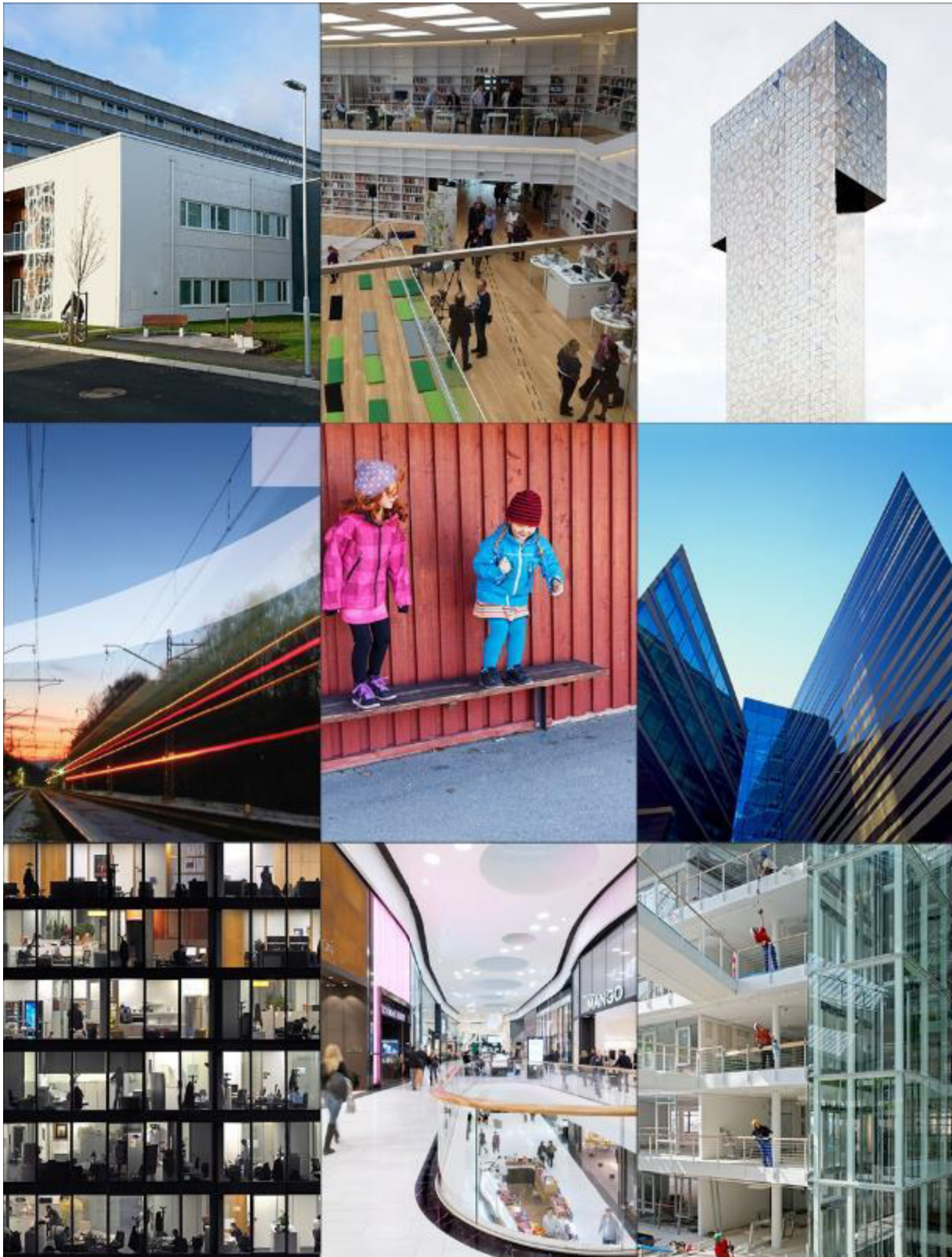


Riskanalys

Filipstadsbacken

Underlag för detaljplanearbete

2024-04-04



Dokumenttyp: Riskanalys

Uppdragsnamn: Filipstadsbacken
Stockholm stad

Uppdragsnummer: 503088, 504973, 508544

Datum: 2024-04-04

Status: Underlag för detaljplanearbete

Uppdragsledare: Rosie Kvål

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

Uppdragsgivare: AB Familjebostäder, ByggVesta AB, Heba Fastighets AB

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Version
2021-09-23	Rosie Kvål	Lisa Smas	Granskningshandling
2023-10-17	Rosie Kvål	Lisa Smas	Underlag för detaljplan
2024-03-12	Rosie Kvål	-	Underlag för detaljplan, ver 2
2024-04-04	Rosie Kvål	-	Underlag för detaljplan, ver 3

Sammanfattning

Vid Filipstadsbacken och Brattforsgatan i stadsdelen Farsta i Stockholm undersöker Familjebostäder, ByggVesta, Nordr och Heba Fastighets AB tillsammans med Stockholms stad möjligheten att uppföra ny bebyggelse i huvudsak bestående av bostäder.

Söder om området ligger Nynäsbanan som trafikeras av både person- och godstrafik. Hänsyn till möjliga risker kopplade till trafiken på järnvägen måste därför tas i den fortsatta utvecklingen av området. Ytterligare en riskkälla, Magelungsvägen, har identifierats i områdets närhet och har därför också studerats. På vägen förekommer transporter med farligt gods men vägen är inte klassad som en transportled för farligt gods.

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

I genomförd riskanalys har en kartläggning gjorts av antalet transporter med farligt gods på Nynäsbanan och Magelungsvägen och en kvalitativ analys av möjliga olyckshändelser har genomförts. Denna visar att antalet transporter på Magelungsvägen är mycket begränsat. Utifrån detta samt att avståndet mellan vägen och planområdet uppgår till minst 50 meter görs bedömningen att påverkan på risknivån inom planområdet från olycka på Magelungsvägen är försumbar. Någon fördjupad studie av riskkällan har därför inte genomförts. När det gäller Nynäsbanan konstateras i den kvalitativa analysen att möjliga olyckshändelser i kombination med planerat avstånd till bebyggelse medför ett behov av att genomföra en fördjupad analys. En kvantitativ analys har därför genomförts av möjliga olyckshändelse kopplade till Nynäsbanan. Denna omfattar beräkningar av frekvens för, och konsekvenser av, respektive olyckshändelse. Beräkningarna har sammanställts i form av individrisk och samhällsrisk. Den fördjupade analysen har genomförts med hänsyn tagen till en prognostiserad trafiksituation år 2040.

Resultatet av riskanalysen har värderats utifrån Länsstyrelsen i Stockholms läns riktlinjer gällande riskhänsyn vid ny bebyggelse. Analysen visar att olycksrisker förknippade med Nynäsbanan har en påverkan på risknivån inom planområdet. Individrisken är acceptabel inom planområdet. Samhällsrisken är i stora delar acceptabel men ligger delvis inom ALARP vilket innebär att åtgärder för att sänka risknivån bör vidtas.

Samhällsrisken har beräknats för det aktuella planförslaget samt för ett nollalternativ.

Med syfte att hantera identifierade risker och sänka risknivån inom området har ett antal riskreducerande åtgärder studerats. De åtgärder som har ansetts vara rimliga och nödvändiga att genomföra redovisas nedan.

Åtgärdsförslag

- Ytor utomhus bör inte utformas för stadigvarande vistelse inom 25 meter från närmaste spårmitt (genomgående spår) på Nynäsbanan.
- Inom 50 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt genomgående spår) rekommenderas att bostadshus som vetter direkt mot järnvägen utan framförliggande bebyggelse utförs med följande byggnadstekniska åtgärder:
 - Friskluftsintag placeras mot trygg sida, d.v.s. bort från järnvägen alternativt på byggnadernas tak.

- Möjlighet att utrymma mot en sida som mynnar bort från järnvägen.
- Fasader mot Nynäsbanan utförs i obrännbart material alternativt med en konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
- Fönster i fasader mot Nynäsbanan ska utföras i lägst laminerat glas som klarar uppvärmning till 300°C under ca 30 minuter. Fönster får utföras öppningsbara.

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

Förutsatt att redovisade åtgärder genomförs är bedömningen att risknivån inom området blir acceptabel.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte	6
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Internkontroll.....	6
1.5 Föresättningar	6
2. OMRÅDESBESKRIVNING	8
2.1 Planerad exploatering.....	8
2.2 Omgivande planprojekt	11
3. RISKINVENTERING	12
3.1 Allmänt.....	12
3.2 Inventering av riskkällor	12
3.3 Farligt gods.....	12
3.4 Nynäsbanan	13
3.5 Magelungsvägen.....	16
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.....	21
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	22
5.1 Allmänt.....	22
5.2 Resultat riskberäkningar	24
5.3 Värdering av risk	25
5.4 Hantering av osäkerheter	26
6. FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER	29
6.1 Allmänt.....	29
6.2 Förslag på riktlinjer och åtgärder.....	29
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning	32
7. SLUTSATSER	33
8. BILAGOR	35
9. REFERENSER	35

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Vid Filipstadsbacken och Brattforsgatan i stadsdelen Farsta i Stockholm undersöker Familjebostäder, ByggVesta, Nordr och Heba Fastigheter tillsammans med Stockholms stad möjligheten att uppföra ny bebyggelse i huvudsak bestående av bostäder.

Söder om området ligger Nynäsbanan som trafikeras av både person- och godstrafik. Hänsyn till möjliga risker kopplade till trafiken på järnvägen måste därför tas i den fortsatta utvecklingen av området.

1.2 Syfte

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

1.3 Omfattning

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

Trafikanter på järnvägen omfattas inte av analysen.

1.4 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 på interkontrollanten som bekräftar kontrollen redovisas i kolumnen för internkontroll på sidan 2.

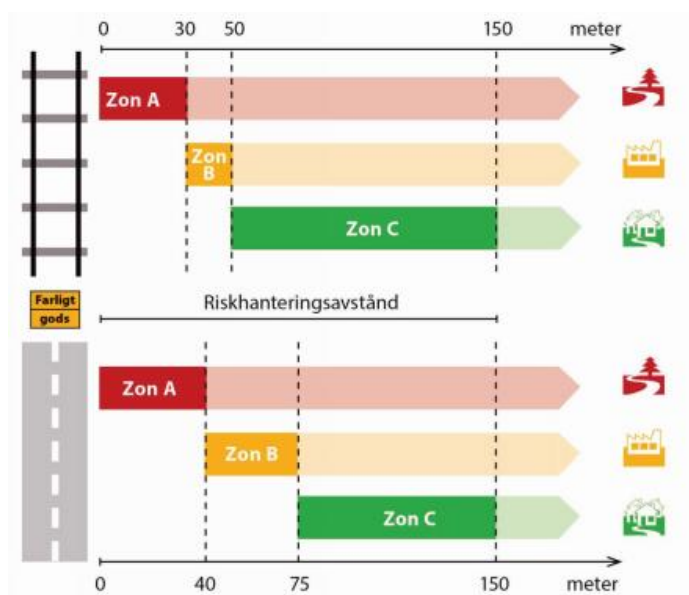
1.5 Förutsättningar

1.5.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

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

Länsstyrelsen i Stockholms Län har tagit fram riktlinjer för hur risker från transporter med farligt gods på väg och järnväg ska hanteras vid exploatering av ny bebyggelse /1/. Syftet med riktlinjerna är att ge vägledning och underlätta hanteringen av riskfrågor. Länsstyrelsen anser att möjliga risker ska studeras vid exploatering närmare än 150 meter från en riskkälla. I vilken utsträckning och på vilket sätt riskerna ska beaktas beror på hur riskbilden ser ut för det aktuella planförslaget.

I riktlinjerna presenterar Länsstyrelsen 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
L Odling och djurhållning	G Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C Centrum
P Parkering (ytparkering)	J Industri	D Vård
T 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 /1/.

Avstånden i figuren mäts från närmaste vägkant respektive närmaste spårmitt.

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

Intill järnväg rekommenderas ett minsta avstånd på 30 meter som bebyggelsefritt.

2. Områdesbeskrivning

Det aktuella området ligger i Farsta vid Filipstadsbacken och Brattforsgatan (se figur 2.1) och omges av Nynäsbanan i söder, Filipstadsbacken och Mårbackagatan i öster samt befintlig bostadsbebyggelse i norr och väster.

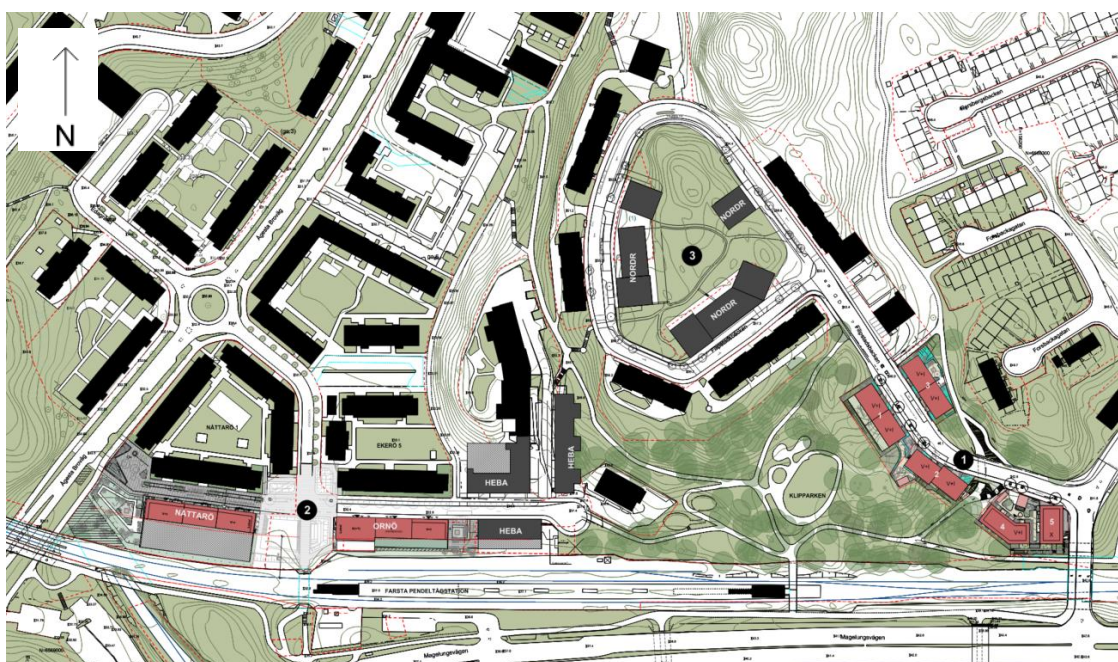


Figur 2.1. Överblick över aktuellt område inklusive den närmaste omgivningen. Röd markering redovisar det aktuella planområdet.

