

Riskbedömning detaljplan Hagsätra idrottshallar

Stockholm stad

DOKUMENTINFORMATION

Beställare: Fastighetskontoret
Kontaktperson: Johan Elfving
Uppdragsnamn: Riskbedömning detaljplan Hagsätra idrottshallar
Uppdragsnummer: 1052-101

Uppdragsledare: Elin Edman 

Kvalitetsgranskning: Henrik Mistander 

Status: Slutgiltig handling

Version 1: 2023-08-24

SAMMANFATTNING

Structor Riskbyrå har fått i uppdrag av Fastighetskontoret att genomföra en riskbedömning för detaljplan Hagsätra idrottshallar inom västra Hagsätra där nya idrottshallar planeras.

Syftet med uppdraget är att utarbeta ett underlag till bedömningen om lämplig markanvändning enligt de krav som ställs i Plan- och bygglagen, med beaktande av olycksrisker med påverkan på människors hälsa och säkerhet. Målet är att analysera olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods och verksamheter i närområdet, samt utifrån analysens resultat ge förslag på riskhanteringsstrategier och riskreducerande åtgärder.

Denna riskbedömning har baserats på kvantitativa analyser som beaktar riskmåttens individrisk och samhällsrisk. Individrisk är sannolikheten (ofta presenterad som frekvensen per år) för att en person som ständigt befinner sig på en specifik plats omkommer, medan samhällsrisk utgörs av sannolikheten för att ett visst antal personer omkommer till följd av en olycka.

Den nya bebyggelsen inom detaljplanen är lokaliserade på ett avstånd från Nynäsbanan där individrisken är att beakta som inom ALARP-området vilket medför att alla rimliga riskreducerande åtgärder ska genomföras. Även beräknad samhällsrisknivån för området i sin helhet befinner sig delvis i den nedre delen av ALARP-området, vilket även det medför att alla rimliga åtgärder ska vidtas. Till följd av beräknade risknivåer föreslås följande riskreducerande åtgärder:

- För idrottshallen finns idag en naturlig höjdskillnad/bergsskärning på mer än 1,5 meter mellan spår och planerat läge för idrottshallens fasad. Bevaras denna höjdskillnad vid etablering av idrottshallen föreslås ingen ytterligare skyddsbarriär (ex. mur) mot spår mellan idrottshall och spår. Om höjdskillnaden till spår minskar till <1,5 m föreslås att skyddsbarriär (ex. mur) mellan spår och idrottshall uppförs, så att idrottshallen ej påverkas mekaniskt i händelse av ett urspåret tåg.
- Byggnaden utformas med utrymningsvägar som möjliggör utrymning bort från järnvägen.
- Entré till byggnaden riktas bort från järnvägen.
- Området mellan bebyggelse och Nynäsbanan utformas så att stadigvarande vistelse inte uppmuntras.
- Friskluftsintag riktas bort ifrån järnvägen.
- Fasad (inklusive dörrar och fönster) som löper mot järnvägen utförs med lägst brandteknisk klass EI30.
- Dörrar i fasad mot järnväg tillåts som alternativ väg för utrymning (ej entré) och teknikutrymmen.
- Inga öppningsbara fönster i fasad mot Nynäsbanan.

Sammanfattningsvis visar riskbedömningen att föreslagen markanvändning kan anses vara lämplig vad gäller olycksriskpåverkan, givet att föreslagna åtgärder vidtas.

INNEHÅLL

1. Inledning.....	2
1.1. Syfte och mål.....	2
1.2. Avgränsningar	2
1.3. Underlagsmaterial	2
1.4. Disposition	2
2. Områdesbeskrivning.....	4
2.1. Planområde och planerad markanvändning.	4
2.2. Omgivning	5
3. Omfattning av riskhantering	7
3.1. Kravbild.....	7
3.2. Metod och genomförande	8
4. Riskidentifiering	11
4.1. Transporter med farligt gods	11
4.2. Verksamheter	11
5. Riskanalys & riskvärdering	12
5.1. Transporter av farligt gods	12
5.2. Osäkerheter och känslighetsanalys	14
6. Åtgärder.....	17
6.1. Riskreducerande åtgärder	17
6.2. Lämpliga riskreducerande åtgärder baserat på aktuell riskbild.....	19
7. Slutsats.....	21
Referenser	22
Bilaga A Olycksscenarier.....	23
Bilaga B Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods – indata och metod.....	24
Bilaga C Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods	31
Bilaga D Riskuppskattningar för pölbrand.....	39
Bilaga E Beräkning av risknivåer för olycka med farligt gods.....	45
Referenslista Bilaga A-E.....	52

1. INLEDNING

Structor Riskbyrån har fått i uppdrag av Fastighetskontoret att genomföra en riskbedömning för detaljplan Hagsätravägen.

1.1. Syfte och mål

Syftet med uppdraget är att utarbeta ett underlag till bedömningen om lämplig markanvändning enligt de krav som ställs i Plan- och bygglagen, med beaktande av olycksrisker med påverkan på människors hälsa och säkerhet.

Målet är att analysera olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods och verksamheter i närområdet, samt utifrån analysens resultat ge förslag på riskreducerande åtgärder.

1.2. Avgränsningar

Uppdraget är avgränsat till att behandla tekniska olycksrisker med en direkt påverkan på människors hälsa och säkerhet. Hänsyn tas inte till attentat eller händelser som genomförs med uppsåt.

Ishallens kylmedium inkluderas inte i denna riskbedömning, utan den kommer att analyseras inom ramen för anläggningens detaljprojektering.

1.3. Underlagsmaterial

Följande underlagsmaterial har funnits tillgängligt vid genomförandet av denna riskbedömning:

- Risk PM – Inventering av farligt godstransporter förbi planområde Hagsätra Stockholm. Briab, 2022-03-25
- Riskutredning Hagsätra Rågsved, Sweco, 2017-03-08
- Riskbedömning Hagsätravägen, Structor Riskbyrån, 2023-01-30

Övriga underlagsmaterial som använts vid riskbedömningen refereras till löpande i texten.

1.4. Disposition

Riskbedömningen har lagts upp enligt följande:

Kapitel 1 omfattar bakgrund och introduktion till uppdraget.

Kapitel 2 ger en beskrivning av området och dess omgivning. Detta ger en bild av kommande markanvändning samt fungerar som underlag till riskidentifieringen.

- Kapitel 3 beskriver kravbild och uppdragets omfattning av riskhantering samt vilket metodval som gjorts.
- Kapitel 4–6 omfattar en riskidentifiering, riskanalys och värdering av erhållna risknivåer samt en osäkerhetshantering av dessa. Vid behov anges förslag på åtgärder.
- Kapitel 7 redovisar slutsatser och fortsatt arbete.



Figur 2. Vy från Hagsätra IP.

2.2. Omgivning

Planområdet ingår i det större stadsutvecklingsprojektet Fokus Hagsätra Rågsved. I projektet ligger stort fokus på de sociala värdena och att skapa levande stadsdelar som är trygga och jämställda.¹ Den direkta omgivningen utgörs av blandad bebyggelse med en majoritet av bostäder i form av flerfamiljshus samt Hagsätra IP.

Längs med planområdets nordöstra sida passerar två järnvägsspår, vilka utgör del av Nynäsbanan, se, Figur 3. Spåren trafikeras av passagerartåg i form av pendeltågstrafik samt godståg. Den största delen av godstransporterna utgörs av transporter till och från Norviks hamn, därutöver sker även godstransporter till verksamheter längs med järnvägen. Delar av godstransporterna utgörs av transporter av farligt gods^{2,3}.



Figur 3. Ungefärlig lokalisering av planområde markerat i gult, Nynäsbanan markerad med blåstreckad linje. (Stockholm stad).

Nordöst om Nynäsbanan och planområdet sträcker sig Magelungsvägen. Nordöst om Magelungsvägen finns ett villaområde.

Nordväst om planområdet på cirka 700 meters avstånd finns Älvsjö industriområde med flertalet verksamheter och en tankstation. Direkt väster om planområdet finns ett grönområde och därefter flerbostadshusen i Hovstagränd. Ytterligare sydväst om området finns bostadsbebyggelse i form av Hagsätra centrum med tunnelbanestation Hagsätra. Söder om planområdet ligger Hagsätra IP.

3. OMFATTNING AV RISKHANTERING

3.1. Kravbild

Att beakta olycksrisker i de avvägningar som görs vid fysisk planering bottnar i krav i Plan- och bygglagen⁴ och Miljöbalken⁵. Kraven innebär att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bland annat människors hälsa och säkerhet samt risken för olyckor, översvämning och erosion.

3.1.1. Miljöbalken

Miljöbalken syftar till att skydda människors hälsa och miljön. Begreppet miljö har i miljöbalken en vid betydelse och inkluderar förutom skyddsvärdet naturmiljö bland annat skyddsvärdena kulturmiljö, egendom och den fysiska miljön i övrigt.

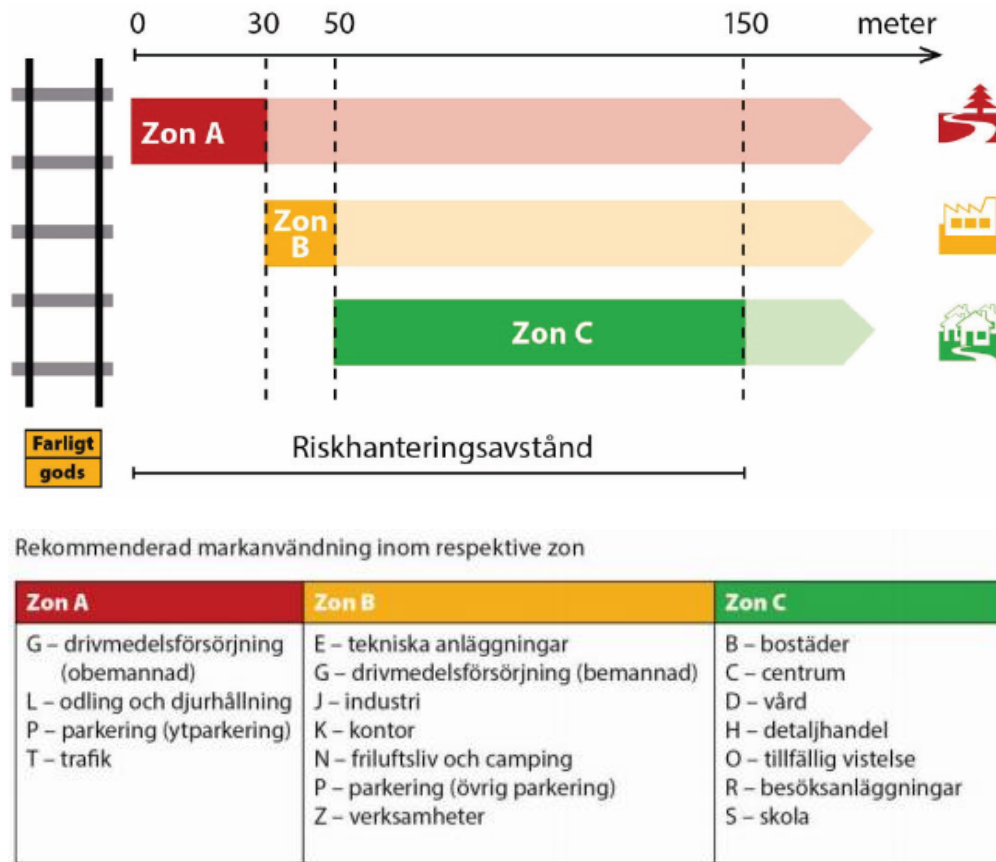
Inga specifika avstånd som behöver upprätthållas mellan en riskkälla och skyddsvärden anges i Miljöbalken eller tillhörande förordningar och föreskrifter. Dock behöver olycksrisker analyseras, värderas och beskrivas. Detta omfattar bland annat beskrivning av en olyckas potentiella påverkan på identifierade skyddsvärden. Vidare utgör denna riskbedömning underlag till den miljökonsekvensbeskrivning som tas fram för detaljplanen.

