

Risikanalyt

Nykroppagatan, Stockholms kommun

Underlag för detaljplanearbete

2019-10-01

Dokumenttyp: Riskanalys

Uppdragsnamn: Nykroppagatan, Stockholms kommun
Fördjupad riskanalys avseende närhet till Nynäsbanan och
Magelungsvägen
Underlag till ny detaljplan

Uppdragsnummer: 109340

Datum: 2019-10-01

Status: Underlag för detaljplanearbete

Uppdragsledare: Patrick Ahlgren

Handläggare: Patrick Ahlgren
Tel: 040-655 48 83
E-post: patrick.ahlgren@brandskyddslaget.se

Uppdragsgivare: Svenska Hem Entreprenad

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Version
2016-07-21	PAN/RKL	LSS	Version 1, granskningshandling
2019-10-01	PAN	EMM	Version 2, underlag för detaljplanearbete

Version 2 avser uppdaterad riskanalys med anledning av nytt bebyggelseförslag. I samband med detta har frekvensberäkningarna uppdaterats och baseras nu på beräkningsmetodik enligt *UIC Code 777-2* istället för VTI-metoden enligt *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Beräkningar enligt VTI-metoden hanteras i känslighetsanalysen.

Sammanfattning

Utmed Nykroppagatan i Farsta, Stockholms kommun, planeras för ny bostadsbebyggelse inom delar av fastigheten Farsta 2:1. Planområdet ligger i nära anslutning till Nynäsbanan (järnvägen) på vilken transporter av farligt gods förekommer. I närheten av planområdet ligger även Magelungsvägen. Magelungsvägen är inte klassad som en rekommenderad transportled för farligt gods, men transporter av farligt gods förekommer till bensinstationer i närområdet.

Med anledning av närheten till dessa riskkällor har Brandskyddslaget fått i uppdrag att upprätta en riskanalys för det aktuella bebyggelseförslaget. Syftet med riskanalysen är att undersöka lämpligheten med aktuellt planförslag genom att utvärdera vilka risker som människor inom det aktuella området kan komma att utsättas för samt i förekommande fall föreslå hur risker ska hanteras så att en acceptabel säkerhet uppnås.

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

Trafiken på järnvägen är relativt omfattande och förväntas öka kraftigt både avseende person- och godstrafiken. Detta till följd av att Trafikverket planerar en kapacitetsökning på banan samt en planerad godshamn i Norvik. Antalet godståg förväntas kunna öka från 2 godståg per dygn till 16 godståg per dygn år 2040.

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

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

Med hänsyn till förekomsten av transporter till bensinstationer via aktuell del av Magelungsvägen är det huvudsakligen olycka med brandfarlig gas som bedöms påverka risknivån i sådan utsträckning att de kan behöva beaktas i den fortsatta planprocessen. Olycksscenarier förknippade med transporter av brandfarlig vätska innebär skadeområden som är mindre än avståndet mellan väg och planerad bebyggelse respektive planerade ytor som förväntas uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus, vilket innebär att dessa olycksrisker inte bedöms påverka risknivån inom det aktuella området. För att kunna bestämma behov och omfattning av åtgärder behöver en fördjupad analys att utföras för olycksscenarierna ovan.

I den fördjupade riskanalysen avseende Nynäsbanan och Magelungsvägen har risknivån beräknats i form av individrisk (den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla) och samhällsrisk (den risk som riskkällan utgör mot hela den kringliggande omgivningen). Den fördjupade analysen har genomförts med hänsyn tagen till den prognostiserade trafiksituationen år 2040. Riskanalysen av identifierade risker visar att olycksriskerna påverkar risknivån inom det studerade planområdet. Detta gäller framförallt samhällsrisken. Även individrisken utomhus är något förhöjd inom områden allra närmast järnvägen. Med hänsyn till avståndet till järnvägen så ligger individrisken däremot på en acceptabel nivå inom hela planområdet. Av de olycksrisker som främst påverkar risknivån inom planområdet är det huvudsakligen transporter av brännbara gaser som leder till en förhöjd samhällsrisknivå. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt urspårning och tågbrand bedöms ha en mycket begränsad påverkan på samhällsrisken.

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

- Obebyggda ytor inom 25 meter från Nynäsbanan ska utföras så att de ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ny bostadsbebyggelse ska placeras så att avstånden till närmaste spår på Nynäsbanan inte understiger 30 meter.
- Inom 50 meter från Nynäsbanan ska ny bostadsbebyggelse som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse utföras med följande åtgärd:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Nynäsbanan.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, dvs. bort från Nynäsbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - Fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i obrännbart material, alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

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

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

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte	6
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Underlag	6
1.5 Internkontroll.....	6
1.6 Förutsättningar	6
2. OMRÅDESBESKRIVNING	9
2.1 Planerad bebyggelse.....	10
2.2 Omgivande planer	11
3. RISKINVENTERING	12
3.1 Allmänt.....	12
3.2 Identifiering av riskkällor	12
4. INLEDANDE RISKANALYS.....	18
4.1 Metodik.....	18
4.2 Identifiering av olycksrisker	18
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk	18
4.4 Slutsats inledande riskanalys	24
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS.....	25
5.1 Metodik.....	25
5.2 Resultat riskberäkningar	27
5.3 Värdering av risk	29
5.4 Hantering av osäkerheter	30
6. SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	32
6.1 Allmänt.....	32
6.2 Diskussion kring åtgärder	32
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning	36
7. SLUTSATSER	38
8. BILAGOR	39
9. REFERENSER	40

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Utmed Nykroppagatan i Farsta, Stockholms kommun, planeras för ny bostadsbebyggelse. Planområdet ligger i nära anslutning till Nynäsbanan (järnvägen) på vilken transporter av farligt gods förekommer. I närheten av planområdet ligger även Magelungsvägen. Magelungsvägen är inte klassad som en rekommenderad transportled för farligt gods, men sådana transporter förekommer på vägen till lokala målpunkter.

Enligt Länsstyrelsen i Stockholms län ska riskkällor inom 150 meter från planerad ny bebyggelse analyseras avseende möjlig riskpåverkan mot planområdet. Med anledning av detta har Brandskyddslaget fått i uppdrag att göra en detaljerad riskanalys.

1.2 Syfte

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

1.3 Omfattning

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

Trafikanter på järnvägen och omgivande vägar omfattas inte av analysen.

1.4 Underlag

Följande dokument har använts som underlag till analysen:

- Nykroppagatan, Situationsplan, upprättade av In Praise of Shadows Arkitektur, daterade 2019-08-29.

Övriga källor som används redovisas löpande samt i avsnitt 9.

1.5 Internkontroll

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

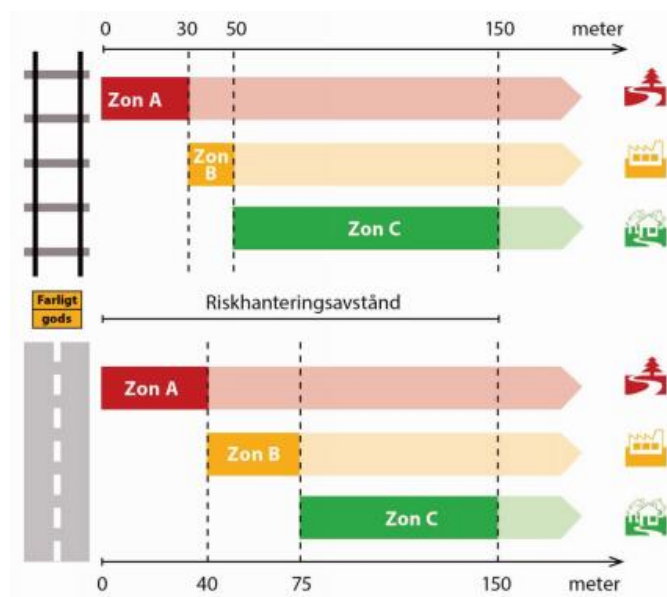
1.6 Föresattningar

1.6.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

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

Länsstyrelsen i Stockholms Län har tagit fram riktlinjer för hur risker från transporter med farligt gods på väg och järnväg ska hanteras vid exploatering av ny bebyggelse /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 riktlinjer för skyddsavstånd till olika verksamheter. Dessa rekommendationer redovisas i figur 1.1.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

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

Figur 1.1. Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /1/.

Avstånden i figuren mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt.

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

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

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

Rekommendationen är även vid sekundära transportleder att 25 meter ska lämnas bebyggelsefritt. Avsteg kan dock vara möjligt i särskilda fall. Det gäller i så fall de fall där det går få transporter och/eller de olyckor som kan inträffa endast kan få allvarliga konsekvenser inom ett kort avstånd.

För ny bebyggelse intill bensinstationer gäller Länsstyrelsens riktlinjer från 2000 /2/. Dessa innebär att 25 meter närmast bensinstationen bör lämnas bebyggelsefritt. Tät kontorsbebyggelse kan placeras på 25 meters avstånd och sammanhållen bostadsbebyggelse eller personintensiv verksamhet kan tillåtas på 50 meters avstånd.

1.6.2 Övrig lagstiftning

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

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

2. Områdesbeskrivning

Planområdet ligger utmed Nykroppagatan strax väster om Farsta centrum i Stockholms kommun, se figur 2.1. Området utgör en del av fastigheten Farsta 2:1 och ingår i ett större detaljplanearbete med projektnamnet *Del av Hammarö 9 m.fl. vid Nykroppagatan*, som utöver delar av Farsta 2:1 även omfattar fastigheterna Hammarö 9 samt Dillö 2 och 3.

Planområdet är cirka 5000 kvadratmeter och utgörs idag av trädbevuxen parkmark. I sydväst gränsar området till Nynäsbanan (järnvägen) och i nordväst och öster till befintlig bostadsbebyggelse. Söder om Nynäsbanan ligger Magelungsvägen som löper parallellt med Nynäsbanan utmed planområdet. Den södra sidan om järnvägen/Magelungsvägen utgörs till stor del av naturmark samt enstaka byggnader, bland annat Farsta IP.



Figur 2.1. Översiktsbild över centrala Farsta och dess omgivning där ungefärlig utbredning planområdet är rödstreckat. Rödskräfferad yta visar del av Farsta 2:1 som tillsammans med Hammarö 9 och Dillö 2 och 3 (blåskräfferat) ingår i detaljplanearbetet för *Del av Hammarö 9 m.fl. vid Nykroppagatan*.

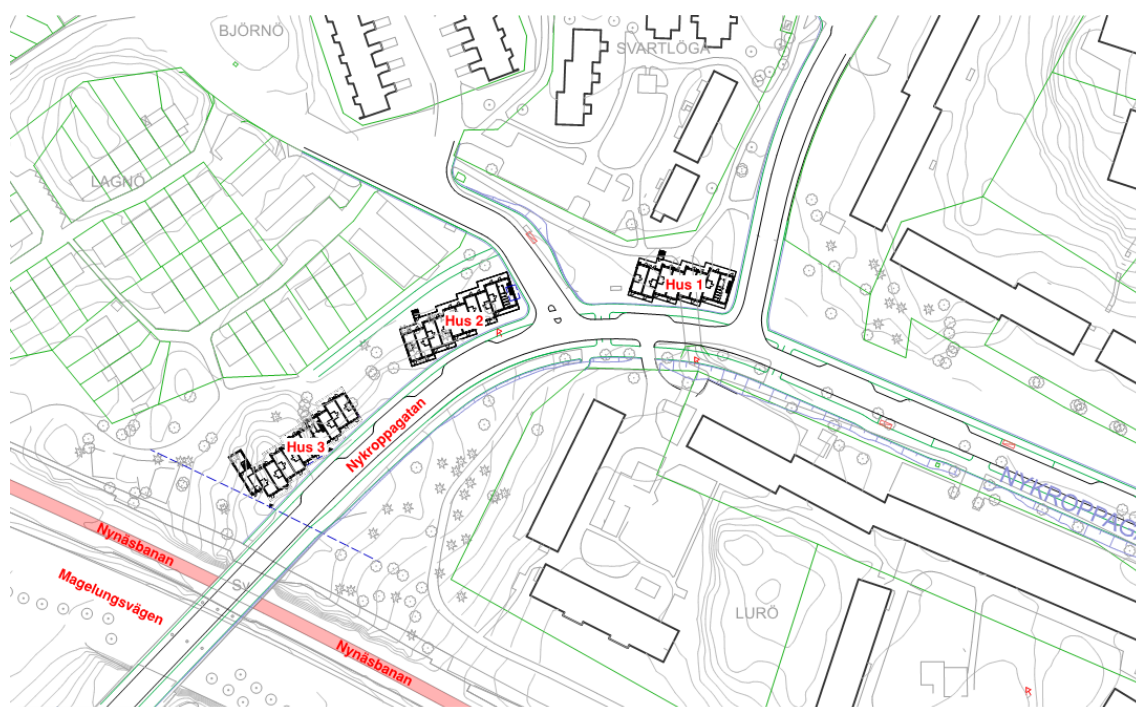
Nynäsbanan går i bergskärning förbi stora delar av planområdet. Från järnvägen sluttar marken uppåt mot planområdet som ligger på en höjd ovanför både Nynäsbanan och Magelungsvägen (se figur 2.2). I höjd med planområdet ligger Magelungsvägen ett par meter högre än järnvägen.



Figur 2.2. Planområdet och Nynäsbanan sett från Magelungsvägen (placering visas med blå punkt i figur 2.1), vilket visar nivåskillnaden mot planområdet.

2.1 Planerad bebyggelse

Inom det studerade området planeras för tre flerbostadshus i varierande våningsantal med totalt 85 lägenheter. Avståndet till Nynäsbanan och Magelungsvägen varierar för de olika bostadshusen men är som kortast cirka 31 och 45 meter mellan Nynäsbanan respektive Magelungsvägen och hus 3, se figur 2.3. Mellan Nynäsbanan och hus 2 respektive hus 3 uppgår skyddsavståndet till cirka 100 meter respektive 160 meter. Mellan hus 3 och riskkällorna planeras inga ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Byggnaderna placeras enligt tidigare på en höjd ovanför Nynäsbanan och nivåskillnaden uppgår till cirka 7 meter mellan Nynäsbanan och kortsida på hus 3.

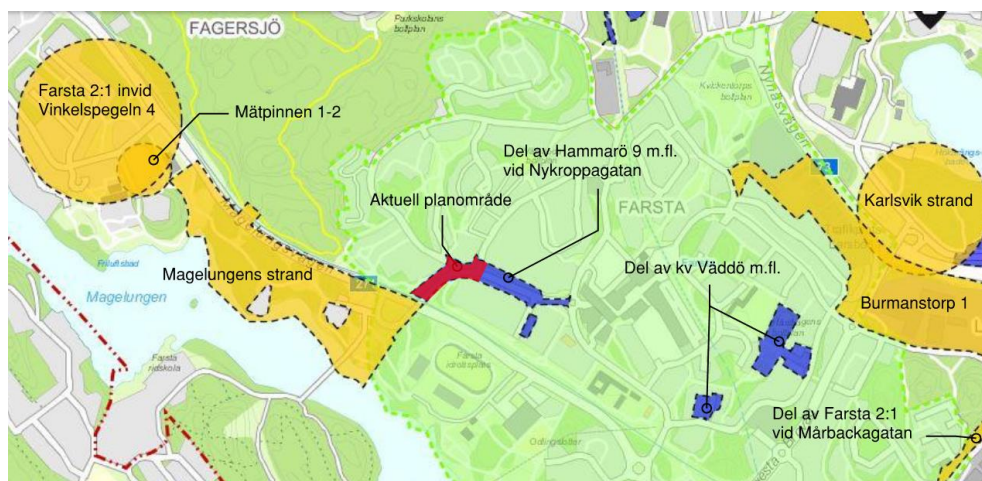


Figur 2.3. Situationsplan ny bebyggelse.

2.2 Omgivande planer

I det studerade områdets närhet finns ett flertal pågående planarbeten (se figur 2.4) vilka redovisas kortfattat nedan:

- Mätpinnen 1-2: nybyggnation av cirka 50-100 lägenheter i flerbostadshus
- Farsta 2:1 invid Vinkelspegeln 4: nybyggnation av cirka 100-200 lägenheter i flerbostadshus.
- Magelungens strand (del av Farsta Strand 2.1): området är tänkt att skapa en sammankopplande länk mellan stadsdelarna Fagersjö och Farsta samt knyta ihop Magelungens natur- och parkmiljö. Planområdet omfattar totalt cirka 900 lägenheter samt en förskola.
- Del av Hammarö 9 m.fl. vid Nykroppagatan – strax öster om aktuellt planområde utmed Nykroppagatan planeras ytterligare cirka 100-150 nya lägenheter i flerbostadshus.
- Kv Vaddö: bostadsbebyggelse (120 lägenheter) i 4-5 våningar med affärsverksamhet i markplan.
- Karlsvik strand: planläggning av cirka 700 bostäder
- Burmanstorp 1: Omvandling från kontor/verksamhetsområde till blandad stadsbebyggelse med bostäder (cirka 3000), verksamheter, skola m.m.
- Del av Farsta 2:1 vid Mårbackagatan: planläggning av cirka 90 hyresrätter



Figur 2.4. Omgivande planer i anslutning till studerat område (underlag från Stockholms stad).

Inget av de pågående planarbetena innebär att nya riskkällor tillförs området. Däremot innebär de en ökad persontäthet vilket kan påverka samhällsrisknivån för området.

3. Riskinventering

3.1 Allmänt

Inledningsvis görs en inventering av riskkällor i anslutning till det studerade området. Riskinventeringen omfattar de riskkällor (transportleder för farligt gods, järnvägar, verksamheter som hanterar farligt gods) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området. Utifrån gällande riktlinjer (se avsnitt 1.6.1) avgränsas inventeringen till riskkällor inom 150 meter från planområdet.

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.

3.1.1 Farligt gods

Ämnen klassade som farligt gods är det som till stor del kan ge upphov till oväntade och plötsliga olyckshändelser och kunskap om dessa är därför viktigt i en riskanalys.