Området upptas i dag huvudsakligen av ett park- och skogsområde med gång- och cykelvägar. Topografin är kuperad med lägsta nivån närmast järnvägen.

2.1 Planerad exploatering

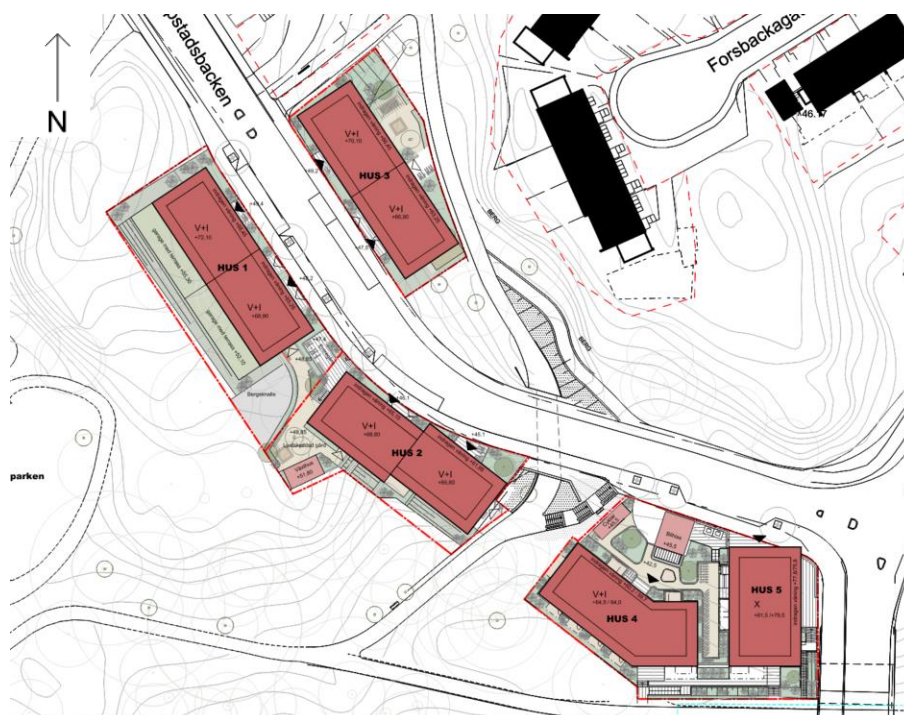
Detaljplanen är uppdelad i tre olika områden där olika byggherrar ansvarar för utveckling av olika delar. I figur 2.2 redovisas en strukturplan med de tre olika delområdena markerade. I det följande redovisas planerad markanvändning inom respektive område.



Figur 2.2. Strukturplan för detaljplan Filipstadsbacken.

2.1.1 Delområde 1

I planområdets östra del består den planerade bebyggelsen av fem byggnader för bostadsändamål (se figur 2.3). I suterrängvåningarna planeras bland annat garage, förråd, cykelgarage m.m. I bottenvåningarna planeras för mindre lokaler. Byggnaderna planeras med 6-10 våningar. Totalt planeras mellan 17 000 och 19 000 kvadratmeter BTA vilket omfattar ca 190 lägenheter. Det minsta avståndet mellan byggnad inom delområde 1 och närmaste genomgående spår på Nynäsbanan är ca 22 meter.

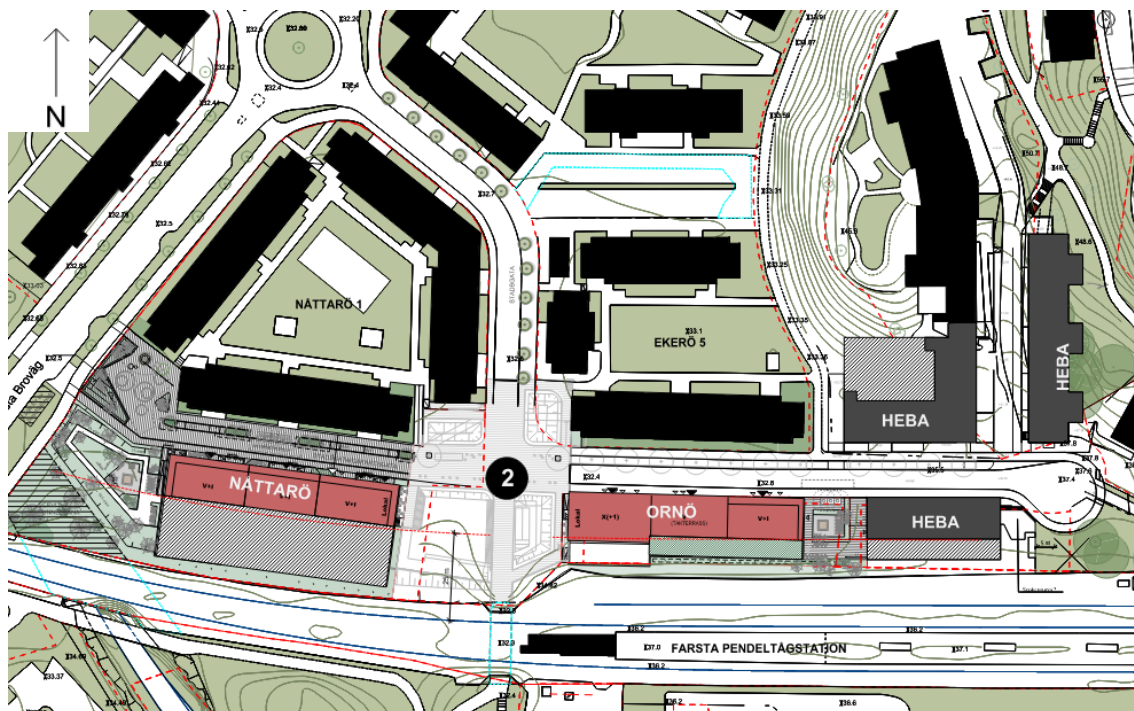


Figur 2.3. Planerad bebyggelse inom delområde 1 (AIX, 2024-02-16).

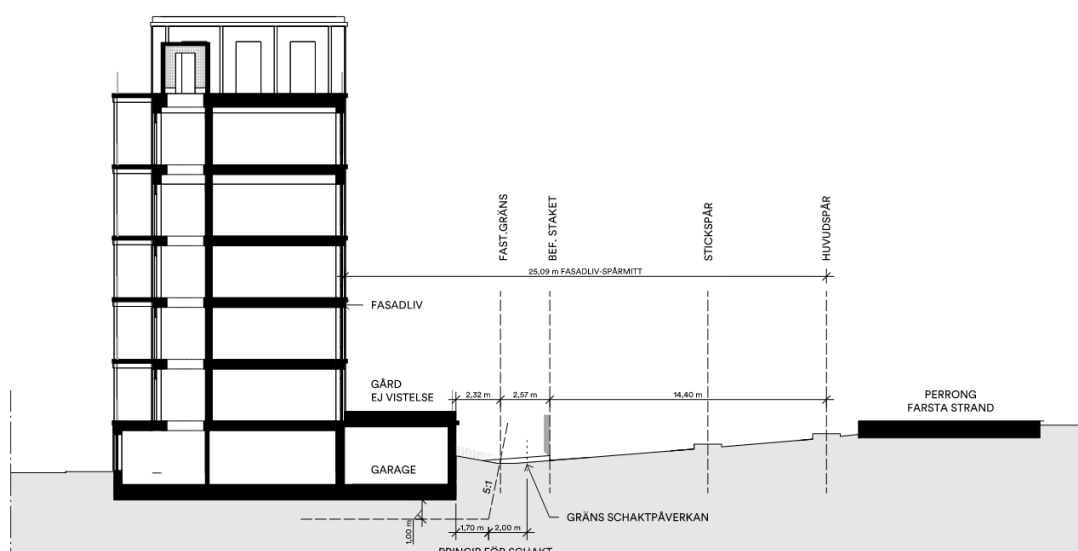
2.1.2 Delområde 2

I den västra delen av planområdet invid Brattforsgatan planeras fem byggnader med 6-10 våningar (se figur 2.4).

Avståndet mellan bostadsytor och närmaste genomgående spår på Nynäsbanan är ca 23 meter. Till garage är det som minst ca 20 meter. I höjd med pendeltågsstationen finns ett säckspår som ligger ca 18 meter från bostadsytor och 15 meter från garage (se figur 2.5).



Figur 2.4. Situationsplan Brattforsgatan (Fojab, 2023-09-20).

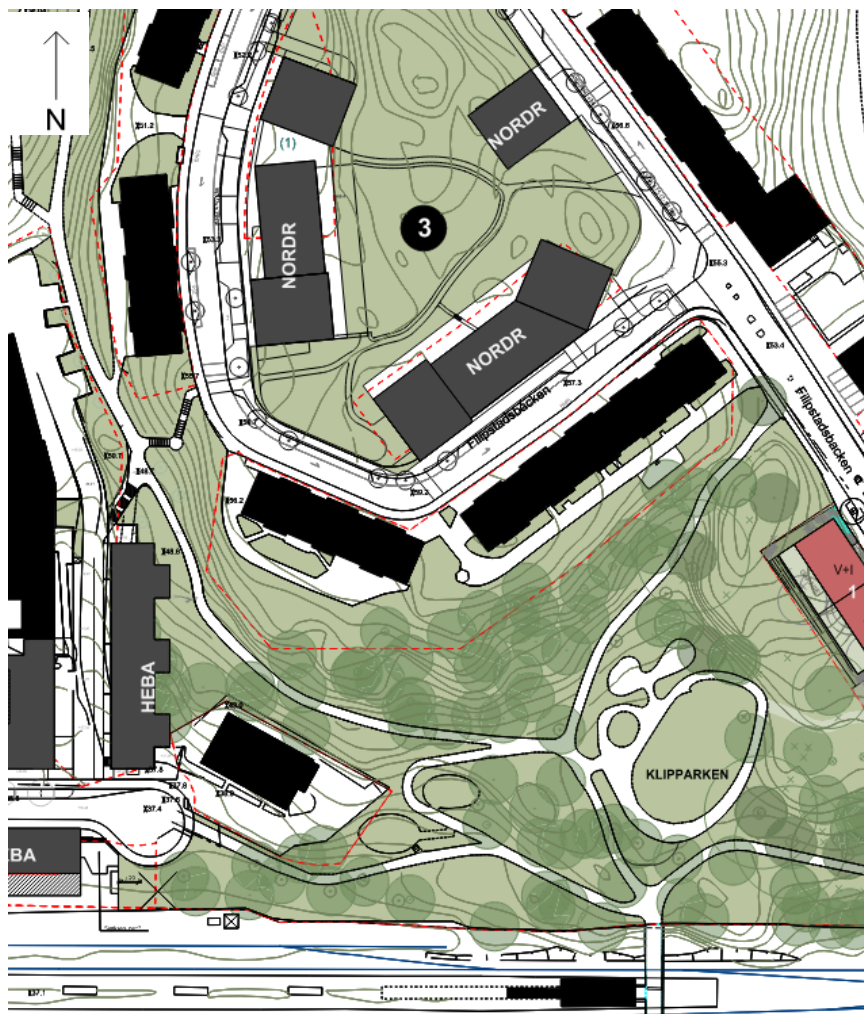


Figur 2.5. Sektion genom byggnad närmast Nynäsbanan (Fojab, 2023-09-07).

2.1.3 Delområde 3

I den norra delen av planområdet vid Filipstadsbacken planeras fem byggnader (se figur 2.6).

Avståndet till närmaste spår på Nynäsbanan är som minst ca 120 meter.



Figur 2.6. Planerad bebyggelse inom delområde 3 (AIX, 2024-02-16).

2.2 Omgivande planprojekt

I planområdets närhet pågår arbete med flertalet detaljplaner. Den huvudsakliga markanvändningen inom dessa planområden omfattar bostäder. Även viss andel verksamhetslokaler och förskola planeras.

Pågående detaljplaner innebär inte att några nya riskkällor tillförs närområdet.

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 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

Resultatet av riskinventeringen redovisas i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Inventering av riskkällor i planområdets närhet.

Riskkälla	Avstånd till planområde (m)	Kommentar
Nynäsbanan	20	Förekomst av både person- och godstransporter (inklusive farligt gods). Avstånd till bostäder är 25 meter, avstånd till närmaste byggnadsdel (garage) är 20 meter.
Magelungsvägen	50-100	Vägen är inte klassad som en transportled för farligt gods, men sådana transporter förekommer i begränsad omfattning på vägen.

Några andra riskkällor har inte identifierats i områdets närhet. Avståndet till närmaste transportled för farligt gods (väg 73/Nynäsvägen) är ca 700 meter.

Nedan görs en redovisning av identifierade riskkällor.

3.3 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 3.2 redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

Tabell 3.2. Farligt gods indelat i olika klasser enligt RID-S /2/.

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

3.4 Nynäsbanan

3.4.1 Allmänt

Nynäsbanan går mellan Älvsjö och Nynäshamn och passerar direkt söder om aktuellt område, se figur 2.1. Området ligger högre än järnvägen. På den aktuella sträckan består banan av två spår med växlar för möjlighet att styra över trafiken mellan spåren. Längs den aktuella sträckan är spåren raka. Det studerade området ligger direkt öster om perrongen vid pendeltågstationen Farsta strand.

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

3.4.2 Trafik

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 /3/ och enligt uppgifter från Trafikverket för perioden 2013-2015 trafikerades sträckan av i genomsnitt 152 tåg per dygn, varav 2 godståg per riktning /4/. Öppnandet av hamnen i Norvik har inneburit en kraftig ökning av godstrafiken. I Trafikverkets underlag för bullerutredningar presenteras en genomgående trafikmängd på svenska järnvägar år 2022 /5/. Enligt detta underlag så trafikerades sträckan av ca 200 pendeltåg och ca 10 godståg per dygn ÅDT år 2022.

3.4.3 Framtid

Kapaciteten på Nynäsbanan är begränsad, vilket framför allt 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. Utbyggnaden kommer framför allt innebära en kapacitetsökning söder om Västerhaninge och bedöms därför ha en begränsad påverkan på trafikmängden förbi planområdet.

Utifrån Trafikverkets basprognos för 2040 för aktuell sträcka av Nynäsbanan kan 221 persontåg och 12 godståg per dygn förväntas på sträckan /13/.