3.1.2. Plan- och bygglagen

Plan- och bygglagen anger krav på att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bl.a. människors hälsa och säkerhet samt risken för olyckor, översvämning och erosion. Bebyggelse och byggnadsverk ska också utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till bl.a. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser.

3.1.3. Krav på riskhantering intill transporterleder för farligt gods

Länsstyrelserna i Stockholms, Västra Götalands och Skåne län anger i riskpolicyn *Riskhantering i detaljplaneprocessen*⁶ att riskhanteringsprocessen ska beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meters avstånd från en farligt godsled. I *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods*⁷ ger Länsstyrelsen i Stockholms län övergripande riktlinjer avseende skyddsavstånd, se Figur 4.

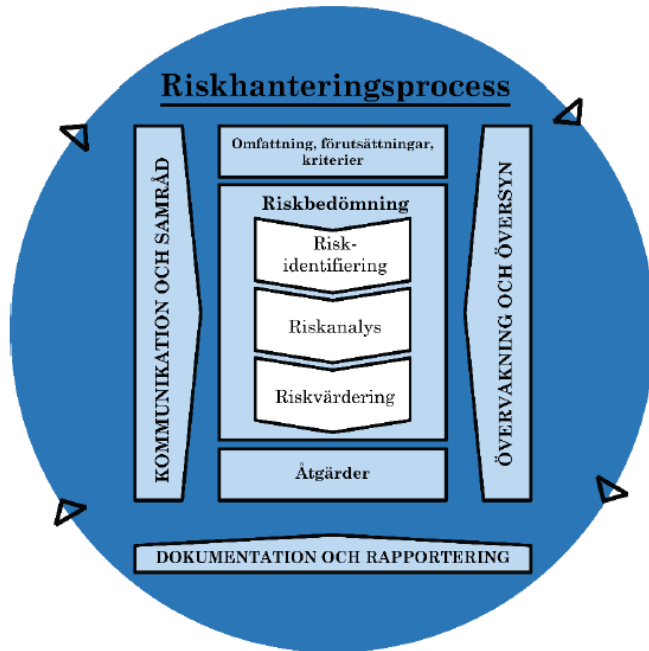


Figur 4. Riskhanteringsavstånd i Länsstyrelsen i Stockholms län riktlinjer.

I riktlinjen anges vidare att riskerna med transporter av farligt gods på vägar som inte utgör rekommenderade transportleder ska beaktas om det är sannolikt att farligt gods kommer transporteras i närheten av det aktuella planområdet, oavsett om transportleden är rekommenderad eller inte.

3.2. Metod och genomförande

För att skapa ett beslutsunderlag avseende hantering av olycksrisker genomförs i detta uppdrag en riskbedömning enligt de principer som presenteras i riskhanteringsprocessen enligt ISO 31 000⁸, se Figur 5. Åtgärder (det sista steget i processen) kräver ett aktivt beslutsfattande. Detta ligger på kommunen genom fastställande av planen och dess planbestämmelser samt genom bygglov. Åtgärder kan även vidtas utanför detaljplanerna, vilket möjliggörs av att olycksriskfrågorna beaktas i ett tidigt skede av respektive process.



Figur 5. Riskhanteringsprocessen anpassad utifrån ISO 31 000. Denna rapport hanterar de delar som benämns "Riskbedömning". Förslag ges också på riskreducerande åtgärder.

3.2.1. Riskidentifiering

Riskidentifieringen omfattar en genomgång av potentiella riskkällor i planområdets omgivning. Identifieringen görs med utgångspunkt i faktiska avstånd respektive rekommenderade skyddsavstånd mellan de olika riskkällorna och planområdet. Nedanstående riskkällor beaktas i riskidentifieringen:

- Transportinfrastruktur

Den transportinfrastruktur som behandlas utgörs primärt av rekommenderade transportleder för farligt gods. Rekommenderade transportleder för farligt gods inom 150 m från planområdet beaktas.

- Riskfyllda verksamheter

En inventering av verksamheter som hanterar ämnen som är klassade som farliga ämnen i ADR-S^a och CLP-förordningen^b i närheten av det aktuella planområdet genomförs. Med hjälp av Länsstyrelsen i Stockholm⁹ görs en inventering av verksamheter utpekade som farliga verksamheter utifrån 2 kap 4§ i Lagen om skydd om olyckor eller som Sevesoverksamheter. Om en verksamhet är en Sevesoverksamhet blir den automatiskt en farlig verksamhet enligt LSO 2:4.

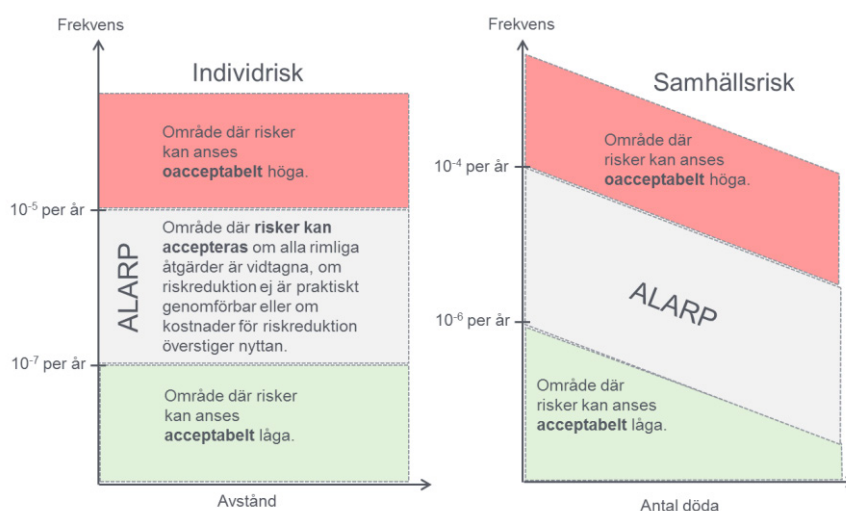
^a ADR är ett Europa-gemensamt regelverk för transport av farligt gods på väg. Svenska versionen heter ADR-S och ges ut av MSB.

^b CLP är en Europa-gemensam förordning som innehåller regler som gäller för klassificering, märkning och förpackning av produkter som innehåller farliga ämnen. Vars syfte är att arbetstagare och konsumenterna ska ges information om kemiska produkters farliga egenskaper.

3.2.2. Riskanalys och riskvärdering

För att värdera riskerna har utgångspunkten varit att göra en kvantitativ analys som beaktar riskmåten individrisk och samhällsrisk. Bedömningen har omfattat riskpåverkan på människa.

- **Individrisk** är sannolikheten (ofta presenterad som frekvensen per år) för att en person som ständigt befinner sig på en specifik plats omkommer. Individrisken är platsspecifik och tar ingen hänsyn till hur många personer som kan påverkas av skadehändelsen. Syftet med riskmättet är att tillse att enskilda individer inte utsätts för icke-tolerabla risker.
- **Samhällsrisk** utgörs av sannolikheten för att ett visst antal personer omkommer till följd av en olycka. Samhällsriskmättet tar hänsyn till befolkningstäthet och studeras över ett område som normalt är en kvadratkilometer stort. Riskens redovisas ofta som en s.k. F/N-kurva som visar den ackumulerade frekvensen (per år) för ett visst utfall mätt i antal döda.



Figur 6. Riskvärderingskriterier anpassade utifrån Värdering av risk¹⁰. ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable) definieras på samma sätt för individ- som samhällsrisk.

För riskvärderingens jämförelse med riskkriterier har de nivåer och principer som föreslås av DNV¹⁰ använts, se Figur 6. Dessa är tillämpbara för de två riskmåten individrisk och samhällsrisk.

3.2.3. Identifiering av riskreducerande åtgärder

Som ett avslutande steg kommer resonemang föras kring riskreducerande åtgärder, baserat på risknivåer och vilken typ av påverkan som kan komma att uppstå i de olika delområdena.

Som utgångspunkt för identifiering av lämpliga riskreducerande åtgärder används bland annat rapporterna *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner*¹¹ och *Transporter av farligt gods – Handbok för kommunernas planering*¹².

4. RISKIDENTIFIERING

Nedan presteras identifierade riskkällor som kan komma att påverka planområdet. Förutom den hantering som sker inom respektive verksamhetsområde omfattas transporter med farligt gods till och från respektive verksamhet.

4.1. Transporter med farligt gods

Nedan beskrivs identifierade riskkällor avseende transportleder för farligt gods.

4.1.1. Väg

Inga vägar inom 150 meter från planområdets delområden är utpekade transportleder för farligt gods. På vägarna kring detaljplanen transporteras således enbart målpunktstransporter av farligt gods. Identifierade målpunktstransporter som kan tänkas passera planområdet sker på Magelungsvägen nordöst om planområdet är transporter av brandfarlig vätska till drivmedelstationer i närområdet maximalt ett par gånger i veckan. Avståndet mellan aktuellt planerad bebyggelse inom detaljplanen till Magelungsvägen uppgår till cirka 50 meter.

4.1.2. Järnväg

På Nynäsbanan som passerar både passagerartåg och godståg förbi planområdet. Majoritet av godstransporterna utgörs av transporter till och från Norviks hamn, men godstransporter sker även till andra verksamheter längs med Nynäsbanan. En del av godstransporterna utgörs av farligt gods. Riskkällan analyseras vidare.

4.2. Verksamheter

Inga verksamheter som är utpekade som farliga verksamheter utifrån LSO 2:4 har identifierats i närområdet. Däremot finns verksamheter som hanterar farliga ämnen vilka presenteras i Tabell 1. Avståndet till Älvsjö industriområde uppgår till 700 meter och avståndet till närmsta drivmedelstationer i Bandhagen/Högdalen överstiger 900 meter. Avstånden till identifierade verksamheter bedöms tillräckliga för att ej ge någon direkt påverkan på planområdet. Risker analyseras inte vidare.

Tabell 1. Identifierade verksamheter i närområdet som hanterar farliga ämnen och analyseras vidare.

Verksamhet
Circle K (Älvsjö industriområde)
Engwall & Claesson (Älvsjö industriområde)
Linde (Älvsjö industriområde)
Svenska Elektrod (Älvsjö industriområde)
Ask Chemicals (Älvsjö industriområde)
Fogas (Älvsjö industriområde)
Circle K (Bandhagen/Högdalen)
Preem automatstation (Bandhagen)

5. RISKANALYS & RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas resultaten av genomförda riskanalys och riskvärdering.

5.1. Transporter av farligt gods

5.1.1. Vägtransporter

Några specifika riskberäkningar för de fåtalet transporter av brandfarlig vätska som eventuellt passerar planområdet på Magelungsvägen görs inte. Avståndet till planerad bebyggelse uppgår till cirka 50 meter och konsekvenserna av en olycka med brandfarlig vätska på Magelungsvägen inte bedöms ge någon annan påverkan på planområdet än järnvägstransporterna på Nynäsbanan som är belägen på ett kortare avstånd till planområdet.