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

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

Tabell 3.1. Farligt gods indelat i olika klasser enligt RID-S (järnväg) /3/ respektive ADR-S (väg) /4/.

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

3.2 Identifiering av riskkällor

I aktuellt projekt har följande riskkällor identifierats:

- Nynäsbanan (järnväg)
- Magelungsvägen (transportled till lokala målpunkter)

3.2.1 Nynäsbanan

Nynäsbanan går mellan Älvsjö och Nynäshamn och passerar utmed planområdet. På den aktuella sträckan består järnvägen av två spår och spåren är raka. Enligt tidigare så passerar järnvägen stora delar av planområdet i bergsskärning och för övriga delar gäller att marken sluttar upp mot planområdet (se figur 2.2).

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

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

År 2010 trafikerades sträckan av 142 pendeltåg per vardagsmedeldygn /5/ och enligt uppgifter från Trafikverket för perioden 2013-2015 trafikerades sträckan av i genomsnitt 152 tåg per dygn, varav 2 godståg /6/.

Framtida förändringar

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

Utbyggnaden kommer framförallt innebära en kapacitetsökning söder om Västerhaninge och bedöms därför ha en begränsad påverkan på trafikmängden förbi planområdet.

Trafikverkets officiella prognos år 2040 för aktuell sträcka av Nynäsbanan är 256 persontåg per dygn och 5 godståg per dygn /7, 8/.

Stockholms Hamnar planerar en ny hamn för godstrafik i Norvik i Nynäshamns kommun. I planen ingår en framtida industrispåranslutning till Nynäsbanan för att även möjliggöra godstransporter med järnväg utöver transporter på väg 73. Fullt utbyggd beräknas hamnen hantera cirka 300 000 containers per år samt en genomströmning av 200 000 fordon med rullande gods (Roll on-Roll of). Den nya hamnen förväntas generera cirka 55 000 godsvagnar på Nynäsbanan varje år /9/.

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

Utbyggnaden av Norvik kommer innebära en större ökning av godstrafiken på Nynäsbanan än vad som redovisas i Trafikverkets basprognos. Hänsyn bör tas till att utbyggnaden kan innebära 16 godståg per dygn istället för 5 godståg per dygn som redovisas i basprognosen /8/.

Transporter av farligt gods

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

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

- Uppgifter över mängden farligt gods som transporterades på Nynäsbanan under år 2013-2015 har erhållits från Trafikverket /6/. Informationen är av känslig art och får därför inte presenteras i detalj i denna analys. Av uppgifterna framgår att ca 5 % av alla godsvagnar på Nynäsbanan rymmer farligt gods samt att det är ämnen i klass 2 och klass 3 som transporteras.
- Utöver statistik från Trafikverket har MSB (tidigare Räddningsverket) genomfört mätningar av mängden farligt gods som transporterades på Sveriges järnvägar under perioden september-november 1996 samt under september 2006. Kartläggningen 1996 /10/ redovisade inga transporter av farligt gods på Nynäsbanan medan motsvarande kartläggning 2006 /11/ redovisade transporter av:
 - Klass 2.1: 0 – 5 200 ton/månad
 - Klass 3: 0 – 8 700 ton/månad
 - **Totalt: 0 – 10 000 ton/månad**
- Det finns dessutom information om Green Cargos transporter på aktuell sträcka av Nynäsbanan under perioden mars-maj 2005 /12/. Green Cargo utgör en av de större transportörerna av gods på Sveriges järnvägar. Statistiken redovisar följande transporter av farligt gods på Nynäsbanan:
 - Klass 2.1: 414 ton/kvartal
 - Klass 3: 1 824 ton/kvartal
 - **Totalt: 2 238 ton/kvartal**
- Trafikanalys upprättar årliga statistikrapporter över den totala godstrafiken på Sveriges järnvägar inklusive farligt gods. Enligt denna statistik har i genomsnitt 4-5 % av den totala godsmängden varit farligt gods under femårsperioden, 2013-2017 /13/.

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

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

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

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

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

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

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

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

Klass	Antal godsvagnar med farligt gods per år			
	Idag		År 2040	
	Andel	Antal	Andel	Antal
1	0,10%	0	0,05%	1
2	26,3%	126	15,5%	385
3	38,1%	182	33,7%	836
4	3,0%	15	3,1%	77
5	14,2%	68	10,5%	260
6	1,9%	9	4,6%	113
7	0,0%	0	0,0%	0
8	16,2%	78	21,2%	524
9	0,3%	1	11,4%	283
Totalt		479		2 478

3.2.2 Magelungsvägen

Magelungsvägen (väg 271) går från Huddingevägen i väster och slutar strax öster om Nynäsvägen (väg 73). Vägen består av en fil i vardera riktningen förbi planområdet och löper parallellt med Nynäsbanan. I höjd med planområdet sluttar vägen uppåt medan järnvägen passerar i bergsskärning vilket gör att vägen ligger ett par meter högre än järnvägen (se figur 2.2).

Enligt Trafikflödeskartan /15/ som innehåller uppgifter om trafikmängder i Stockholm uppgick trafikflödet på aktuell del av Magelungsvägen år 2014 till cirka 10 800 fordon per dygn. Andelen tung trafik utgjorde cirka 8 %.

Den skyltade hastigheten på vägen förbi aktuellt område är 50 km/h.

Framtida förändringar

Trafiken på Magelungsvägen beräknas öka i framtiden. Stockholms stads prognos för år 2040 anger 13 800 fordon per årsmedeldygn, varav 8 % tunga fordon. Skyltad hastighet för prognosåret är 60 km/h /16/.

Transporter av farligt gods

Magelungsvägen är inte klassad som en transportled för farligt gods. Utmed vägen 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 transporter 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 istället för att köra tillbaka till utmärkt transportled.

Det har identifierats fyra stycken bensinstationer vars drivmedelstransporter bedöms kunna passera på Magelungsvägen förbi aktuellt planområde. Det rör sig om Circle K i Farsta Strand, Circle K i Bandhagen (bemannade stationer med försäljning av drivmedel samt gasolflaskor) samt Ingo Fagersjö och Ingo Älvsjö (obemannade stationer med försäljning av drivmedel). Ingo är en del av Circle K Sverige vilket innebär att samleveranser till dessa stationer kan förekomma.

Om transporter kommer via närmaste rekommendera transportled för farligt gods så är det inte troligt att transporter passera på Magelungsvägen. Circle K Bandhagen samt Ingo Fagersjö och 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 transporter skulle komma från Nynäsvägen (väg 73) via Magelungsvägen. Transporter via aktuell del av Magelungsvägen kan dock bli aktuellt på grund av samleveranser mellan stationerna.

Circle K Farsta Strand har 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 /17/. 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. 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 /18/, varav cirka 1 % etanol, 37 % bensin och 62 % diesel. Totalt fanns 2 680 försäljningsställen år 2015 /19/.

I Farsta och dess närområden har det identifierats ytterligare tre bensinstationer.

Preem i Rågsved och Bandhagen bedöms få sina transporter från Örbyleden (väg 229) och Huddingevägen (väg 264). Stationerna bedöms inte generera några transporter på Magelungsvägen förbi planområdet.

OKQ8 i korsningen Forshagagatan/Farstavägen bedöms få sina transporter via Nynäsvägen (väg 73) eller Örbyleden (väg 229) och inte generera några transporter på Magelungsvägen förbi aktuellt område.

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

Framtida förändringar: I anslutning till Magelungsvägen finns ett antal pågående planarbeten (se avsnitt 0) som innebär exploatering av bostäder. Några nya riskkällor, eller verksamheter som bedöms kunna generera transporter av farligt gods på Magelungsvägen, har inte identifierats. Dock innebär en ökad exploatering att kundunderlaget för bensinstationerna ökar, vilket i sin tur kan innebära en ökad efterfrågan på drivmedel och att transporter av drivmedel ökar. Samtidigt antas en ökad miljömedvetenhet tillsammans med tekniska framsteg inom fordonsindustrin leda till att andelen miljöbilar ökar samt att bränsleförbrukningen för bränsle-/bensindrivna bilar minskar. Sammantaget bedöms därför antalet transporter till bensinstationerna vara oförändrat i framtiden.

Sammanställning:

Baserat på ovanstående görs en uppskattning över antalet transporter med farligt gods på Magelungsvägen, se tabell 3.3. Eftersom transporter förbi planområdet endast bedöms vara aktuellt vid samleveranser enligt ovan baseras sammanställningen på att transporter till två av bensinstationerna passerar förbi planområdet. Detta bedöms vara ett konservativt antagande eftersom Magelungsvägen inte utgör kortaste färdväg från rekommenderad farligt godsled enligt ovan.

Tabell 3.3. Uppskattat antal farligt godstransporter per år för aktuell del av Nynäsbanan. Siffrorna är samma idag som för prognosåret 2040 då någon ökning av antalet transporter inte förväntas.

Klass	Uppskattat antal farligt godstransporter	
	Andel	Antal
1. Explosiva ämnen och föremål	0 %	0
2. Gaser	9,1 %	52
3. Brandfarliga vätskor	90,9 %	520
4. Brandfarliga fasta ämnen	0 %	0
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	0 %	0
6. Giftiga ämnen	0 %	0
7. Radioaktiva ämnen	0 %	0
8. Frätande ämnen	0 %	0
9. Övriga farliga ämnen och föremål	0 %	0
Totalt		572

4. Inledande riskanalys

4.1 Metodik

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

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

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

4.2 Identifiering av olycksrisker

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

Nynäsbanan:

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

Magelungsvägen:

4. Olycka med farligt gods

OKQ8:s bensinstation i korsningen Forshagagatan/Farstavägen ligger mer än 150 meter från aktuellt planområde samt bedöms inte generera några transporter på vägar inom 150 meter från planområdet.

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Urspårning

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

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

Vid en nivåskillnad där järnvägsspåret ligger lägre än kringliggande områden bedöms skadeavståndet begränsas markant jämfört med om järnvägen ligger i nivå med omgivningen. I aktuellt fall ligger sluttar marken upp mot planområdet samt stora delar avskärmas av bergväggar.

Avståndet mellan planerad ny bebyggelse och närmaste spår blir som minst ca 31 meter. Hastighetsbegränsningen på Nynäsbanan är 140 km/h för pendeltåg och 100 km/h för godståg.

Avståndet mellan bebyggelse och järnvägen samt nivåskillnaden (cirka 7 m) kommer att vara betryggande med avseende på urspårning. Den sammanvägda risknivån förknippad med urspårning bedöms vara mycket låg inom hela planområdet.

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

4.3.2 Tågbrand

Konsekvenserna av en tågbrand är bland annat beroende av vilken tågtyp som brinner. En brand i ett godståg kan bli betydligt mer omfattande än en brand i ett persontåg.

Utformningen av persontåg följer strikta regler för att reducera risken för omfattande bränder med hänsyn till resenärernas säkerhet.

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

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

Avståndet mellan planerad ny bebyggelse och närmaste spår blir som minst ca 31 meter. Avståndet tillsammans med nivåskillnaden ger ett betryggande skydd mot brandspridning till planerad bebyggelse vid en tågbrand. Den sammanvägda risknivån förknippad med tågbrand bedöms vara mycket låg inom hela planområdet.

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

4.3.3 Olycka vid transport av farligt gods på Nynäsbanan

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

Tabell 4.1. Konsekvensbeskrivning för olycka med respektive ADR/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	Konsekvensbeskrivning
	Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan. Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Konsekvensområden över 100-tals meter.
3. Brandfarliga vätskor	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 40 m.
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med konc. > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Skadeområde ca 70 m radie.
6. Giftiga ämnen	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8. Frätande ämnen	Utsläpp av frätande ämne. Konsekvenser begränsade till närområdet.
9. Övriga farliga ämnen	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

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

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

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

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

Klass 1.1. Masseexplosiva ämnen

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

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

Utifrån studerad statistik över farligt godstransporter (se avsnitt 3.2.1) bedöms antalet transporter med explosivämnen vara mycket begränsat på Nynäsbanan. Ämnen ur klass 1 utgör generellt en mycket låg andel av den totala mängden farligt gods på svenska järnvägar. Statistiken från Trafikanalys redovisar extremt små mängder explosivämnen under den senaste femårsperioden, i genomsnitt mindre än 10 ton per år /13/.

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

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

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

Klass 2.1. Brännbara gaser

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

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

Utifrån de kartläggningar som finns att tillgå bedöms brännbara gaser kunna utgöra en relativt stor andel av farligt godstransporterna på järnvägen. Enligt tabell 3.2 kan ca 25 % av den totala mängden farligt gods utgöra gastransporter. Statistiken från Trafikanalys /13/ samt prognosen för Norvik /9/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. Kartläggningen från MSB år 2006 /11/ redovisar dock klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna och visar att i Stockholmsområdet så utgör brännbara gaser sannolikt en majoritet av gastransporterna.

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

Klass 2.3. Giftiga gaser

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

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

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

Klass 3. Brandfarliga vätskor

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

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

Avståndet mellan ny bebyggelse och närmaste spår är som minst ca 31 meter. Planområdet ligger ca 7 meter högre än järnvägen. Med hänsyn till avståndet samt nivåskillnaden bedöms en olycka med brandfarlig vätska ha en begränsad påverkan på risknivån inom det studerade området. Eftersom en viss påverkan på planerad bebyggelse närmast järnvägen inte helt kan uteslutas görs bedömningen att olycksrisken behöver studeras vidare i en fördjupad analys för att verifiera riskbidraget och avgöra behovet av riskreducerande åtgärder.

Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

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

I den riskanalys som togs fram för fördjupad översiktsplan för Göteborg 1996 /20/ angavs att den explosiva blandning som kan bildas vid ett utsläpp på järnväg motsvarar en explosiv blandning med 25 ton trotyl. Detta scenario utgår dock från antagandet att vagnen med oxiderande ämnen kolliderar med en vagn med brandfarlig vätska (klass 3) som blandas med utsläppet. Detta skadescenario bedöms vara mycket konservativt.

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

Enligt RID-S /3/ är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på järnväg. Andelen av de oxiderande ämnena på järnvägen som bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material antas därför vara begränsad.

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

4.3.4 Olycka vid transport av farligt gods på Magelungsvägen
Riskuppskattningen avseende farligt godsolycka på Magelungsvägen utgår från den övergripande konsekvensbedömningen som redovisas i tabell 4.1 men för gastransporter har hänsyn tagits till att transporter sker i flaskpaket och inte med tankbil (bulktransporter).

Klass 2.1. Brännbara gaser

Antalet transporter med gasolflaskor på vägen är begränsat till enstaka transporter per vecka och bedöms endast förekomma vid eventuella samtransporter mellan Circle K:s stationer. Konsekvenserna av en olycka med gasolflaska blir betydligt mindre än vid en olycka med tankbil. Sannolikheten för ett stort läckage är låg och skadeområdena begränsade. Påverkan mot planområdet kan inte uteslutas även om bidraget till risknivån bedöms vara mycket begränsat. Baserat på detta görs bedömningen att olycksrisken behöver studeras vidare i en fördjupad analys för att verifiera riskbidraget och avgöra behovet av riskreducerande åtgärder.

Klass 3. Brandfarliga vätskor

Antalet transporter av brandfarlig vätska på Magelungsvägen begränsat. Hastigheten på aktuell sträcka är låg vilket innebär att sannolikheten för att en större olycka, med ett stort utsläpp av brandfarlig vätska som följd, är mycket liten.

Enligt tabell 4.1 kan en olycka med brandfarliga vätskor generellt innebära skadeområden uppåt cirka 40 meter vid ett stort utsläpp som antänds. Detta gäller dock om utsläppet kan spridas fritt kring olycksplatsen, dvs. att omgivningen ligger på samma nivå som vägen.

Med hänsyn till avståndet mellan vägen och planerad bebyggelse, i förhållande till potentiella skadeavstånd, bedöms en olycka med brandfarlig vätska på Magelungsvägen ha en begränsad påverkan på risknivån inom det studerade området. Avståndet ger ett betryggande skydd mot brandspridning till planerad bebyggelse. Även om ett potentiellt utsläpp skulle sprida sig ner på spårområdet, som ligger något lägre än vägen (se figur 2.2) bedöms skyddsavståndet inte understiga 40 meter. Vid en eventuellt spridning till spårområdet kommer dessutom nivåskillnaden, då järnvägen går i bergsskärning, att verka skyddande.

Utifrån ovanstående beskrivning görs bedömningen att olycksrisker förknippade med brandfarliga vätskor inte behöver studeras i en fördjupad riskanalys med avseende på påverkan på risknivån inom det studerade området.

4.4 Slutsats inledande riskanalys

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

- Olycka vid transport av farligt gods på Nynäsbanan
 - 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)
- Olycka vid transport av farligt gods på Magelungsvägen
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar vätska (klass 3)

I den fortsatta planeringen av området måste hänsyn tas till ovanstående olycksrisker. En fördjupad analys bör göras där frekvens och konsekvens beräknas och sammanställs i form av risknivå, vilken i sin tur utgör underlag för beslut om säkerhetshöjande åtgärder. Avståndet och nivåskillnaden mellan Nynäsbanan och ny bebyggelse innebär ett betryggande skydd med avseende på urspårning och tågbrand. Likaså innebär avståndet mellan Magelungsvägen och ny bebyggelse ett betryggande skydd vid en olycka med brandfarlig vätska på Magelungsvägen.

För att erhålla ett fullständigt resultat avseende riskberäkningarna (individrisk och samhällsrisk) för det aktuella planområdet kommer dock dessa olycksrisker att beaktas i den fördjupade riskbedömningen.

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Metodik

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

5.1.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

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

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

5.1.2 Sammanvägning av risk

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

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

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

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

Samhällsrisk är det riskmått som en riskkälla utgör mot hela den omgivning som utsätts för risken. Frekvenser för olika händelser vägs samman med konsekvenserna av dessa. Detta redovisas sedan i ett F/N-diagram (frequency/number of fatality) där den kumulerade frekvenser plottas mot konsekvenser i ett logaritmerat diagram. Frekvenser uttrycks i förväntat antal olyckor per år (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 respektive väg. Samhällsrisk beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

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

Riskberäkningar redovisas i bilaga C.