Stockholms Hamnar invigde 2020 en ny hamn för godstrafik i Norvik i Nynäshamns kommun. Hamnen omfattar en containerterminal och en roro-hamn (Roll on-Roll of) och kommer att ersätta Frihamnen i Stockholm. Hamnen har industrispår som ansluter till Nynäsbanan. Godstransporter kan således både gå på väg och järnväg till eller från hamnen. Fullt utbyggt beräknas hamnen hantera cirka 300 000 containers per år samt en genomströmning av 200 000 fordon med rullande gods. Den prognos för godstrafik som genomfördes i samband med arbetet med hamnen innebär ca 55 000 godsvagnar på Nynäsbanan varje år /6/. Enligt samma utredning uppskattas totalt 1 280 vagnar (cirka 2,5 %) omfatta farligt gods ur samtliga klasser förutom klass 1 och klass 7.

Utbyggnaden av Norvik kan komma att innebära en större ökning av godstrafiken på Nynäsbanan än vad som redovisas i Trafikverkets basprognos. Enligt uppgifter från Trafikverket år 2018 bör hänsyn tas till att utbyggnaden av Norvik kan innebära en ökning med ca 12 godståg per dygn på Nynäsbanan jämfört med dåvarande godstrafik (ca 4 godståg per dygn) /7/. Hänsyn kommer därför tas till att utbyggnaden av Norvik kan komma att innebära totalt 16 godståg per dygn istället för 12 godståg per dygn som redovisas i basprognosen. Detta för att ta höjd för framtida osäkerheter.

Transporter av farligt gods

Det förekommer transporter av farligt gods på Nynäsbanan. Det finns inga restriktioner för vilka farligt godsklasser som får transporteras på järnvägen. 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 /8/. Informationen är av känslig art och får därför inte presenteras i detalj i denna analys. Av uppgifterna framgår att farligt godstransporter utgör cirka 2 % av godstransporterna på Nynäsbanan samt att det i huvudsak 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 /9/ redovisade inga transporter av farligt gods på Nynäsbanan medan motsvarande kartläggning 2006 /10/ redovisade transporter av:
 - Klass 2.1: 0 – 5 200 ton/månad
 - Klass 3: 0 – 8 700 ton/månad
 - **Totalt: 0 – 13 900 ton/månad**

- Det finns dessutom information om Green Cargos transporter på aktuell sträcka av Nynäsbanan under perioden mars-maj 2005 /11/. Green Cargo utgör en av de större transportörerna av gods på Sveriges järnvägar. De står för cirka 95 % av godstransporterna genom Stockholm. Statistiken redovisar följande transporter av farligt gods på Nynäsbanan:
 - Klass 2.1: 414 ton/kvartal
 - Klass 3: 1 824 ton/kvartal
 - **Totalt: 2 238 ton/kvartal**
- Trafikanalys upprättar årliga statistikrapporter över den totala godstrafiken på Sveriges järnvägar inklusive farligt gods. Enligt denna statistik har cirka 5 % av den totala godsmängden varit farligt gods under den senaste femårsperioden, 2016-2020 /12/.

Framtid: Trafikverket arbetar med kapacitetsökande åtgärder på Nynäsbanan. Detta tillsammans med en den nya hamnen för godstrafik i Norvik förväntas godstrafiken på Nynäsbanan ha ökat och en större ökning kan förväntas i och med att hamnen nyttjas mer och utvecklas.

Den prognostiserade ökningen av godstrafik till följd av utbyggnaden av Nynäsbanan samt invigningen av Norviks hamn antas även omfatta 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. Även fördelningen mellan respektive farligt godsklass utgår från Trafikanalys nationella statistik. Dock görs några mindre justeringar. Syftet med dessa justeringar är framförallt att den nationella statistiken inte har visat på några, eller extremt få, transporter av klass 1 (explosiva ämnen) under den studerade femårsperioden. För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarioer förknippade med explosivämnen så antas det konservativt att klass 1 utgör maximalt 0,1 % av det totala antalet farligt godsvagnar.

Den totala mängden farligt gods samt fördelningen mellan farligt godsklasserna för prognosåret 2040 utgår från en kombination av Trafikanalys nationella statistik (för Trafikverkets officiella trafikprognos) och uppskattade trafikmängder för ett fullt utbyggt Norvik. Det innebär att andelen farligt gods blir 3,6 % av det totala antalet vagnar.

Godståg på den aktuella järnvägssträckan utgör i genomsnitt 10-14 godsvagnar per tåg. Generellt gäller ofta att varje godståg har 30 vagnar, vilket också använts i beräkningarna.

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

Klass	Antal godsvagnar med farligt gods (per år)	
	Andel	Antal
1	0,10%	2
2	32,4%	816
3	29,6%	1064

Klass	Antal godsvagnar med farligt gods (per år)	
	Andel	Antal
4	2,3%	93
5	14,6%	428
6	1,7%	128
7	0,0%	0
8	18,5%	757
9	0,9%	300
Totalt		3587

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

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

3.5 Magelungsvägen

3.5.1 Allmänt

Magelungsvägen (väg 271) går från Huddingevägen (väg 226) i väster och slutar strax öster om Nynäsvägen (väg 73). Utmed den aktuella sträckan består Magelungsvägen av två körfält i vardera riktningen med mittrefug. Hastighetsbegränsningen är 70 km/h.

Avståndet mellan planområdet och Magelungsvägen är som minst 50 meter. Planområdet och vägen ligger högre än järnvägen som utgör en lågpunkt mellan dessa.

3.5.2 Trafik

I den bullerutredning som utförts som underlag för detaljplanen för Filipstadsbacken /13/ redovisas prognostiserade trafikflöden på bl.a. Magelungsvägen år 2040. Enligt utredningen kommer Magelungsvägen trafikeras av mellan ca 12 000 och 13 000 fordon per dygn år 2040. Tung trafik kommer att utgöra ca 9 % av total trafikmängd.

3.5.3 Transporter av farligt gods

Magelungsvägen (väg 271) utgör inte någon rekommenderad transportled för farligt gods. Enligt tidigare kan det dock förekomma farligt godstransporter på vägen till lokala verksamheter utmed vägen:

- Utmed Magelungsvägen har det identifierats ett antal bensinstationer. Transporterna kan antingen komma från Nynäsvägen (väg 73), Huddingevägen (väg 264) eller Örbyleden (229) och vidare via exempelvis Magelungsvägen, Farstavägen eller Ågesta broväg.
- Generellt ska transporterna till och från bensinstationerna ta kortast möjliga väg på vägar som inte utgör rekommenderade transportleder för farligt gods. Bensinstationer inom samma bolag kan dock samordna sina leveranser och då kan transportörerna välja att ta närmaste väg mellan stationerna i stället för att köra tillbaka till utmärkt transportled.
- Det har identifierats två bensinstationer vars drivmedelstransporter i första hand bedöms kunna passera det studerade området på Magelungsvägen. Det rör sig om Circle K i Farsta strand (bemannad station med försäljning av drivmedel samt gasolflaskor) och Ingo Fagersjö (obemannad station med försäljning av drivmedel). Ingo är en del av Circle K Sverige (f.d. Statoil Fuel & Retail). Det innebär att samleveranser till dessa stationer kan förekomma.
- Om transporterna till Circle K Farsta Strand kommer från Nynäsvägen så är det troligt att de passerar i höjd med det studerade området på Magelungsvägen. Antagandet görs med hänsyn till vägstandard och kringliggande bebyggelse. Det bedöms inte vara troligt att transporterna väljer Ågesta broväg som nordost om Nynäsbanan i princip utgör stadsgata med närliggande bebyggelse på båda sidor om vägen.
- Circle K Farsta Strand har tidigare uppgett att antalet drivmedelsleveranser varierar veckovis men att antalet ligger i storleksordningen fem transporter per vecka. Stationen får även leverans av gasolflaskor en gång per vecka /14/. Från Ingo har inga exakta uppgifter erhållits men antalet transporter antas grovt vara samma som för Circle K. Detta bedöms dock vara ett konservativt antagande eftersom samleveranser kan förekomma. Enligt erfarenhet från tidigare projekt får en normalstor bensinstation leveranser av drivmedel cirka 2-5 gånger per vecka, vilket också stämmer förhållandevis bra överens med statistik från Svenska petroleum och biodrivmedelinstitutet (SPBI). Enligt deras statistik såldes under 2015 cirka 9,4 miljoner kubikmeter drivmedel (flygbränsle ej medräknat) i Sverige /15/, varav cirka 1 % etanol, 37 % bensin och 62 % diesel. Totalt fanns 2 680 försäljningsställen år 2015 /16/.

Det har identifierats ytterligare fem bensinstationer i Farsta och dess närområden:

- Circle K Bandhagen samt Ingo Älvsjö bedöms få sina transporter norrifrån via Huddingevägen (väg 264), med hänsyn till den långa sträckan (> 5 km) det skulle innebära på icke klassad väg om transporterna skulle komma från Nynäsvägen via Magelungsvägen.
- Preem i Rågsved och Högdalen samt OKQ8 i korsningen Forshagagatan/Farstavägen bedöms få sina transporter via Örbyleden (väg 229). Stationerna bedöms inte generera några transporter på Magelungsvägen i höjd med planområdet.

Det förutsätts att transporter till Högdalens industriområde inte går på Magelungsvägen förbi aktuellt planområde då sträckan till Örbyleden är betydligt kortare.

Framtid

Några nya riskkällor, eller verksamheter som bedöms kunna generera en ökning av transporter av farligt gods på Magelungsvägen, har inte identifierats.

Hastigheten på vägen planeras att sänkas till 60 km/tim.

4. Inledande riskanalys

4.1 Metodik

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

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

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

4.2 Identifiering av olycksrisker

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att det är tågtrafiken på Nynäsbanan samt transporter av farligt gods på Magelungsvägen som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens för det aktuella planområdet.

Följande olycksrisker bedöms kunna påverka det aktuella planområdet:

1. Olycka vid transport av farligt gods på Nynäsbanan
2. Urspårning på Nynäsbanan
3. Tågbrand på Nynäsbanan
4. Olycka vid transport av farligt gods på Magelungsvägen

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Olycka vid transport av farligt gods på Nynäsbanan

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån RID-S /2/.

I tabell 4.1 görs en övergripande beskrivning av vilka ämnen som tillhör respektive klass och vilka konsekvenser en olycka med respektive ämne kan leda till.

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

Klass	Konsekvensbeskrivning
1. Explosiva ämnen	Riskgrupp 1.1: Risk för massexplosion. Konsekvensområden kan vid stora mängder (≥ 2 ton) överstiga 50-200 meter. Begränsade områden vid mängder under 1 ton. Riskgrupp 1.2-1.6: Ingen risk för massexplosion. Risk för splitter och kaststycken. Konsekvenserna normalt begränsade till närområdet.
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnexplosion, BLEVE. Konsekvensområden mellan ca 20-200 meter. Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.

Klass	Konsekvensbeskrivning
	Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Konsekvensområden över 100-tals meter.
3. Brandfarliga vätskor	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över ca 40 m.
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidslösningar med konc. > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Skadeområde ca 70 m radie.
6. Giftiga ämnen	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8. Frätande ämnen	Utsläpp av frätande ämne. Konsekvenser begränsade till närområdet.
9. Magnetiska material och övriga farliga ämnen	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

Utifrån ovanstående beskrivning 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 bedöms det vara ämnen ur följande klasser som vid en olycka kan innebära konsekvenser för det studerade 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

Skadeavstånden för olyckor med övriga klasser begränsas enligt tabell 4.1 till det absoluta närområdet kring olycksplatsen och bedöms därför inte leda till några konsekvenser inom det studerade området.

Urspåring

Det är relativt vanligt att tåg spårar ur. I de allra flesta fall hoppar dock bara ett hjulpar av rälen. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan tåget spåra ur och hamna längre från spåret. Det hamnar dock sällan mer än en vagnslängd (ca 25 meter) från spåret.

Urspåring utgör den absolut mest sannolika olyckshändelsen med tågtrafik.

Med hänsyn till att avståndet till planerad ny bebyggelse är som minst 20 meter till garage och 22 meter till bostäder, höjdskillnaden i områdets östra del samt att merparten av tågen (dock ej godståg) stannar vid stationen och inte håller maximal hastighet förbi planområdet bedöms påverkan på risknivån till följd av urspåring vara begränsad. Med hänsyn till att byggnadsdelar planeras inom 25 meter bör dock scenariot ändå studeras vidare i en fördjupad analys (se vidare avsnitt 5).

Tågbrand

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

Skadeområdet vid brand i ett pendeltåg bedöms vara 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 planområdet.

Skadeområdet vid brand i godståg bedöms kunna bli mer omfattande. Värmestrålningen bedöms bli hög inom ett relativt stort avstånd och med hänsyn till detta bedöms en brand i godståg kunna innebära brandspridning till planerad bebyggelse. Olycksrisken bör därför studeras i en mer fördjupad riskanalys med avseende på påverkan på risknivån inom planområdet.

4.3.2 Olycka vid transport av farligt gods på Magelungsvägen

Magelungsvägen utgör inte någon rekommenderad transportled för farligt gods. Omfattningen av farligt godstransporter är begränsad till transporter till och från enstaka verksamheter utmed vägen. Utifrån riskinventeringen som redovisas i avsnitt 3.3.3 bedöms vägen främst användas för transporter av drivmedel (bensin, diesel och etanol) till två bensinstationer (Circle K och Ingo Fagersjö). Uppskattningsvis genererar bensinstationerna ett antal transporter av brandfarliga vätskor per vecka. Transporter av gasolflaskor (brännbar gas) förekommer också på vägen, dock i begränsad utsträckning. Mindre transporter förekommer till diverse butiker och verksamheter som har tillstånd för hantering och försäljning av huvudsakligen brandfarliga varor. Det handlar dock om styckegods med begränsade mängder farligt gods per transport.

Hastigheten på aktuell del av Magelungsvägen är 70 km/h. Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara ca 10-15 % /17/. Utmed delar av aktuell vägsträcka är vägen försedd med avåkningsskydd samt kantsten på 10-12 centimeter. Utmed hela sträckan ligger vägen högre än järnvägen. Mellan väg och järnväg går en gång- och cykelväg som ligger lägre än Magelungsvägen men högre än järnvägen.

Enligt inventeringen förekommer transporter med brännbara vätskor och gaser (i flaska). En olycka där brännbar vätska läcker ut kommer att leda till att vätskan rinner längs med vägen utmed de delar där kantsten finns. Utmed övriga delar kommer vätskan följa vägens avrinning. Den vätska som rinner ner mot spårområdet kommer att samlas på gång- och cykelvägen. Avståndet mellan planerad ny bebyggelse och GC-väg är som minst 30-40 meter. Det innebär att en brand i utläckt vätska kommer att innebära en mycket liten påverkan mot den planerade bebyggelsen.

Vid olycka med brännbar gas kan större skadeområden uppnås. Sannolikheten för olycka som leder till stora skadeområden är dock mycket liten med hänsyn till att gasen transporteras i flaskor. Även påverkan vid en olycka med brännbar gas bedöms därför få en mycket begränsad effekt på risknivån inom planområdet.