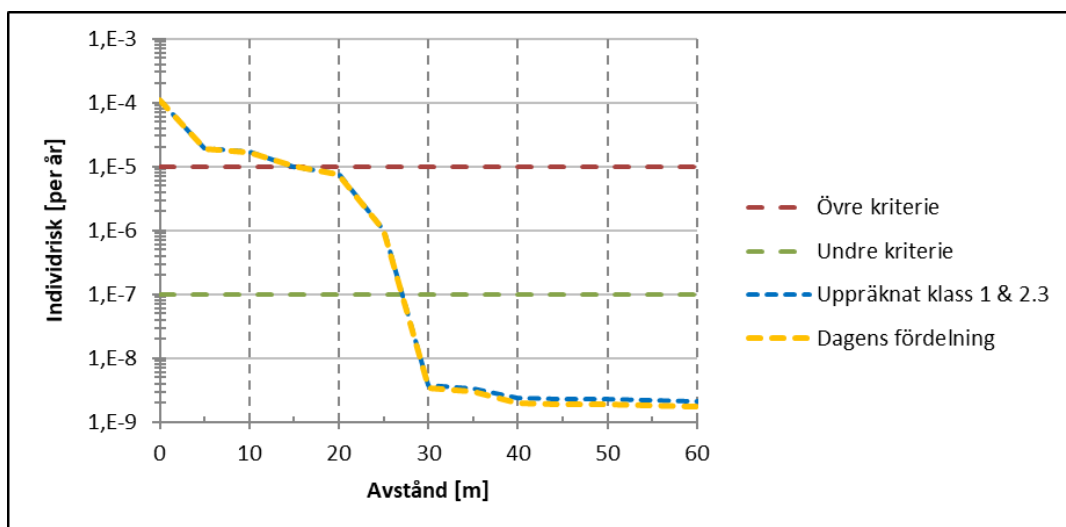
5.1.2. Järnvägstransporter

Mellan Magelungsvägen och planområdet finns Nynäsbanan. På Nynäsbanan förbi planområdet passerar passagerartåg i form av pendeltåg samt godståg. Godstågen går till verksamheter längs med banan och till och från Norvikhamn. Fördelning mellan klasserna av farligt gods som transporteras samt mängderna av farligt gods har erhållits genom kontakt med de verksamheter som har ett anslutande industrispår längs med Nynäsbanan samt genom kontakt med Norviks hamn och Sjöfartsverket. För att beräkna Nynäsbanans riskpåverkan på planområdet beräknas individrisk och samhällsrisk, resultatet av riskberäkningarna ses i avsnitt 5.1.2.1 och 5.1.2.2 nedan. Detaljerad indata till beräkningarna ses i bilaga A, B, C och E.

Närmsta del av idrottshallens fasad planeras att lokaliseras på ett avstånd av 25 meter från Nynäsbanan.

5.1.2.1. Individrisk

Den beräknade individrisken längs med Nynäsbanan presenteras i Figur 7 nedan.



Figur 7. Beräknad individrisk längs med Nynäsbanan.

Den gula linjen i Figur 7 visar individrisken för identifierad fördelning av farligt gods på Nynäsbanan idag. Den blå linjen visar fördelningen men uppräknat med 1 % av klass 1, explosiva ämnen och klass 2.3 giftig gas vilket ej har identifierats transporteras på Nynäsbanan idag men räknas upp för att ta höjd för om fördelningen mellan klasserna av farligt gods skulle bli mer likt ett nationellt snitt i en framtid. Antal tågpassager förbi planområdet är hämtat från Trafikverkets bastrafikprognos för år 2040 på sträckan.

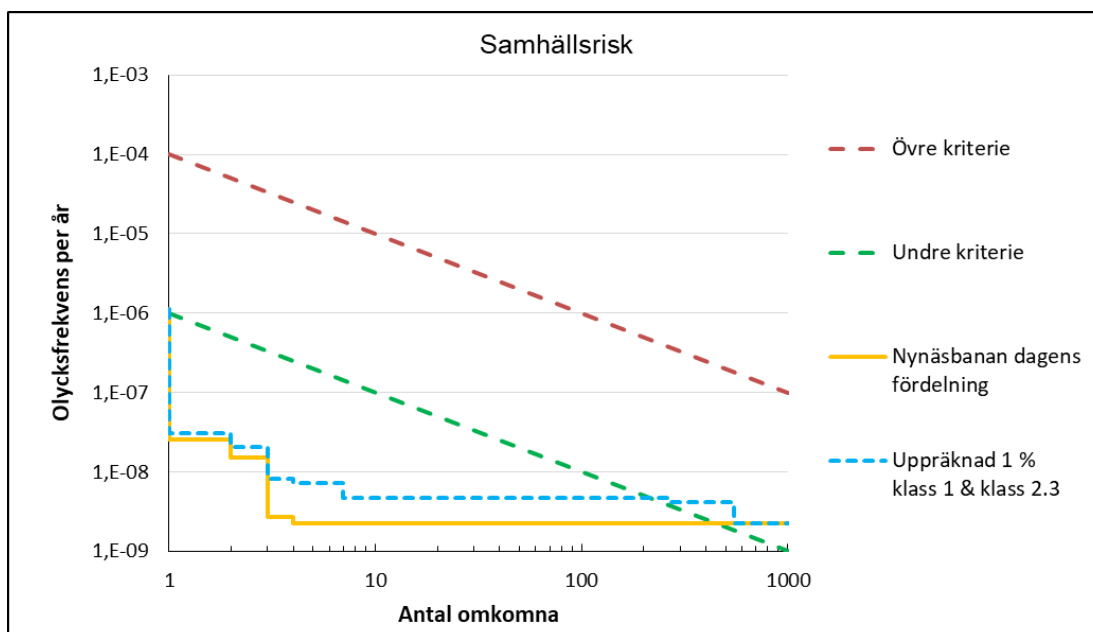
I Området 0-16 meter från Nynäsbanan är individrisken att beakta som oacceptabel hög. I området 16-27 meter från Nynäsbanan är individrisken i ALARP-området.

I ALARP-området ska alla rimliga riskreducerande åtgärder vidtas för att risken ska kunna tolereras. I detta område bör vissa typer av markanvändning undvikas om möjligt, exempelvis markanvändning som omfattar känsliga verksamheter såsom skolor, förskolor och vård.

Bortom 27 meter från Nynäsbanan är individrisken att beakta som acceptabel. Placeringen av Fastighetskontorets is- och idrottshall är planerad till 25 meter från Nynäsbanan. Vilket innebär att alla rimliga riskreducerande åtgärder behöva vidtas på till följd av att individrisknivån är inom ALRAP.

5.1.2.2. Samhällsrisk

I samhällsriskberäkningen beräknas risknivån inom en kvadratkilometer där detaljplanen ingår. Även pågående detaljplan Hagsätravägen och dess 10-delområden har inkluderats i samhällsriskberäkningen. Samhällsriskberäkningen beaktar persontätheten i befintlig och tillkommande bebyggelse (Hagsätravägen och Hagsätra Idrottshallar) i området. Resultatet av samhällsriskberäkningarna ses i Figur 8. Befolkningsdata som nyttjas i till samhällsriskberäkningarna ses i bilaga E..



Figur 8. Resultat av samhällsrisikberäkningarna.

Den gula linjen i Figur 8 visar samhällsrisiken för identifierad fördelning mellan farligt gods klasser på Nynäsbanan idag. Den blå linjen visar dagens fördelning av farligt gods uppräknad med 1 % av explosiva ämnen och 1 % giftig gas. Uppräkningen görs för att ta höjd för att transporter i dessa klasser kan transporteras på järnvägen, då inga transporter i dessa klasser identifierats transporteras på Nynäsbanan idag. Trafikflödet förbi planområdet är hämtat från Trafikverkets bastrafikprognos för år 2040 på sträckan.

Resultatet av samhällsrisikberäkningarna visar att samhällsrisiken befinner sig i den nedre delen av ALARP för de större skadehändelserna (>200 personer omkomna blå linje, > 400 personer omkomna gul linje). Vilket innebär att alla rimliga åtgärder ska vidtas.

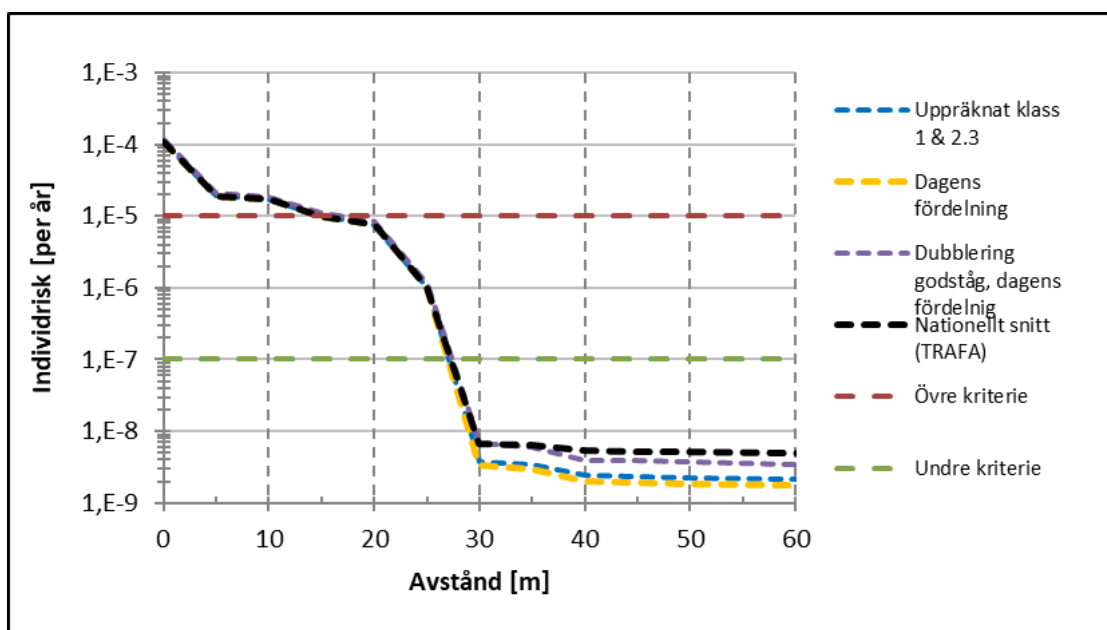
5.2. Osäkerheter och känslighetsanalys

Den genomförda riskanalysen är förknippad med vissa osäkerheter. Dessa osäkerheter behöver beaktas när slutsatser dras och vid beslutsfattande. Analys och slutsatser bygger på prognoser och tillhandahållna uppgifter om verksamheter och transporter av farligt gods.

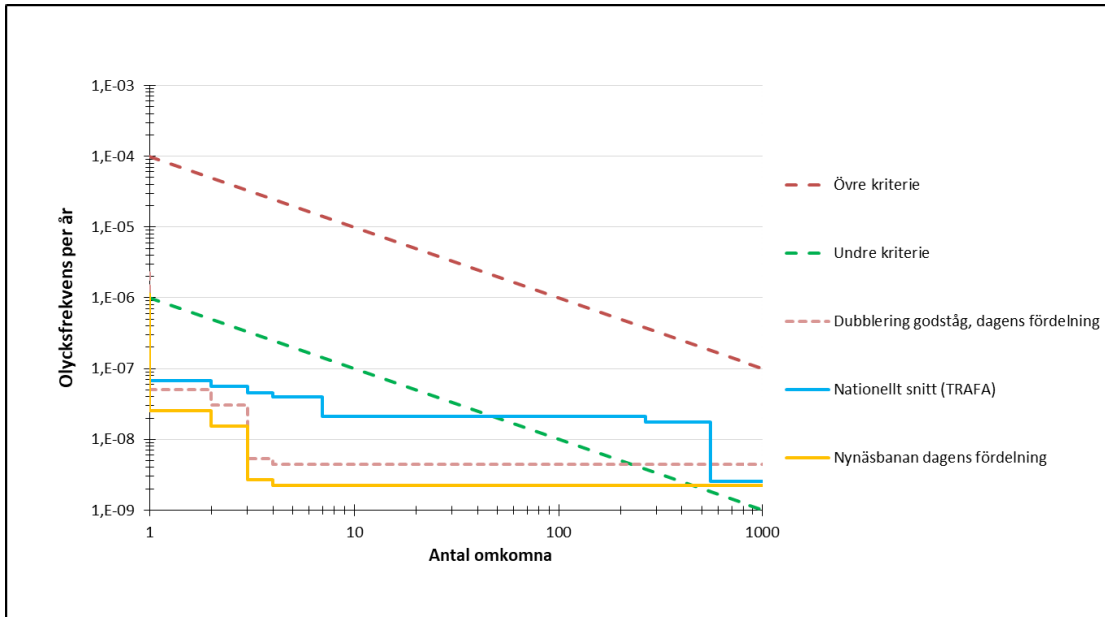
En osäkerhet i riskberäkningarna är framtida transportmängder och fördelning mellan farligt godsklasserna som transporteras på järnvägen. Framtida exploateringar av verksamheter som genererar transporter med farligt gods på järnvägen förbi planområdet är svåra att förutse. Riskberäkningarna redovisas i analysen därför utifrån dagens fördelning mellan farligt gods klasserna samt med en uppräkning av explosiva varor och giftig gas vilket inte transporteras på järnvägen idag. Detta görs för att ta höjd för eventuellt framtida verksamheter som bidrar med transporter i de farligt godsklasserna.