5.1.3 Värdering av risk

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

Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. I publikationen *Värdering av risk /21/* 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}	$F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1
Övre gräns för områden där risker kan anses vara små	10^{-7}	$F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1

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

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter och markanvändning. Detta gäller framförallt avseende individrisk. Individrisken beräknas normalt under antagandet att en individ är kontinuerligt närvarande på en given plats. Enligt *Värdering av risk /21/* bör dock vissa korrigeringar göras av beräknade risknivåer avseende vissa individer i verkligheten inte är kontinuerligt närvarande. För arbetare kan t.ex. individrisken reduceras med en faktor 4. För personer i rekreatiomsområden kan individrisken reduceras med en faktor 10. För boende görs ingen korrigering.

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

1. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Risker inom övre delarna av ALARP bör enbart tolereras om det bedöms vara praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. För risker i de lägre delarna av ALARP bör kraven på riskreduktion inte vara lika hårda, men möjliga åtgärder ska dock fortfarande beaktas. I de flesta fall anses risknivån vara acceptabel

även om den hamnar inom ALARP-området, förutsatt att de åtgärder som bedöms vara rimliga ur ett kostnads-/nyttoperspektiv vidtas.

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även på inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Enligt Värdering av risk /21/ 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.

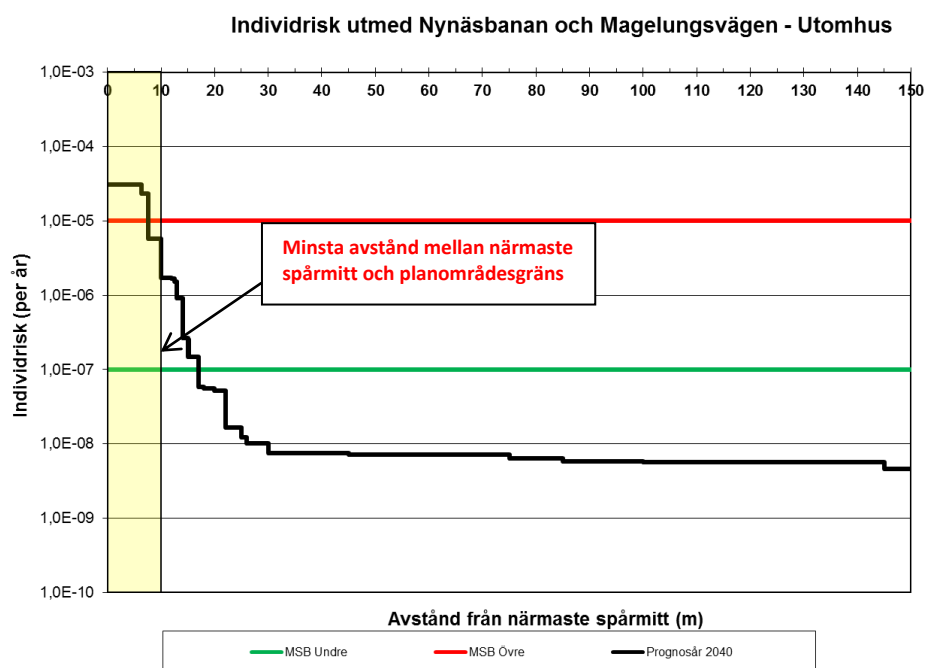
5.2 Resultat riskberäkningar

5.2.1 Individrisk

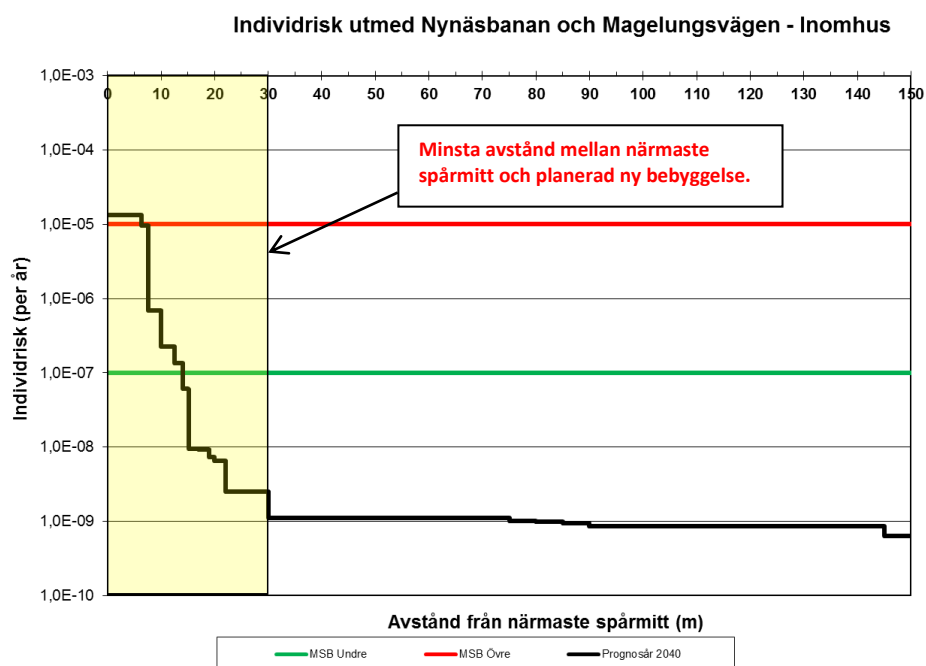
Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed Nynäsbanan och Magelungsvägen. Individrisken presenteras dels för oskyddade personer utomhus (se figur 5.1) och dels för personer inomhus (se figur 5.2). Eftersom det aktuella planområdet angränsar mot både Nynäsbanan och Magelungsvägen redovisas den totala individrisken (sammanslaget riskbidrag från båda riskkällorna).

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

Vid riskberäkningar har ingen hänsyn tagits till den nivåskillnad som finns mellan järnvägen och planområdet, och som begränsar riskbidraget för urspärning och olycka med brandfarlig vätska.



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



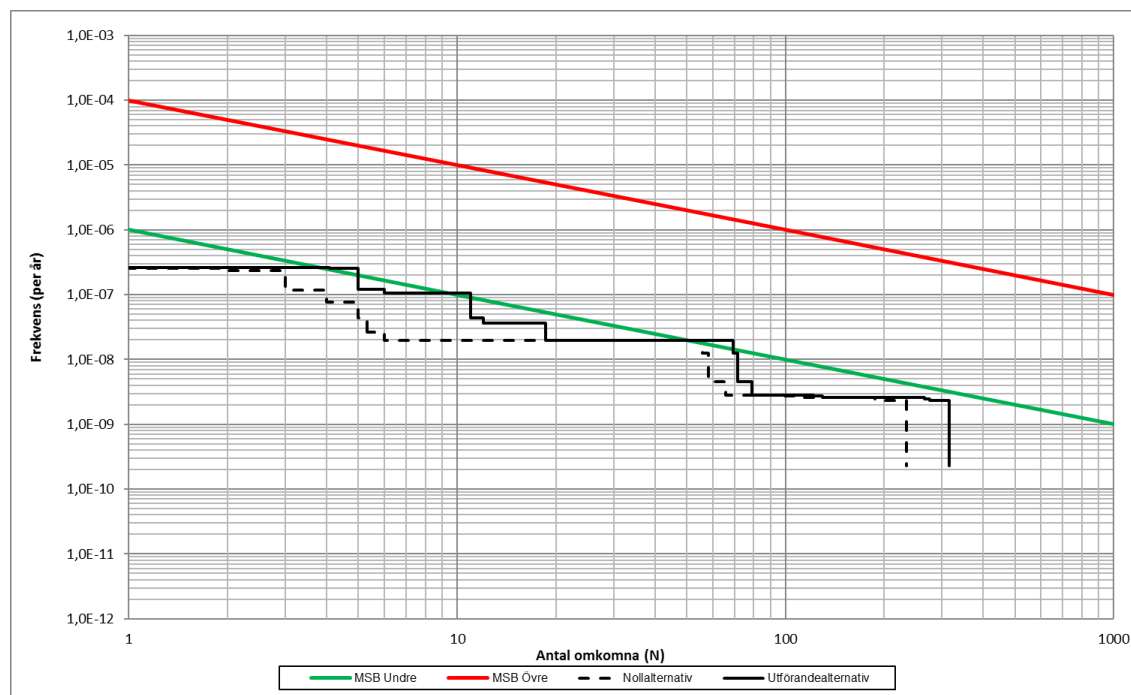
Figur 5.2. Individrisk för person inomhus som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmit).

5.2.2 Samhällrisk

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

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

Samhällsriskens redovisas för prognosår 2040. Vid riskberäkningar har ingen hänsyn tagits till den nivåskillnad som finns mellan järnvägen och planområdet, och som begränsar riskbidraget för ursparning och olycka med brandfarlig vätska.



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

5.3 Värdering av risk

5.3.1 Individerisk

Med avseende på individrisk bedöms olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan och Magelungsvägen hamna inom ALARP inom cirka 17 m från närmaste spårmit. Inom ca 8 meter från Nynäsbanan så hamnar individrisken på en oacceptabel nivå. Detta avser både oskyddade personer utomhus samt personer inomhus (risknivån inomhus är generellt något lägre eftersom bebyggelsen har en riskreducerande effekt med avseende på de studerade olycksriskerna).

I figur 5.1 markeras avståndet mellan Nynäsbanans närmaste spårmit och det aktuella planområdet, ca 10 meter. I figur 5.2 markeras minsta avstånd mellan Nynäsbanans närmaste spårmit och planerad bebyggelse, ca 30 meter. Med avseende på individrisk anses risknivån vara acceptabel inom hela planområdet för personer inomhus. För planerad ny bebyggelse behöver ingen hänsyn tas till identifierade olycksrisker.

Enligt tänkt utformning blir området mellan järnvägen och planerad bebyggelse naturmark. Avståndet från närmaste spårmit till ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse utomhus kommer därmed överstiga 17 meter.

5.3.2 Samhällsrisk

Samhällsriskerna från olycksriskerna förknippade med trafiken på Nynäsbanan och Magelungsvägen ligger generellt på en acceptabel nivå. Den planerade bebyggelsen medför att samhällsriskerna tangerar det undre acceptanskriteriet för konsekvenser mellan ca 50 och 70 omkomna.

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

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

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

5.4 Hantering av osäkerheter

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

Osäkerheten i antalet farligt godstransporter på Magelungsvägen har föranlett en känslighetsanalys som beaktar antalet transporter av respektive farligt godsklass.

5.4.1 Känslighetsanalys

Vid beräkning av olycksfrekvenser har olyckskvoter för urspårning med persontåg respektive godståg hämtats från beräkningsmetod utgiven av den europeiska järnvägsunionen, *UIC Code 777-2 R /22/*. I tidigare riskanalyser som utförts för detaljplaner längs med Nynäsbanan har frekvensberäkningar utförts enligt den metodik som presenteras i rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen /23/*. Med avseende på att olyckskvoterna som ligger till grund för beräkning av urspårning skiljer sig åt mellan de olika metoderna kommer följaktligen beräknade olycksfrekvenser för respektive sluthändelse att variera beroende av val av beräkningsmetodik.

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

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

Utförd känslighetsanalys påvisar följande:

- Även vid en mycket kraftig ökning av antalet farligt godstransporter på Nynäsbanan och antalet farligt godstransporter på Magelungsvägen så hamnar samhällsriskens fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskens hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- Att använda en annan mer konservativ beräkningsmetodik för frekvensberäkningarna (VTI) skulle medföra en begränsad skillnad i risknivån utmed den aktuella sträckan bortsett från skadescenarier förknippade med urspårning med persontåg där olycksfrekvensen ökar relativt kraftigt. Med hänsyn till utformningen av omgivningen utmed sträckan och avståndet till kringliggande bebyggelse så medför dessa skadescenarier dock mycket begränsad risk för omkomna till händelse av denna typ av olycka. Påverkan på samhällsriskens blir därför mycket marginell. Samhällsriskens hamnar fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskens hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.
- Att använda beräkningsmetodiken enligt VTI påverkar individrisken och innebär ett ökat avstånd från järnvägen där individrisken hamnar inom ALARP. På ett avstånd om ca 20 meter från järnvägens spår kommer individrisknivån dock ändå fortfarande vara acceptabel. Individrisknivån i anslutning till planerad byggnad, som planeras minst 30 meter närmaste spår, är därmed att betrakta som acceptabel även med en konservativ beräkningsmetodik.
- En kraftig ökning av konsekvenserna för respektive skadescenario bedöms också ha en begränsad påverkan på resultatet. Samhällsriskens förskjuts något, men hamnar fortfarande på en acceptabel nivå eller delvis inom den nedre halvan av ALARP. Samhällsriskens hamnar aldrig på en oacceptabel nivå.

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

6. Säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

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

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

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

6.2 Diskussion kring åtgärder

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

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

6.2.1 Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Vid lokalisering i ett utsatt område bör man alltid sträva efter att lokalisera bebyggelsen på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1.1) bör användas som riktvärden för placering av verksamheter. I centrala områden där det är ont om mark kan detta dock vara svårt.

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

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

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

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

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

För att reducera risken för konsekvenser vid en olycka på angränsande riskkällor så rekommenderas att obebyggda ytor mellan järnvägen och ny bebyggelse utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Rekommendationen avser allmänna gemensamma ytor. Exempel på lämplig markanvändning inom ytor som inte ska uppmuntra till stadigvarande vistelse är gång- och cykelväg, lokalgata, markparkering, naturområden, park samt områden som skyddar mot störning, exempelvis bullervall och plantering. Med hänsyn till den höga risknivån bör obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse placeras så att avståndet är minst 25 meter till närmaste spårmitt.

Föreslagen bebyggelsestruktur medför ingen stadigvarande vistelse mellan planerad bebyggelse och Nynäsbanan. Balkonger planeras på byggnadernas långsidor, dock i skyddat läge bakom avskärmande byggnadsdel med syfte att verka bullerdämpande. Det innebär att ingen balkong kommer att finnas direkt mot Nynäsbanan.

För att tillgodose att avstånden mellan riskkällor och bebyggelse motsvarar föreslagen situationsplan behöver detta anges som krav i detaljplan, se vidare avsnitt 6.3.

6.2.2 Byggnadstekniska åtgärder

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

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

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

Ovanstående innebär att ny bebyggelse inom planområdet som vetter direkt mot Nynäsbanan (d.v.s. ingen framförliggande bebyggelse eller avskärmning) och som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (50 meter) ska utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från järnvägen.

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

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

Föreslagen byggnadsutformning innebär att hus 3 utförs med entré på byggnadens långsida, placerad mer än 50 meter från Nynäsbanan. Trapphuset nås via loftgång som är placerad i skyddat läge bakom bullerskyddande byggnadsdel. Detta bedöms innebära acceptabel säkerhet avseende utrymningsmöjligheter vid en olycka på Nynäsbanan eller Magelungsvägen.

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

Skydd mot brandspridning

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

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

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

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

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

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

Skydd mot spridning av gaser

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

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

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

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

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

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

Skydd mot explosion

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

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

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

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

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

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

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

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

- Obebyggda ytor inom 25 meter från Nynäsbanan ska utföras så att de ej uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Ny bostadsbebyggelse ska placeras så att avstånden till närmaste spår på Nynäsbanan inte understiger 30 meter.
- Inom 50 meter från Nynäsbanan ska ny bostadsbebyggelse som vetter direkt mot Nynäsbanan utan framförliggande bebyggelse utföras med följande åtgärder:
 - o Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Nynäsbanan.
 - o Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Nynäsbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - o Fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - o Fönster i fasader som vetter direkt mot Nynäsbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

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

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

6.3.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

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

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

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

7. Slutsatser

Det aktuella planområdet omfattar del av fastigheten Farsta 2:1 i Stockholms kommun och ligger i ett relativt utsatt läge med hänsyn till olycksrisker förknippade med transporter av farligt gods på den närliggande Nynäsbanan samt transporter av brandfarlig vätska respektive gas på den närliggande Magelungsvägen.

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

Planerad ny bebyggelse inom planområdet understiger Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till järnväg. Detta gäller dock endast hus 3 som placeras närmast järnvägen. Övriga byggnader uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd. Med anledning av den höga risknivån samt aktuella avsteg från rekommenderade avstånd föreslås att säkerhetshöjande åtgärder vidtas i syfte att reducera "nettotillskottet" av oönskade händelser som avsteget medför.

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

Bedömningen är att föreslagna åtgärder i kombination med de avstånd, placering av bebyggelse som studerat planförslag innebär medför att identifierade risker bedöms vara tillräckligt hanterade. Planförslaget bör därför kunna genomföras med hänsyn till identifierade risker.