Den sammanvägda risknivån förknippad med transporter av farligt gods på Magelungsvägen bedöms vara extremt låg. Med hänsyn till den mycket låga påverkan på risknivån bedöms det inte vara rimligt att vidta särskilda skyddsavstånd eller byggnadstekniska åtgärder för bebyggelse inom det aktuella planområdet. Någon fördjupad utredning av risker kopplade till Magelungsvägen kommer därför inte göras.

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 en mer detaljerad analys bedömts nödvändig:

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

I avsnitt 5 redovisas en vidare analys av ovan redovisade scenarier.

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Allmänt

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

5.1.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

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

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

5.1.2 Sammanvägning av risk

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

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

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

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

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

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

Enligt avsnitt 5.1.3 avser acceptanskriterierna för samhällsrisk 1 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 planförslaget 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 avsnitt 5.2.

5.1.3 Värdering av risk

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

Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. I publikationen *Värdering av risk /18/* 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 nog 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 framför allt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt *Värdering av risk /18/* bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreatiomsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För boende görs ingen korrigering.

I stället 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, 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 /18/* 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

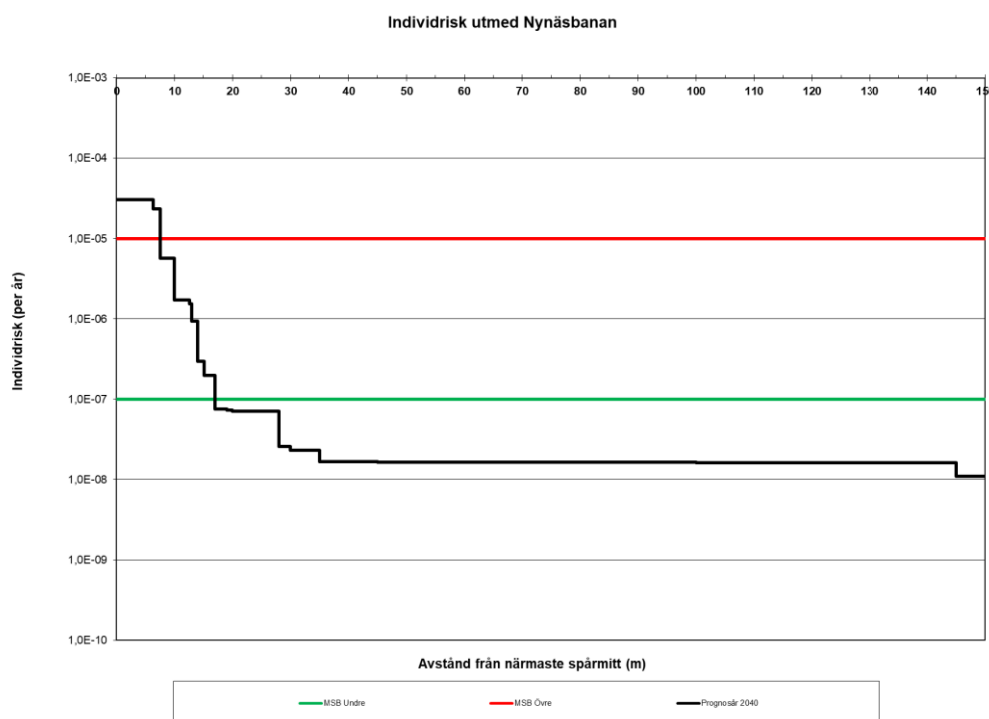
Risikanalysen utgår från underlag som innefattar relativt omfattande osäkerheter, främst med avseende på antalet transporter av farligt gods. I avsnitt 5.4 redovisas en ytterligare diskussion kring hanteringen av ovanstående osäkerheter m.m. samt hur detta inverkar på analysens resultat. För att studera 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 för oskyddade personer utomhus (se figur 5.1).

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



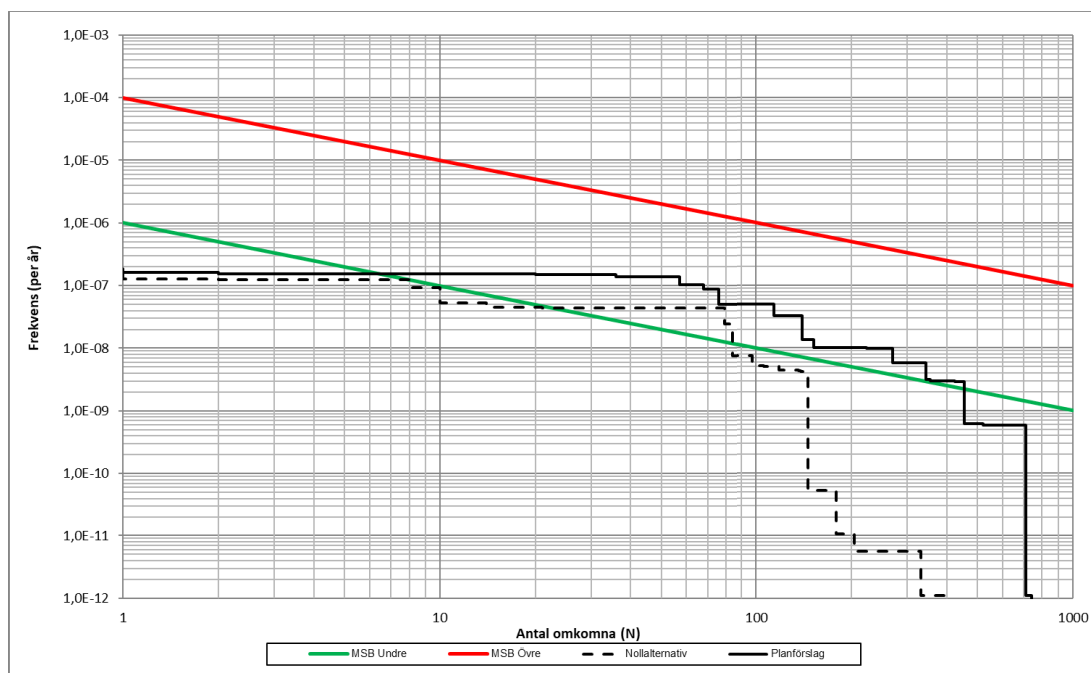
Figur 5.1. Individrisk för oskyddad person som funktion av avståndet från Nynäsbanan.

5.2.2 Samhällsrisk

I figur 5.2 redovisas den beräknade samhällsrisk inom det studerade området, d.v.s. aktuellt planområde samt kringliggande bebyggelse.

Samhällsrisk beräknas för planerat planförslaget med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella planområdet. Samhällsrisk har dessutom beräknats för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom det aktuella planområdet men tar hänsyn till både befintlig och planerad bebyggelse i omgivningen.

Samhällsrisk redovisas för prognosår 2040 och omfattar risker kopplade till Nynäsbanan.



Figur 5.2. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivå 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 ligga på oacceptabla nivåer eller inom ALARP upp till 15-20 meter från närmaste spår på Nynäsbanan för områden utomhus. För större avstånd är risknivå acceptabel. De olycksrisker som främst bidrar till att individrisken ligger högt på korta avstånd är brand i godståg, urspårning samt olycksrisker förknippade med brandfarliga vätskor.

Med avseende på individrisk anses risknivå vara acceptabel inom aktuella områden där bebyggelse planeras.

5.3.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk från olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan ligger till stor del på en acceptabel nivå. Den planerade bebyggelsen medför dock att samhällsrisk delvis ligger inom ALARP för konsekvenser på mellan ca 7 och ca 400 omkomna.

De olycksrisker som bidrar till att samhällsriskerna hamnar inom ALARP utgör framförallt olycksrisker förknippade med brännbara gaser. Olycksrisker förknippade med urspårning, tågbrand och brandfarlig vätska bedöms ha en begränsad påverkan på samhällsrisknivån med tanke på avståndet till den planerade bebyggelsen.

Vid jämförelse mot nollalternativet så kan det konstateras att den planerade bebyggelsen har en stor påverkan på samhällsrisknivån inom planområdet. För nollalternativet ligger risknivån på en i stort sett 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

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

- **Frekvensberäkningarna har utförts med schablonmetoder**

Frekvensberäkningarna utgår från modeller som baseras på olyckskvoter och statistik. Beräkningarna för urspårningsfrekvenser utgår från den vägledning som utgör underlag till gällande kravställning för dimensionering av konstruktioner i anslutning till järnvägsspår, se kraven enligt SS-EN 1991-1-7:2006 (Eurokod 1-7) med tillhörande NA.

De olyckskvoter som redovisas utgör genomsnittliga värden för en längre järnvägssträcka. Sannolikheten för bl.a. utsläpp och antändning av utsläpp m.m. utgör genomsnittliga värden baserade på statistik.

Eftersom frekvensberäkningarna görs för relativt långa sträckor (1 km) så innebär aktuella antaganden höga olycksfrekvenser. Uppskattningsvis så innebär aktuella antaganden konservativa värden på olycksfrekvenser.

I bilaga A jämförs de använda olyckskvoterna med statistik över bantrafikskador och bantrafik och det konstateras då att olyckskvoterna ligger i samma härad.

Det finns en annan modell som ofta används för frekvensberäkningar avseende järnvägsolycka: Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen /19/. Denna beräkningsmodell är endast applicerbar på olycka med godståg och utgår från ett flertal olika typer av felfaktorer (rälsbrott, solkurvor, spårlägesfel, vagnfel, växelfel m.m.). Utslaget på den aktuella godstrafiken så kan det konstateras att de använda olyckskvoterna ligger i samma härad även med denna modell. Någon känslighetsanalys utförs inte specifikt för skillnader i olika beräkningsmetoder utan osäkerheterna kring frekvenser bedöms kunna hanteras i känslighetsanalysen som redovisas nedan.

- **Uppskattad mängd och antal transporter med farligt gods förbi planområdet**

Det statistiska underlaget som används i analysen är behäftat med osäkerheter främst vad gäller antalet transporter av respektive farligt godsklass.

Den totala mängden farligt gods samt fördelningen mellan respektive klass har uppskattats utifrån nationell statistik över en femårsperiod. Orsaken till detta tillvägagångssätt är framför allt att undvika att risknivån värderas utifrån kortsiktiga

förutsättningar. De underlag som finns avseende den aktuella järnvägssträckan baseras på korta tidsperioder och kan ge en missvisande bild av trafiksituationen. Att utgå från en nationellt genomsnittlig andel farligt gods på de aktuella sträckorna ger relativt stora transportmängder farligt gods med hänsyn till tidigare utförda kartläggningar.

- **Val av olycksscenarier, konsekvensberäkningar**

Även konsekvensberäkningarna omfattar relativt stora osäkerheter, vilket bl.a. är beroende av bedömningar av skadeområdet samt förväntat antal omkomna för de studerade skadescenarierna.

Generellt så bedöms de skadescenarier och förutsättningar som studeras inte vara de mest troliga, men anses vara de som rimligtvis kan ge upphov till mest omfattande konsekvenser. Beräkningarna av förväntat antal omkomna utförs med grova antaganden om bl.a. en jämn fördelning av persontätheten inom det aktuella området med utgångspunkt från närmaste bebyggelse respektive närmaste yta som kan uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus. Att avståndet mellan riskkälla och bebyggelse kan variera utmed den studerade sträckan beaktas endast i begränsad utsträckning.

Konsekvenserna av respektive skadescenario har beräknats utifrån förutsättningen att det bedöms inträffa där det gör som mest skada inom det aktuella planområdet.

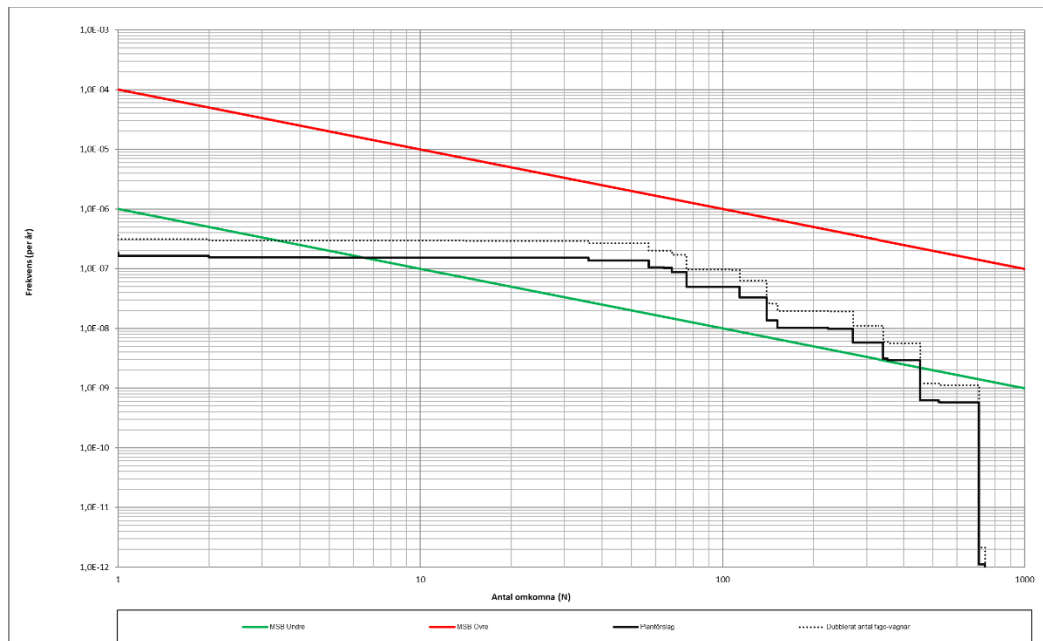
- **Uppskattat personantal**

Personantalet har uppskattats utifrån planerade volymer inom planområdet. Utgångspunkten har sedan varit att motsvarande persontätheter även gäller för omkringliggande områden eftersom dessa kommer att exploateras med liknande bebyggelse.

För att ta hänsyn till de osäkerheter som förenklingar och antaganden innebär används enligt ovan konservativa uppskattningar, både i frekvens- och konsekvensberäkningarna. Sammantaget kan sägas att de uppskattningar och förenklingar som görs vid beräkning av risken med stor sannolikhet ger en överskattning av risknivån. Utförda antaganden innebär att viss hänsyn tas till ingående osäkerheter i analysen. För att ytterligare belysa effekten av osäkerhet görs en enkel känslighetsanalys som visar hur risknivån påverkas om antalet vagnar lastade med farligt gods skulle fördubblas.