I känslighetsanalysen nedan görs även en jämförelse mot en fördelning mellan farligt godsklasserna enligt det nationella snittet, samt en dubblering av antal godstransporter, se Figur 9 och Figur 10. Vid jämförelse av fördelningen mot nationella snittet ses en ökning av samhällsrisknivån. Det som skiljer aktuell identifierad fördelning på Nynäsbanan mot nationella snittet är klass 2.3 giftig gas samt klass 3 brandfarliga vätskor vilket är de största bidragande faktorerna till skillnaden i kurvorna. För aktuell detaljplan bedöms det vara mer korrekt att nyttja den faktiska identifierade fördelningen förbi planområdet. Vid en dubblering av antal godståg skjuts kurvan enligt förväntat uppåt, det vill säga att olycksfrekvensen ökar vid en ökning av antal godståg.

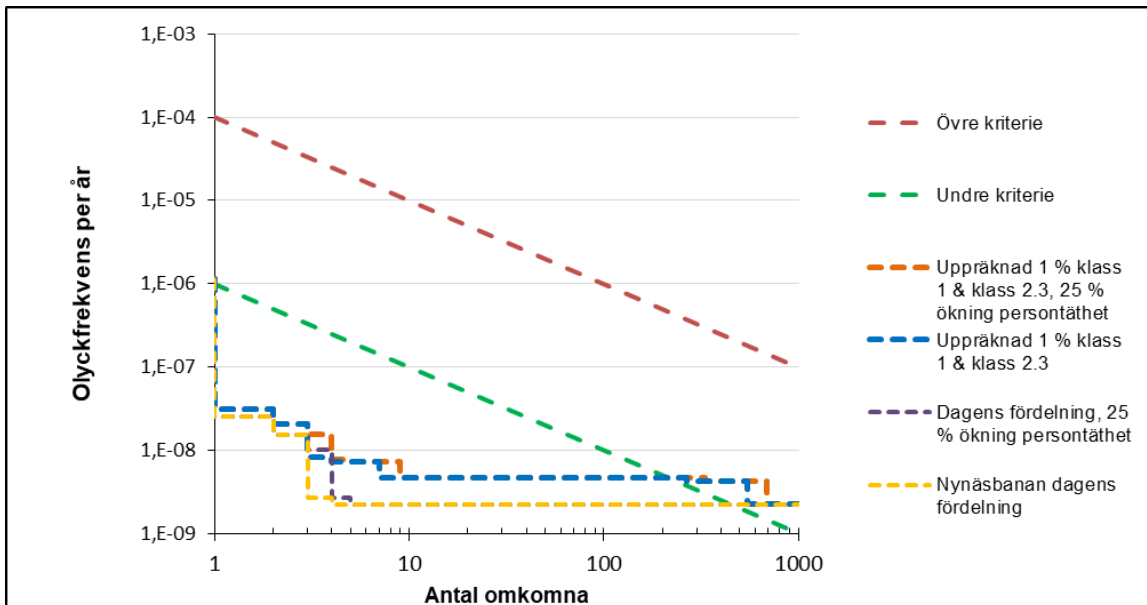
En annan variabel som bedöms vara förknippad med osäkerheter och samtidigt har en påverkan på samhällsriskresultatet är persontätheten. För att undvika att riskerna underskattas har en ansats gjorts till att göra konservativa men rimliga antaganden avseende persontätheten i grundscenarierna. I känslighetsanalysen görs även en beräkning av samhällsrisk med en 25 % ökning av persontätheten, se Figur 11. En förskjutning av kurvan åt höger ses då för huvudanalysens scenarier.



Figur 9. Genomförda känslighetsanalyser av individrisk (svart & lila) samt huvudanalysens individriskkurvor (gul & blå).



Figur 10. Känslighetsanalys av samhällsrisken vid dubblering av antal godståg och dagens fördelning mellan klasserna (streckad rosa) och fördelningen enligt nationella snittet (TRAFAs) mellan farligt gods klasserna (blå), samt huvudanalysens samhällsrisckurva för dagens fördelning mellan farligt godsklasser (gul).



Figur 11. Känslighetsanalys 25 % ökning av persontäthet mot huvudanalysens grundberäkningar av samhällsrisknivån. En förskjutning av kurvorna åt höger ses.

6. ÅTGÄRDER

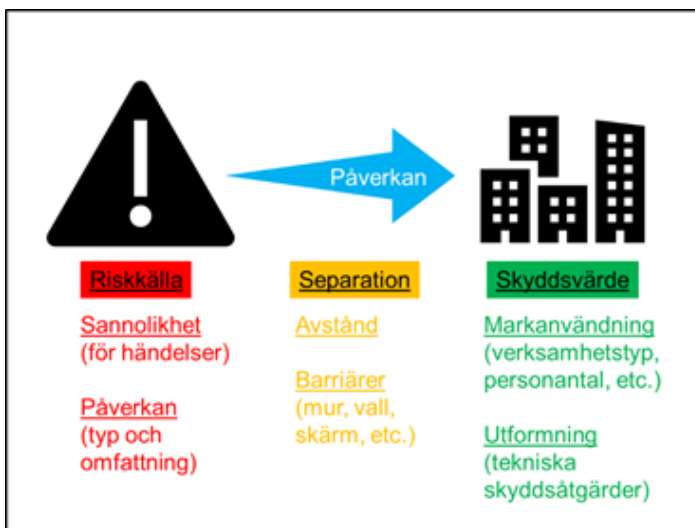
I detta avsnitt förs först ett övergripande resonemang kring riskreducerande åtgärder baserat på de olycksscenarier som bidrar till förhöjda risknivåer därefter föreslås riskreducerande åtgärder för respektive delområde.

6.1. Riskreducerande åtgärder

I detta avsnitt presenteras olika riskreducerande åtgärder som kan tillämpas både för att minska frekvensen för en händelse och dessa konsekvenser.

Principiellt sett kan riskreducerande åtgärder antingen vidtas genom att påverka:

- A. Riskkällan
 - A1. Sannolikhet (för händelser)
 - A2. Påverkan (typ och omfattning)
- B. Separation
 - B1. Avstånd (mellan riskkällan och det skyddsvärda)
 - B2. Barriärer (mur, vall, skärm, etc.)
- C. Skyddsvärde
 - C1. Markanvändning (verksamhetstyp, personantal, etc.)
 - C2. Utformning (tekniska skyddsåtgärder)



Figur 12. Åtgärder kan rikta sig mot en riskkälla, ett skyddsvärde eller en separation mellan de två.

I Tabell 2 - Tabell 4 nedan ges exempel på riskreducerande åtgärder utifrån ovan beskrivna kategorier.

Tabell 2. Möjliga åtgärder för att påverka riskkällan och en bedömning av rådighet att vidta inom aktuell detaljplan.

A – Möjliga åtgärder för att påverka riskkällan	Rådighet att vidta föreslagen åtgärd i aktuell detaljplan
Påverka riskkällan genom utfasning eller minskning av farliga ämnen.	Ingen rådighet att påverka andra verksamheters hantering av farliga ämnen.
Påverka riskkällan genom att minska antal transporter av farligt gods.	Ingen rådighet över att påverka tranposterna på Nynäsbanan.
Påverka riskkällan genom att transporter sker på andra vägar.	Ingen rådighet att styra om transporterna från Nynäsbanan.

Tabell 3. Möjliga åtgärder för att separera riskkällan och det skyddsvärda.

B1 – Möjliga åtgärder för att öka avstånd mellan riskkällan och det skyddsvärda	Rådighet att vidta föreslagen åtgärd i aktuell detaljplan
Öka avstånd mellan riskkällan och tillkommande exploatering.	Rådighet finns.
B2 – Möjliga åtgärder för att skapa barriär mellan riskkällan och det skyddsvärda	
Barriärer så som mur/vall/skärm/dike, mellanliggande bebyggelse, naturliga höjdskillnader och växtlighet. Uppförande av plank, mur eller skärm som utformas för att skydda mot värmestrålning. Skärmen ska vara tätt slutande mot mark och i tät konstruktion som inte släpper igenom värmestrålning. Bäst effekt för skydd mot värmestrålning fås vid placering av plank/vall/mur nära riskkällan.	Placering av mur/vall/dike bör ske nära riskkällan för bäst effekt. Rådighet finns inom detaljplanen men ej på marken som angränsar direkt mot järnvägen. En barriär i form av höjdskillnad mellan Nynäsbanan och planerad idrottshallen finns idag på platsen, där idrottshallen är belägen är höjdskillnaden >1,5 meter. Rådighet att bevara denna höjdskillnad inom detaljplanen finns. Rådighet att uppföra en barriär i form av mur/skärm/vall inom detaljplanen finns. Viss växtlighet på mark mellan Nynäsbanan och detaljplanen finns, men som detaljplanen ej har rådighet över finns.

Tabell 4. Möjliga åtgärder utifrån utformning.

C1. Markanvändning (verksamhetstyp, personantal, etc.)	Rådighet att vidta föreslagen åtgärd i aktuell detaljplan
Påverka vilken typ av verksamhet som exponeras genom att göra förändringar i lokalisering av verksamheter med utgångspunkt i Länsstyrelsens riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, se avsnitt 3.1.3 ^b . Länsstyrelsen anser att kommunen bör lokalisera bebyggelse enligt dessa rekommendationer för att uppnå en god samhällsplanering. Detta görs genom att styra robusta verksamheter till områden närmast riskkällan och mer sårbara verksamheter såsom exempelvis	Detaljplanen ska möjliggöra för en viss typ av markanvändning varpå rådighet inom aktuell detaljplan ej finns.

bostäder, förskola och vård längre bort, sänks samhällsrisken.	
Minska antal exponerade personer genom att minska exploateringsgraden i området närmast riskkällan. Genom att sänka tillfört personantal sänks samhällsrisken.	Ej aktuell. Personantalet i planerad verksamhet som utgjort underlag för analysen har tillhandahållits från de planerade verksamheterna. En begränsning i personantalet är inte aktuellt för planerade verksamheter. Riskreduktion behöver därför hittas via andra åtgärder
C2. Utformning (tekniska skyddsåtgärder)	Rådighet att vidta föreslagen åtgärd i aktuell detaljplan
Brandklassade väggar, fönster och dörrar.	Rådighet finns.
Fasader utförs i obrännbart material.	Rådighet finns.
Ej öppningsbara fönster i fasad närmast riskkällan. Fönster som behöver vara öppningsbara för att möjliggöra fönsterputsning är endast öppningsbara med nyckel/verktyg.	Rådighet finns.
Friskluftsintag ska riktas bort från riskkällan.	Rådighet finns.
Utrymning ska möjliggöras i byggnads sida som vetter bort från riskkällan för att kunna ske på ett säkert sätt.	Rådighet finns.
Inrymning ska möjliggöras för att kunna ske på ett säkert sätt.	Rådighet finns.
Områden i direkt anslutning till riskkällan bör inte exploateras på sådant sätt att ett eventuellt olycksförlopp kan förvärras. Hårda konstruktioner, skarpa föremål eller motsvarande som kan orsaka skada på eventuellt avåkande fordon bör undvikas.	Åtgärden är ej aktuell.
Skydd längs järnväg som hindrar vätska från att rinna från riskkällan mot omgivningen.	Ingen rådighet att vidta åtgärder på/vid spåren finns.