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Riskberäkningar

9. Referenser

- /1/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /2/ Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer, Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 2000:01
- /3/ RID-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6, 2018
- /4/ ADR-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2018:5, 2018
- /5/ Planbeskrivning för Järnvägsplan. Nynäsbanan, Dubbelspårsutbyggnad Hemfrosa – Tungalsta, Trafikverket, 2015-03-15 (Diarienummer TRV 2013/8433)
- /6/ Anders Nilsson, Statistiker på Trafikverket, e-post 2016-05-20
- /7/ Lennart Lennefors, Strategisk planering, Trafikverket, e-post 2016-05-21
- /8/ Nykroppagatan, Farsta, omgivningsbuller, Structor, 2018-09-27.
- /9/ Miljörisikanalys av transporter av farligt gods på väg och järnväg samt i farleden utanför hamnen. Planerad hamn vid Stockholm – Nynäshamn, Norviksudden. Enviroplanning, 2007-01-31
- /10/ Flödet av farligt gods på järnväg, en översiktlig kartering i GIS-miljö, Räddningsverket 1996 (www.msb.se)
- /11/ Kartläggning av farligt godstransporter, september 2006, Räddningsverket 2007
- /12/ RID-transporter utförda av Green Cargo, Älvsjö – Jordbro, mars-maj 2005
- /13/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys
- /14/ Miljörisikanalys av transporter av farligt gods på väg och järnväg samt i farleden utanför hamnen. Planerad hamn vid Stockholm – Nynäshamn, Norviksudden. Enviroplanning, 2007-01-31
- /15/ Trafikflöden i Stockholm, uppgifter hämtade 2019-09-28 från: <http://miljobarometern.stockholm.se/trafik/motorfordon/trafikfloden-i-stockholm/>
- /16/ Nykroppagatan, Farsta, omgivningsbuller, Structor, 2018-09-27.
- /17/ Muntlig information, Circle K Farsta Strand, 2016-07-07
- /18/ Utlevererad volym av oljeprodukter och förnybara drivmedel, www.spbi.se
- /19/ Försäljningsställen 2015, www.spbi.se
- /20/ Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1996
- /21/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /22/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002
- /23/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Nykroppagatan, Stockholms kommun

Uppdragsgivare

Svenska Hem Entreprenad

Uppdragsnummer

109340

Datum

2019-10-01

Handläggare

Patrick Ahlgren

Egenkontroll

PAN

2019-10-01

Internkontroll

EMM

2019-10-01

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

Magelungsvägen

- Scenario 4. Olycka med farligt gods
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)

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

2. Beräkningar järnvägsolycka

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

2.1 Urspårning

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

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

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

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

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

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

-
- /1/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002
- /2/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001
- /3/ Bantrafikskador 2015 (Statistikrapport 2016:20), Trafikanalys
- /4/ Bantrafik 2017 (Rapportnr 2018:17), Statistikrapport från Trafikanalys

2.1.1 Urspårning i anslutning till bebyggelse

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

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

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

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

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

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

F_r = urspårningsfrekvens per km (se avsnitt 2.1)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmitte och byggnad

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

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

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

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

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

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

a = se ovan

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

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

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

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

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

Tabell A.1. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarier på aktuell järnvägssträcka. **Persontåg. Prognosår 2040.**

Avståndet utgår från närmaste genomgående spår.

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

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

Avståndet utgår från närmaste genomgående spår.

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

2.2 Brand i godståg

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

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

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

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

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

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

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

Scenario	Frekvens [per år]
Brand i godståg	1,4E-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

2.3 Järnvägsolycka med farligt gods

2.3.1 Allmänt

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.3.2 Klass 1. Explosiva ämnen

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

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

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

Konsekvenserna av en masseexplosion 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. 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 Mälarbanans sträckning genom Solna och Sundbyberg /13/. Kartläggningen i /12/ beaktar uppgifter från bl.a. MSB, Polisen samt transportörer i Stockholms län:

- Enligt uppgifter från MSB utgörs ca 80-90 % av transporter med explosivämnerna av ämnen ur klass 1.1. Klass 1.3 och 1.4 står för ca 5-10 % och övriga klasser transporteras i stort sett inte alls. I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att samtliga transporter rymmer klass 1.1.
- Enligt uppgifter från MSB utgör enbart 0,5 % av transporterna med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. 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 explosivämnerna i de senaste kartläggningar som genomförts för Nynäsbanan):

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

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

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

Explosion p.g.a. tågbrand: Frekvensen för en tågbrand i en godsvagn utgår från tabell A.6 (se avsnitt 2.3.2). Enligt avsnitt 3.2.1 i huvudrapporten utgör farligt gods ca 5 % av alla godsvagnar och enligt tabell 3.2 i huvudrapporten uppskattas explosiva ämnen utgöra högst 0,1 % av alla farligt godstransporter. Sannolikheten för att en farligt godsvagn med explosivämnen är inblandad i en tågbrand beräknas utifrån detta till $5 \% \times 0,01 \% = 0,0005 \%$.

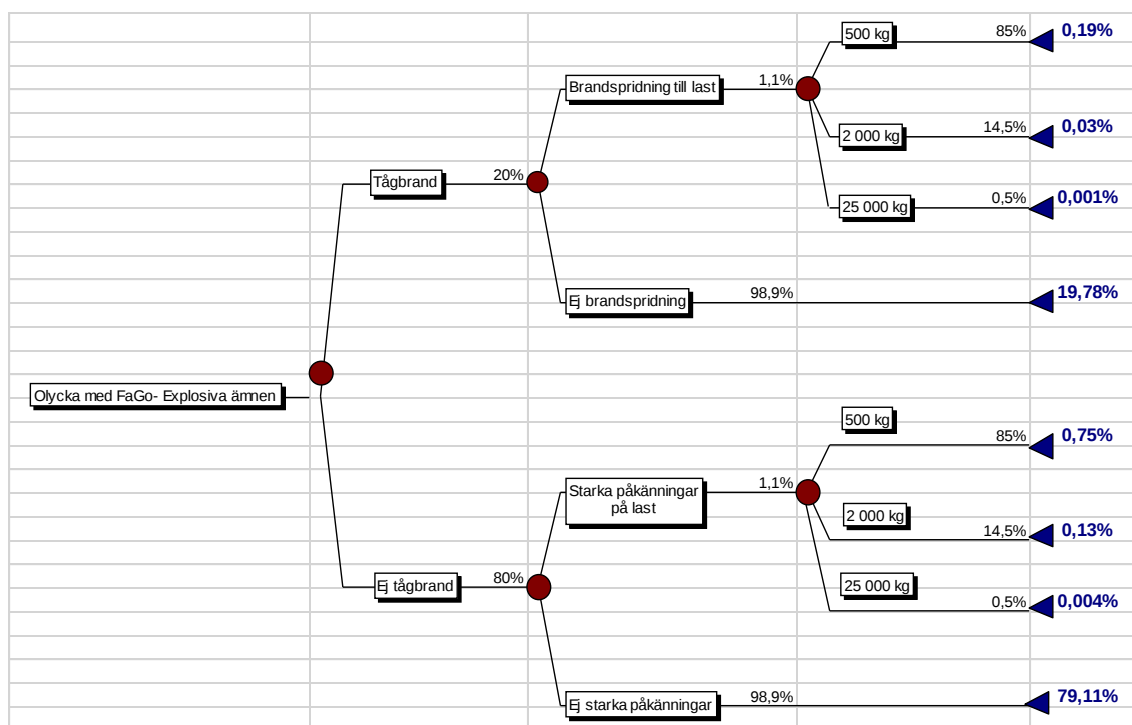
Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /10/. Detta innebär en begränsad sannolikhet för att en tågbrand ska påverka godset i sådan omfattning att det leder till explosion.

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

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

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

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



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

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

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

2.3.3 Klass 2 – Gaser

Allmänt

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

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

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

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

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

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

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

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

Klass 2.1. Brännbara gaser

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

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

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

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

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

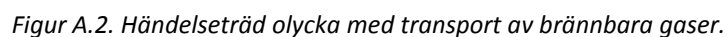
En **BLEVE** antas kunna uppstå i en oskadad tankvagn utan fungerande säkerhetsventil antingen om en stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om järnvägsolyckan omfattar en tågbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre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

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

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

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

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



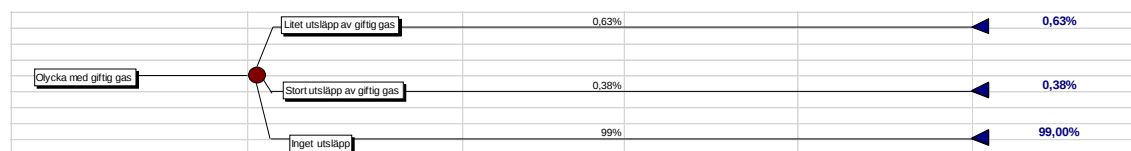
--	--

[illegible]

Klass 2.3. Giftiga gaser

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

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



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

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

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 2.3	6,2E-07
Litet utsläpp giftig gas	3,9E-09
Stort utsläpp giftig gas	2,3E-09

2.3.4 Klass 3 – Brännbara vätskor

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

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

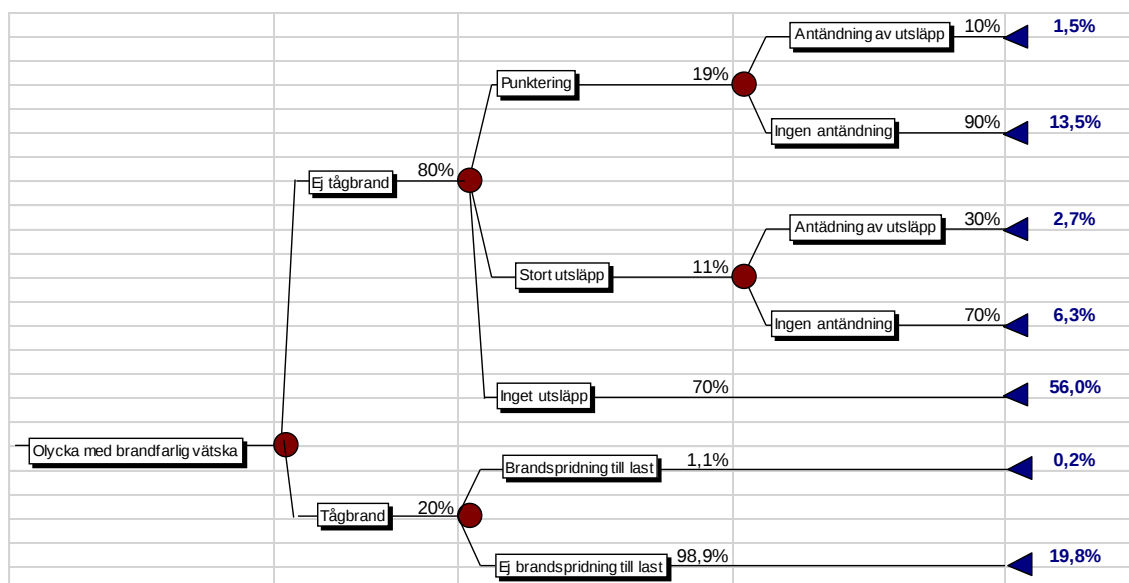
I /9/ anges en fördelning mellan olika utsläppsstorlekar för järnvägstankar givet utsläpp: litet (62,5 %); medelstort (20,8 %); stort utsläpp (16,7 %).

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

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

Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Med hänsyn till gällande regler enligt RID-S förutsätts att tågbranden är så omfattande att större delar av tanken påverkas under en längre tid samtidigt som tanken skadas så mycket att det sker ett utsläpp för att branden ska antas antända den brandfarliga vätskan. Skada på tank bedöms enligt ovan uppstå i 30 % av fallen medan sannolikheten för en mycket stor brand är ca 3,7 % enligt avsnitt 2.2 (se tabell A.3). Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en 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 utsläppsscenarioer har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.10.



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

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

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Järnvägsolycka med klass 3	6,7E-05
Urspårning	5,2E-05
Tågbrand	1,5E-05
Liten pölbrand	1,0E-06
Stor pölbrand	1,8E-06
Godsvagnsbrand	1,5E-07

2.3.5 Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

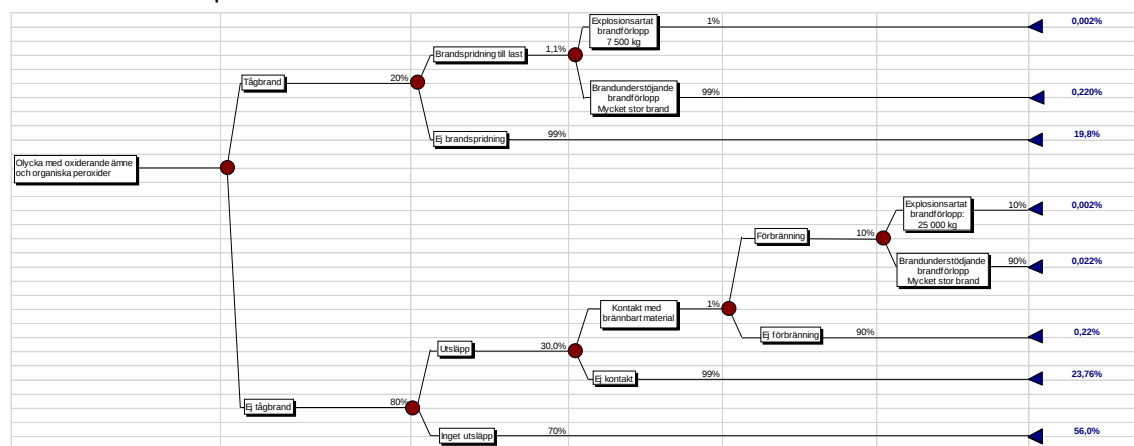
Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar. Skada på en godsvagn med klass 5 bedöms motsvara den sammanlagda sannolikheten för utsläpp för tunnväggiga vagnar, d.v.s. 30 % /9/. Sannolikheten för en mycket stor brand som bedöms kunna påverka en hel last samtidigt är ca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

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

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

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

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



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

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

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

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

2.4 Beräkningar trafikolycka

I detta avsnitt beräknas frekvensen för trafikolycka på den aktuella vägsträckan där denna passerar planområdet. Avsnittet behandlar först skadescenariot trafikolycka, där resultatet sedan nyttjas för frekvensberäkningar för scenarier förknippade med transporter av farligt gods. Frekvensberäkningarna utförs utifrån den metodik som presenteras i MSB:s rapport "Farligt gods – riskbedömning vid transport" /9/.

Beräkningarna utgår från indata som redovisas i avsnitt 2.4.1 nedan samt avsnitt 3.2.2 i huvudrapporten avseende faktorerna:

- Antal fordonkm – aktuell sträcka x antal fordon
- Vägstandard
- Hastighetsbegränsning

2.4.1 Allmänt – Magelungsvägen

Magelungsvägen går parallellt med Nynäsbanan. På den aktuella sträckan består vägen av ett körfält i vardera riktningen. Vägsträckningen är rak förbi området och strax innan finns en trafikljuskorsning där Nykroppagatan ansluter till Magelungsvägen. Mot Nynäsbanan som ligger något lägre än körbanan finns avåkningsskydd. Tillåten maxhastighet på aktuell vägsträcka är 50 km/h idag och 60 km/h för prognosåret 2040.

Trafiksiffror för Magelungsvägen samt uppskattning av antalet farligt godstransporter redovisas i avsnitt 3.2.2 i huvudrapporten.

2.4.2 Trafikolycka allmänt

Vid beräkning av frekvensen för en trafikolycka på den aktuella vägsträckan används schablon-olyckskvot för aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning vilket ger en olyckskvot på 1.2 trafikolyckor per 10⁶ fordonskilometer /9/.

Vid beräkning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$$\text{Antal förväntade fordonsolyckor} = O = \text{Olyckskvot} \times \text{Totalt trafikarbete} \times 10^{-6}$$

Där det totala trafikarbetet per år beräknas enligt följande:

$$\text{Totalt trafikarbete} = 365 \text{ dygn} \times \text{Årsmedeldygnstrafik} \times \text{Aktuell vägsträcka}$$

Frekvensen för trafikolycka har beräknats utifrån ovanstående indata och sammanställs i tabell A.12. Frekvensen beräknas för total trafik respektive godstrafik på en **1 km vägsträcka** i anslutning till det aktuella planområdet.

Tabell A.12. Beräknad frekvens för trafikolycka.

Scenario	Olycksfrekvens (per år)
Trafikolycka totalt Magelungsvägen	6,0

Fordonsbrand

En fordonsbrand kan antingen uppstå till följd av en trafikolycka eller till följd av fordonsfel. Det statistiska underlag som ska användas för beräkning av frekvensen för fordonsbrand går dock inte att dela upp avseende dessa två scenarier. Detta beror på underlaget utgör antalet fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor och huruvida trafikolyckan startade som en fordonsbrand eller om branden uppkom till följd av trafikolyckan går ej att urskilja.

Under åren 1994-1999 rapporterades årligen i genomsnitt 64,7 fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor till Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS) /19/. Under motsvarande år rapporterades ca 15 700 trafikolyckor med personskada per år /20/. Utifrån detta så uppskattas sannolikheten för brand i fordon vid olycka till ca 0,4 % (64,7/15 700). Detta bedöms vara ett konservativt antagande då de polisrapporterade olyckorna med personskador inte utgör samtliga olyckor som kan leda till fordonsbrand.

2.4.3 Trafikolycka med farligt gods

Den förväntade frekvensen för en trafikolycka där farligt godstransport är inblandad beräknas utifrån följande ekvation /9/:

$$\text{Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor} = O_{FaGo} = O \cdot ((X \cdot Y) + (1 - Y) \cdot (2X - X^2))$$

där

X = Andelen transporter skyltade med farligt gods (antal farligt godstransporter delat med totalt antal fordon) (0,011%)

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen (antaget 0,15 för aktuell vägsträcka /9/)

Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för trafikolycka är oberoende av vilken last som ryms i lastbilen, d.v.s. sannolikheten för att en farligt godstransport är inblandad är direkt kopplad till hur stor andel av det totala antalet transporter som rymmer farligt gods. Fördelningen av olyckor mellan de olika klasserna antas vara densamma som andelen av respektive klass.

I tabell A.13 redovisas den förväntade frekvensen för trafikolycka med farligt gods år år 2040.

/19/ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27

/20/ Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005

Tabell A.13. Beräknad olycksfrekvens per farligt godsklass på studerad vägsträcka

Scenario	Andel	Olycksfrekvens (per år)
Klass 1	0,0%	0,0E-00
Klass 2	9,1%	1,2E-04
Klass 3	90,9%	1,2E-03
Klass 4	0,0%	0,0E-00
Klass 5	0,0%	0,0E-00
Klass 6	0,0%	0,0E-00
Klass 7	0,0%	0,0E-00
Klass 8	0,0%	0,0E-00
Klass 9	0,0%	0,0E-00
Totalt		1,3E-03

Klass 2. Gaser

I analysen antas att samtliga gastransporter på den aktuella vägsträckan sker i gasflaskor samt att 100 % av transportererna utgörs av brännbara gaser (klass 2.1).

Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 0,03 (Index för farligt godsolyckor) /9/ Sannolikheten antas vara oberoende av antalet flaskor per transport. Den mest kritiska punkten på en gasflaska för utsläpp bedöms vara ventilen som vid en olycka kan slås av. Flaskornas egentyngd innebär att sannolikheten för att det ska gå håll på själva flaskan bedöms vara mycket låg. Utsläppsmängden beror därmed på antalet flaskor som skadas så allvarligt vid olyckan att dess respektive ventil slås av. Det antas att maximalt 5 flaskor skadas tillräckligt allvarligt, vilket utgör scenariot stort utsläpp. Sannolikhetsfördelningen för utsläpp från en flaskor och 5 flaskor bedöms vara 75 % respektive 25 %.

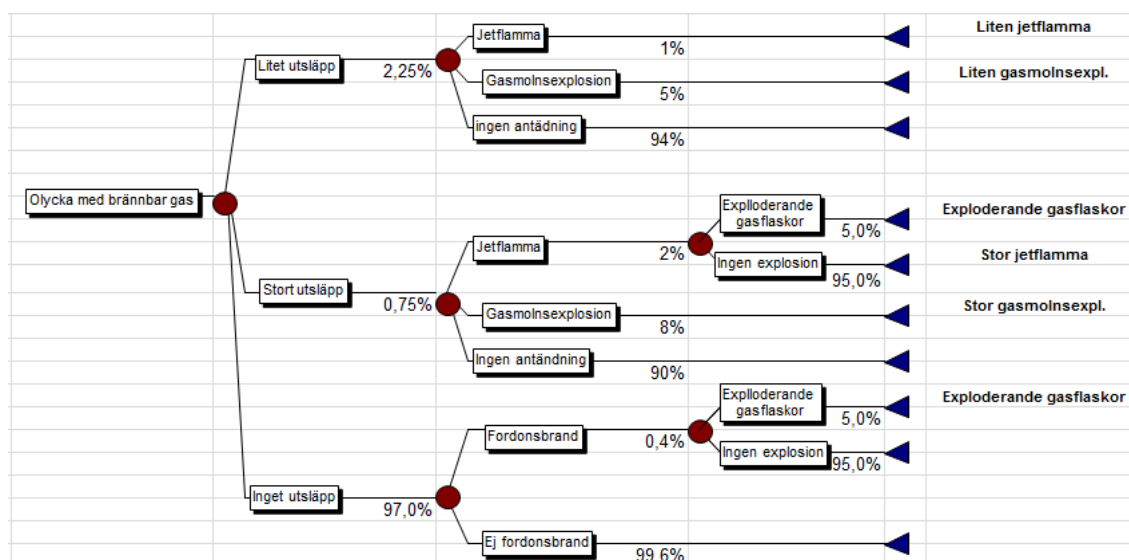
För **brännbara gaser** kan följande scenarier antas uppstå beroende på typen av antändning:

- *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.
- *Exploderande gasflaskor*: Motsvarande explosion då gasflaskor utsätts för en utbredd brand.

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För gasflaskor uppskattas sannolikheten för antändning baserat på fördelningsstatistiken för tankbil /15/, men hänsyn tas till de begränsade utsläppsmängderna. Vid utsläpp från gasflaskor uppskattas sannolikheten för antändning mycket grovt vara 10 % av sannolikheten för utsläpp från tankbil:

	Litet	Stort
• Omedelbar antändning (jetflamma):	1 %	2 %
• Fördröjd antändning (gasmolnsexplosion):	5 %	8 %
• Ingen antändning:	94 %	90 %

Sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon är enligt tidigare ca 0,4 %. Vid transport av gasflaskor antas mycket grovt att sannolikheten för att en fordonsbrand blir så utbredd att den sprids till lasten och hettar upp en eller flera gasflaskor så mycket att de exploderar är 5 %. Uppskattningsvis exploderar ett stort antal av flaskorna i lasten, men sannolikheten för att flera flaskor exploderar samtidigt bedöms vara mycket låg. Explosionslasten blir därmed också låg. Figur A.6 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.14.



Figur A.6. Händelsetråd olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1).

Tabell A.14. Beräknad frekvens för trafikolycka.

Scenario	Frekvens (per år)
Trafikolycka med gas	1,2E-04
Utsläpp och antändning av brännbar gas	1,2E-04
Liten jetflamma	2,6E-08
Liten gasmolnsexplosion	1,3E-07
Stor jetflamma	1,6E-08
Stor gasmolnsexplosion	6,9E-08
Exploderande gasflaskor	
- P.g.a. jetflamma	8,7E-10
- P.g.a. fordonsbrand	2,2E-08

Klass 3. Brandfarliga vätskor

Transporter av brandfarliga vätskor utgörs av petroleumprodukter, dvs. transporter av bensin, diesel och etanol till bensinstationer.

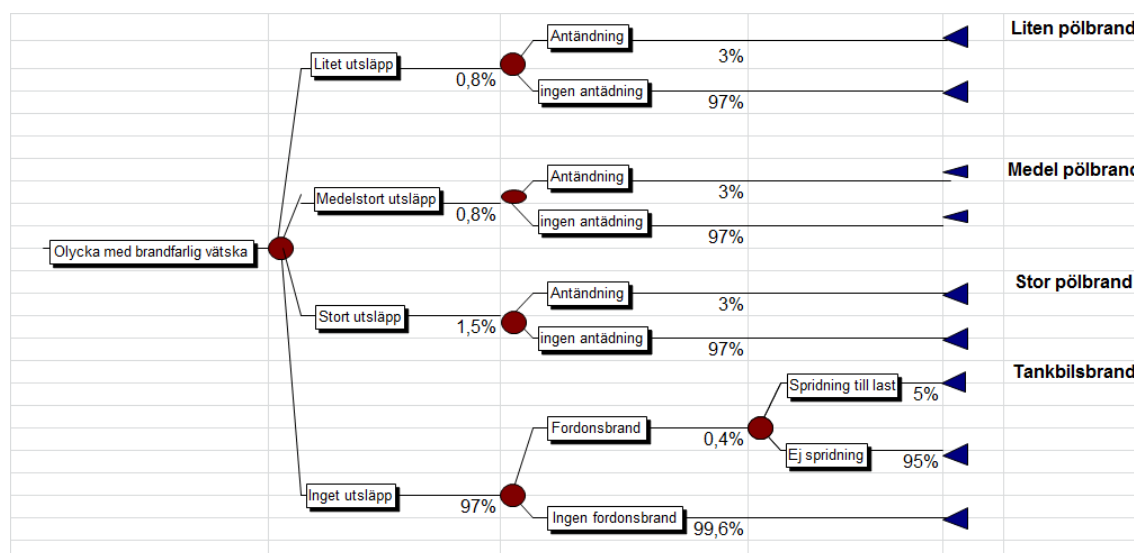
I de fortsatta beräkningarna så antas det konservativt att samtliga vätsketransporter rymmer klass 1-vätskor, d.v.s. vätskorna har en låg flampunkt som innebär en hög sannolikhet för antändning.

Sannolikheten för att en trafikolycka med farligt godstransport inblandad där ämnet transporteras i tunnväggig tank leder till läckage uppskattas vara 30 % /9/. Det uppskattas att en stor andel av transporterna utgörs av tankbil med släp, vilket för tunnväggiga tankar innebär att sannolikhetsfördelningen mellan litet, medelstort och stort utsläpp är 25 %, 25 % respektive 50 % /9/.

Sannolikheten klass 1-vätskor antänds vid utsläpp till följd av en trafikolycka antas vara ca 3 % /9, 15/ oberoende av utsläppsstorleken.

Omfattande brand kan även uppstå om t.ex. en motorbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Enligt tidigare uppskattas sannolikheten för att en trafikolycka leder till fordonsbrand till ca 0,4 %. I ADR-S /21/ anges det krav på fordon som ska användas för transport av brandfarliga vätskor, vilket bl.a. innebär en begränsad sannolikhet för spridning av t.ex. motorbränder till lasten. Sannolikheten för antändning av lasten till följd av fordonsbrand vid trafikolycka uppskattas grovt vara ca 5 %.

Figur A.7 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.15.



Figur A.7. Händelsetråd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3).

Tabell A.15. Beräknad frekvens för trafikolycka.

Scenario	Frekvens (per år)
Trafikolycka med brandfarlig vätska (klass 3)	1,2E-03
Liten pölbrand	2,6E-07
Medelstor pölbrand	2,6E-07
Stor pölbrand	5,2E-07
Tankbilsbrand	2,2E-07

/21/ ADR-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2018:5, januari 2019

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Nykroppagatan, Stockholms kommun

Uppdragsgivare

Svenska Hem Entreprenad

Uppdragsnummer

111645

Datum

2019-10-01

Handläggare

Patrick Ahlgren

Egenkontroll

PAN 2019-10-01

Internkontroll

EMM 2019-10-01

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

Magelungsvägen

- Scenario 4. Olycka med farligt gods
 - Klass 2.1. Brännbara gaser
 - Klass 3. Brandfarliga vätskor

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

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

2. Förutsättningar

2.1 Allmänt om det studerade området

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

- Det område som kommer att studeras omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för det planerade utförandealternativet med planerad ny bebyggelse inom planområdet. Konsekvenserna beräknas dessutom för ett nollalternativ, som innebär befintliga förhållanden inom planområdet. I båda alternativen förutsätts omgivande planer vara utbyggda enligt avsnitt 2.2 i huvudrapporten.
- Figur B.1 visar det aktuella området som studeras i denna riskutredning samt dess närmaste omgivning. Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka av Nynäsbanan. Konsekvensberäkningarna kommer dock att avgränsas till att studera respektive olycksscenario där de innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet. Detta innebär att olyckan förutsätts inträffa där avståndet till järnvägen är som kortast, vilket innebär på kortsidan av det studerade området, se markering i figur B.1.
- Det område som beaktas i konsekvensberäkningarna motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier (ca 300 meter radie kring riskkällan).



Figur B.1. Översiktsbild som visar det studerade området inklusive omgivningarna. Röd stjärna visar antagen placering av respektive olycka på Nynäsbanan.

2.2 Nykroppagatan

2.2.1 Nollalternativ

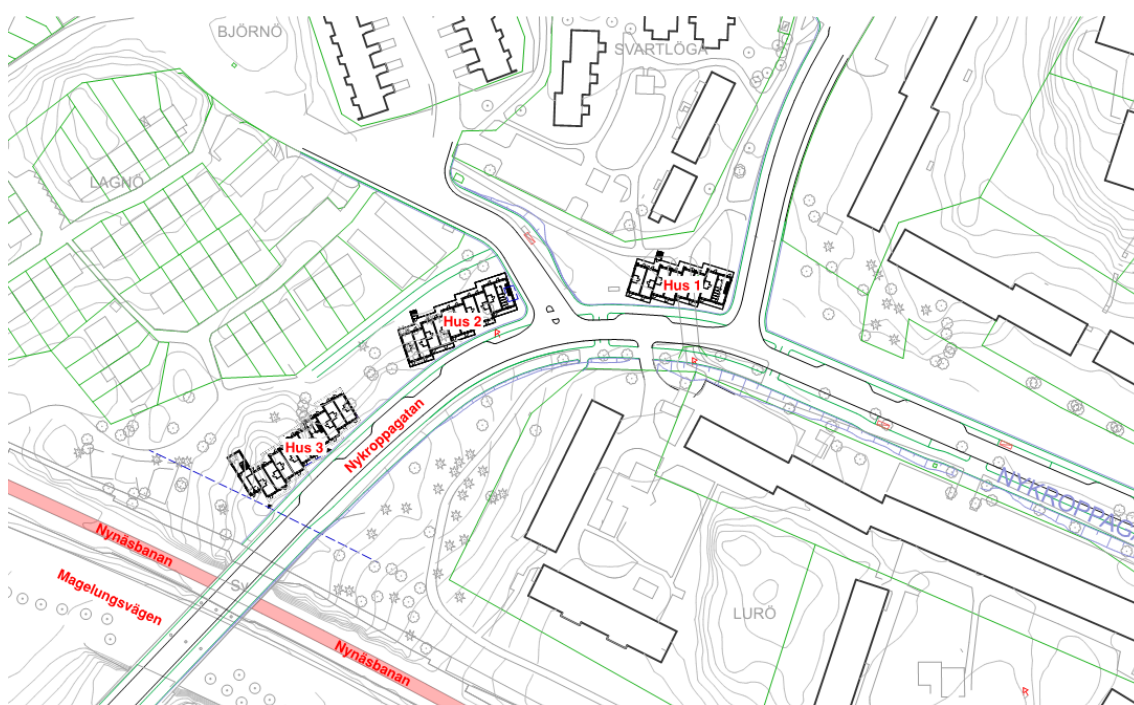
Planområdet är idag obebyggt och upptas av natur- och skogsmark, se figur B1.

Markanvändningen bedöms inte innebära någon stadigvarande vistelse inom området och persontätheten inom området är därmed mycket låg.

2.2.2 Planalternativ

Planförslaget innebär ny bebyggelse i form av flerfamiljshus. Totalt planeras för 85 lägenheter fördelat på tre byggnader med en total BOA på cirka 2800 m², se figur B.2 och tabell B.1.

Bebyggelsen planeras utmed Nykroppagatan och uppförs i 2-4 våningar med vissa delar i suterräng. Hus 1 placeras närmast Nynäsbanan med ett avstånd på cirka 31 meter till närmaste spårmitt och cirka 45 m från närmaste vägkant på Magelungsvägen.



Figur B.2. Planerad bebyggelse inom aktuellt planområde.

Tabell B.1. Boyta, antal lägenheter samt avstånd till riskkällor /1/.

Hus	BOA (m ²)	Antal lägenheter	Avstånd till riskkälla (m)	
			Nynäsbanan	Magelungsvägen
1	976	28	155	160
2	1135	36	100	115
3	691	21	31	45

/1/ Nykroppagatan ytor, 190925, Svenska Hem

I BBR /2/ anges värden för dimensionerande persontätheter för olika lokaler och verksamheter. För bostäder finns inget värde på dimensionerande persontäthet. Det antas grovt 1 person per ca 20-30 m² bostadsyta (BOA). Inom flerbostadshus uppskattas därmed en maximal persontäthet på ca 0,033 personer per m² BOA bostäder. Detta motsvarar sammanlagt cirka 140 personer inom bostäder vid full belastning.

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

2.3 Kringliggande bebyggelse

Enligt avsnitt 2.1 studeras ett område med ca 300 meters från den tänkta olycksplatsen, vilket motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier, se markering i figur B.1. Omgivande områden redovisas kort nedan.

2.3.1 Samma sida som planområdet (väster, norr och öster)

Området väster och norr om planområdet upptas av befintlig bostadsbebyggelse i form av kedje- och radhus i 1-2 våningar samt enstaka flerbostadshus i 1-2 våningar. En stor del av området utgörs av natur- och skogsområden (grönytor).

Området öster om planområdet består idag av flerbostadsbebyggelse i tre våningar. Även här består en stor del av ytan av grönområden. Inom området pågår även ett detaljplanarbete för cirka 100-150 nya lägenheter i flerbostadshus (se avsnitt 2.2 i huvudrapporten).

Vid uppskattning av genomsnittlig personbelastning inom kringliggande bostadsbebyggelse antas persontätheten vara cirka 1 person per 30 m² BTA bostäder (0,033 personer/m²). Utifrån en övergripande inventering av befintlig och planerad bebyggelse antas det mycket grovt att det sammanlagt vistas cirka 1450 personer inom ca 300 meter från olycksplatsen (exkl. planområdet).

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

Avståndet mellan Nynäsbanan respektive Magelungsvägen och kringliggande bebyggelse är cirka 30 meter respektive 45 m.

2.3.2 Söder om planområdet

Söder om planområdet, på andra sidan Magelungsvägen, finns idag en idrottsplats (se nedan) och ett vårdboende. Merparten av området upptas av natur- och skogsmark. Ett planarbete har dock påbörjats för Magelungens strand. Detaljplanen omfattar huvudsakligen bostadsbebyggelse från Nykroppagatan och västerut. Enligt en tidig skiss för området /3/ kan det röra sig om ca 50 000 BTA inom det studerade området.

Vid uppskattning av genomsnittlig personbelastning inom kringliggande bostadsbebyggelse antas persontätheten vara cirka 1 person per 30 m² BTA bostäder (0,033 personer/m²). Utifrån en övergripande inventering av befintlig och planerad bebyggelse antas det mycket grovt att det sammanlagt vistas cirka 1550 personer inom ca 300 meter från olycksplatsen (exkl. planområdet).

/2/ Boverkets byggregler BFS 2011:6 med ändringar t o m BFS 2018:4 (BBR 26)

/3/ Magelungens strukturplan byggrätter, White, 2016-04-27

Utöver Farsta idrottsplats, se nedan, har det inte identifierats några ytor som bedöms uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus. Med hänsyn till detta antas ca 5-10 % av personerna vistas utomhus vid olyckstillfället.

Farsta idrottsplats består av en fotbollsplan med några läktare, ytor för parkering samt en ishall. Närmast vägen finns en stor markparkering. Idrottsplatsen samt ishallen kan under vissa tider vara besökt av mycket människor. Det rör sig dock om en begränsad del av ett år.

Personantalet inom det studerade området uppskattas grovt utifrån följande förutsättningar:

- Enligt /4/ har Farsta Ishall en publikkapacitet på cirka 100 åskådare.
- Genomsnittlig persontäthet utomhus uppskattas grovt till cirka 0,005 personer per m² för ytor som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. markparkering) och till cirka 0,07 personer per m² för ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (exempelvis idrottsplats).