5.4.1 Känslighetsanalys

Beräkningarna är genomförda med samma metod som tidigare. Skillnaden är att antalet vagnar med farligt gods har dubblerats. Resultatet redovisas i figur 5.3 och innebär att risknivån ökar men fortfarande som högst ligger strax över mitten inom ALARP. Det innebär att en stor ökning av antalet transporter med farligt gods kan ske utan att risknivån blir oacceptabel eller att genomförd riskvärdering inte längre är aktuellt.



Figur 5.3. Samhällsrisk med en dubbling av antalet vagnar lastade med farligt gods jämfört med risknivån för prognosticerad trafik 2040.

6. Förslag på åtgärder

6.1 Allmänt

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

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

Med utgångspunkt från ovanstående resonemang så redovisas i nedanstående avsnitt separata bedömningar av rimligheten i att vidta åtgärder med avseende på de olycksrisker som 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 6.4 redovisas en sammanställning av vilka restriktioner och åtgärder som rekommenderas för det aktuella projektet.

6.2 Förslag på riktlinjer och åtgärder

6.2.1 Placering av verksamheter och utformning av området

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. I centrala områden där det är ont om mark kan detta dock vara svårt.

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

Det bör observeras att även obebyggda ytor i närheten av en riskkälla kan behöva utformas med hänsyn tagen till riskpåverkan.

Studerat planförslag bedöms vara möjligt att genomföra. Ny bebyggelse planeras minst 20 meter (garage) respektive 22 meter (bostäder) från närmaste spår på Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt). Avsteg görs därför från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (50 meter mellan järnväg och bostäder, se figur 1.1). Detta kommer att föranleda krav på byggnadstekniska åtgärder för skydd mot olycka med farligt gods. Avstegen bedöms kunna accepteras med hänsyn till den beräknade risknivån (individriska är acceptabel på aktuella avstånd) samt att byggnadsdelar närmast järnvägen omfattar garage vilket innebär låg persontäthet och icke stadigvarande vistelse.

Ytor utomhus närmast järnvägen planeras inte för stadigvarande vistelse. Balkonger i fasad mot järnvägen samt terrass på tak kan accepteras i byggnader närmst järnvägen med hänsyn till att ytan är överblickbar, lätt att orientera sig inom och det går snabbt att ta sig in i säkerhet. Eventuell terrass på tak bör utformas så att utrymningsväg är placerad i del som inte ligger närmast järnvägen. Höjdskillnaden innebär dock ett bra skydd mot flertalet möjliga olyckor.

6.2.2 Byggnadstekniska åtgärder

Enligt ovan innebär planerad ny bebyggelse att Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd mellan Nynäsbanan och ny bebyggelse underskrids. Med hänsyn till detta kan det, enligt tidigare, bli nödvändigt att vidta kompletterande byggnadstekniska åtgärder.

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

Utrymning

Utrymningsstrategin för ny bebyggelse i anslutning till en riskkälla kan behöva beakta möjliga externa olyckor. Detta innebär att utrymningsvägar behöver dimensioneras och utformas så att utrymning kan ske tillfredställande även vid en utvändigt olycka.

Ovanstående innebär att byggnader, som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd, behöver utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen. Detta gäller för samtliga utrymmen där personer vistas stadigvarande.

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 entréer vetter mot Nynäsbanan rekommenderas att entréhall utförs genomgående med utgång som vetter bort från vägen. Det ska observeras att utrymning via fönster eller balkong med räddningstjänstens stegutrustning inte uppfyller syftet med åtgärdsförslaget.

Åtgärdsförslaget ovan avser endast byggnader som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse. Byggnader som inte vetter direkt mot Nynäsbanan är skyddade av framförliggande bebyggelse, vilket innebär att utrymning kan ske i trygghet även mot järnvägen.

Skydd mot gaser

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

Beroende på gastyp går det att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta ventilationstekniska åtgärder för att förhindra spridning av brännbara och giftiga gaser in i byggnader. De åtgärder som ofta föreslås innebär att friskluftsintag placeras mot sidor med bra luftkvalitet och dit det är mindre sannolikt att gasen sprids vid ett eventuellt gasutsläpp på den närliggande 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 nödavgängning. För byggnader med självdragsventilation ska ventilationsöppningar vara möjliga att stänga.

En olycka med framför allt brännbara gaser på Nynäsbanan bedöms kunna innebära påverkan på risknivån inom det studerade området. Enligt genomförd analys bedöms däremot giftiga gaser ha en mycket begränsad påverkan på risknivån med hänsyn till det mycket begränsade antalet transporter på järnvägen.

De ventilationstekniska åtgärderna som redovisas ovan bedöms normalt innebära relativt låga kostnader och inkräftar inte mer än marginellt på byggnadsutformningen. Det rekommenderas att planerad ny bebyggelse, som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd, utförs med ventilationstekniska åtgärder som skyddar mot gaser.

Åtgärdsförslagen ovan avser endast byggnader som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse. Byggnader som inte vetter direkt mot Nynäsbanan är skyddade av framförliggande bebyggelse vilket reducerar risken för spridning av gaser via ventilationen.

Skydd mot brand

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

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

Enligt genomförd analys bedöms en olycka med brandfarlig vätska innebära mycket begränsad påverkan på risknivån inom det studerade området. Avståndet mellan järnvägen och ny bebyggelse ger ett relativt bra skydd mot brandspridning. Området ligger dessutom högre än järnvägen vilket har en positiv effekt avseende risken för brandspridning.

Olycksrisker med brännbara gaser har en relativt stor påverkan på risknivån och åtgärder för att lindra påverkan från olycka med brännbar gas rekommenderas för bebyggelse inom rekommenderat skyddsavstånd (50 meter). Detta gäller skydd i fasad och fönster mot järnvägen.

Skydd mot explosion

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

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

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

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

Olycka med massexplosiva ämnen respektive oxiderande ämnen och organiska peroxider innebär en begränsad påverkan på risknivån inom det aktuella området. Sannolikheten för en större explosion bedöms vara extremt låg, vilket dels beror på mycket begränsade transportmängder av explosiva ämnen på Nynäsbanan (se tabell 3.2), dels de hårda regler som gäller för transporter av dessa ämnen.

Med hänsyn till den mycket låga påverkan på risknivån bör det inte vara rimligt att vidta byggnadstekniska åtgärder för explosioner inom aktuellt område vid planerad utveckling. Bedömningen kan jämföras med förutsättningarna för andra exploateringar utmed Nynäsbanan som inte omfattar några särskilda åtgärdsförslag avseende skydd mot explosion.

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

- Ytor utomhus bör inte utformas för stadigvarande vistelse inom 25 meter från närmaste spårmitt (genomgående spår) på Nynäsbanan.
- Inom 50 meter från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmitt på genomgående spår) rekommenderas att bostadshus som vetter direkt mot järnvägen utan framförliggande bebyggelse utförs med följande byggnadstekniska åtgärder:
 - Friskluftsintag placeras mot trygg sida, d.v.s. bort från järnvägen alternativt på byggnadernas tak.
 - Möjlighet att utrymma mot en sida som mynnar bort från järnvägen.
 - Fasader mot Nynäsbanan utförs i obrännbart material alternativt med en konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Fönster i fasader mot Nynäsbanan ska utföras i lägst laminerat glas som klarar uppvärmning till 300°C under ca 30 minuter. Fönster får utföras öppningsbara.

6.3.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

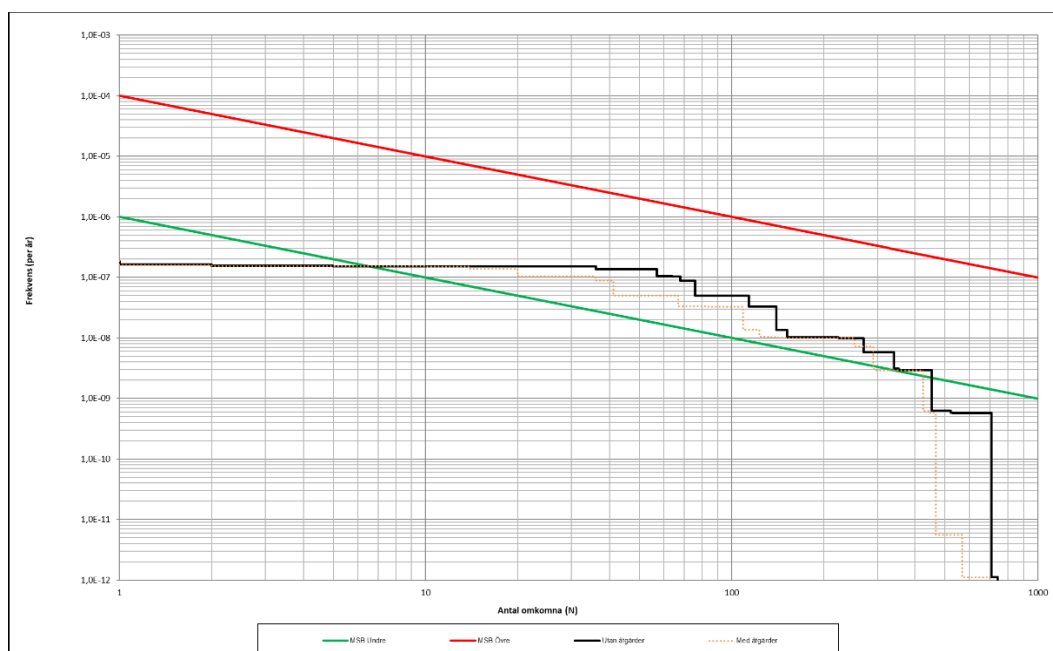
De åtgärder som redovisas ovan bedöms ha följande effekt inom planområdet:

- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av eventuella gasutsläpp genom skyddsavstånd i kombination med ventilationstekniska åtgärder.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av en större utvändig brand genom skyddsavstånd och brandskyddstekniska åtgärder.
- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på Nynäsbanan genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från Nynäsbanan.

Den riskreducerande effekten av föreslagna åtgärder har uppskattats till nedanstående. I figur 6.1 redovisa risknivån med vidtagna åtgärder.

- Minskad andel omkomna **utomhus** till följd av
 - placering av utrymningsvägar – 5 %

- ingen stadigvarande verksamhet närmast järnvägen –30 %^[1]
- Minskad andel omkomna **inomhus** till följd av
 - placering av utrymningsvägar mot trygg sida – 5 %
 - ventilationstekniska åtgärder – 10 %
 - fasader och fönster utförda med hänsyn till brandpåverkan samt tryckpåverkan vid gasexplosion – 80 %



Figur 6.1. Samhällsrisknivå med vidtagna åtgärder.

7. Slutsatser

I anslutning till aktuellt planområde har två riskkällor identifierats, Nynäsbanan och Magelungsvägen. I den inledande analysen konstaterades att påverkan på risknivån inom planområdet till följd av olycka på Magelungsvägen är försumbar till följd av ett begränsat antal transporter med farligt gods samt ett relativt stort avstånd och en gynnsam topografi.

Nynäsbanan däremot har en större påverkan på risknivån och en fördjupad analys av möjliga olycksscenarioer har därför genomförts. Denna visar att individrisken i stort sett är acceptabel inom planområdet och att samhällsrisknivån ligger inom ALARP, men inte är oacceptabel i någon del. Samhällsrisknivån är sådan att säkerhetshöjande åtgärder bör vidtas för att ytterligare sänka risknivån. Risknivån bedöms därmed kunna accepteras utan kav på ytterligare åtgärder.

Den slutgiltiga bedömningen är att planerad bebyggelse kan uppföras enligt studerat förslag men att åtgärder för att hantera identifierade risker är nödvändiga. Med åtgärder bedöms riskerna i området kunna hanteras utan att människor utsätts för oacceptabla risker.

^[1] För skadescenarier med mycket stora skadeavstånd utomhus d.v.s. stor gasmolnexplosion, BLEVE och stort utsläpp giftig gas uppskattas denna åtgärd ha en begränsad reducerande effekt, högst 10 %.

Garagens placering bedöms inte påverka risknivån inom området och föranleder inte ytterligare behov av åtgärder.

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

9. Referenser

-
- /1/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
 - /2/ RID-S 2021 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2020:10, 2020
 - /3/ Planbeskrivning för Järnvägsplan. Nynäsbanan, Dubbelspårsutbyggnad Hemfrosa – Tungelsta, Trafikverket, 2015-03-15 (Diarienummer TRV 2013/8433)
 - /4/ Lennart Lennefors, Strategisk planering, Trafikverket, e-post 2016-05-21
 - /5/ Trafikverket, "Trafikuppgifter järnväg T22 och bullerprog 2040", baserad på "TrV-rapport 2021:255, Bullerprognoser - Vilka trafikprognoser ska användas som underlag för bullerberäkningar? – revidering 2021
 - /6/ Miljöriskanalys av transporter av farligt gods på väg och järnväg samt i farleden utanför hamnen. Planerad hamn vid Stockholm – Nynäshamn, Norviksudden. Enviroplanning, 2007-01-31
 - /7/ Stockholms stad, "Uppgifter om trafikering från Trafikverket till Stockholms stad, e-post," 2018.
 - /8/ Anders Nilsson, Statistiker på Trafikverket, e-post 2016-05-20
 - /9/ Flödet av farligt gods på järnväg, en översiktlig kartering i GIS-miljö, Räddningsverket 1996 (www.msb.se)
 - /10/ Kartläggning av farligt godstransporter, september 2006, Räddningsverket 2007
 - /11/ RID-transporter utförda av Green Cargo, Älvsjö – Jordbro, mars-maj 2005
 - /12/ Statistikrapporter från Trafikanalys: Bantrafik 2016 (2017:21), Bantrafik 2017 (2018:17), Bantrafik 2018 (2019:17), Bantrafik 2019 (2020:19), Bantafik 2020 (2021:23)
 - /13/ Bullerutredning Filipstadsbacken delområde 1, Tyréns, granskningskopia 2024-03-15
 - /14/ Muntlig information, Circle K Farsta Strand, 2016-07-07
 - /15/ Utlevererad volym av oljeprodukter och förnybara drivmedel, www.spbi.se
 - /16/ Försäljningsställen 2015, www.spbi.se
 - /17/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996
 - /18/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997

/19/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen,
Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn			
Filipstadsbacken, Farsta			
Uppdragsgivare		Uppdragsnummer	Datum
AB Familjebostäder, ByggVesta AB, Heba		503088, 504973	2024-04-04
Fastighetsutveckling AB			
Handläggare		Egenkontroll	Internkontroll
Rosie Kvål		RKL 2024-04-04	LSS 2023-10-13

1. Inledning

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

Nynäsbanan

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

2. Förutsättningar och indata

I tabell A.1 redovisas indata till beräkningarna avseende Nynäsbanan.

