1,8E-13

2.3.3 Klass 2 – Gaser

Allmänt

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

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

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

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

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

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

I konsekvensberäkningarna studeras endast litet respektive stort läckage. I de fortsatta beräkningarna antas det grovt att samtliga medelstora utsläpp motsvarar stora utsläpp. Sannolikheten för litet (punktering) respektive stort utsläpp givet olycka är då ca 0,625 % respektive ca 0,375 %.

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

Klass 2.1. Brännbara gaser

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

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

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

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

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

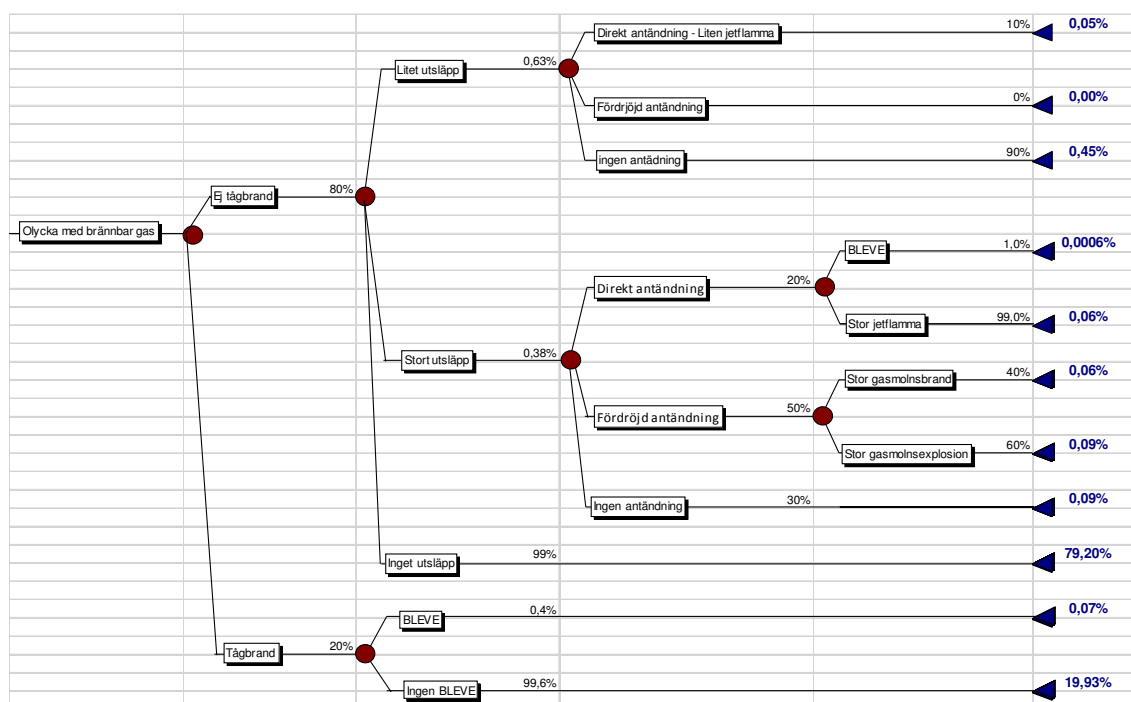
En **BLEVE** antas kunna uppstå i en oskadad tankvagn utan fungerande säkerhetsventil antingen om en stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om järnvägsolyckan omfattar en tågbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre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

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

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

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

-
- /15/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993
- /16/ Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VROM), Nederländerna, 2005



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

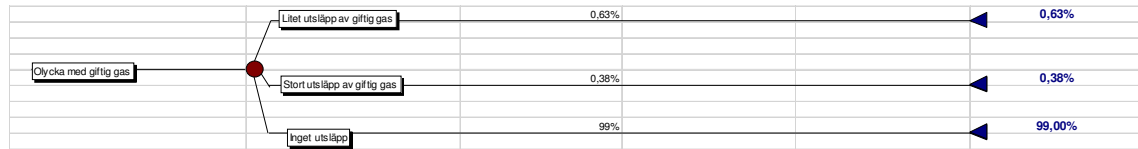
Tabell A.8. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara gaser. **Prognosår 2040.**

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.1	1,7E-05
Urspårning	1,3E-05
Tågbrand	3,8E-06
Direkt antändning av litet utsläpp - jetflamma	8,5E-09
Fördröjd antändning av litet utsläpp	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	1,0E-08
Fördröjd antändning av stort utsläpp	2,5E-08
-Stor gasmolnsbrand	1,0E-08
-stor gasmolnsexplosion	1,5E-08
BLEVE	
-pga jetflamma	1,0E-10
-pga brand i godsvagn	1,3E-08

Klass 2.3. Giftiga gaser

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

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



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

Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.3	4,6E-07
Litet utsläpp giftig gas	2,9E-09
Stort utsläpp giftig gas	1,7E-09

2.3.4 Klass 3 – Brännbara vätskor

Brandfarliga vätskor (klass 3) transporteras normalt i tunnväggiga tankar. Detta medför en högre sannolikhet för läckage till följd av en järnvägsolycka jämfört med vid en olycka med gastransporter som transporteras i tjockväggiga vagnar, se avsnitt 2.3.3 ovan.

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

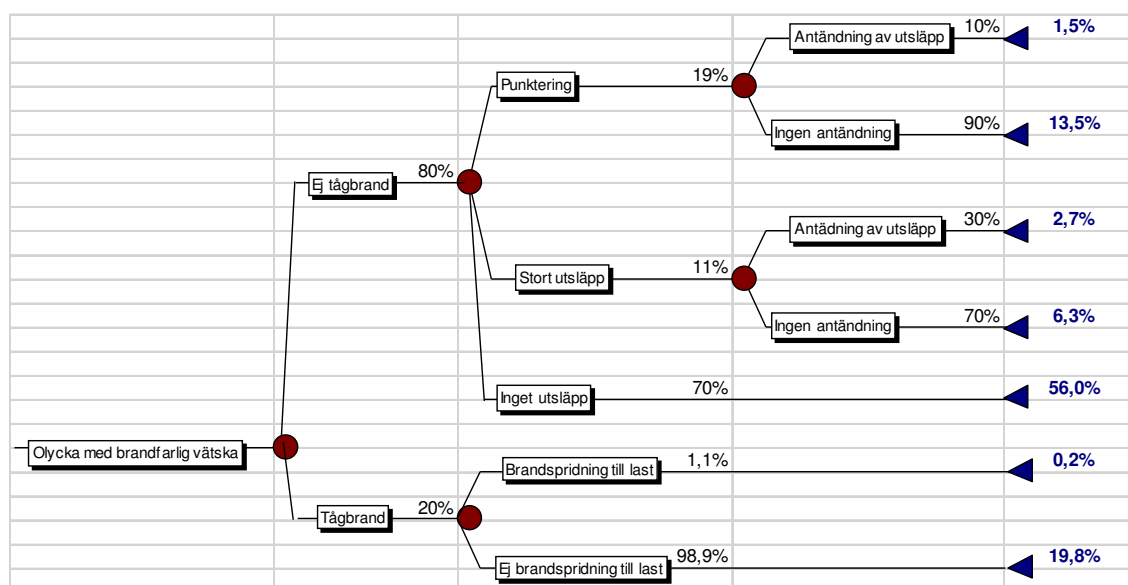
I /9/ anges en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %).

I konsekvensberäkningarna studeras endast litet respektive stort läckage. I de fortsatta beräkningarna antas det grovt att samtliga medelstora utsläpp motsvarar stora utsläpp. Sannolikheten för litet (punktering) respektive stort utsläpp givet olycka är då ca 19 % respektive ca 11 %.

Sannolikheten för att ett litet (punktering) respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg skall antändas är 10 % och 30 % /9/.

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

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



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

Tabell A.10. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska.