Mycket grovt uppskattas personantalet vara cirka 650 personer vid maxbelastning inom området, vilket dock endast inträffar en begränsad del av året. Personantalet under ett normaldygn uppskattas till cirka 20-30 % av maxbelastningen för dagtid och cirka 1 % av maxbelastningen för nattetid.

Avståndet mellan Nynäsbanan respektive Magelungsvägen och kringliggande bebyggelse på motsatt sida om planområdet är cirka 35 meter respektive 15 m.

2.3.3 Sammanställning

Både planerad bebyggelse inom aktuella planområdet och kringliggande bebyggelse bedöms kunna innebära att antalet personer inom det studerade området kan variera under dygnet. Konsekvensberäkningarna utförs dock konservativt för ett scenario där maximalt personantal förväntas vistas inom området, d.v.s. "beläggningen" ansätts till 100 % inom områden innehållande bostadsbebyggelse, dvs. för planområdet samt kringliggande bebyggelse på samma sida som planområdet och Magelungens strand. För idrottsplatsen utgår konsekvensberäkningarna att maxbelastning råder inom området cirka 10 % av tiden, normaldygn (klockan 08-22) cirka 48 % av tiden och nattetid (klockan 22-08) cirka 42 % av tiden.

Tabell B.2. Underlag till beräkningar kringliggande områden.

Område	Personantal
Planområdet nollalternativ	<10
Planområdet utförandealternativ	140
Kringliggande områden på samma sida som planområdet	1450
Kringliggande områden på motstående sida	
- Magelungens strand (planerad bebyggelse)	1550
- Farsta idrottsplats	650

/4/ Ishockeyns anläggningsbehov, utsikt Stockholm Stad 2019-2030, Stockholms ishockeyförbund, januari 2019

3. Beräkning av skadeavstånd/-områden

3.1 Ursparning

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

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

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

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

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

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

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

Bedömningskriterier

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

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

3.2 Brand i godståg

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

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

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

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /5/.

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /6/:

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

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 5$.

Utfallande strålning (I₀) – Den utfallande strålningen (kW/m²) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flamman, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /7/:

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

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.

/5/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/6/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

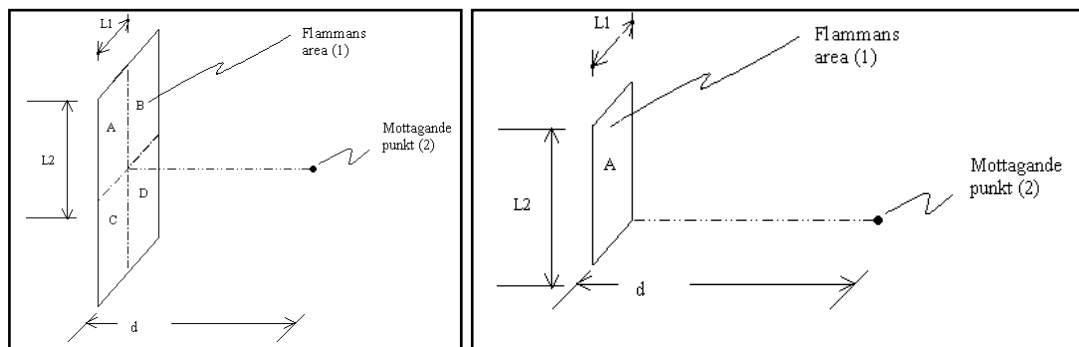
/7/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammen och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /8/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

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

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

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



Figur B.2. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /9/:

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

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

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

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden för de olika scenarierna beräknats (se tabell B.3).

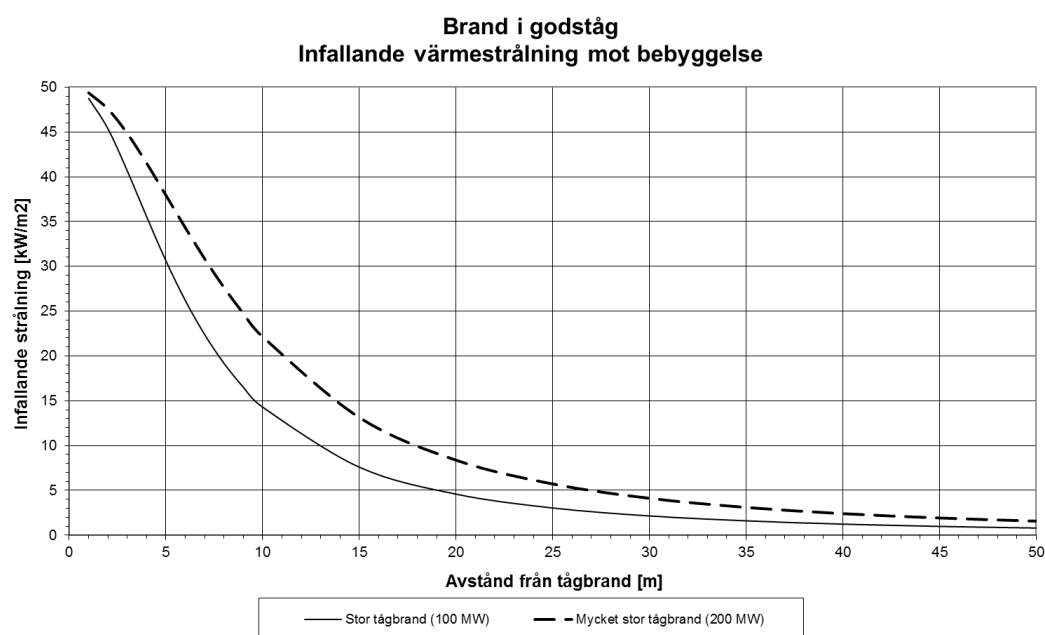
Tabell B.3. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flamhöjd samt utfallande värmestrålning.

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

/8/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

/9/ 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.3 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.3. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i godståg.

Bedömningskriterier

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

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

Tabell B.4. Effekter av olika strålningsnivåer /5, 10/.

Konsekvens	Strålningsintensitet [kW m ⁻²]
Ingen smärta vid långvarig bestrålning av bar hud	≤ 1
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 1 minut	
- 100 % sannolikhet	19
- 50 % sannolikhet	7,5
Ingen smärta vid bestrålning av bar hud under 1 minut	< 2,5
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 20 sekunder	
- 100 % sannolikhet	43

/10/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

- 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 /11/ 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.4. 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.5 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.5. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid tågbrand.

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

/11/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

3.3 Olycka med farligt gods på Nynäsbanan

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 /12/*. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck (P_C) och impuls (I_C). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

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

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

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

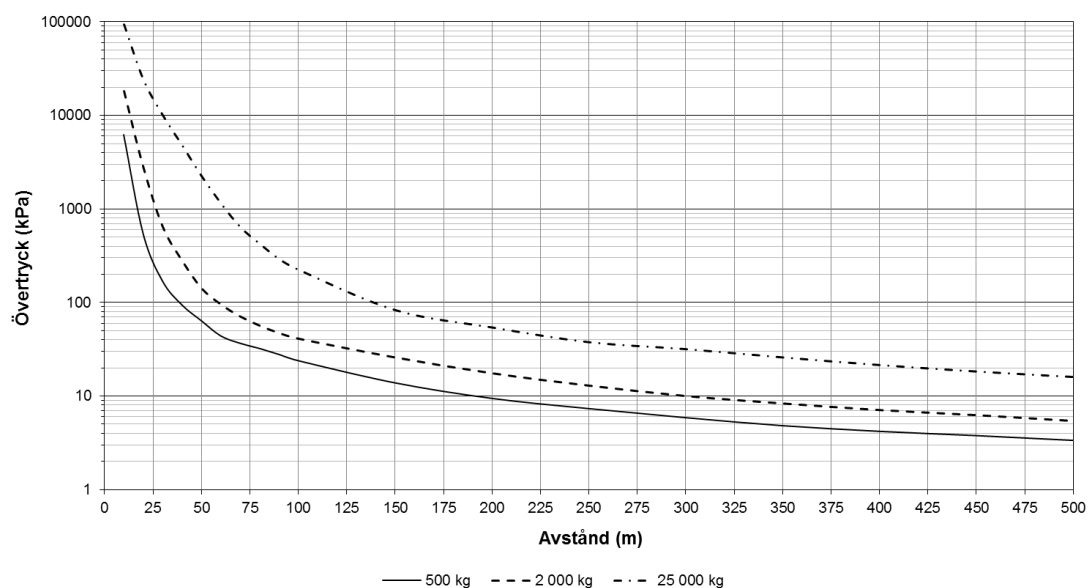
Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

Explosionens varaktighet t_+ beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel /12/:

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

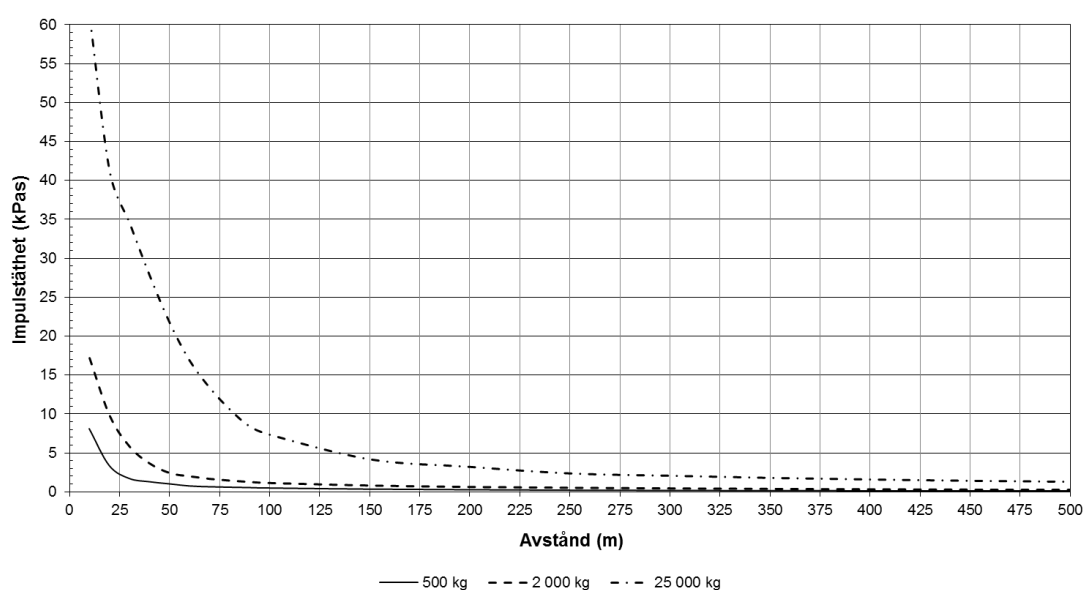
/12/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)

Max övertryck vid detonation klass 1.1



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

Impulstäthet vid detonation klass 1.1



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

Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt Metodik. I tabell B.6 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /12/.

Tabell B.6. Karakteristiska tryck (P_c) respektive impuls (I_c) för olika byggnadsdelar.

Byggnadsdel	P_c (kPa)	I_c (kPas)
Bärande konstruktioner		
<i>Stomme i platsgjuten betong</i>		
- Bärande ytterväggar av 20 cm betong (och invändiga pelare)	200	2,5
- Bärande tvärväggar och utfackade längsgående ytterväggar	200	2,5
<i>Stomme i monterad betong</i>		
- Pelar/balk-stomme	200	3,1
- Bärande väggar i elementhus	200	3,1
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 /10/:

- | | | | |
|----------------|---------|----------------|---------|
| • 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.7 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.7 redovisas skadeavstånden för dels icke skyddad bebyggelse, dels skyddad bebyggelse.

Tabell B.7. Beräknade konsekvenser – skadeområden för byggnadsras (helt eller delvis) samt för oskyddade personer utomhus, vid massexplosion.

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

3.3.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

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

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

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

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

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

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

- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4 x designtrycket

Avseende olycka på järnväg har skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnexplosion simulerats för följande utsläppsstorlekar /13/:

- 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.8 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /10/ 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.8 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 utväldig 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.8 förväntas omkomma.

Resultat

I tabell B.8 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.

/13/ 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.8. 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 gasmolnsexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	2	5	2	5
Stor jetflamma	5 % inomhus 50 % utomhus	50	45	50	25
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus 50 % utomhus	165	145	165	75
BLEVE	5 % inomhus 50 % utomhus	530	265	530	135

3.3.3 Klass 2.3 Giftiga Gaser

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

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

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

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

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

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

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

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

Bedömningskriterier

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

Resultat

I tabell B.9 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.9. 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 bensen. Beroende på utsläppstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning.

Utformningen av spårområdet med makadam och dränering innebär att spridningen av ett vätskeutsläpp på järnväg bedöms bli relativt begränsat, även vid ett stort utsläpp, eftersom underlagets genomsläpplighet är god. I försök har det även påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av underlagets utformning och lutningar /14/. Det krävs relativt små lutningar för att vätskan ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m.

/14/ Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensen i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998

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 /15/ 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.

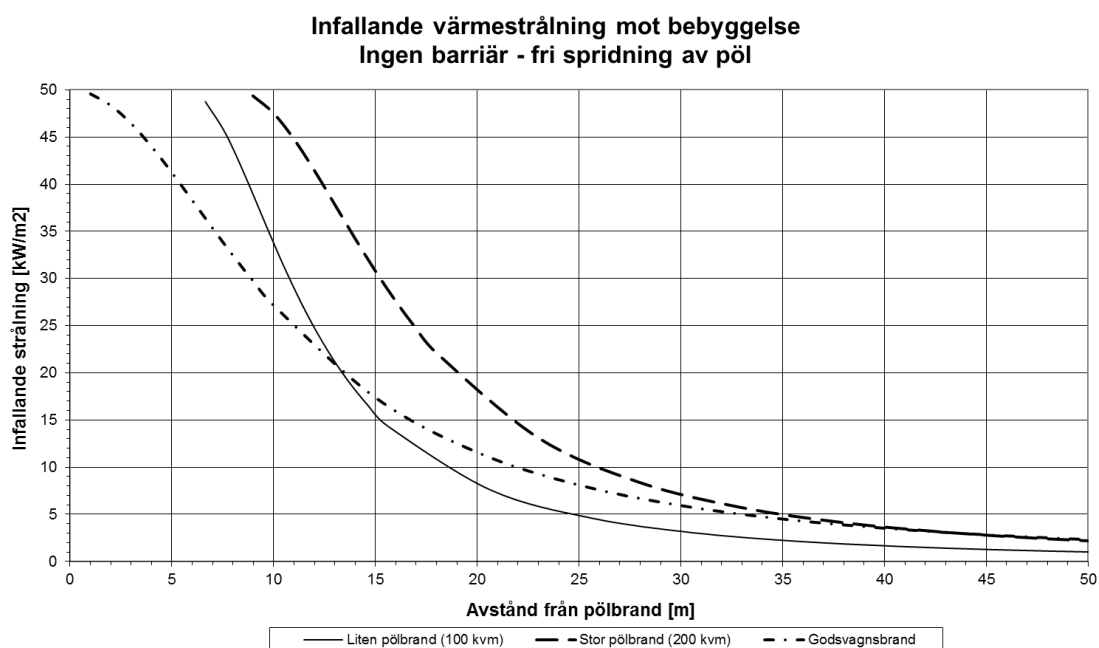
Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.10).

Tabell B.10. 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.10 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.



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

Bedömningskriterier
Se avsnitt 3.2.

Resultat

I tabell B.11 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.11. 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.

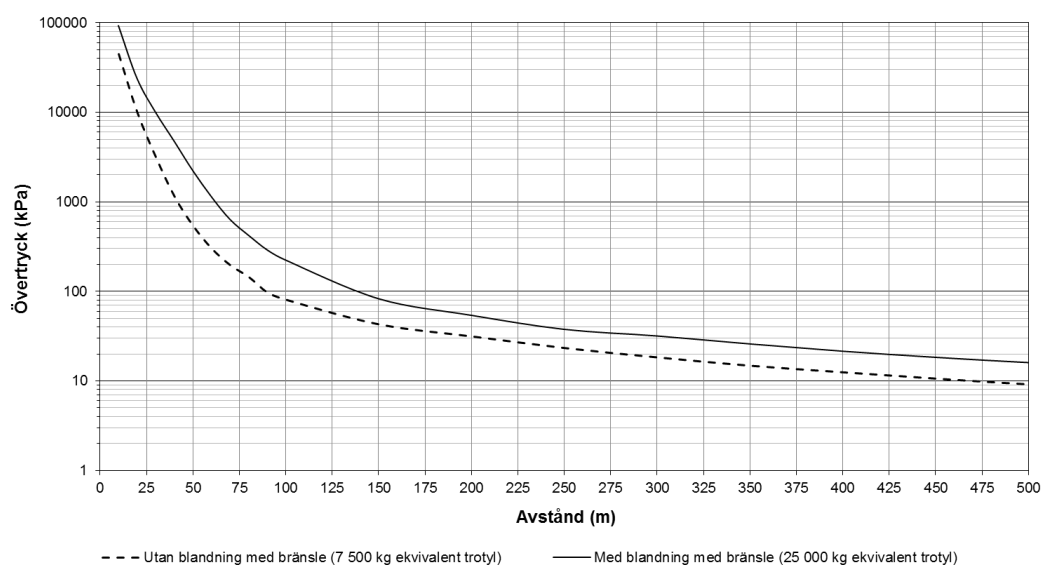
Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

- 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 /12/* och som beskrivs i avsnitt 2.3.1.