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

Faktor	Beskrivning
Järnvägssträcka	1
Antal spår	2
Hastighetsbegränsning (km/h):	
- Persontåg	140
- Godståg	100
Årsmedeldygnstrafik (per dygn):	
- Persontåg	256
- Godståg	16
Olyckskvoter per tågkm	
- Persontåg	2,5E-08
- Godståg	2,5E-07
Antal farligt godsvagnar per år	3587
Andel av godsvagnar som rymmer farligt gods	3,6%

3. Beräkningar järnvägsolycka

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

3.1 Urspårning

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

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

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

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

Frekvensen för urspårning beräknas för persontåg respektive godståg på en **1 km järnvägssträcka** i anslutning till det aktuella planområdet. Beräkningarna utgår från olyckskvot för **spår med växlar**. Frekvensen utförs för trafiksiffror för prognosår 2040 (256 persontåg respektive 16 godståg per dygn):

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

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

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

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

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

3.1.1 Urspårning i anslutning till bebyggelse

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

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

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

I avsnitt 3.1 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 3.1)

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

$d_{\text{persontåg, 140 km/h}}$	=	$140^2/80$	=	245 m
$d_{\text{godståg, 100 km/h}}$	=	$100^2/80$	=	125 m

/3/ Bantrafikskador 2015 (Statistikrapport 2016:20), Trafikanalys

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

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

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

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

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

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

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

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmitte och byggnad

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

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

Ingen byggnad planeras närmare än 15,1 meter från närmast genomgående spår.

3.2 Brand i godståg

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

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.2.

-
- /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.2. Fördelning av brandstorlek vid brand i godståg.

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

I tabell A.3 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på brand i godståg på den aktuella järnvägssträckan utifrån statistiken ovan.

Tabell A.3. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i godståg på aktuell järnvägssträcka. **Prognosår 2040.**

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

3.3 Järnvägsolycka med farligt gods

3.3.1 Allmänt

Olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods beräknas utifrån motsvarande metodik som redovisas i avsnitt 3.1-3.2. Med hänsyn till potentiella följdscenarier så kommer beräkningarna att omfatta dels **järnvägsolycka utan brand** ($F_{\text{urspärning}} + F_{\text{sammanstötning}}$), 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 urspärning 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.4 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.4. 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	0,10%	1,8E-07
Klass 2	32,36%	5,7E-05
klass 3	29,65%	5,3E-05
klass 4	2,30%	4,1E-06
klass 5	14,65%	2,6E-05
klass 6	1,66%	2,9E-06
klass 7	0,01%	1,2E-08
klass 8	18,51%	3,3E-05
klass 9	0,86%	1,5E-06
Totalt		1,8E-04

I tabell A.5 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.5. 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	0,10%	5,1E-08
Klass 2	32,36%	1,6E-05
Klass 3	29,65%	1,5E-05
Klass 4	2,30%	1,2E-06
Klass 5	14,65%	7,5E-06
Klass 6	1,66%	8,5E-07
Klass 7	0,01%	3,4E-09
Klass 8	18,51%	9,4E-06
Klass 9	0,86%	4,4E-07
Totalt	0,10%	5,1E-05

Utför resultatet av tabell A.4 och tabell A.5 beräknas att järnvägsolycka med brand (5,1E-05 per år) utgör ca 20 % av den totala frekvensen för olycka med farligt gods (d.v.s. järnvägsolycka utan brand 1,8E-04 per år + järnvägsolycka med brand 5,1E-05 per år).

3.3.2 Klass 1. Explosiva ämnen

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

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

Konsekvenserna av en massexplosion är kraftigt beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. I RID-S anges ingen gräns för hur stora transportmängder massexplosiva ämnen som tillåts på järnväg. Som maxgräns brukar dock ansättas 25 ton massexplosivt ämne per godsvagn. Hur stor andel av transporterna 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 på den aktuella sträckan. 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 Mäljarbanans 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.

/10/	RID-S 2023 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2022:4, 2023
/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 Mäljarbanans sträckning mellan Solna stad och Sundbybergs stad (Huvudsta – Duvbo), Briab Brand & Riskingenjörerna AB, 2018-02-28

- Enligt uppgifter från MSB utgör enbart 0,5 % av transporterna med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. transitttransporter (genomfart) medan resterande transporter till avnämare inom länet.

Utifrån ovanstående uppgifter så antas följande fördelning på Nynäsbanan (detta antas vara ett mycket konservativt antagande avseende transportmängder > 500 kg eftersom det inte har identifierats några transporter av explosivämnen i de senaste kartläggningarna 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.5 (se avsnitt 3.2). Enligt avsnitt 2 utgör farligt gods ca 5 % av alla godsvagnar och enligt tabell A.4 uppskattas explosiva ämnen utgöra högst 0,05 % av alla farligt godstransporter. Sannolikheten för att en farligt godsvagn med explosivämnen är inblandad i en tågbrand beräknas utifrån detta till $5 \% \times 0,05 \% = 0,0025 \%$.

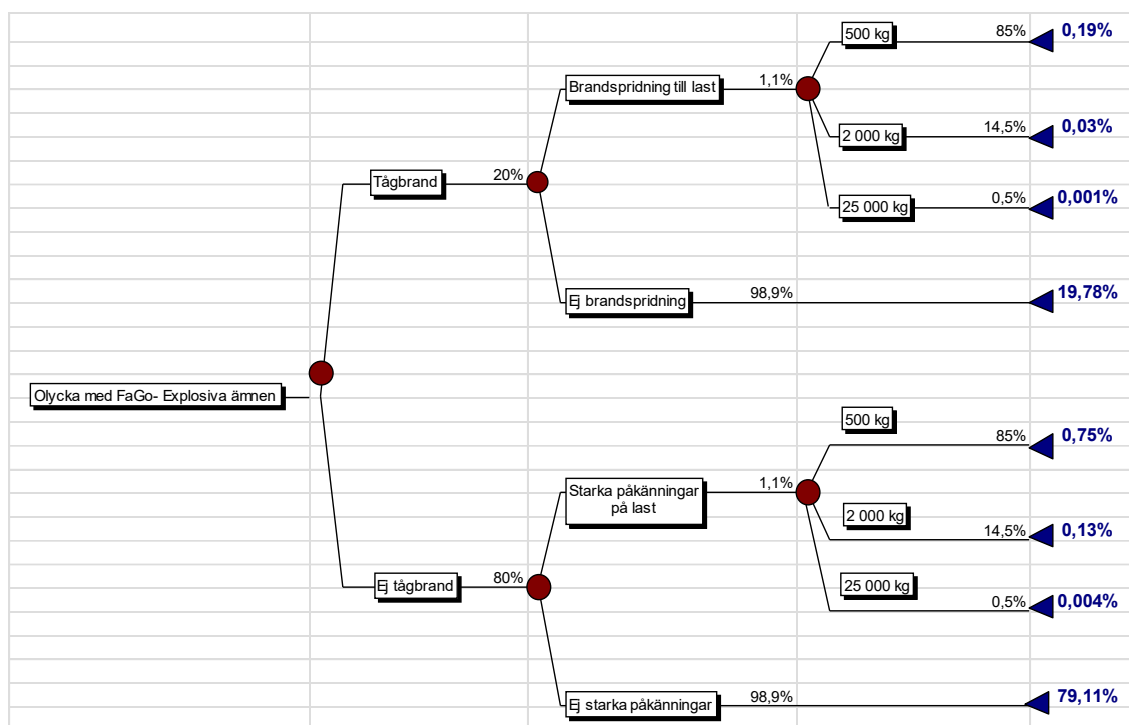
Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /10/. Detta innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det leder till explosion.

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 3.3.3). Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 3.2 (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.6.



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

Tabell A.6. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen. **Prognosår 2040.**

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med explosivämne (klass 1)	2,3E-07
Järnvägsolycka utan brand	1,8E-07
Järnvägsolycka med brand	5,1E-08
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
500 kg	1,8E-09
- P.g.a. starka påkänningar	1,7E-09
- P.g.a. tågbrand	9,6E-11
2 000 kg	3,1E-10
- P.g.a. starka påkänningar	2,9E-10
- P.g.a. tågbrand	1,6E-11
25 000 kg	1,1E-11
- P.g.a. starka påkänningar	1,0E-11
- P.g.a. tågbrand	5,6E-13

3.3.3 Klass 2 – Gaser

Allmänt

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

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

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

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

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 %.

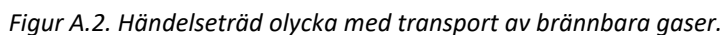
En **BLEVE** antas kunna uppstå i en oskadad tankvagn utan fungerande säkerhetsventil antingen om en stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om järnvägsolyckan omfattar en tågbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre 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 3.2 (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.7.

/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

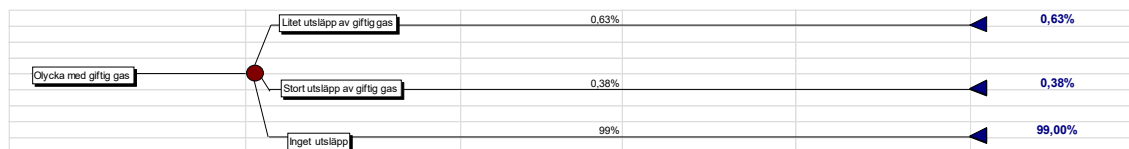


Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.1	7,4E-05
Urspårning	5,7E-05
Tågbrand	1,6E-05
Direkt antändning av litet utsläpp - jetflamma	2,7E-08
Fördörd antändning av litet utsläpp	0,0E+00
Direkt antändning av stort utsläpp - jetflamma	3,2E-08
Fördörd antändning av stort utsläpp	8,1E-08
-Stor gasmolnsbrand	3,2E-08
-stor gasmolnsexplosion	4,9E-08
BLEVE	4,0E-08
-pga jetflamma	3,2E-10
-pga brand i godsvagn	4,0E-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.8.



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

Tabell A.8. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.3	1,5E-06
Litet utsläpp giftig gas	9,2E-09
Stort utsläpp giftig gas	5,5E-09

3.3.4 Klass 3 – Brännbara vätskor

Brandfarliga vätskor (klass 3) transporteras normalt i tunnväggiga tankar. Detta medför en högre sannolikhet för läckage till följd av en järnvägsolycka jämfört med vid en olycka med gastransporter som transporteras i tjockväggiga vagnar, se avsnitt 2.3.3 ovan. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % /9/.

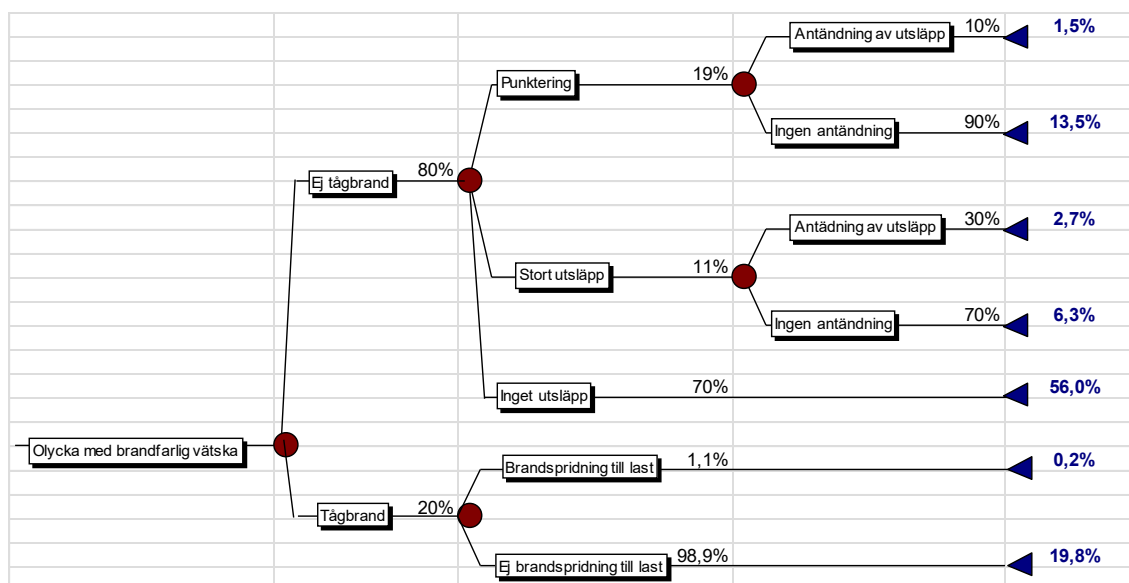
I /9/ anges en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %).

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

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

Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Med hänsyn till gällande regler enligt RID-S förutsätts att tågbranden är så omfattande att större delar av tanken påverkas under en längre tid samtidigt som tanken skadas så mycket att det sker ett utsläpp för att branden ska antas antända den brandfarliga vätskan. Skada på tank bedöms enligt ovan uppstå i 30 % av fallen medan sannolikheten för en mycket stor brand är ca 3,7 % enligt avsnitt 3.2 (se tabell A.3). Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspårningsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till ca 1,1 % (30 % x 3,7 %).

Figur A.4 redovisar ett 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.9.



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

Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 3	6,8E-05
Urspårning	5,3E-05
Tågbrand	1,5E-05
Liten pölbrand	1,0E-06
Stor pölbrand	1,8E-06
Godsvagnsbrand	1,5E-07

3.3.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

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

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

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

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.

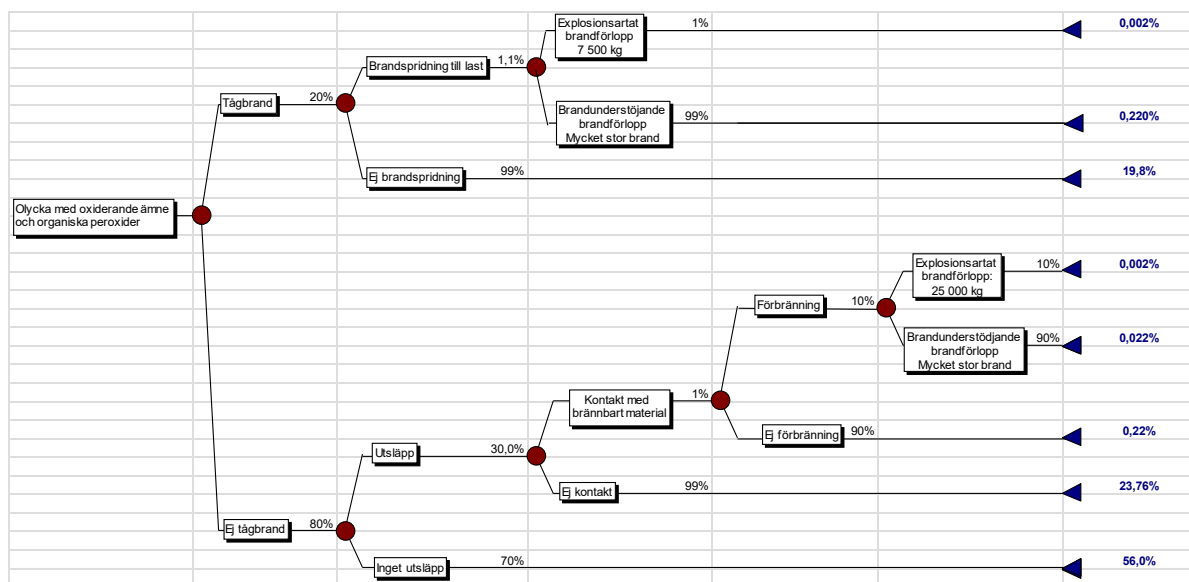
Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar. Skada på en godsvagn med klass 5 bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /9/. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca 3,7 % enligt avsnitt 3.2 (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.10.