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

2.3.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

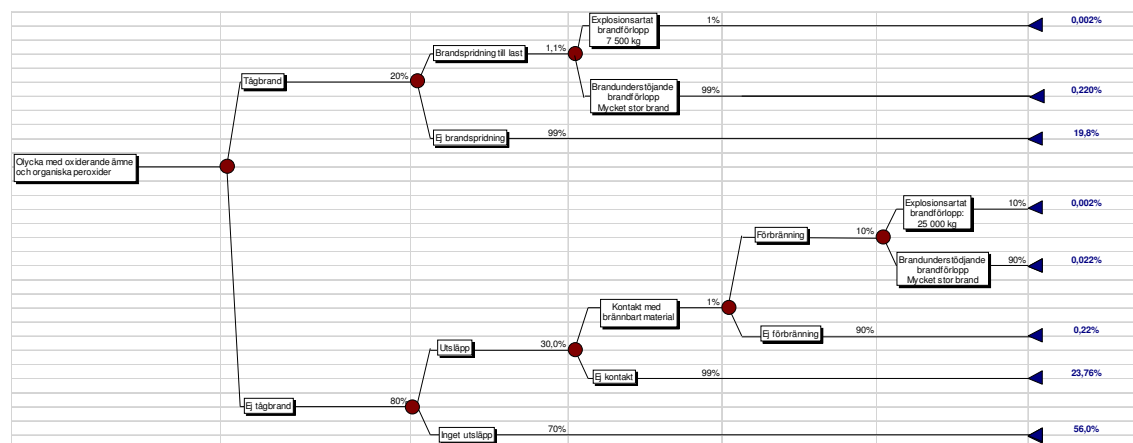
Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar. Skada på en godsvagn med klass 5 bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /9/. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca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

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

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

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

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



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

Tabell A.11. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Kv. Sändaren m.fl. i Trångsund, Huddinge kommun

Uppdragsgivare

HSB Bostad

Uppdragsnummer

111645

Datum

2019-08-27

Handläggare

Erik Hall Midholm

Egenkontroll

EMM 2019-08-27

Internkontroll

PAN 2019-08-27

1. Inledning

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

Nynäsbanan

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

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

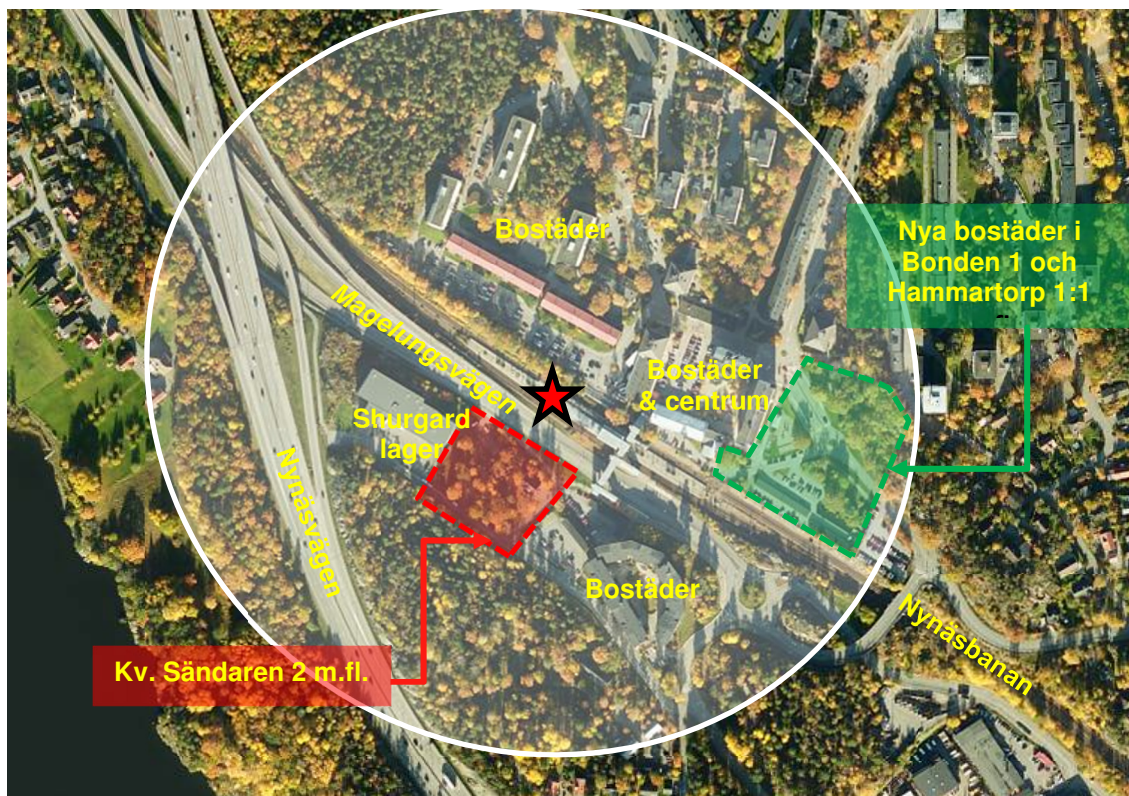
I riskanalysen används riskmåten **individerisk** och **samhällsrisk**. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område (avsnitt 3) respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk (avsnitt 4).

2. Förutsättningar

2.1 Allmänt om det studerade området

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

- Det område som kommer att studeras omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för det planerade utförandealternativet med planerad ny bebyggelse inom planområdet. Konsekvenserna beräknas dessutom för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom planområdet.
- Figur B.1 visar det aktuella området som studeras i denna riskutredning samt dess närmaste omgivning. Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka av Nynäsbanan. Konsekvensberäkningarna kommer dock att avgränsas till att studera respektive olycksscenario där de innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet. Detta innebär att olyckan förutsätts inträffa mitt för planområdet där avståndet till järnvägen är som kortast, se markering i figur B.1).
- Det område som beaktas i konsekvensberäkningarna motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier (ca 300 meter radie kring riskkällan).



Figur B.1. Översiktspild över centrala Trångsund där området för planerad bebyggelse inom kv. Sändaren 2 m.fl. är rödmarkerat.

Röd stjärna visar antagen placering av respektive olycka på Nynäsbanan.

Vit cirkel visar ungefärligt maximalt påverkansområde för olycka på Nynäsbanan, ca 300 meter.

2.2 Kv. Sändaren m.fl.

2.2.1 Nollalternativ

Det aktuella planområdet markeras i figur B.1.

Området är idag bebyggt med två mindre hus av villakarakter. I övrigt består området av grönyta.

2.2.2 Planalternativ

Det aktuella bebyggelseförslaget omfattar fyra stycken flerbostadshus i fyra till sex våningsplan. Föreslagen situationsplan visas i figur B.2.

Med hänsyn till nivåskillnaderna inom fastigheten så utförs byggnaden som vetter mot Magelungsvägen i suterräng med en upphöjd innergård. Under delar av bebyggelsen samt innergården planeras ett parkeringsgarage som ligger i nivå med Magelungsvägen.

Bostadshuset som vetter mot Magelungsvägen syftar till att skärma av buller från vägen och Nynäsbanan. Uteplatser, grönytor och lekplatser placeras i bullerskyddade lägen på innergårdar.

Föreslagen bebyggelse omfattar en total bruttoarea (BTA) på ca 12 500 m², varav ca 1 800 m² BTA garage. Föreslagen utformning omfattar sammanlagt ca 130 lägenheter (2-4 rum och kök).



Figur B.2. Förslag till ny bebyggelsestruktur inom det aktuella planområdet.

Enligt det förslag till bebyggelsestruktur som redovisas i figur B.2 planeras ny bebyggelse minst 42 meter från närmaste järnvägsspår (mätt från spårmitt) samt minst 85-90 meter från Nynäsvägen (mätt från väggkant på närmaste avfartsramp).

I BBR /1/ anges värden för dimensionerande persontätheter för olika lokaler och verksamheter (se vidare avsnitt 2.3). För bostäder finns inget värde på dimensionerande persontäthet. Det antas dock grovt 1 person per ca 20-30 m² bostadsyta (BOA). Inom flerbostadshus uppskattas därmed en maximal persontäthet på ca 0,033 personer per m² BTA bostäder. Detta motsvarar sammanlagt ca 360 personer inom bostäder vid full belastning.