6.2. Lämpliga riskreducerande åtgärder baserat på aktuell riskbild

Utifrån riskanalysen konstateras att riskreducerande åtgärder krävs då beräknade risknivåer befinner sig inom ALARP-området. Analysen av möjliga riskreducerande åtgärder i avsnitt 6.1 ovan visar att de riskreducerande åtgärder som kan vidtas inom aktuell detaljplan är barriär, separation eller tekniska skyddsåtgärder.

Idag finns en höjdskillnad/bergsskärning mellan Nynäsbanan och planerad bebyggelse inom aktuell detaljplan, vilken är större än 1,5 meter. Om höjdskillnaden mellan planerad bebyggelse och Nynäsbanan bevaras, bedöms den utgöra en barriär mot mekanisk påverkan på planerad bebyggelse i händelse av ett urspårat tåg, vilket bedöms ge en tydlig positiv påverkan på beräknad risknivå.

Individriskberäkningen visar att risknivån minskar kraftigt i zonen 20-30 meter från Nynäsbanan. Separation i form av avstånd till riskkällan (Nynäsbanan) från ny bebyggelse inom detaljplanen är som minst 25 meter. Ett ökat avstånd till Nynäsbanan skulle vara en möjlig riskreducerande åtgärd för att hamna på ett avstånd där individrisken är att beakta som acceptabel (27 meter) utan att ytterligare åtgärder vidtas.

Projektet har meddelat att en sådan åtgärd kommer kräva att naturmark i form av en bergkam väster om detaljplaneområdet tas i anspråk. Bevarande av befintlig barriär (höjdskillnad) alternativt uppförande av ny barriär mot riskkällan och tekniska skyddsåtgärder i bebyggelsen bedöms därför vara de praktiskt genomförbara alternativen att vidta som riskreducerande åtgärder.

Följande riskreducerande åtgärder bedöms rimliga att vidta för att risken ska ses som tolerabel:

- För idrottshallen finns idag en naturlig höjdskillnad/bergsskärning på mer än 1,5 meter mellan spår och planerat läge för idrottshallens fasad. Bevaras denna höjdskillnad vid etablering av idrottshallen föreslås ingen ytterligare skyddsbarriär (ex. mur) mot spår mellan idrottshall och spår. Om höjdskillnaden till spår minskar till <1,5 m föreslås att skyddsbarriär (ex. mur) mellan spår och idrottshall uppförs, så att idrottshallen ej påverkas mekaniskt i händelse av ett urspåret tåg.
- Byggnaden utformas med utrymningsvägar som möjliggör utrymning bort från järnvägen.
- Entré till byggnaden riktas bort från järnvägen.
- Området mellan bebyggelse och Nynäsbanan utformas så att stadigvarande vistelse inte uppmuntras.
- Friskluftsintag riktas bort ifrån järnvägen.
- Fasad (inklusive dörrar och fönster) som löper mot järnvägen utförs med lägst brandteknisk klass EI30.
- Dörrar i fasad mot järnväg tillåts som alternativ väg för utrymning (ej entré) och teknikutrymmen.
- Inga öppningsbara fönster i fasad mot Nynäsbanan.

7. SLUTSATS

Ingen betydande riskpåverkan som medför att krav på riskreducerande åtgärder till följd av detaljplanens närliggande verksamheter som hanterar farliga ämnen har identifierats.

Den nya bebyggelsen inom detaljplanen är lokaliserade på ett avstånd av 25 meter från Nynäsbanan där individrisken är att beakta som inom ALARP-området, vilket medför att alla rimliga riskreducerande åtgärder ska vidtas.

Beräknad samhällsrisknivå för området i sin helhet befinner sig delvis i den nedre delen av ALARP-området, vilket även det medför att alla rimliga åtgärder ska vidtas.

Föreslagna riskreducerande åtgärder presenteras i avsnitt 6.

Genomförd riskbedömning visar sammanfattningsvis att föreslagen markanvändning inom detaljplan Hagsätra idrottshallar, är att beakta som lämplig avseende olycksrisk vid vidtagande av föreslagna riskreducerande åtgärder, se avsnitt 6.

REFERENSER

- ¹ Stockholm Stad (2022), *Fokus Hagsätra Rågsved*, [hämtad 220706: <https://vaxer.stockholm/omraden/hagsatraragsved/>]
- ² Sjöfartsverket, Statistik Farligt Gods per kategori Norvik 2021 och 2022.
- ³ Stockholm hamnar, Sandell M., mailkorrespondens 2022-06-30, Uppskattning transport väg/järnväg.
- ⁴ Plan och Bygglag (2000:900)
- ⁵ Miljöbalk (1998:808)
- ⁶ Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*
- ⁷ Länsstyrelsen Stockholms län (2016). *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods*. Löpnummer: Fakta 2016:4.
- ⁸ SIS (2010). *Svensk Standard SS-ISO 31000:2009. Riskhantering – Principer och riktlinjer*. Utgåva 1, ICS: 03.100.01;04.050. Stockholm: Swedish Standards Institute (SIS).
- ⁹ Länsstyrelsen Stockholm (2022), samtal och hjälp med WebbGIS.
- ¹⁰ Räddningsverket (1997). *Värdering av risk*. FoU RAPPORT, DNV. ISBN 91-88890-82-1. Karlstad: Statens räddningsverk.
- ¹¹ Boverket & Räddningsverket (2006). *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner – Vägledningsrapport*. Karlstad: Räddningsverket.
- ¹² SKL (2012). *Transporter av farligt gods – Handbok för kommunernas planering*. Stockholm: Sveriges kommuner och landsting, Avdelningen för tillväxt och samhällsbyggnad.

Bilaga A Olycksscenarier

I denna bilaga presenteras de olycksscenarier som kan förekomma i olyckor vid transport av farligt gods i Tabell 5 nedan.

Tabell 5. Allmänna beskrivningar av olycksscenarier för de olika klasserna av farligt gods. Generella bedömningar av påverkan baseras på tillgänglig litteratur^{13,14,15}.

RID-S klass	Beskrivning
1 - Explosiva ämnen och föremål	Explosioner till följd av olyckor med RID-S klass 1 påverkar omgivningen genom tryckpåverkan, värmestrålning och splitter. Vid stora mängder explosiva varor kan skador från tryckvågen uppstå på flera hundratals meter, och splitterskador på uppemot en kilometer.
2 – Gaser	Olycksförloppen vid olyckor med gaser varierar beroende på vilken typ av gas som är inblandad.
<i>2.1 - Brandfarliga gaser</i>	Olyckor med brandfarliga gaser inkluderar olika brandförlopp som kan påverka omgivningen genom värmestrålning eller tryckpåverkan. Vid ett läckage som antänds omgående uppstår en jetflamma som orsakar värmestrålning mot omgivningen. Om ingen antändning sker kan den utsläppta gasen bilda ett brännbart gasmoln som förflyttar sig med vinden och vid senare antändning orsakar en gasmolnsexplosion. Gasmolnsexplosionen orsakar värmestrålning och under vissa mycket specifika förhållanden även tryckvågor mot omgivningen. I sällsynta fall kan även en typ av explosion som kallas BLEVE (Boiling Liquid Expandning Vapor Explosion) uppstå. Dessa tre scenarier kan medföra påverkan på några hundratals meter om den brandfarliga gasen transporteras i stora mängder i tank.
<i>2.2 – Icke giftig, icke brandfarlig gas</i>	Den påverkan på omgivningen som kan uppstå vid olyckor med denna riskgrupp är främst kopplad att kraftig uppvärmning kan leda till kärlsprängning samt omkringflygande kärldelar eller splitter.
<i>2.3 – Giftiga gaser</i>	En olycka med giftig gas kan leda till påverkan på omgivningen om ett läckage leder till att ett giftigt gasmoln kan sprida sig från olycksplatsen. Spridningen av den giftiga gasen beror bland annat på läckagestorlek och väderförhållanden. Påverkan på människor kan uppkomma på flera hundratals meter.
3 – Brandfarliga vätskor	Olycksförlopp med brandfarliga vätskor innebär typiskt att ämnet vid läckage strömmar ur tanken och breder ut sig på marken och formar en pöl. Pölens utbredning beror på underlagets utformning (lutning, diken, porositet med mera). Om det sker en antändning uppstår en pölbrand, som påverkar omgivningen inom ett par tiotals meter genom värmestrålning från flammor och produktion av skadlig rök.
4 – Brandfarliga fasta ämnen	Olyckor som involverar brandfarligafasta ämnen kan påverka omgivningen inom något tiotal meter främst genom värmestrålning och giftiga brandgaser.
5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Oxiderande ämnen är brandfrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen samt i vissa fall leda till explosioner. Organiska peroxider är mycket reaktiva och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Påverkan på omgivningen kan alltså uppstå genom värmestrålning vid bränder eller tryckpåverkan och splitter vid explosioner. Påverkan på människor kan sträcka sig upp till femtio meter från olyckan.
6 – Giftiga och smittfarliga ämnen	Giftiga substanser som troligen kan orsaka allvarlig ohälsa eller död, eller smittfarligt ämne, bedöms vid ett olycksscenario påverka människor endast vid direkt kontakt med ämnet.
7 – Radioaktiva ämnen	Ämnen som genom sitt sönderfall producerar alfa-, beta- eller gammastrålning transporteras inte på sådant sätt så att de kan medföra akut påverkan på människor vid ett tidsbegränsat olycksscenario. Allvarliga skador på människor bedöms generellt uppkomma vid långvarig exponering, vilket inte beaktas i denna riskbedömning.
8 – Frätande ämnen	Ämnen som i flytande eller fast form kan skada levande vävnad eller utrustning bedöms vid ett olycksscenario påverka människor endast vid direkt kontakt med ämnet
9 – Övriga farliga ämnen	Ett vanligt exempel på RID-S klass 9 är asbest. Allvarliga skador på människor bedöms generellt uppkomma vid långvarig exponering, vilket inte beaktas i denna riskbedömning.

Bilaga B Frekvensberäkningar för olycka med farligt gods – indata och metod

För beräkning av hur ofta olyckor på järnvägen förväntas inträffa används den metod som presenteras i Banverkets *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*¹⁶. Viktiga indata till beräkningarna är hämtade därur om inget annat anges. De presenteras i Tabell 6. Indata och antaganden för trafikflöde. Slutligen presenteras indata och antaganden för känslighetsanalysen.

Tabell 6. Indata till frekvensberäkningar.

Variabel	
Studerad järnvägssträcka [km]	1
Antal spår [st]	2
Antal växlar [st]	0
Medelantal vagnar som deltar i urspårning [st]	3,5
Antal persontåg per genomsnittsdryg [st]	220
Antal vagnar per persontåg [st]	3
Antal godståg per genomsnittsdryg [st]	9
Antal vagnar per godståg [st]	23
Andel farligt gods [%]	6,72*
Axelantal per vagn [st]	4

*Trafikanalys, Bantrafik genomsnitt 2016-2020.