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

Tabell A.10. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med oxiderande ämne (klass 5)	3,3E-05
Järnvägsolycka utan brand	2,6E-05
Järnvägsolycka med brand	7,5E-06
Explosionsartat brandförlopp utan blandning av bränsle (motsvarande 7 500 kg ekvivalent trotyl)	7,4E-10
Explosionsartat brandförlopp med blandning av bränsle (motsvarande 25 000 kg ekvivalent trotyl)	8,0E-10
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande godsvagnsbrand med klass 3)	8,1E-08
- P.g.a. tågbrand	7,3E-08
- P.g.a. förorening av brännbart material	7,2E-09

Bilaga B - Konsekvensberäkningar**Uppdragsnamn**

Filipstadsbacken, Farsta

UppdragsgivareAB Familjebostäder, ByggVesta, Heba Fastighets
AB**Uppdragsnummer**503088, 504973,
508544**Datum**

2024-04-04

Handläggare

Rosie Kvål

Egenkontroll

RKL 2024-04-04

Internkontroll

LSS 2023-10-13

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 och 4) respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk (avsnitt 5).

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 det område som studeras i denna analys samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för den planerade exploateringen inklusive befintlig och planerad bebyggelse i omgivningen. Konsekvenserna beräknas dessutom för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom planområdet samt eventuella planerade förändringar i omgivningen.

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



Figur B.1. Översiktsbild över Farsta strand där ungefärligt område för planerad bebyggelse är rödmarkerat. Vit markering visar ungefärligt maximalt påverkansområde (ca 300 meter) för olycka på Nynäsbanan i höjd med den del av planområdet där bebyggelsen är som tätast.

2.2 Nollalternativ

Nollalternativet omfattar studerat område utan att planförslaget genomförs. Andra pågående detaljplaner i närområdet förutsätts vara genomförda.

2.2.1 Planområdet

Inom planområdet finns idag park- och naturmark, gång- och cykelväg, lokal infrastruktur samt ett parkeringsgarage. Persontätheten är låg och ingen stadigvarande vistelse är idag planlagd inom det studerade området.

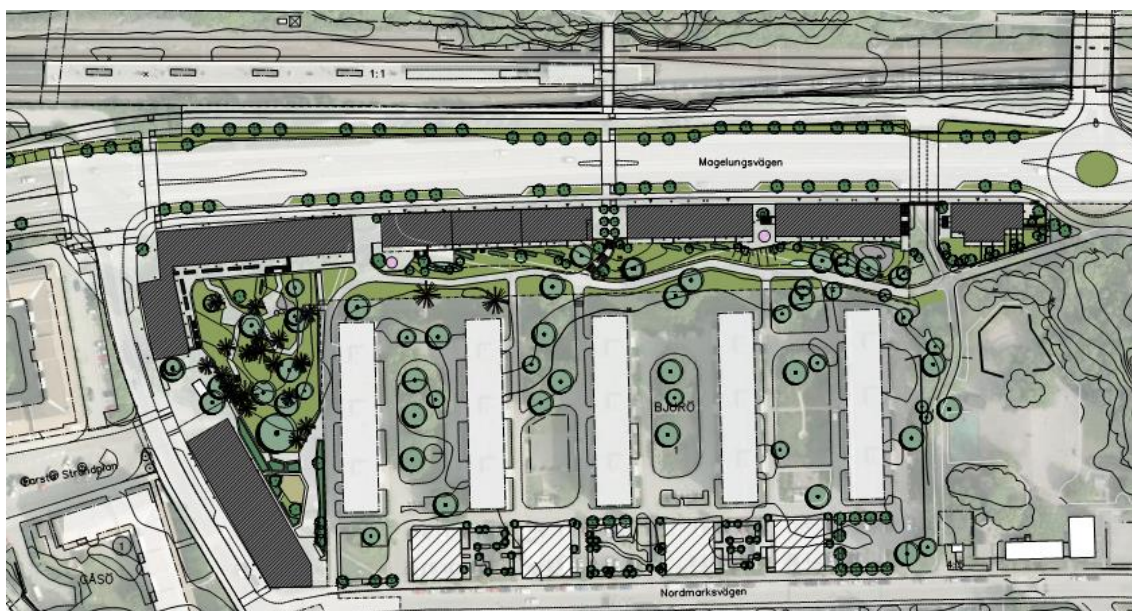
2.2.2 Kringliggande bebyggelse

Inom det studerade området (se figur B.1) finns inga andra planer på ny bebyggelse norr om Nynäsbanan. Idag består det området huvudsakligen av park- och naturmark samt flerbostadshus i 4-9 våningar i den västra delen, radhus i den nordöstra delen och verksamheter i den östra delen (se figur B.2). Avståndet mellan bebyggelse och Nynäsbanan är som minst ca 20 meter till verksamhet och 45 meter till bostadshus.

Söder om Nynäsbanan består området huvudsakligen av bostadshus, infrastruktur och park/naturmark. Avståndet mellan bostadshus och Nynäsbanan är som minst ca 60 meter. En ny detaljplan (del av Bjurö 1 m.fl.) har antagits direkt söder om Magelungsvägen (se figur B.3). Detaljplanen omfattar bostadshus i 4-5 våningar med totalt ca 345 lägenheter samt 195 kvadratmeter butiksyta. Avståndet till Nynäsbanan från byggnader inom Bjurö 1 m.fl. är 40 meter.



Figur B.2. Omgivande markanvändning.



Figur B.3. Situationsplan Kv. Bjurö, Farsta strand (Landskapet, daterad 2020-09-22).

2.3 Planförslag

Enligt beskrivningen i huvudrapporten omfattar planförslaget flera flerfamiljsbostadshus med totalt ca 310 lägenheter. Det minsta avståndet till Nynäsbanan är 20 meter till garage och 22 meter till bostadsytor. Se ytterligare beskrivning av planförslaget i huvudrapporten.

2.4 Uppskattning av personantal inom studerat område

För att kunna bedöma hur stort antal personer som befinner sig inom skadeområde för respektive skadescenario så görs grova uppskattningar inom det studerade området. Nedan redovisas de uppskattade personantalen och annan information som används som underlag i beräkningarna.

Personantalet inom det studerade området uppskattas grovt utifrån följande förutsättningar:

1. Genomsnittlig persontäthet inom flerbostadshus uppskattas grovt till ca 0,033 personer per m² BTA (1 person per 30 m²) eller 2,5 personer per lägenhet.
2. I varje radhus eller villa förutsätts 4 personer bo.
3. Genomsnittlig persontäthet utomhus uppskattas grovt till ca 0,005 personer per m² (50 person per hektar).
4. Persontätheten inom verksamheter uppskattas grovt till 1 person per 20 kvadratmeter vilket bedöms vara högt räknat då en del av verksamheterna omfattar lättindustri och inte kontor eller butik.

För de olyckor som har en "riktad" påverkan, dvs. inte en cirkulär utbredning, har påverkan antagits ske mot planområdet där avståndet till planerad bebyggelse är så kort som möjligt.

2.5 Sammanställning

Både planerad bebyggelse inom det aktuella planområdet och kringliggande bebyggelse bedöms kunna innebära att antalet personer inom det studerade området kan variera relativt omfattande vid vissa tidpunkter.

Beräkningarna avgränsas vidare till tre scenarier, nämligen:

1. Genomsnittligt normaldygn:

- 1.1 Dagtid (kl 08-22) – Ca 50 % beläggning inom kontor och verksamheter respektive bostadshus m.m. inom planområdena och i omgivningen.
Norr och söder om Nynäsbanan antas persontätheten utomhus vara ca 0,005 pers/m² på obebyggda ytor.
- 1.2 Nattetid (kl 22-08) – i huvudsak personer inom bostadsbebyggelse. 100 % beläggning inom bostadshus och 0 % inom övrig bebyggelse.
Norr och söder om Nynäsbanan antas persontätheten utomhus vara ca 0,0005 pers/m² på obebyggda ytor.
- 1.3 **"Fullsatt område"** – Full beläggning inom all bebyggelse (kontor, verksamheter och bostäder m.m.), vilket bedöms kunna förekomma under begränsade perioder i samband med morgon- respektive eftermiddagsrusningen.
Både norr och söder om Nynäsbanan antas persontätheten utomhus vara ca 0,005 pers/m² på obebyggda ytor.

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

Tabell B.1. Uppskattat personantal inom planområdet samt omgivande områden.

Område	Planförslag			Nollalternativ		
	Normaldygn - dag	Normaldygn - natt	Fullsatt område	Normaldygn - dag	Normaldygn - natt	Fullsatt område
Planområdet						
<i>Inomhus</i>	282	738	403	0	0	0
<i>Utomhus</i>	121	39	403	25	3	50
Kringliggande områden norr om Nynäsbanan						
<i>Inomhus</i>	1 585	2 186	3 169	1 585	2 186	3 169
<i>Utomhus</i>	176	115	352	176	115	352
Kringliggande områden söder om Nynäsbanan						
<i>Inomhus</i>	2 334	3 035	3 473	2 334	3 035	3 473
<i>Utomhus</i>	259	160	386	259	160	386
Totalt	4 612	5 974	7 896	4 379	5 499	7 430

3. Beräkning av skadeavstånd/-områden för Nynäsbanan

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 ligger järnvägen utmed stora delar lägre än bebyggelsen. Längs med den östligaste delen (vid Brattforsgatan) ligger spårområdet ett par meter över marknivån inom planområdet. Bebyggelsen ligger minst 40 (befintlig) respektive 22 (planerad) meter från närmaste spårmitte. Inom planområdet planeras garage på ca 20 meters avstånd från spåret.

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. Inom aktuellt planområde samt i omgivningen ligger dock inga byggnader inom urspårningsavstånd.

3.2 Brand i godståg

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

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

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

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

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /2/:

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

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 1$.

Utfallande strålning (I_0) – Den utfallande strålningen (kW/m^2) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flamman, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /3/:

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

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

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

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

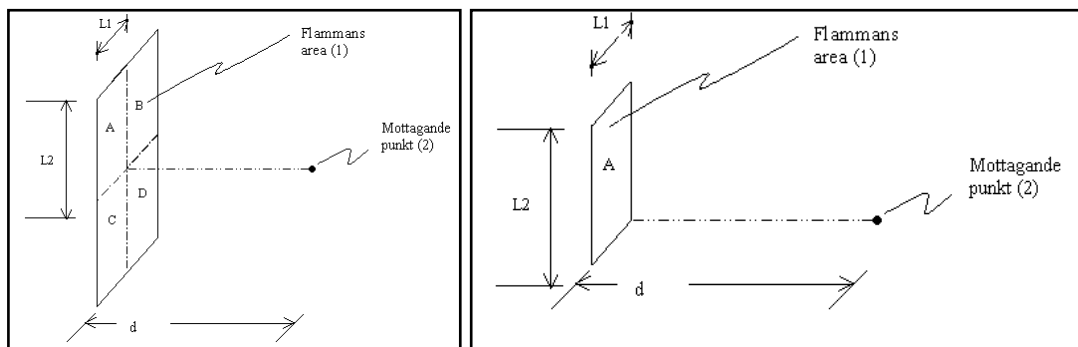
/3/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

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

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.4. Synfaktor.

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

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

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

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

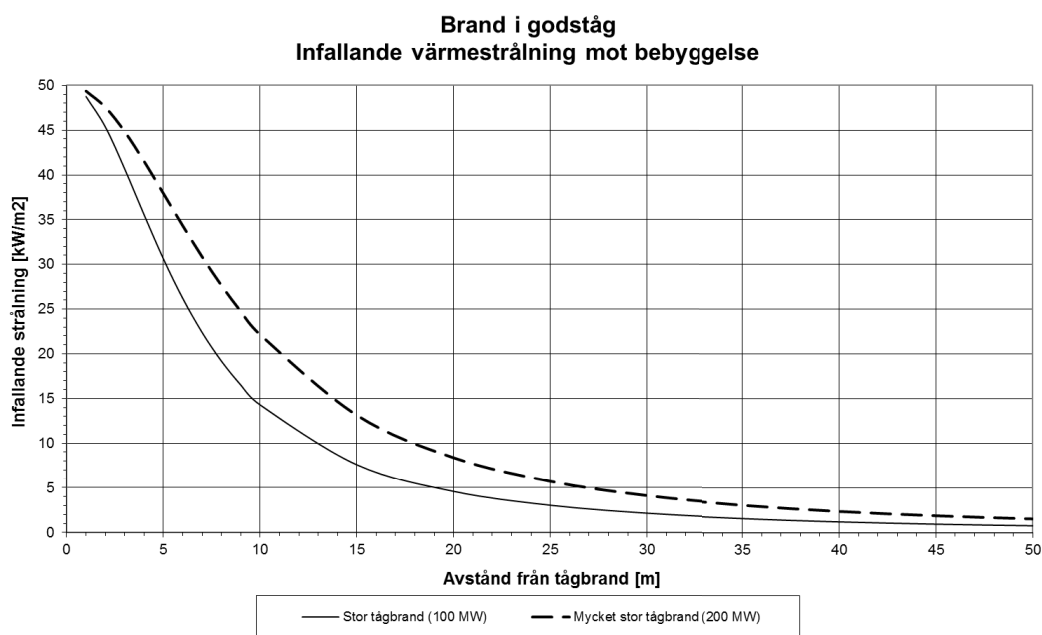
Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden för de olika scenarierna beräknats (se tabell B.2).

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

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

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

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



Figur B.2. 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, desto högre sannolikhet för skada.

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

Tabell B.3. Effekter av olika strålningsnivåer /1, 6/.