Det planerade parkeringsgaraget tillhör bostadshusen och bedöms inte medföra någon ytterligare personbelastning inom planområdet.

2.3 Kringliggande bebyggelse

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

Väster om Nynäsbanan

Nordväst om det aktuella planområdet ligger en lagerbyggnad för långtidsförvaring (ca 2 500 m²). Sydost om planområdet ligger två flerbostadshus i 4-5 våningsplan. Enligt gällande detaljplan så omfattar byggrätten 10 700 m² BTA bostäder ovan mark. Bebyggelsen omfattar ca 200 bostadslägenheter.

Avståndet mellan järnvägen och kringliggande bebyggelse är ca 50 meter.

I övrigt så är kringliggande områden inom 300 meter från Nynäsbanan obebyggda eller utgörs av vägområde (Nynäsvägen).

Vid uppskattningen av genomsnittlig personbelastning inom kringliggande bostadsbebyggelse antas persontätheten vara ca 1 person per 30 m² BTA bostäder (0,033 personer/m²) samt högst ca 1 person per 50 m² BTA lager (0,02 personer/m²). Sammanlagt antas det vistas maximalt ca 400 personer inom ca 300 meter från olycksplatsen (exkl. planområdet).

Det har inte identifierats några större obebyggda ytor som bedöms uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus. Med hänsyn till detta antas ca 5-10 % av personerna vistas utomhus.

Öster om Nynäsbanan

På motstående sida om Nynäsbanan, i höjd med planområdet ligger Trångsunds centrum. Inom 300 meter från järnvägen ligger framförallt flerbostadshus i varierande höjd. Inom centrumet består bebyggelsen av bostadshus med verksamhetslokaler i markplan.

Inom det studerade området öster om Nynäsbanan (se figur B.1) är avståndet mellan järnvägen och kringliggande bebyggelse ca 20-50 meter.

Det pågår nybyggnation av två nya flerbostadshus inom del av fastigheten Bonden 1 och Hammartorp 1:1 m.fl. Inom områdena uppförs ca 165 lägenheter (varav ca 75 lägenheter avsedda för ungdomar).

Vid uppskattning av genomsnittlig personbelastning inom kringliggande bostadsbebyggelse antas persontätheten vara ca 1 person per 30 m² BTA (0,033 personer/m²) eller i genomsnitt ca 2 boende per bostad. Utifrån en övergripande inventering av befintlig och planerad bebyggelse antas det mycket grovt att det sammanlagt vistas ca 2 800 personer inom det område som markeras i figur B.1 (inkl. nybyggnation inom kv. Bonden 1 och Hammartorp 1:1.).

/1/ Boverkets byggregler BFS 2011:6 med ändringar t o m BFS 2018:4 (BBR 26)

Det har inte identifierats några större obebyggda ytor som bedöms uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus. Med hänsyn till detta antas 5-10 % av personerna vistas utomhus.

2.4 Sammanställning

Både planerad bebyggelse inom aktuella planområdet och kringliggande bebyggelse bedöms kunna innebära att antalet personer inom det studerade området kan variera under dygnet. Konsekvensberäkningarna utförs dock konservativt för ett scenario där maximalt personantal förväntas vistas inom området, d.v.s. "beläggningen" ansätts till 100 %.

Sammanlagt antas ca 3 500 personer vistas inom det studerade området (se figur B.1), varav ca 350 personer utomhus. Nära 80 % vistas inom kringliggande områden öster om Nynäsbanan.

3. Beräkning av skadeavstånd/-områden

3.1 Urspårning

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

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

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

De ekvationer som används för beräkning av sannolikhet och frekvens som funktion av avståndet från järnvägen i bilaga A gäller för en obebyggd omgivning som ligger ungefär i samma nivå som järnvägen. Utmed den aktuella sträckan går järnvägen ungefär i nivå med omgivningen. Det studerade planområdet ligger dock minst ca 30 meter från närmaste spårmitte. En urspårning kommer därför inte att påverka planområdet, utan enbart kringliggande områden.

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

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

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

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

Bedömningskriterier

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

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

3.2 Brand i godståg

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

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

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

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

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

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

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

/2/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/3/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

Utfallande strålning (I_0) – Den utfallande strålningen (kW/m^2) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammans, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /4/:

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

Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.3). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.

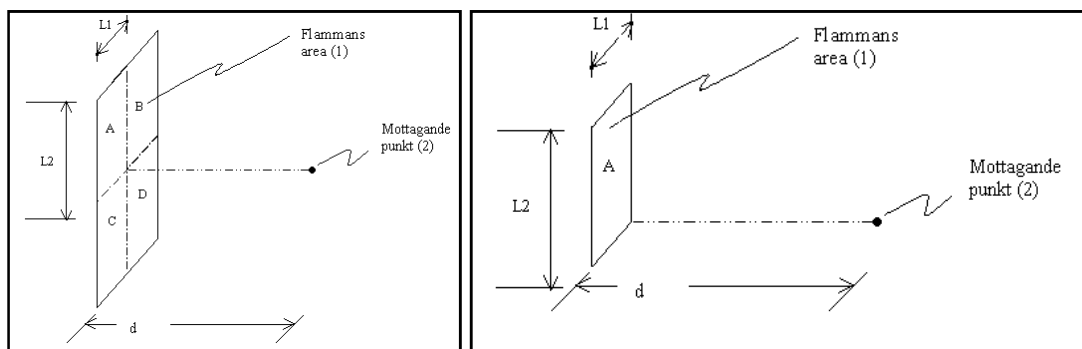
Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /5/:

$$F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$$

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

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

$\Theta_1 = \Theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.3.



Figur B.3. Synfaktor.

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

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

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

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

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

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

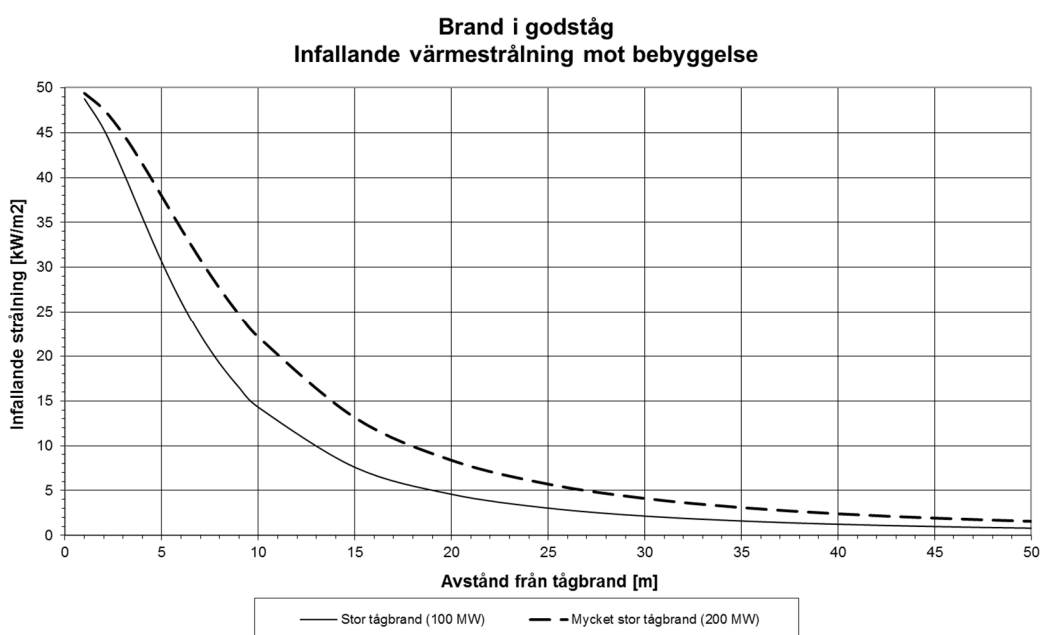
/6/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden för de olika scenarierna beräknats (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_o (kW/m ²)
Stor tågbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Mycket stor tågbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.4. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. Enligt tabell B.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.



Figur B.4. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i godståg.