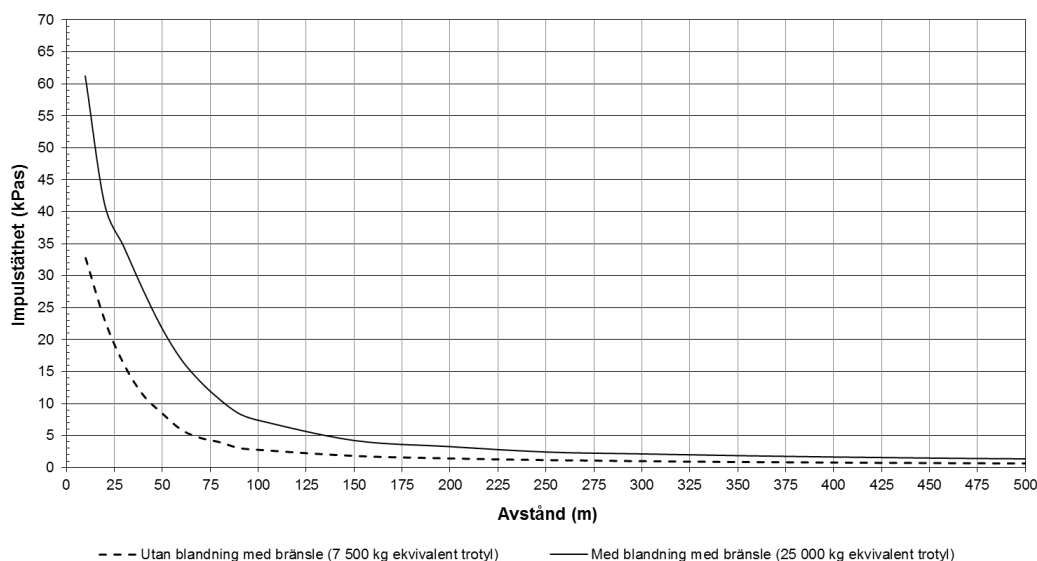
I figur B.8 och figur B.9 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av $1,8 \cdot X$ kg i fri luft. För byggnader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

Max övertryck vid explosionsartat brandförlopp klass 5



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

Impulstäthet vid explosionsartat brandförlopp klass 5



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

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

Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.2 respektive avsnitt 3.3.1.

Resultat

I tabell B.12 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario med ämne ur klass 5.

Tabell B.12. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

3.4 Olycka med farligt gods på Magelungsvägen

3.4.1 Klass 2.1 Brännbara gaser

Metodik

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

- **Jetflamma:** omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- **Gasmolnexplosion:** fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- **Exploderande gasflaskor:** Motsvarande explosion då gasflaskor utsätts för en utbredd brand.

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. Utsläppssimuleringarna har utförts för lastbil med gasflaskor, total mängd ca 20 ton tryckkondenserad gas fördelat i flaskor om 10-45 kg per flaska. Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol. I tabell B.13 redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B.13. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

Faktor	Gasolflaska
Lagringstemperatur	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C
Tankdiameter	0,3 m
Tanklängd	0,5 m
Tankfyllnadsgrad	80 %
Tankens tomma vikt	10 kg
Designtryck	10 bar övertryck
Bristningstryck	4 x designtrycket
Luftryck	760 mmHg
Väder	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
Omgivning	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar /13/:

Gasflaskor

- Litet utsläpp: 3,3 kg/s (avslagen flaskventil på en flaska)
- Stort utsläpp: 16,5 kg/s (avslagen flaskventil på 5 flaskor)

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

Bedömningskriterier

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

Utomhus: I tabell B.14 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /10/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. Det uppskattas grovt att motsvarande för de som får 2a-3:e gradens brännskada är ca 50 %.

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

Resultat

I tabell B.14 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

Tabell B.14. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse ca 50-75 % reduktion	
		bredd	längd	bredd	längd
Liten jetflamma	5 % inomhus	24	24	24	5-15
	50 % utomhus	24	24	24	5-15
Liten gasmolnsexplosion	5 % inomhus	85	45	85	10-25
	50 % utomhus	85	45	85	10-25
Stor jetflamma	5 % inomhus	55	55	55	15-30
	50 % utomhus	55	55	55	15-30
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus	95	60	95	15-30
	50 % utomhus	95	60	95	15-30
Exploderande gasflaskor	5 % inomhus	30	15	30	5-10
	50 % utomhus	30	15	30	5-10

3.4.2 Klass 3. Brandfarliga vätskor

Metodik

När det gäller vägtransporter kommer nedanstående scenarier studeras. I övrigt gäller samma metodik som redovisas i avsnitt 3.3.4.

- Liten pölbrand: 50 m²
- Medelstor pölbrand: 200 m²
- Stor pölbrand: 400 m²
- Tankbilsbrand ca 300 MW /15/ (antas grovt motsvara stor pölbrand, exkl. pölradie)

Med hjälp av samband i avsnitt 3.3.4 och förutsättningar ovan har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de olika pölbrandscenarierna (se tabell B.15).

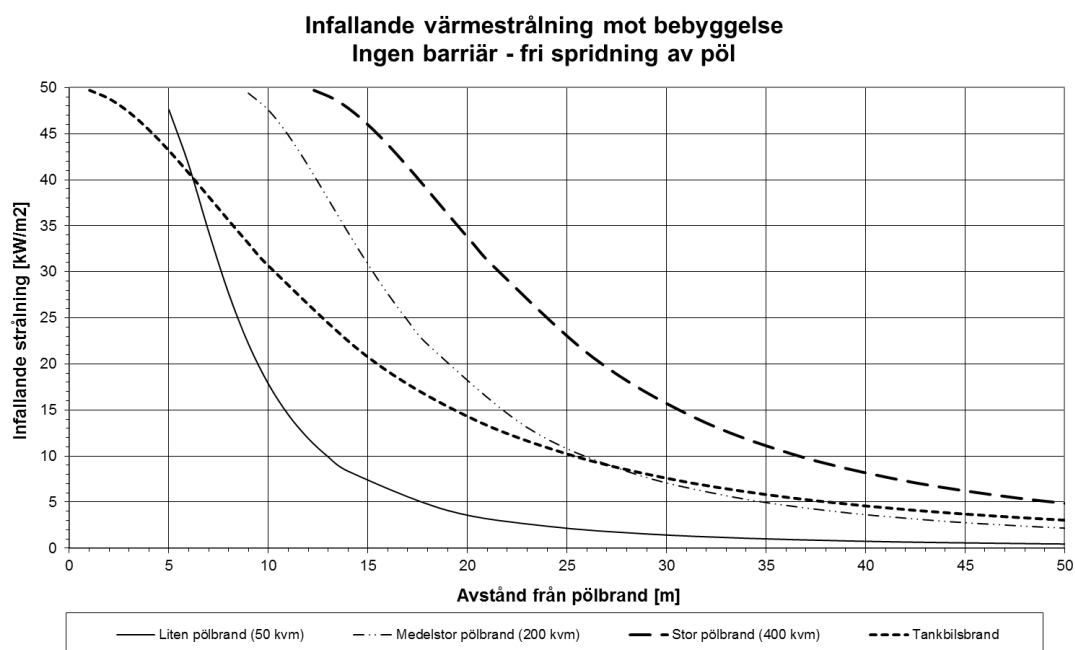
Tabell B.15. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

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	50	50 000	8,0	8,0	49,8
Medelstor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Stor pölbrand / Tankbilsbrand	400	400 000	22,6	22,6	37,7

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.10 (cirkulär brand utan barriär). Strålningen har beräknats på halva flammans höjd.

Enligt tabell B.15 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större pölbränder. Soten och röken döljer själva flammen och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmestrålningen. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.

I figur B.10 beaktas även pölarnas radie (ej för scenariot tankbilsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.



Figur B.10. Infallande strålning som funktion av avståndet från cirkulär pölbrand respektive tankbilsbrand vid fri spridning utan avskärmande barriär.

Bedömningskriterier

Se avsnitt 3.3.4.

Resultat

I tabell B.16 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario utifrån figur B.10.

Tabell B.16. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
		<i>Oskyddad bebyggelse</i>
Liten pölbrand	5 % <u>inomhus</u>	11
	100 % <u>utomhus</u>	7
	50 % <u>utomhus</u>	11
	5 % <u>utomhus</u>	13
Medelstor pölbrand	5 % <u>inomhus</u>	22
	100 % <u>utomhus</u>	13
	50 % <u>utomhus</u>	22
	5 % <u>utomhus</u>	25
Stor pölbrand	5 % <u>inomhus</u>	30
	100 % <u>utomhus</u>	18
	50 % <u>utomhus</u>	30
	5 % <u>utomhus</u>	36
Tankbilsbrand	5 % <u>inomhus</u>	20
	100 % <u>utomhus</u>	7
	50 % <u>utomhus</u>	20
	5 % <u>utomhus</u>	25

4. Beräkning av antal omkomna

4.1 Resultat

I tabell B.17 redovisas beräknat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 2) inom det studerade området (aktuella planområden samt kringliggande bebyggelse).

Konsekvensberäkningarna har konservativt utförts för ett scenario där maximalt personantal förväntas vistas inom områden med bostadsbebyggelse. För Farsta idrottsplats har konsekvensberäkningarna utgått från en fördelning mellan fullsatt område och ett normaldygn. Siffrorna i tabell B.17 redovisas dock för maxbelastning även inom Farsta idrottsplats vilket är konservativt då detta endast bedöms inträffa en mindre del av året.

Tabell B.17. Beräknade konsekvenser – antal omkomna vid olycka på Nynäsbanan.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
1. Urspårning						
Urspårning persontåg, dim.scenario min	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, dim.scenario max	0	0	0	0	0	0
Urspårning persontåg, worst case scenario	0	0	0	0	1	1
Urspårning godståg, dim.scenario min	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, dim.scenario max	0	0	0	0	0	0
Urspårning godståg, worst case scenario	0	0	0	0	0	0
2. Brand i godståg						
Stor tågbrand (100 MW)	0	0	0	0	0	0
Mycket stor tågbrand (200 MW)	0	0	0	0	0	0
3. Olycka vid transport av farligt gods på Nynäsbanan						
Klass 1.1 Massexplosiva ämnen						
500 kg massexlosion	6	0	6	2	0	2
2 000 kg massexlosion	49	1	50	30	0	30
25 000 kg massexlosion	288	20	308	224	6	230
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnexplosion	0	0	0	0	0	0
Stor jetflamma	1	3	4	0	0	0
Stor gasmolnexplosion	9	9	18	3	2	5
BLEVE	49	30	79	43	23	66
Klass 2.3 Giftig gas						
Litet utsläpp	0	1	1	0	0	0
Stort utsläpp	216	100	316	148	86	234

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna					
	Utförandealternativ			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Klass 3 Brandfarlig vätska						
Liten pölbrand	0	0	0	0	0	0
Stor pölbrand	0	0	0	0	0	0
Godsvagnsbrand	0	0	0	0	0	0
Klass 5 Oxiderande ämnen						
Explosionsartat brandförlopp utan blandning (motsvarande 7500 kg massexplosion)	157	1	158	135	1	136
Explosionsartat brandförlopp med blandning (motsvarande 25000 kg massexplosion)	288	20	308	224	6	230
Brandunderstödande brandförlopp (motsvarande mycket stor brand i godståg)	0	0	0	0	0	0
3. Olycka vid transport av farligt gods på Magelungsvägen						
Klass 2.1 Brännbar gas						
Liten jetflamma	0	0	0	0	0	0
Liten gasmolnexplosion	2	4	6	2	2	4
Stor jetflamma	2	4	6	1	2	3
Stor gasmolnexplosion	5	7	12	3	3	6
Exploderande gasflaskor	0	0	0	0	0	0
Klass 3 Brandfarlig vätska						
Liten pölbrand	0	0	0	0	0	0
Medelstor pölbrand	0	0	0	0	0	0
Stor pölbrand	0	0	0	0	0	0
Tankbilsbrand	0	0	0	0	0	0

Bilaga C - Riskberäkningar

Uppdragsnamn Nykroppagatan, Stockholms kommun		
Uppdragsgivare Svenska Hem Entreprenad	Uppdragsnummer 109340	Datum 2019-10-01
Handläggare Patrick Ahlgren	Egenkontroll PAN 2019-10-01	Internkontroll EMM 2019-10-01

1. Inledning

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

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

2. Beräkning av individrisk

2.1 Metodik

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

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

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

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

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

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

2.2 Bedömningskriterier

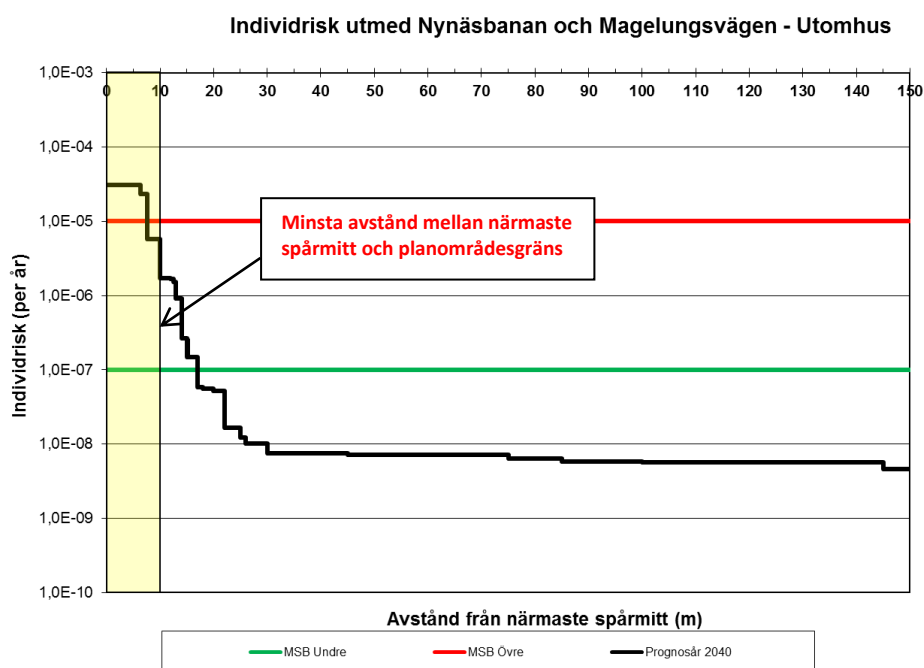
Den beräknade individrisken kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk* /1/, se avsnitt 5.1 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammen nedan.

2.3 Resultat

I figur C.1 redovisas individrisken (sammanslaget riskbidrag från Nynäsbanan och Magelungsvägen) för det studerade planområdet och dess omgivning som funktion av avståndet till riskkällan. Avståndet i diagrammet utgår från spårmittpå järnvägens närmaste spår.

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

Individrisken redovisas för prognosår 2040.



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

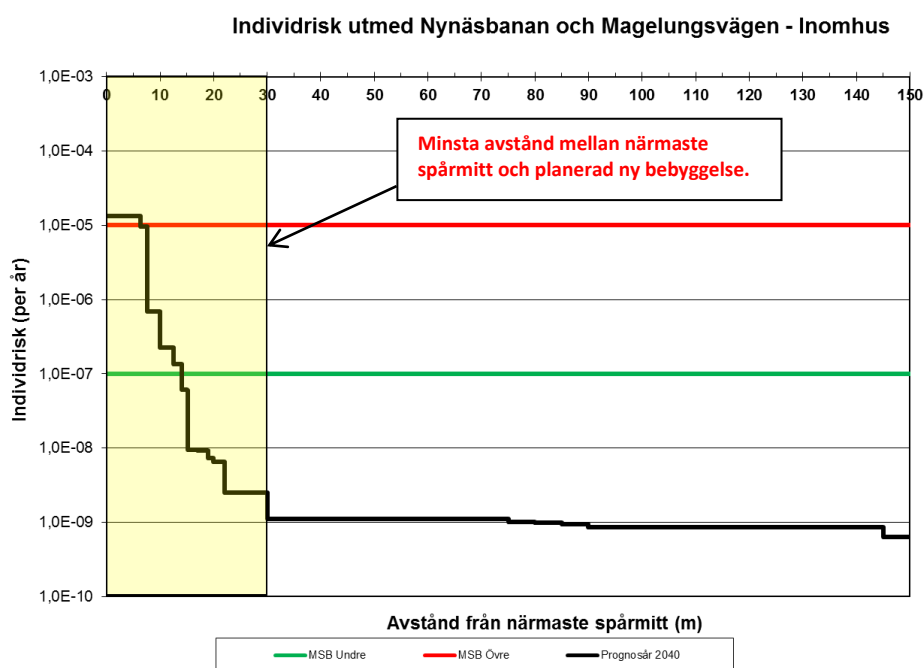
Utan hänsyn tagen till bebyggelse och andra avskärmande barriärer inom planområdet.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

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

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

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

Individrisken redovisas för prognosår 2040.



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

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

3. Beräkning av Samhällsrisk

3.1 Metodik

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

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

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

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

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

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

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

3.2 Bedömningskriterier

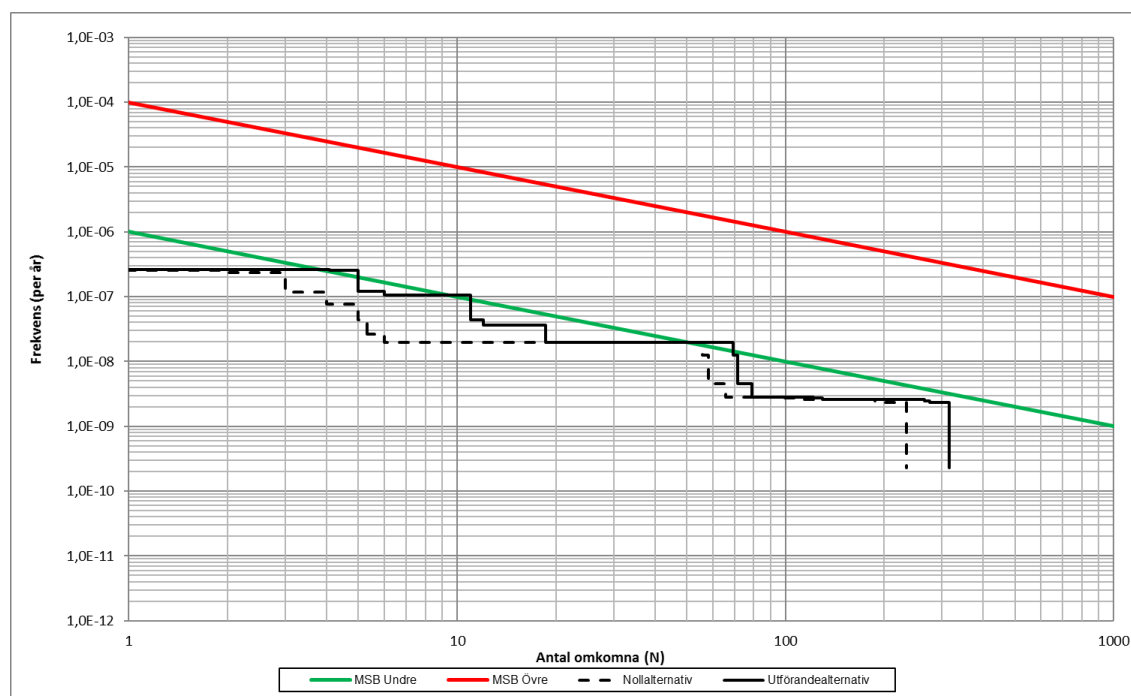
Den beräknade samhällsrisk kommer att värderas utifrån de kriterier för acceptans av risk som redovisas i *Värdering av risk /1/*, se avsnitt 5.1 i huvudrapporten. Riskkriterierna redovisas även i diagrammet nedan.