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	

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

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

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

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

Resultat

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

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

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

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

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
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 /8/*. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

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

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

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

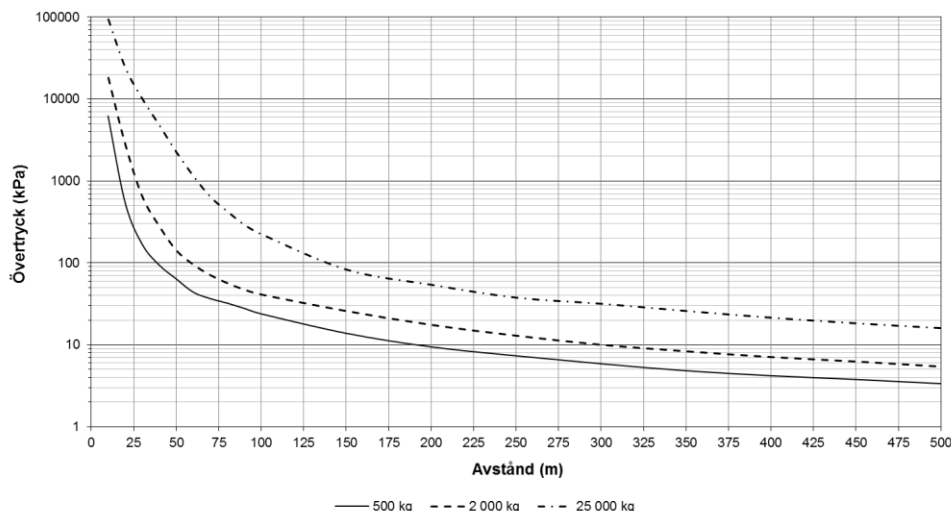
Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

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

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

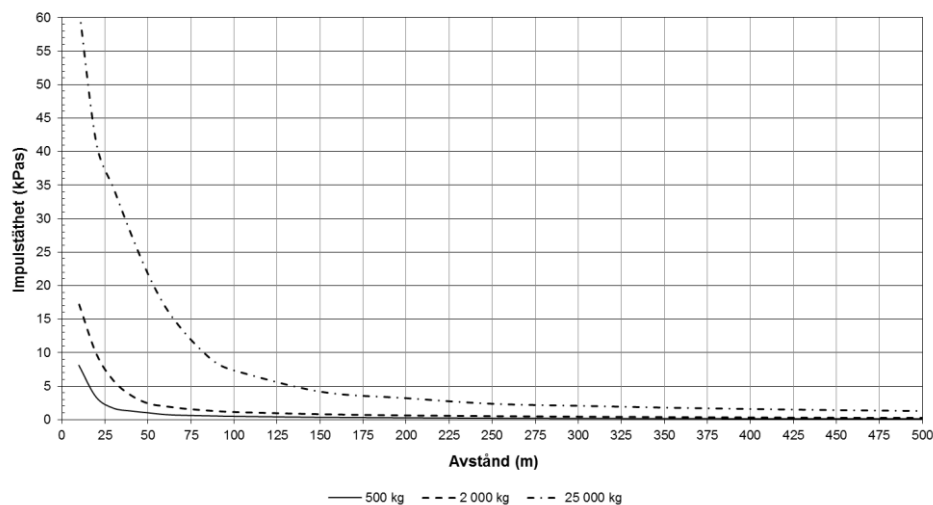
$$t_+ = \frac{2 \times I_+}{P_+}$$

Max övertryck vid detonation klass 1.1



Figur B.3. 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.4. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.5 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärrighet /8/.

Tabell B.5. 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 tvärvägggar 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
Ikke 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 /6/:

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

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

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

Resultat

Utifrån beräkningarna av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms huruvida olika byggnadsdelar rasar eller ej, som funktion av avståndet. Denna bedömning har resulterat i skadeavstånd för respektive skadescenario. I tabell B.6 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

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

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

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

3.3.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

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

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

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

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

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

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

Avseende olycka på järnväg har skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnexplosion simulerats för följande utsläppsstorlekar /9/:

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

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

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

Bedömningskriterier

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

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

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

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

Resultat

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

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

/9/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

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

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

Skadesscenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Liten jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	6	5	6	5
Liten gasmolnexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	2	5	2	5
Stor jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	50	45	50	25
Stor gasmolnexplosion	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, utsläppsscenarier har simulerats för utsläpp av giftig gas:

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

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

Skadeområdet inomhus är dessutom beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas 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 utsläpets riktning.

Resultat

I tabell B.8 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt avsnitt 3.3.1 utgår beräkningarna i **Spridning i Luft 1.2** från bebyggelse med avseende på ytråheten (d.v.s. möjligheten för gasmolnet att spridas). Beräkningarna avser relativt fri spridning av gas som inte tar någon hänsyn till framförliggande objekt och avskärmningar som kan reducera spridningen av gasmoln vilket i sin tur reducerar skadeavstånden. Föreslagen bebyggelsestruktur med en kraftig förtätning av bebyggelsen i direkt anslutning till riskkällan bedöms ha en 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 framförliggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs inget reducering.

Tabell B.8. 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
Litett 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 bensin. Beroende på utsläppstorleken antas olika stora pooler 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 /10/. 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 /11/ för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

Beräkningsmetodiken följer den som redovisas i avsnitt 3.2.

Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.9).

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

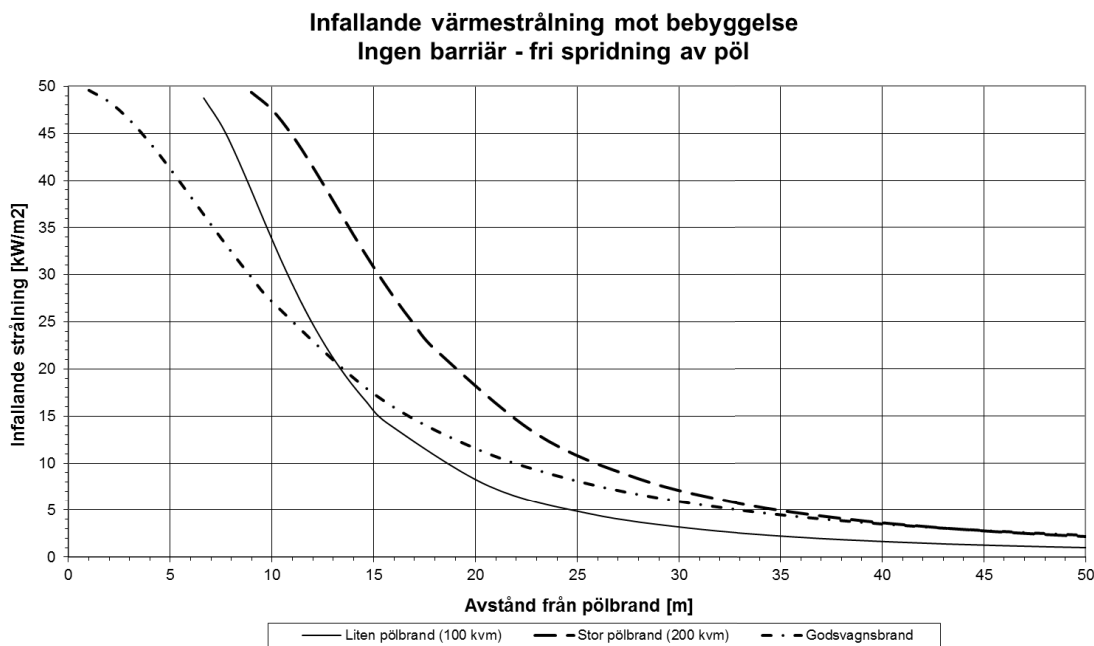
Scenario	Brinnande yta A_F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D_f (m)	Flammhöjd H_f (m)	Utfallande strålning I_o (kW/m ²)
Liten pölbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Stor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Godsvagnsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0

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

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

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

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



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

Bedömningskriterier
Se avsnitt 3.2.

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

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

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

3.3.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Metodik

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

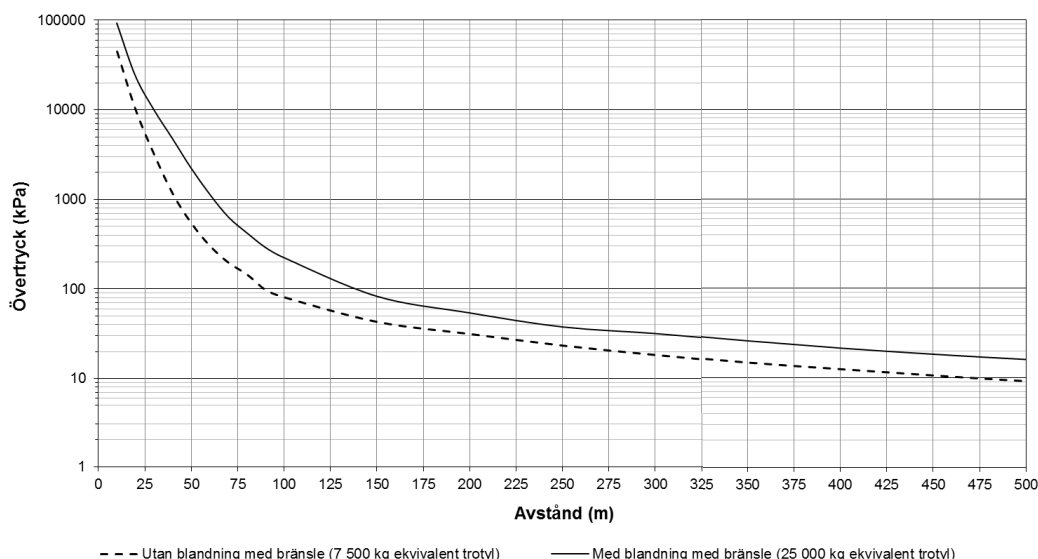
Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

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

Konsekvensberäkningarna avseende explosionsartade brandförlopp följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /8/* och som beskrivs i avsnitt 3.3.1.

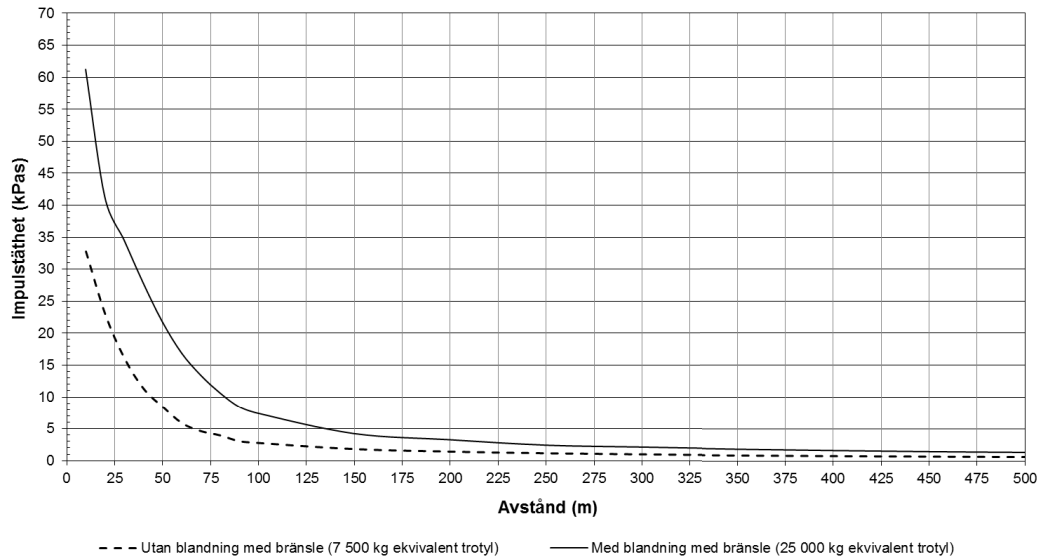
I figur B.8 och figur B.9 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av $1,8 \cdot X$ kg i fri luft. För byggnader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

Max övertryck vid explosionsartat brandförlopp klass 5



Figur B.6. Max övertryck som funktion av avståndet från explosionsartat brandförlopp med klass 5 på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Impulstäthet vid explosionsartat brandförlopp klass 5



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

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

Bedömningskriterier
Se avsnitt 3.2 respektive avsnitt 3.3.1.

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

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

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

4. Beräkning av antal omkomna

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

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

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspårning						
Urspårning persontåg, dim.scenario min						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn – natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, dim.scenario max						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn – natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, worst case scenario						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn – natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, dim.scenario min						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn – natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, dim.scenario max						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn – natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, worst case scenario						
Normaldygn – dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn – natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0

Tabell B.12. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
2. Brand i godståg						
Stor tågbrand (100 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
3. Olycka vid transport av farligt gods						
Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen						
500 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	14	0	14	0	0	1
Normaldygn - natt	36	0	36	19	0	19
Fullsatt område	20	0	20	20	0	20
2 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	63	5	68	20	0	21
Normaldygn - natt	138	2	140	86	0	86
Fullsatt område	97	18	114	97	1	97
25 000 kg masseexplosion						
Normaldygn - dag	354	99	454	199	5	204
Normaldygn - natt	676	33	709	300	3	304
Fullsatt område	588	322	910	398	8	406
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnexplosion						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor jetflamma						
Normaldygn - dag	14	61	76	0	1	1
Normaldygn - natt	37	20	57	0	1	1
Fullsatt område	20	203	223	0	1	2

Tabell B.12. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Stor gasmolnsexplosion						
Normaldygn - dag	17	67	84	3	6	10
Normaldygn - natt	41	23	64	4	4	8
Fullsatt område	25	211	236	5	10	14
BLEVE						
Normaldygn - dag	43	103	146	29	55	84
Normaldygn - natt	75	46	122	39	28	67
Fullsatt område	69	273	343	49	97	146
Klass 2.3 Giftig gas						
Litet utsläpp						
Normaldygn - dag	0	5	5	0	0	0
Normaldygn - natt	0	2	2	0	0	0
Fullsatt område	0	15	15	0	0	0
Stort utsläpp						
Normaldygn - dag	197	158	355	42	37	79
Normaldygn - natt	460	62	522	54	23	77
Fullsatt område	284	459	742	62	56	118
Klass 3 Brandfarlig vätska						
Liten pölbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Stor pölbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0
Godsvagnsbrand						
Normaldygn - dag	0	0	0	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	0	0	0	0	0

Tabell B.12. Forts.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 5 Oxiderande ämnen						
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)						
Normaldygn - dag	65	3	68	15	0	15
Normaldygn - natt	151	1	152	19	0	20
Fullsatt område	96	10	106	25	1	25
Explosionsartad brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)						
Normaldygn - dag	201	69	270	98	9	106
Normaldygn - natt	400	25	425	130	5	136
Fullsatt område	312	216	529	165	14	179
Brandunderstödjande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)						
Normaldygn - dag	0	1	1	0	0	0
Normaldygn - natt	0	0	0	0	0	0
Fullsatt område	0	2	2	0	0	0