Bedömningskriterier

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

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

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

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

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmestrålningen ansätts till 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /8/ avseende brandspridning mellan byggnader. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en 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

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

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

Resultat

I tabell B.3 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

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

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

3.3 Olycka med farligt gods

3.3.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Metodik

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

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

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

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

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

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenarierna. I figur B.5 och figur B.6 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av $1,8 \cdot X$ kg i fri luft.

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

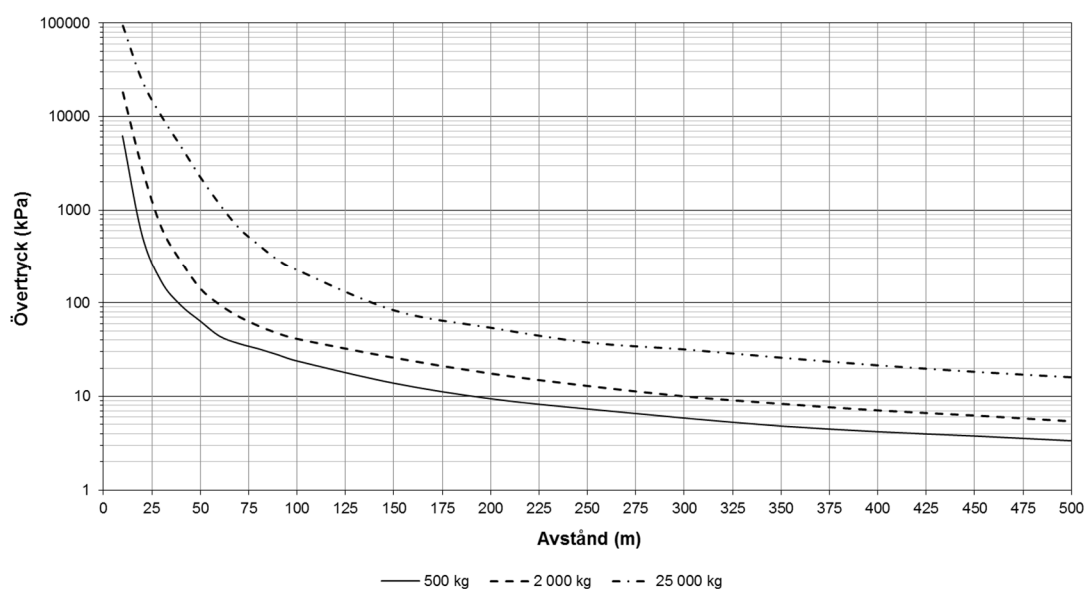
För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

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

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

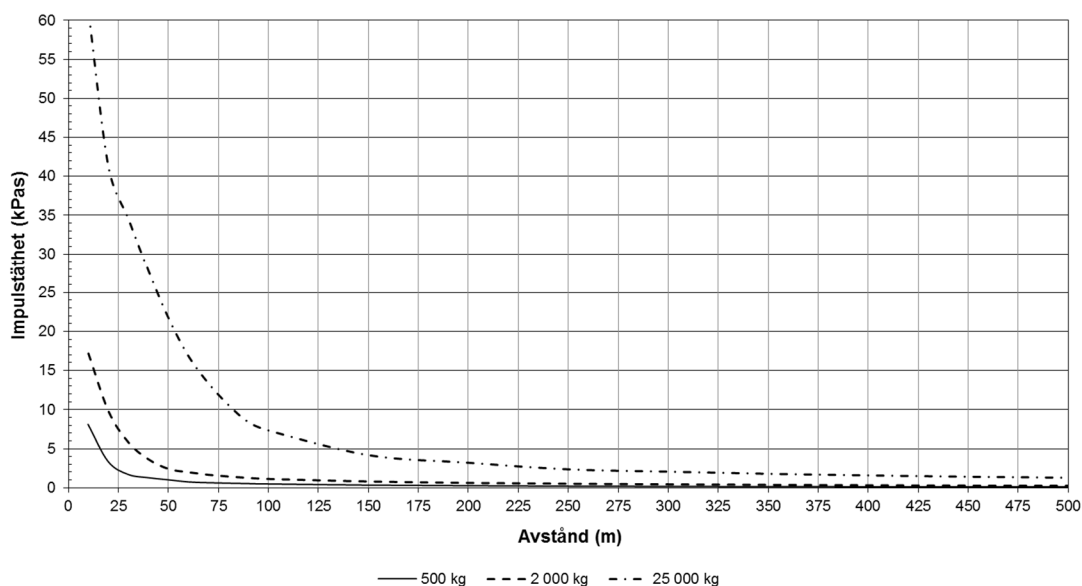
$$t_+ = \frac{2 \times I_+}{P_+}$$

Max övertryck vid detonation klass 1.1



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

Impulstäthet vid detonation klass 1.1



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

Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karakteristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.4 anges karakteristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /9/.

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

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

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

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

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

- 500 kg ekvivalent TNT (trotyl): 10 %
- 2 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 50 %
- 25 000 kg ekvivalent TNT (trotyl): 100 %

Resultat

Utifrån beräkningarna av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms huruvida olika byggnadsdelar rasar eller ej, som funktion av avståndet. Denna bedömning har resulterat i skadeavstånd för respektive skadescenario. I tabell B.5 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

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

Tabell B.5. Beräknade konsekvenser – skadeområden för byggnadsras (helt eller delvis) samt för oskyddade personer utomhus, vid massexplosion.

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

3.3.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

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

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *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.

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

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

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

Avseende olycka på järnväg har skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnexplosion simulerats för följande utsläppsstorlekar /10/:

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

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

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

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

Bedömningskriterier

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

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

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

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

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 2 bedöms reducera skadeavståndet (längden) för respektive scenario med åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Gasol**. I tabellen redovisas därför även skadeavstånden vid framförliggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs ingen reducering.

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

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

3.3.3 Klass 2.3 Giftiga Gaser

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

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

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

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

Följande, i **Spridning i Luft 1.2** fördefinierade, utsläppsscenario 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 och vinkelrätt mot gasmolnets riktning. Skadeområdena för ett utsläpp av giftig gas blir större ju lägre vindstyrkan är. I simuleringarna antas därför vindstyrkan vara relativt låg, ca 3 m/s.

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

Bedömningskriterier

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

Resultat

I tabell B.7 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt avsnitt 3.3.1 utgår beräkningarna i **Spridning i Luft 1.2** från bebyggelse med avseende på ytråheten (d.v.s. möjligheten för gasmolnet att spridas). Beräkningarna avser relativt fri spridning av gas som inte tar någon hänsyn till framförhållande objekt och avskärmningar som kan reducera spridningen av gasmoln vilket i sin tur reducerar skadeavstånden. Föreslagen bebyggelsestruktur med en kraftig förtätning av bebyggelsen i direkt anslutning till riskkällan bedöms ha en avskärmade effekt som reducerar skadeavståndet (längden) för respektive scenario, åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Spridning i Luft 1.2**. I tabellen redovisas därför även skadeavstånden vid framförhållande skyddande bebyggelse. För skadescenario med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs inget reducering.

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

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

3.3.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

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

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

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

Konsekvensberäkningar utförs för följande skadescenarier:

- Liten pölbrand: 100 m²
- Stor pölbrand: 200 m²
- Godsvagnsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW
(effekten motsvarar det värde som anges i /12/ för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

Beräkningsmetodiken följer den som redovisas i avsnitt 3.2.

Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.8).