För mängderna farligt gods som transporteras på Nynäsbanan förbi planområdet har Stockholms hamnar och Sjöfartsverket kontaktats för information om flöden till och från Norvik hamn. Även verksamheter som hanterar farliga ämnen längs med sträckan har identifierats med hjälp av Länsstyrelsens WebGIS, i Jordbro Flogas och Kementyl.

Tabell 7. Fördelning mellan farligt gods på Nynäsbanan förbi planområdet. Nyttjade värden i riskanalysen samt känslighetsanalysen redovisas.

RID-S klass	Identifierad fördelning nuläge	Fördelning uppräknat klass 1 och klass 2.3	Fördelning TRAFA
	Andel [%]	Andel [%]	Andel [%]
1		1	0,62
2.1	20,1	20,1	22,7
2.2	2,9	2,9	0,8
2.3		1	7,57
3	19,7	19,5	33,3
4	6,7	6,7	2,4
5	19,1	19,1	12,8
6	0,9	0,9	1,6
7			0,01
8	11,1	11,1	18,3
9	19,4	17,4	0,5

Händelseträäd

För fortsatt beräkning av frekvenser för olika möjliga olycksscenarioer som kan påverka människor, används händelseträdsmetodik. I följande avsnitt presenteras händelseträäd för de olika händelser och klasser av farligt gods som förekommer.

Urspårningar

Med hjälp av beräkningsmodellen uppskattas frekvenser för urspårningar. Urspåringen i sig kan medföra påverkan på människor området kring järnvägen, vilket beror på hur långt från spåret som vagnarna hamnar. Uppskattning av avståndsfördelning för urspårade vagnar presenteras i Tabell 8.

Tabell 8. Fördelning över avstånd från spår för urspårade vagnar [m]¹⁶.

Avstånd från spår	0–5 m	5–15 m	15–25 m	> 25 m
Godståg	91 %	5 %	2 %	2 %

Förutom den mekaniska påverkan som kan uppkomma vid en urspårning kan olycksförloppet initiera mer komplexa olycksförlopp som involverar farligt gods (om farligt gods förekommer på inblandade vagnar). Vid beräkningarna beaktas sannolikheten för att farligt gods är inblandat i urspåringen med hänsyn till medelantalet vagnar som antas delta i en urspårning och andelen av godsvagnarna som innehåller farligt gods.

Farligt gods

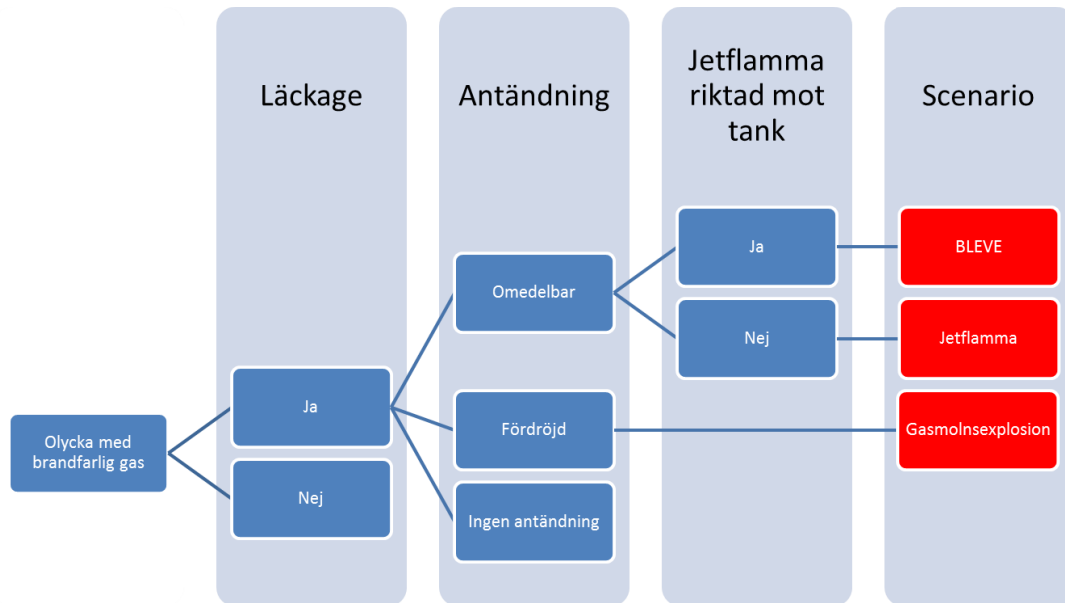
För fortsatt beräkning av frekvenser för olika möjliga olycksscenarioer som kan påverka människor, används händelseträdsmetodik. I följande avsnitt presenteras (i förekommande fall) händelseträäd för de olika klasserna av farligt gods som förekommer.

Explosiva ämnen - RID-S klass 1

För uppskatta frekvensen av explosioner till följd av olyckor med RID-S klass 1, används inget händelseträäd. Detta med anledning av att sannolikheten för detonation inte är direkt relaterad till att det sker en olycka där det farliga ämnet läcker ut. Istället kan det antas att en explosion kan uppkomma till följd av osäkra explosiver, brandpåverkan eller stötpåverkan med en frekvens av ungefär $7,52 \cdot 10^{-10}$ per vagnkilometer¹⁷.

Brandfarliga gaser - RID-S klass 2.1

De händelseförlopp som kan uppkomma vid olyckor med brandfarlig gas har identifierats som: jetflamma, gasmolnexplosion och BLEVE. Ett möjligt förlopp illustreras av händelseträdet i Figur 13.



Figur 13. Händelsetråd för olyckor med brandfarlig gas.

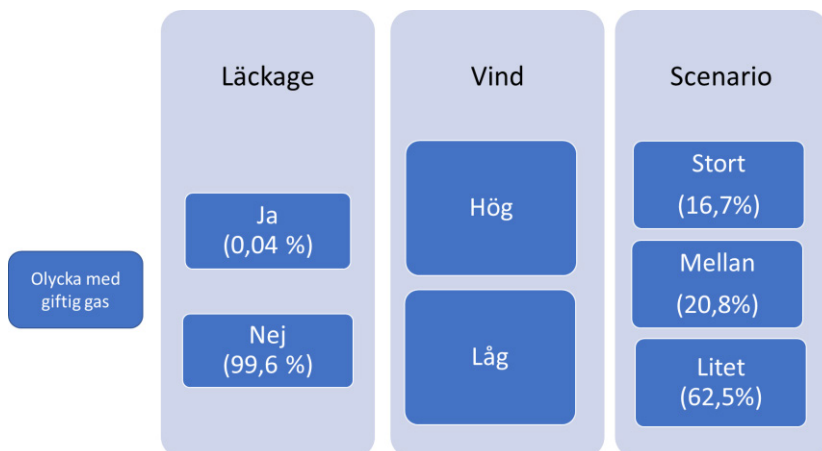
Sannolikheten för läckage från gastanken antas vara 1/30 av sannolikheten för läckage från en tank med vätska¹⁶. Sannolikhetsfördelningen för de olika typerna av antändning antas är anpassade utifrån *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*¹⁸. Följande sannolikheter är resultatet av en sammanvägning av de två uppsättningar med sannolikheter som presenteras i den rapporten för ”Litet utsläpp” respektive ”Stort utsläpp”:

- Omedelbar antändning: 15 %
- Fördröjd antändning: 65 %
- Ingen antändning: 20 %

Vidare antas grovt att en av hundra (1 %) jetflammar är så riktad att den genom kraftig uppvärmning orsakar en BLEVE i en närliggande tank (eller om jetflamman reflekteras, en BLEVE som involverar den aktuella tanken själv).

Giftiga gaser - RID-S klass 2.3

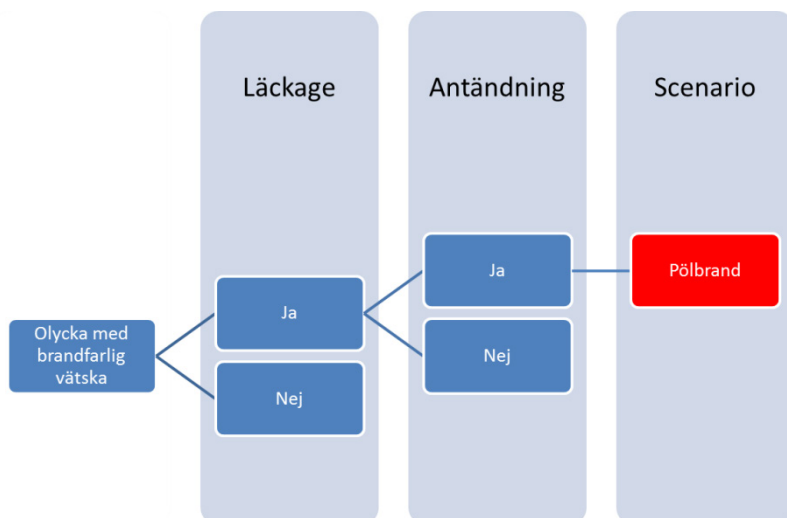
Ett giftigt gasutsläpp kan till följd av ett läckage bilda ett giftigt gasmoln som förflyttar sig med vinden i omgivningen. Spridningsvinkeln på molnet beror bland annat på läckagets storlek och vilket utflöde av fas som det medger. Sannolikheten för ”stor tankskada” respektive ”litet hål” uppskattas till 0,04 %. Sannolikhet för hög vind uppskattas till 20 % och sannolikhet för låg vind uppskattas till 80 %,



Figur 14. Händelsetråd för olycka med giftig gas.

Brandfarliga vätskor - RID-S klass 3

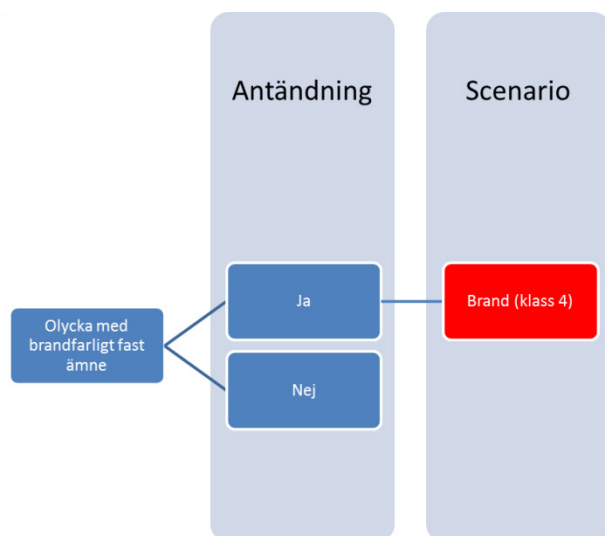
Ett identifierat olycksscenario utgörs enligt tidigare av ett utsläpp med brandfarlig vätska som bildar en pöl och som vid en antändning orsakar en pölbrand. Sannolikheten för att ett läckage uppstår, givet att en olycka inträffar, antas vara 30 %¹⁶. Givet att ett sådant läckage har inträffat antas sannolikheten för en antändning av pölen vara en trettiondel (3,3 %)¹⁷. Händelsetrådet i Figur 15 visar hur händelseförloppet kan utvecklas.



Figur 15. Händelsetråd för olyckor med brandfarlig vätska (järnväg).

Brandfarliga fasta ämnen - RID-S klass 4

Olyckor med brandfarliga fasta ämnen kan påverka omgivningen om det sker en antändning, vilket kan resultera i en kraftig brand även om inget läckage uppstår. Sannolikheten för antändning, givet att en olycka skett med vagnar som transporterar brandfarliga fasta ämnen, uppskattas till 1 %.