3.3 Resultat

3.3.1 Samhällsrisk utan åtgärder

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

Samhällsrisk redovisas för prognosår 2040.



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

3.3.2 Samhällsrisk med åtgärder

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

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

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

Planering och placering av ny bebyggelse samt markanvändning

Ny bebyggelse ska placeras så att avstånden är minst 30 meter till närmaste spår, mätt från spårmittpunkt.

Åtgärden eliminerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för olycksrisker med skadeavstånd som understiger skyddsavstånden samt reducerar antalet omkomna inom ny bebyggelse för övriga olycksrisker. Åtgärden har störst effekt på olycksscenariot urspårning där konsekvenserna elimineras för en klar majoritet av potentiella skadescenarier. Studerad situationsplan medger bebyggelse ca 30 meter från närmaste järnvägsspår. Åtgärdsförslagen har därför beaktats i riskberäkningarna och innebär ingen förändring i förhållande till utförda beräkningar.

Ytor mellan ny bebyggelse och Nynäsbanan ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Åtgärden reducerar antalet omkomna utomhus för olycksrisker med skadeavstånd som understiger dessa avstånd samt reducerar antalet omkomna utomhus för övriga olycksrisker. Riskberäkningarna har utförts konservativt där minsta avstånd till ytor för stadigvarande vistelse inom planområdet är 30 meter. Åtgärden bedöms därmed minska de beräknade konsekvenserna eftersom ytor för stadigvarande vistelse kommer placeras i skyddade lägen. Det antas grovt att åtgärderna reducerar antalet omkomna utomhus med 50 % inom planområdet vid olycka med farligt gods på Nynäsbanan.

Byggnadstekniska åtgärder

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

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

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

Skydd mot brand

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

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

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

För aktuell situationsplan, med hänsyn till föreslagen bebyggelsestruktur, så bedöms åtgärderna ha en relativt hög reducerande effekt eftersom de omfattar all ny bebyggelse som vetter direkt mot järnvägen inom ovanstående skyddsavstånd. Inom de delar där åtgärder vidtas antas det att konsekvenserna reduceras med 100 % vid tågbrand och olycka med brandfarliga vätskor samt vid olycka med brännbara gaser. Övrig ny bebyggelse skyddas av framförliggande bebyggelse. Riskreducerande effekt utomhus antas vara 0 %.

Skydd mot gaser

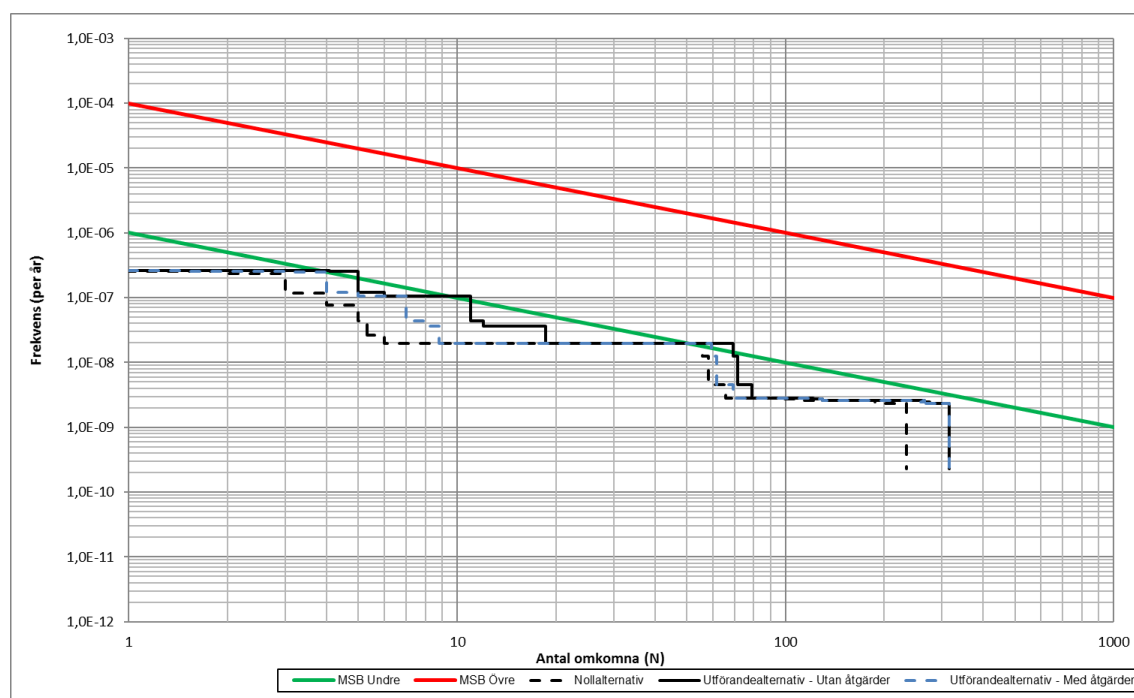
För bostadshus gäller följande med hänsyn till gällande avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd:

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

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

Sammanvägning

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



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

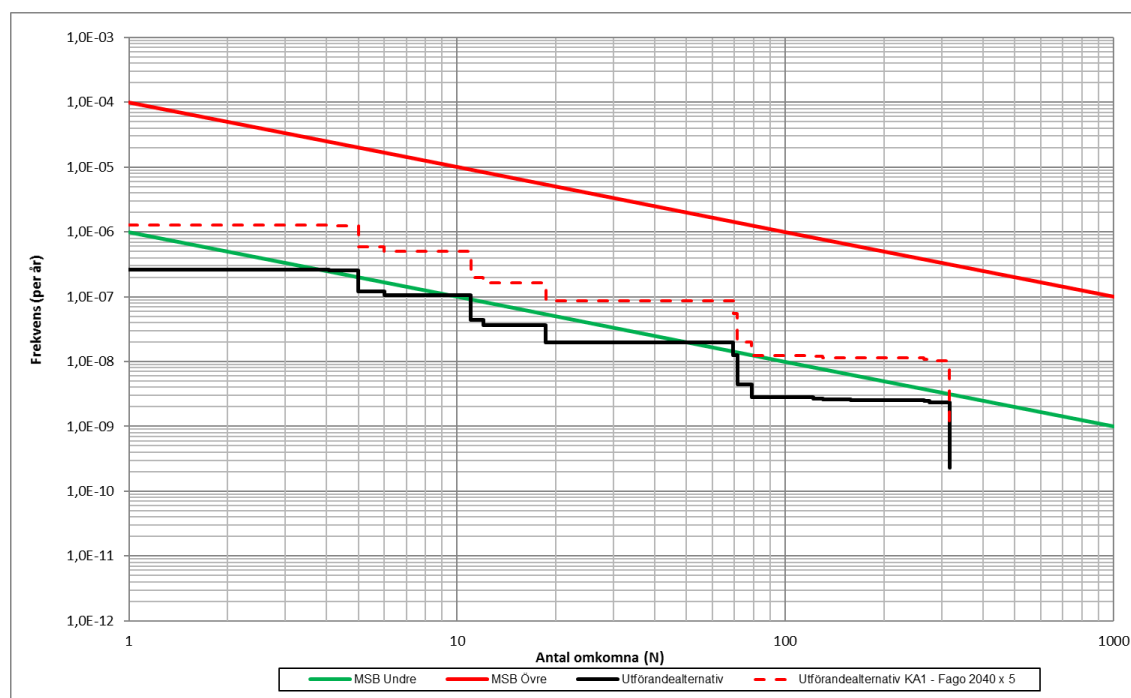
4. Känslighetsanalys

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

4.1 Känslighetsanalys 1 – Förändrat antal farligt godsvagnar

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

I figur C.5 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 1.



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

4.2 Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetod

Statistiksamling för järnvägen görs kontinuerligt. Trafikanalys gör varje år en sammanställning avseende bantrafikskador samt bantrafik som utgör en del av den officiella statistiken. I hela Sverige har det i närtid (2006–2015) inträffat 91 urspårningar vid tågrörelse på järnväg /2/. Det sammanlagda trafikarbetet under åren 2006–2015 kan utifrån statistiken i uppskattas till totalt ca 140 miljoner tågkilometer, varav persontrafiken står för ca 100 miljoner tågkilometer per år och godstrafiken står för ca 40 miljoner tågkilometer per år /3/.

Sannolikheten för en tågurspårning i medeltal (oberoende av bankaraktär och tågtyp) blir då ca $6,5 \times 10^{-8}$ per tågkilometer. Denna siffra ligger relativt nära värden presenterade i *UIC Code 777-2 R /4/* (Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär beräknade urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $2,7 \times 10^{-8}$ per tågkm, se bilaga A) och tar vidare ingen hänsyn till specifika korrelationer såsom exempelvis växlars förväntade påverkan på urspårningsfrekvensen. Jämförelsen indikerar att metodik enligt *UIC Code 777-2* återger rimliga resultat.

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

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

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

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

Vid passage över en växel kan urspårning även ske p.g.a. felfaktorer förknippade med växeln. Utöver ovanstående faktorer bör därför även följande faktorer beaktas (det har identifierats en växel i anslutning till det aktuella planområdet):

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

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

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

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

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

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

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

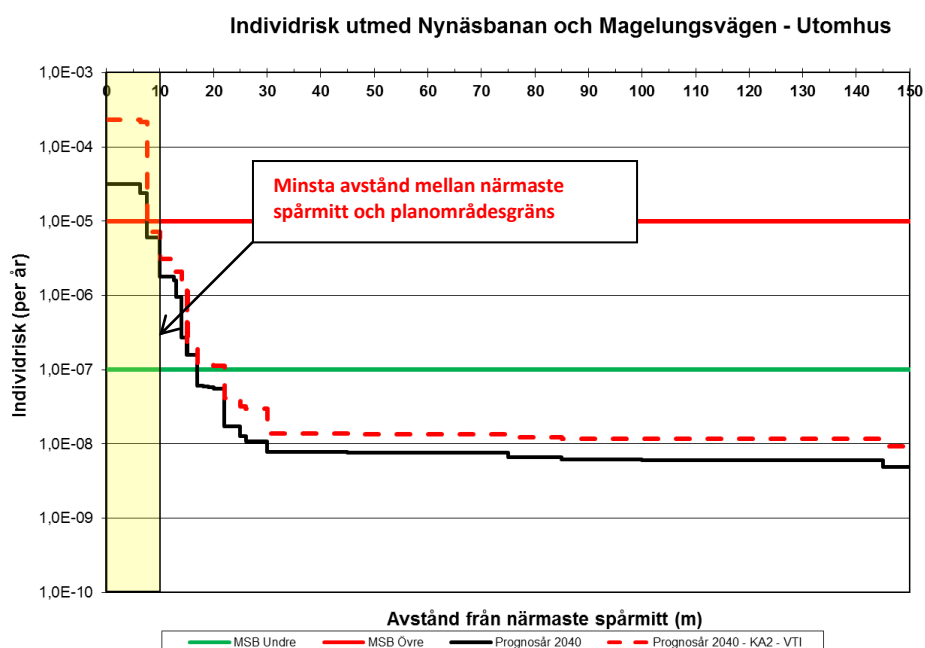
Tabell C.1. Urspårningsfrekvens beräknad enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.

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

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

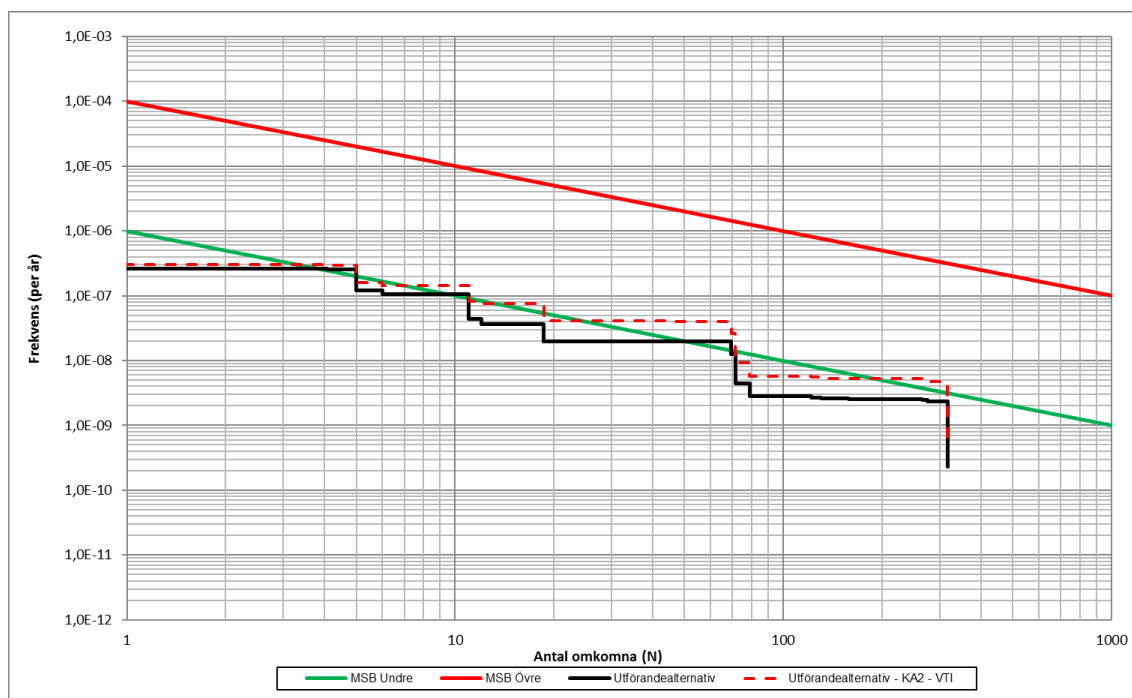
I figur C.6 och figur C.7 redovisas resultatet av Känslighetsanalys 2.

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



Figur C.6. Individrisk för oskyddad person utomhus som funktion av avståndet från Nynäsbanan (mätt från närmaste spårmit).

Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

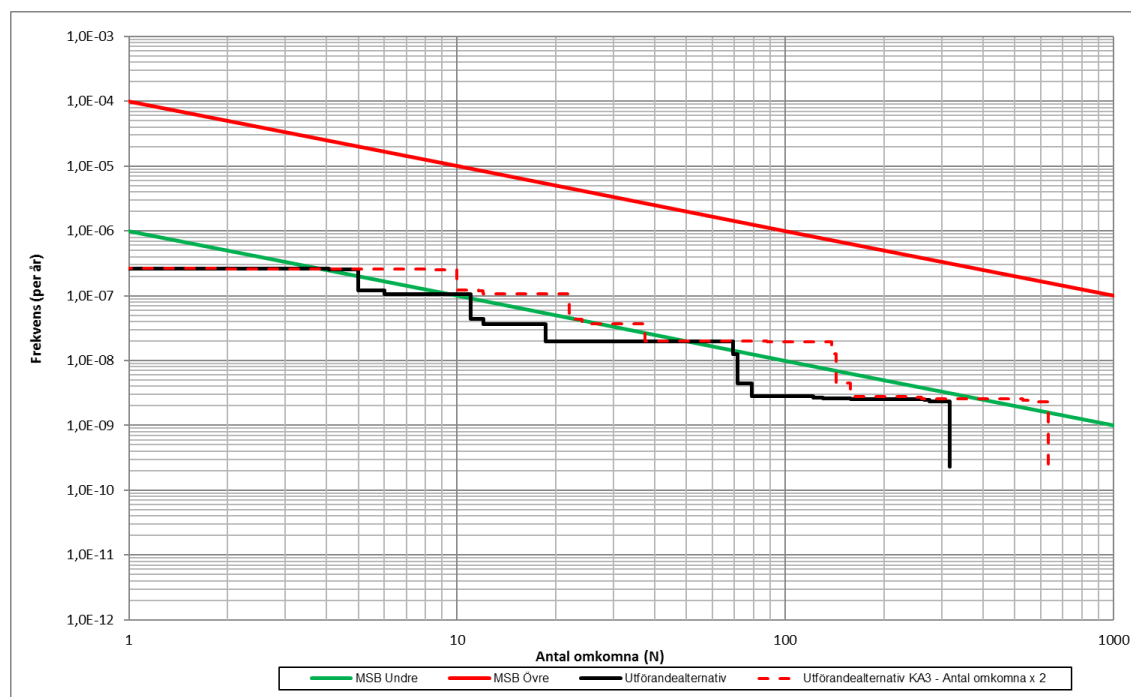


Figur C.7. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån med avseende på skadescenarier på Nynäsbanan och Magelungsvägen i anslutning till aktuellt planområde. Känslighetsanalys 2 – Förändrad beräkningsmetodik.

4.3 Känslighetsanalys 3. Förändrade konsekvenser

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

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



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