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

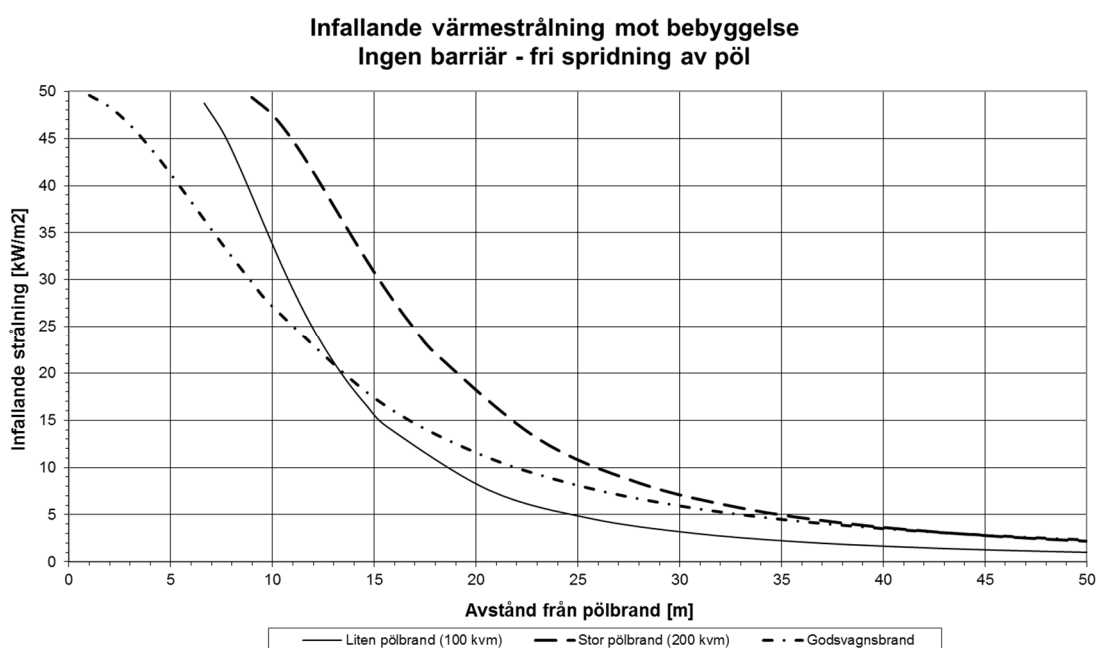
/12/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

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_o (kW/m ²)
Liten pölbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Stor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Godsvagnsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0

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

Enligt tabell B.8 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.



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

Bedömningskriterier
Se avsnitt 3.2.

Resultat

I tabell B.9 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

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

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

3.3.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Metodik

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

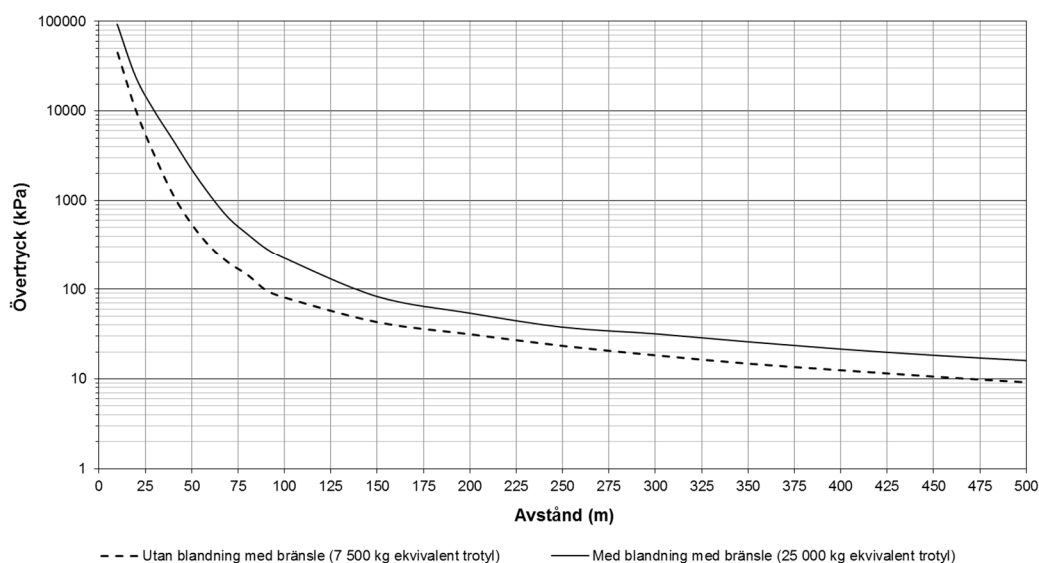
Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

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

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

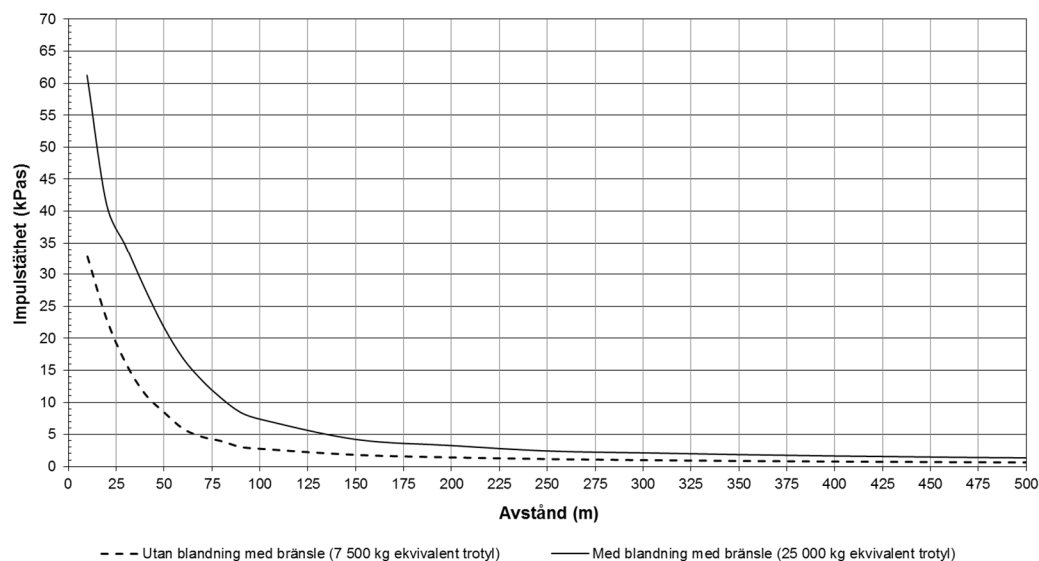
I figur B.8 och figur B.9 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

Max övertryck vid explosionsartat brandförlopp klass 5



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

Impulstäthet vid explosionsartat brandförlopp klass 5



Figur B.9. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

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

Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.2 respektive avsnitt 3.3.1.

Resultat

I tabell B.10 redovisas skadeavstånden för respektive 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 % <u>inomhus</u>	60	35
	15 % <u>inomhus</u>	400	100
	50 % <u>utomhus</u>	75	50
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	100 % <u>inomhus</u>	90	60
	15 % <u>inomhus</u>	600	200
	50 % <u>utomhus</u>	100	70
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	5% <u>inomhus</u>	17	17
	100% <u>utomhus</u>	7	7
	50% <u>utomhus</u>	17	17
	5% <u>utomhus</u>	22	22

4. Beräkning av antal omkomna

4.1 Resultat

I tabell B.11 redovisas beräknat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2) inom det studerade området (aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse).

Tabell B.11. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka på Nynäsbanan.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			Uppskattat antal omkomna		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspårning						
Urspårning persontåg, dim.scenario min	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, dim.scenario max	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, worst case scenario	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, dim.scenario min	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, dim.scenario max	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, worst case scenario	0	0	0	0	0	0
2. Brand i godståg						
Stor tågbrand (100 MW)	0	0	0	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)	0	0	0	0	0	0

Tabell B.11. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
3. Olycka vid transport av farligt gods						
Klass 1.1 Massexplosiva ämnen						
500 kg massexlosion	8	0	8	6	0	6
2 000 kg massexlosion	77	0	78	42	0	42
25 000 kg massexlosion	318	23	342	237	11	249
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnsexlosion	0	0	0	0	0	0
Stor jetflamma	0	2	2	0	0	0
Stor gasmolnsexlosion	12	17	29	0	0	0
BLEVE	48	47	95	32	29	61
Klass 2.3 Giftig gas						
Litet utsläpp	0	0	0	0	0	0
Stort utsläpp	195	55	250	31	19	51
Klass 3 Brandfarlig vätska						
Liten pölbrand	0	0	0	0	0	0
Stor pölbrand	0	0	0	0	0	0
Godsvagnsbrand	0	0	0	0	0	0
Klass 5 Oxiderande ämnen						
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexlosion)	90	1	91	47	0	48
Explosionsartat brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexlosion)	318	23	342	237	11	249
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)	0	0	0	0	0	0