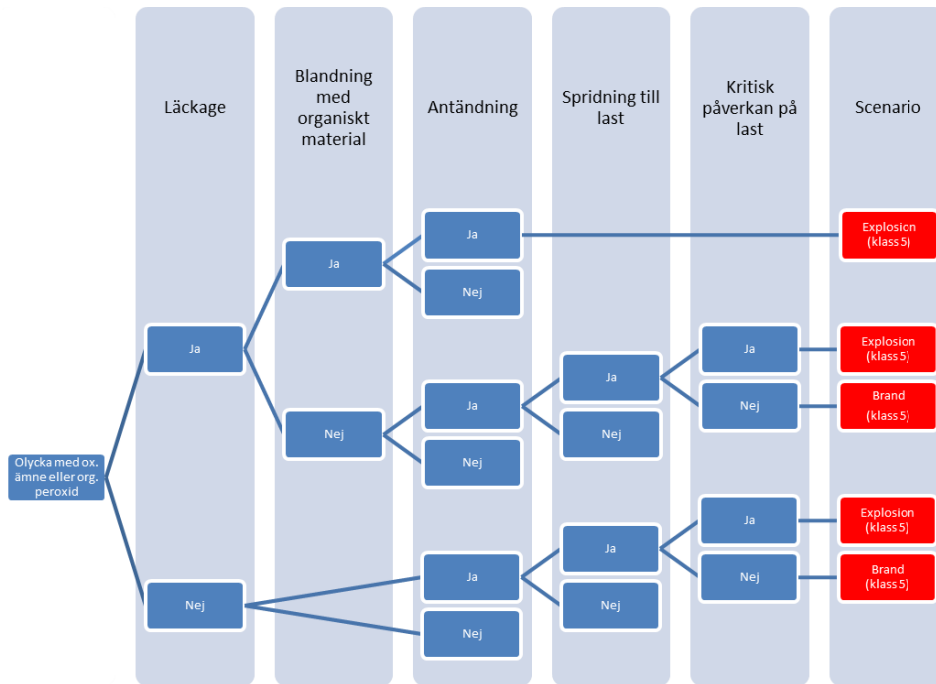
Figur 16. Händelsesträd för olycka med brandfarligt fast ämne.

Oxiderande ämnen och organiska peroxider - RID-S klass 5

Olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider kan orsaka kraftiga bränder och under särskilda förhållanden leda till explosioner. En antändning och explosion kan ske i samband med en olycka där det utsläppta oxiderande ämnet (eller den organiska peroxiden) först blandas med ett organiskt flytande ämne. Blandningen som bildas utgör då ett kraftfullt sprängämne. Vidare kan en explosion uppkomma efter kraftig brandpåverkan även om någon blandning med organiskt material inte skett.

Sannolikheten för läckage uppskattas till 30 %¹⁶. Sannolikheten för att det i samband med utsläppet av RID-S klass 5 också förekommer ett utsläpp av exempelvis RID-S klass 3, och att blandning mellan dem kan ske uppskattas till 10 %. Sannolikheten för en påföljande antändning av blandningen uppskattas till 10 %¹⁹.

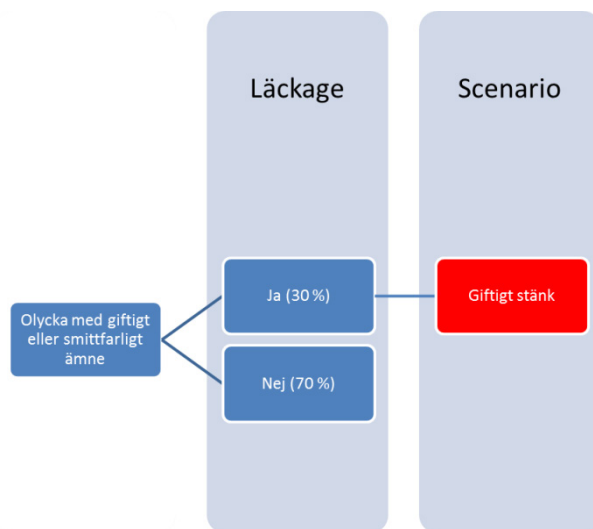
Sannolikheten för antändning som följer en olycka utan blandning uppskattas på samma sätt som för RID-S klass 4 ovan till 1 %. Sannolikheten för att den uppkomna branden ska sprida sig till lastutrymmet uppskattas grovt till 50 %. För att en brand som spridit sig till lasten ska leda till en explosion krävs att temperaturen överstiger 190°C under en längre tidsperiod. Det eventuella sönderfallet avstannar ofta om värmekällan avlägsnas²⁰. Olycksstatistik för olyckor med RID-S klass 5 visar också på att det är relativt långa olycksförlopp med brinntider på 1–16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så kraftigt att en detonation (explosion) uppkommer bedöms grovt vara en på hundra (1%).



Figur 17. Händelsetråd för olycka med oxiderande ämne eller organisk peroxid.

Giftiga och smittfarliga ämnen - RID-S klass 6

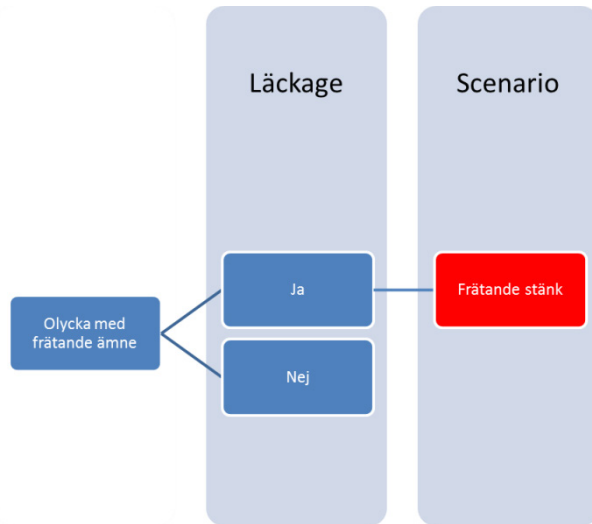
Skador på människor till följd av olyckor med giftiga eller smittfarliga ämnen bedöms enligt tidigare kunna uppstå där stänk eller iväg kastat ämne hamnar. En förutsättning är därmed att ett läckage uppstår. Sannolikheten för läckage uppskattas till 30 %¹⁶.



Figur 18. Händelsetråd för olycka med giftigt eller smittfarligt ämne.

Frätande ämnen - RID-S klass 8

Skador på människor till följd av olyckor med frätande ämnen bedöms enligt tidigare kunna uppstå där stänk eller iväg kastat ämne hamnar. En förutsättning är därmed att ett läckage uppstår. Sannolikheten för läckage uppskattas till 30 %¹⁶.



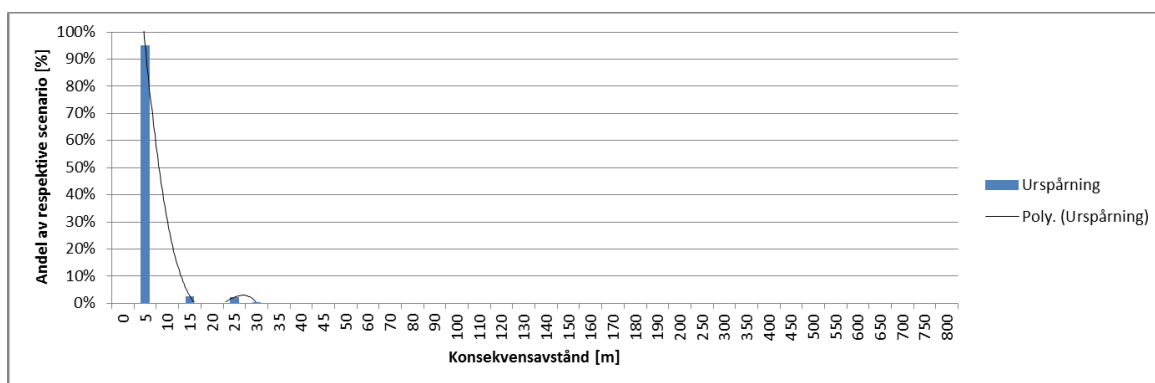
Figur 19. Händelsesträd för olyckor med frätande ämnen.

Bilaga C Konsekvensberäkningar för olycka med farligt gods

I följande avsnitt beskrivs konsekvenserna av de scenarier som identifieras i samband med frekvensberäkningarna, för mekanisk påverkan vid urspårning, samt vid olyckor med farligt gods.

Mekanisk påverkan vid urspårning

Figur 20 visar fördelning av konsekvensavstånd vid urspårningar¹⁶.



Figur 20. Använd fördelning av konsekvensavstånd för mekanisk skada vid urspårning. Kurvan "Poly. (Antagen fördelning)" visar en trendlinje för tydlighet i figuren.

Farligt gods

Konsekvenserna av de identifierade typerna av olycksförlopp har tidigare beräknats bland annat i samband med att Länsstyrelsen i Skåne län upprättade sina *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*¹³ (RIKTSAM). Nedanstående fördelningar är anpassade utifrån resultaten däri förutom för ADR-S klass 2.1 gasmolnsexplosion och ADR-S klass 3. Med konsekvensavstånd menas här det avstånd inom vilket människor förväntas omkomma till följd av påverkan från olycksförloppet (exempelvis genom värmestrålning, tryckpåverkan eller toxicitet – beroende på olyckans karaktär).

Brandfarliga gaser (RID-S klass 2.1)

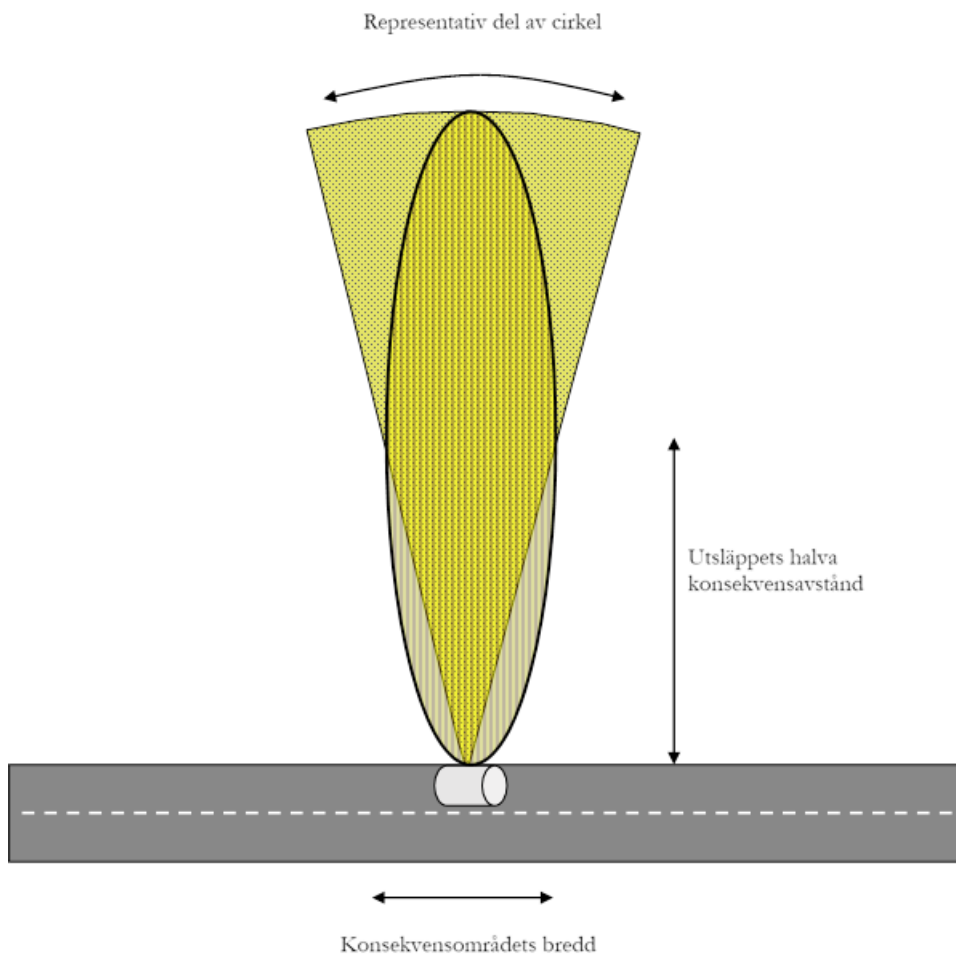
Avseende händelseförloppet jetflamma och BLEVE används de konsekvensberäkningar som tidigare beräknats i samband med att Länsstyrelsen i Skåne län upprättade sina *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*¹³ (RIKTSAM). Gällande händelseförloppen gasmolnsexplosion genomförs konsekvensberäkningar. Brandfarliga gaser (RID-S klass 2.1) omfattas av exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Gasol är ett exempel på en kondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg¹⁴. Gasol antas utgöra ett representativt ämne att basera beräkningarna på, då gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns och det faktum att den ofta transporteras tryckkondenserad gör den till ett konservativt val.