Bilaga C - Riskberäkningar**Uppdragsnamn**

Kv. Sändaren m.fl. i Trångsund, Huddinge kommun

Uppdragsgivare

HSB Bostad

Uppdragsnummer

111645

Datum

2019-08-27

Handläggare

Erik Hall Midholm

Egenkontroll

EMM 2019-08-27

Internkontroll

PAN 2019-08-27

1. Inledning

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

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

2. Beräkning av individrisk

2.1 Metodik

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

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

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

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

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

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

2.2 Bedömningskriterier

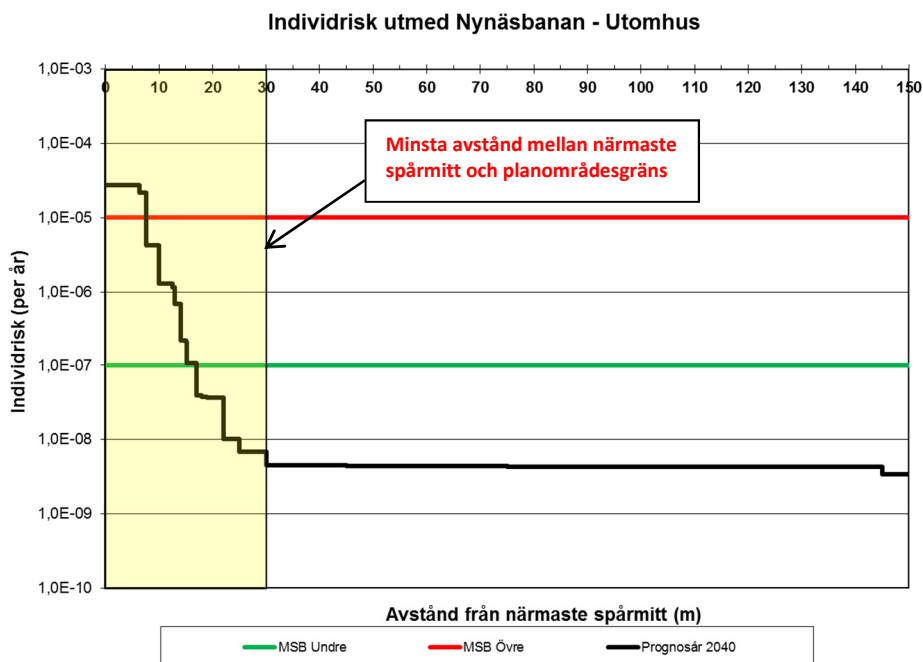
Den beräknade individrisken kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk* /1/, se avsnitt 5.1 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammen nedan.

2.3 Resultat

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

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

Individrisken redovisas för prognosår 2040.



Figur C.1. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmittpå järnvägen).

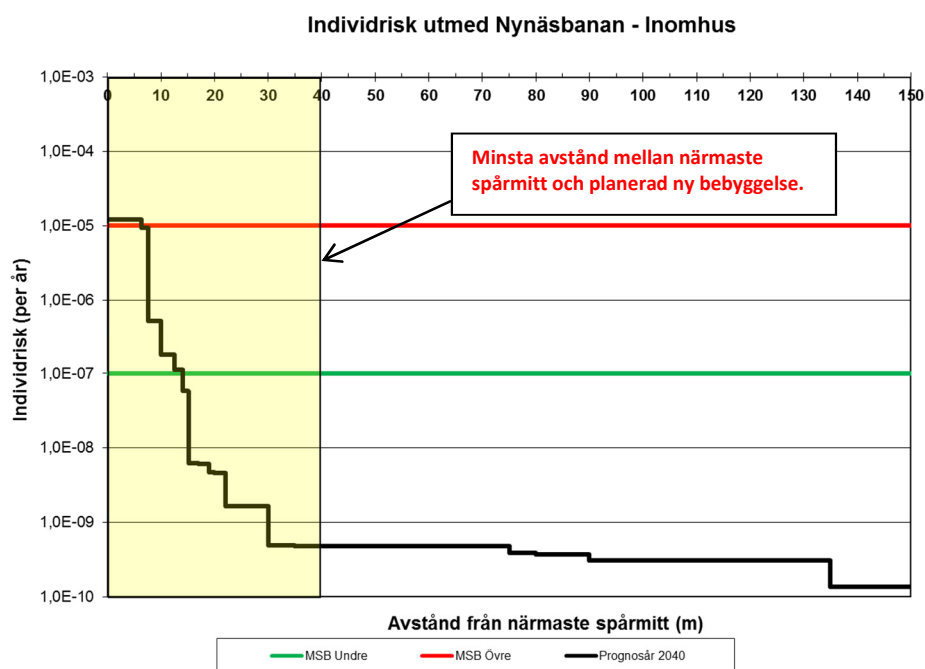
Utan hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmande barriärer inom planområdet.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

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

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

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

Individrisken redovisas för prognosår 2040.



Figur C.2. Individrisk för person inomhus som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmittpå järnvägens närmaste spår).

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

3. Beräkning av Samhällsrisk

3.1 Metodik

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

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

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

Vid sammanställningen av samhällsrisken för de studerade riskkällorna antas att dessa konsekvenser kan inträffa oavsett var på respektive järnvägssträcka och vägsträcka som olyckan inträffar. Detta är ett mycket konservativt antagande som säkerställer att risknivån för det aktuella planområdet inte underskattas med hänsyn till kringliggande bebyggelse.

- Enligt avsnitt 2.1 så blir skadeområdet för vissa skadescenarier förknippade med gaser samt urspårning inte cirkulära. Konsekvensberäkningarna för dessa scenarier har genomförts för förutsättningar som medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet, d.v.s. skadeområdet är riktat mot planområdet.

Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden på motstående sida om de studerade riskkällorna kan konsekvenserna bli annorlunda om olyckan riktas åt motsatt håll. Vid sammanställningen av samhällsrisken för de studerade riskkällorna antas dock att konsekvenserna kan inträffa oavsett åt vilket håll som olyckan riktas.

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

3.2 Bedömningskriterier

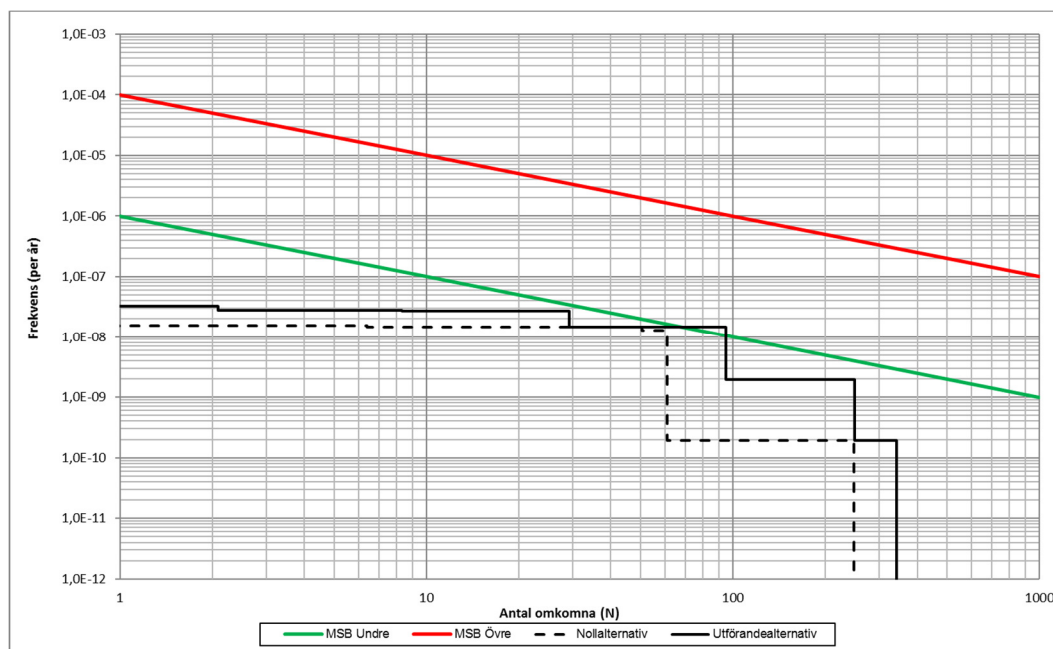
Den beräknade samhällsrisk kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.1 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammet nedan.

3.3 Resultat

3.3.1 Samhällsrisk utan åtgärder

I figur C.3 redovisas den beräknade samhällsrisk inom det studerade området, d.v.s. aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse. Samhällsrisk beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella planområdet. Samhällsrisk har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet.

Samhällsrisk redovisas för prognosår 2040.



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

3.3.2 Samhällsrisk med åtgärder

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

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

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

Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden är minst 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. Åtgärden har störst effekt på olycksscenarioet urspårning där konsekvenserna elimineras för en klar majoritet av potentiella skadescenarier. Studerad situationsplan medger bebyggelse ca 40 meter från närmaste järnvägsspår. Åtgärdsförslagen har därför beaktats i riskberäkningarna och innebär ingen förändring i förhållande till utförda beräkningar.

Ytor mellan ny bebyggelse och Nynäsbanan ska 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 inom planområdet är 30 meter. Åtgärden bedöms därmed minska de beräknade konsekvenserna eftersom ytor för stadigvarande vistelse kommer placeras skyddade på innergårdar. Det antas grovt att åtgärderna reducerar antalet omkomna utomhus med 50 % 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 %.

Skydd mot brand

För bostadshus gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

- Inom 50 meter från järnvägens närmaste spår ska fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
- Inom 50 meter från järnvägens närmaste spår ska fönster som vetter direkt mot järnvägen utföras i lägst brandteknisk klass EW 30.

Föreslagen bebyggelsestruktur innebär att det endast är en mycket begränsad del av planerad bostadsbebyggelse som planeras inom 50 meter från närmaste spår. För aktuell situationsplan har åtgärderna därför en mycket begränsad reducerande effekt. Det antas grovt att åtgärderna reducerar antalet omkomna inomhus med högst 5 % vid olycka med brännbar gas inom planområdet. Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %.

För aktuell situationsplan, med hänsyn till föreslagen bebyggelsestruktur, så bedöms åtgärderna ha en relativt hög reducerande effekt eftersom de omfattar all ny bebyggelse som vetter direkt mot järnvägen inom ovanstående skyddsavstånd. Inom de delar där åtgärder

vidtas antas det att konsekvenserna reduceras med 100 % vid tågbrand och olycka med brandfarliga vätskor samt vid olycka med brännbara gaser. Övrig ny bebyggelse skyddas av framförliggande bebyggelse. Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %.

Skydd mot gaser

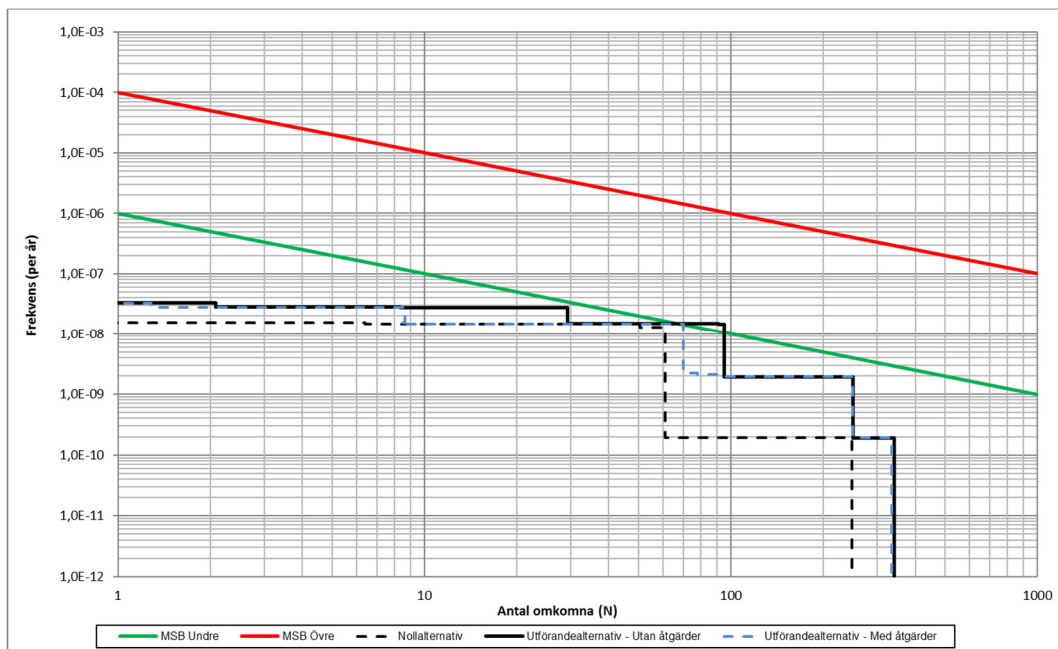
För bostadshus gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

- Inom 50 meter från järnvägens närmaste spår ska ny bebyggelse som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse utföras med friskluftsintag placerade mot trygg sida, d.v.s. bort från järnvägen alternativt på byggnadernas tak.

För aktuell situationsplan, med hänsyn till föreslagen bebyggelsestruktur, så bedöms åtgärderna ha en relativt hög reducerande effekt eftersom de omfattar all ny bebyggelse som vetter direkt mot järnvägen inom ovanstående skyddsavstånd. Inom de delar där åtgärder vidtas antas det att konsekvenserna reduceras med 50 % vid olycka med giftiga gaser (de reducerande konsekvenserna för brännbar gas sker i kombination med skyddsåtgärder mot brand, se ovan). Övrig ny bebyggelse skyddas av framförliggande bebyggelse. Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %.

Sammanvägning

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

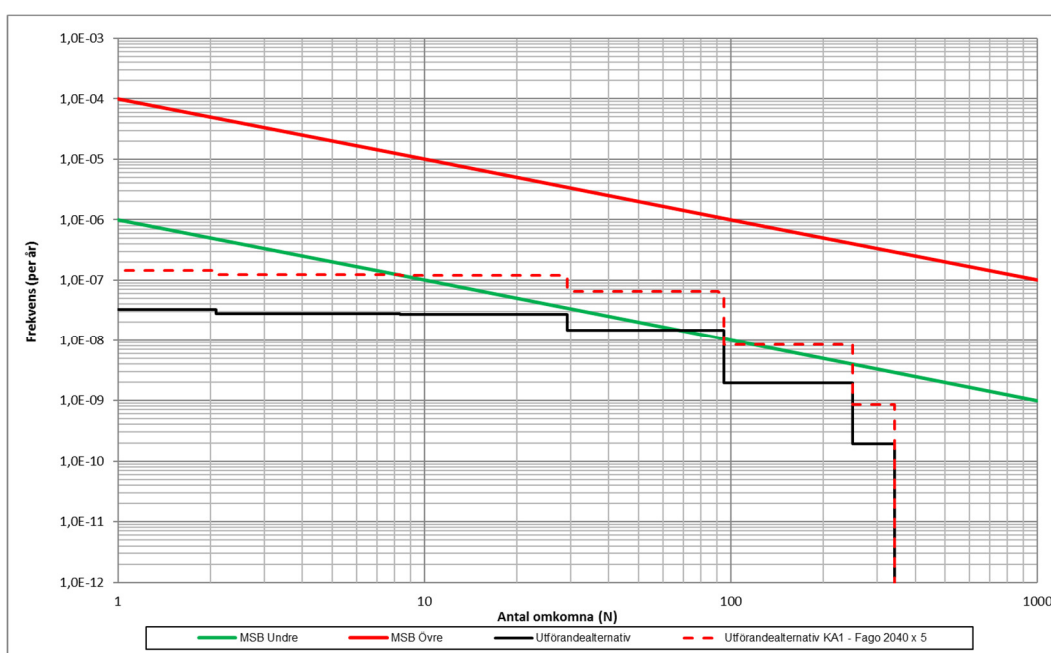
4. Känslighetsanalys

Med hänsyn till osäkerheter i det statistiska underlaget upprättas en känslighetsanalys som beaktar förändrade förutsättningar avseende dels frekvensberäkningar och dels avseende konsekvensberäkningar. Känslighetsanalysen omfattar sammanvägning av samhällsrisker för de förändrade förutsättningarna och genomförs endast för utförandealternativet. För känslighetsanalys 2 studeras även individrisken för de förändrade förutsättningarna (se avsnitt 4.2).

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 Känslighetsanalys 1.



Figur C.5. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys del 1 – Förändrat antal farligt godsvagnar.

4.2 Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetod

Statistikinsamling för järnvägen görs kontinuerligt. Trafikanalys gör varje år en sammanställning avseende bantrafikskador samt bantrafik som utgör en del av den officiella statistiken. I hela Sverige har det i närtid (2006–2015) inträffat 91 urspårningar vid tågrörelse på järnväg /2/. Det sammanlagda trafikarbetet under åren 2006–2015 kan utifrån statistiken 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, se bilaga A) och tar vidare ingen hänsyn till specifika korrelationer såsom exempelvis växlars förväntande påverkan på urspårningsfrekvensen. Jämförelsen indikerar att metodik enligt *UIC Code 777-2* återger rimliga resultat.

I tidigare riskanalyser som utförts för detaljplaner längs med Ostkustbanan 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 (det har identifierats en växel i anslutning till det aktuella planområdet):

- 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.

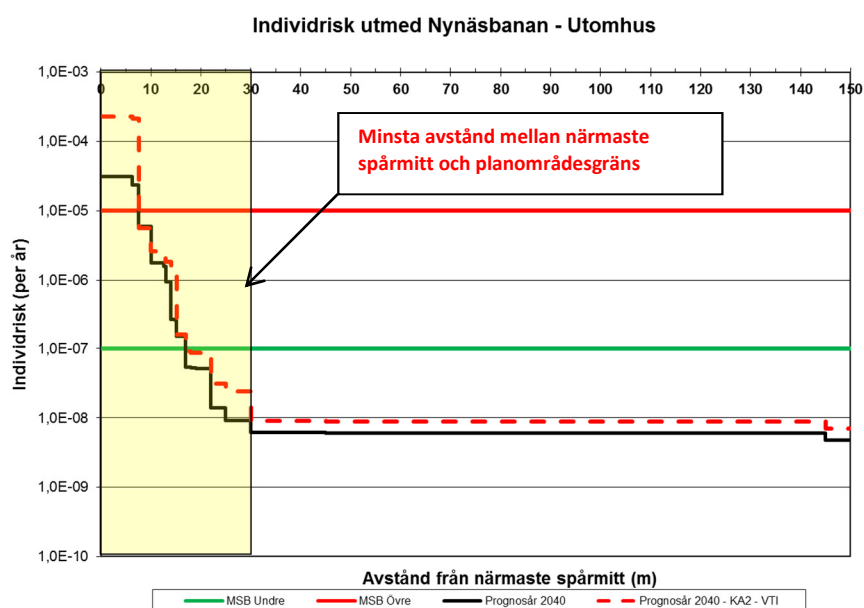
Tabell C.1. Urspårningsfrekvens beräknad enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.

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

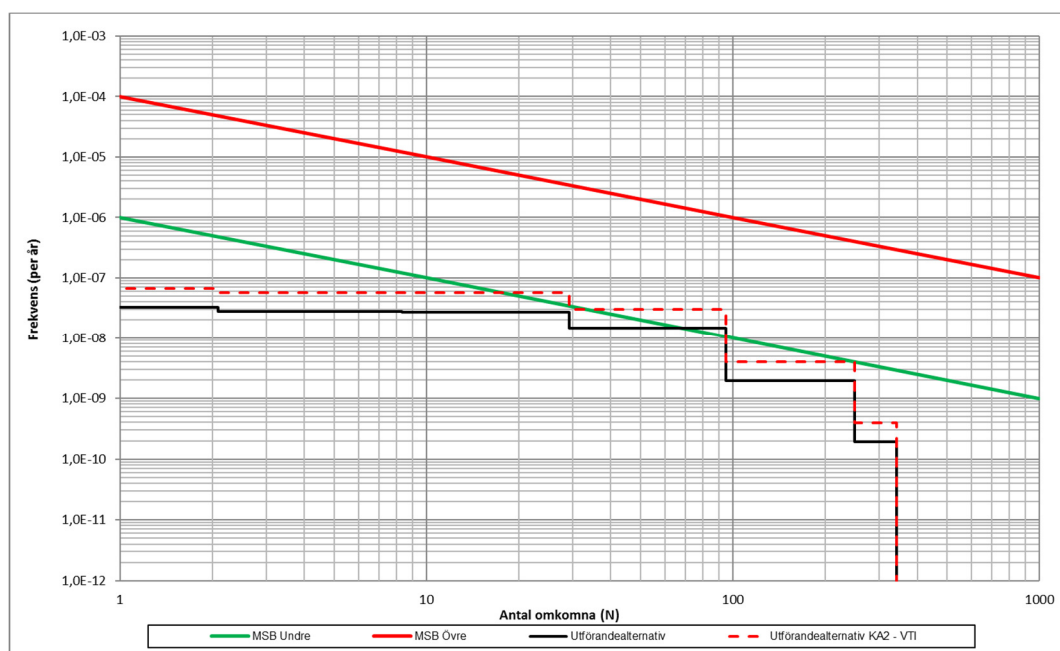
I figur C.6 och figur C.7 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 2.

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 spårmittpunkt).

Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

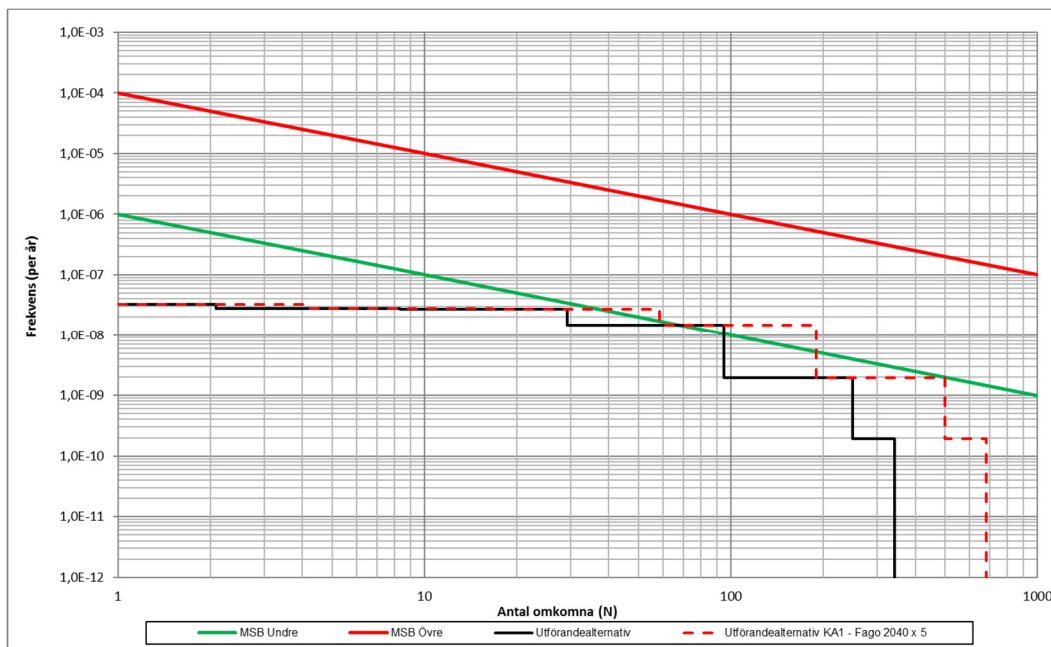


Figur C.7. F/N-kurva som redovisar samhällsriskenivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

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.



Figur C.8. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys 3 – Förändrade konsekvenser.