Antaganden

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i *Farligt gods – riskbedömning vid transport*²¹ utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 11,7 kg/s (*stort*). Vid läckage från tjockväggiga och tunnväggiga järnvägstransporter bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 %²¹.

När ett läckage har skett påverkar väder och vindförhållanden spridning av gaser och ångor. Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961–2004 har vindhastigheten på 330 stationer runtom landet avlästs månad för månad. Insamlade data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s²². Vindhastighet antas vara 4 m/s. Temperaturen antas vara 15 °C och väderscenariot till stabilitetsklass D vilket är ett konservativt antagande.

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brännbara gaser och giftiga. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område, reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken approximativ spridningsvinkel som konsekvensområdet får, enligt Figur 21.



Figur 21. Konsekvensområdet vid gasutsläpp får ofta en oval form. Utifrån konsekvensområdets längd och bredd approximeras en lämplig cirkelsektor (representativ del av cirkel) för reducering av grundfrekvensen.

Samtliga vindriktningar antas förenklat ha samma sannolikhet, vilket innebär att konsekvensområdets utbredning har samma sannolikhet i alla riktningar från läckaget.

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brännbar gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av järnvägsvagnar med mängden 45 ton gas.

Vid beräkningar av värmestrålning mot omgivningen definieras acceptabla nivåer för exponering mot icke brandklassad byggnadsfasad och utrymningsvägar till 15 kW/m^2 .²³

Gasmolnexplosion

En gasmolnexplosion kan uppstå vid en fördröjd antändning av en utsläppt gasmassa som hunnit sprida sig och inte längre befinner sig under tryck. Konsekvensområdet beror på hur gasen sprids i omgivningen, vilket i sin tur beror på en mängd faktorer som vind, stabilitetsförhållanden, hinder, utströmmande flöde och densitet, med mera.

Vid en antändning antas hela den gasvolym som befinner sig inom brännbarhetsområdet förbrännas. I det fysiska område där detta sker blir konsekvenserna mycket allvarliga med dödliga förhållanden. Utanför detta område förväntas dock konsekvenserna bli lindriga, men strålningspåverkan kan uppkomma.

Programvaran *Spridning Luft* används för spridningsberäkningarna där avståndet till den undre brännbarhetsgränsen (21 000 ppm)²⁴ beräknas. Som konsekvensavstånd nyttjas avståndet till brännbarhetsgränsen tillsammans med en säkerhetsmarginal för att ta hänsyn till strålningspåverkan som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns. Säkerhetsmarginalen beräknas genom en konservativ strålningsberäkning utifrån gasmolnets höjd och bredd, samt i utsläppets riktning.

Beräkningarna resulterar i ett konsekvensområde som enligt Figur 21, approximeras med en cirkelsektor (anges som en vinkel, i grader).

Konsekvensavstånd

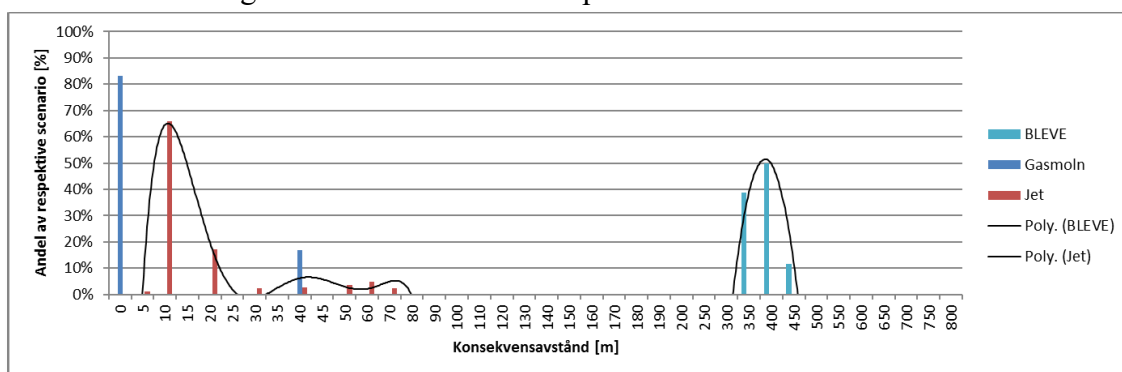
Nedan sammanställs de beräknade konsekvensavstånden för RID-S klass 2.1, se Tabell 9.

Tabell 9. Beräknade konsekvensavstånd för plym med gas inom vilket personer antas omkomma.

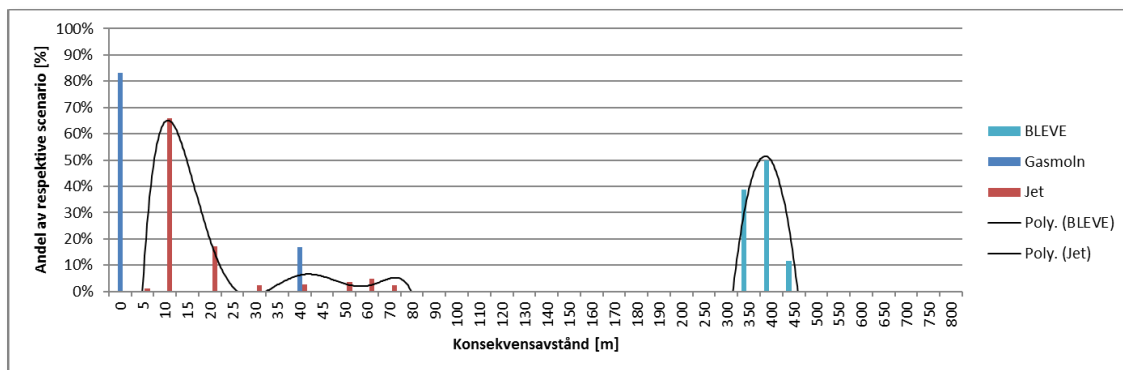
Scenario	Konsekvensavstånd [m]	Vinkel [grad]
Gasmolnexplosion - litet läckage	0*	-
Gasmolnexplosion - mellanstort läckage	0*	-
Gasmolnexplosion - stort läckage	38	39

* Konsekvensavståndet blir noll meter då läckageflödet är så litet att någon gasvolym med en gaskoncentration inom brännbarhetsområdet inte uppkommer.

Använda fördelningar av konsekvensavstånd presenteras i



Figur 22.

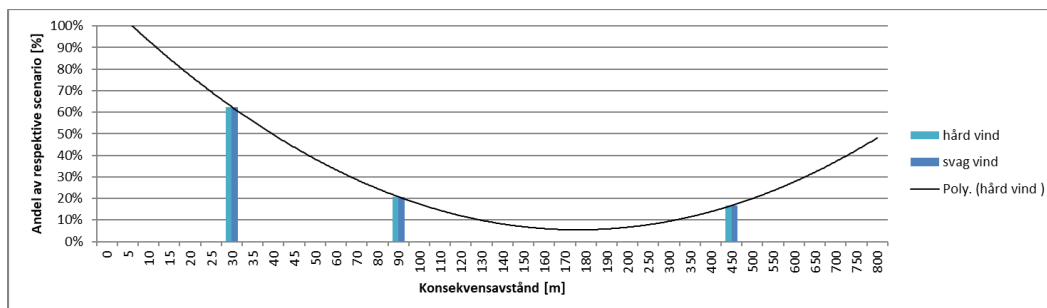


Figur 22. Använda fördelningar av konsekvensavstånd för BLEVE, gasmolnexplosion samt jetflammar (RID-S klass 2.1).

Giftiga gaser (RID-S klass 2.3)

Spridningsberäkningar har gjorts i programmet *Spridning Luft*. Följande indata har använts: tankvagn med 24 ton svaveldioxid, omgivningstemperatur 15 grader Celsius, packningsläckage eller hål på tank, tät skog/stad, stabilitetsklass B, avstånd < 100 ppm.

För låg vindstyrka används 2 m/s och för hög 6 m/s. Konsekvensavståndet approximeras sedan med en cirkelsektor med 60 graders vinkel för låga vindhastigheter och 29 graders vinkel för höga vindhastigheter.



Figur 23. Använda fördelningar av konsekvensavstånd vid utsläpp av giftig gas (RID-S klass 2.3).

Brandfarliga vätskor (RID-S klass 3)

RID-S klass 3 omfattas av brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsoljor, lösningsmedel. Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i RID-S klass 3²⁵. Brandfarliga vätskor med låg flampunkt (till exempel bensin) antänds lättast²⁶. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska utgöras av bensin.

Antaganden

För beräkningar av konsekvensavstånd för tillämpas den etablerade metoden i *Farligt gods – riskbedömning vid transport*²¹. Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig vätska är definierade i *Farligt gods – riskbedömning vid*

transport²¹ som *litet*, *medelstort* eller *stort*, utifrån vilken pölstorlek de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*). Vid läckage från tankbil med släp bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5%, 20,8% och 16,7%²¹.

I försök har det även påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av underlagets utformning och lutningar. Det krävs relativt små lutningar för att vätskan ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m. Med avseende på pölbrand antas det grovt att pölen har cirkulär utbredning, vilket ger en högre strålningsnivå.

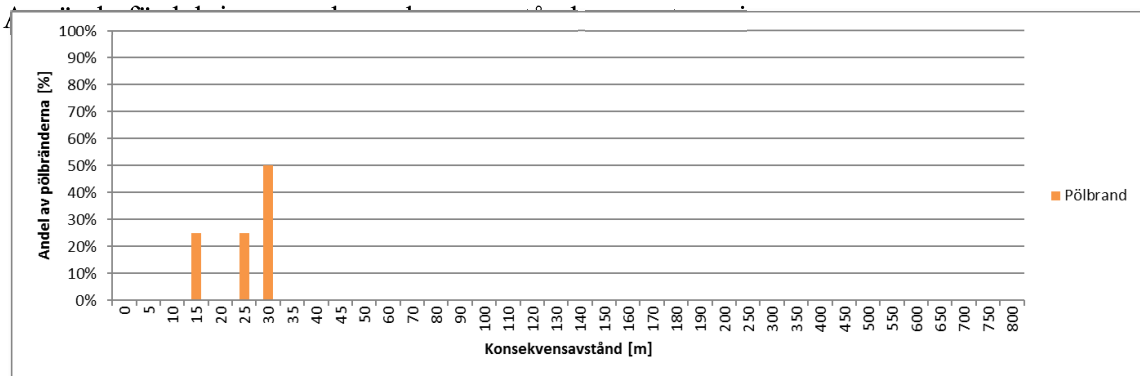
För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds vilket ger en brand som sprider giftiga brandgaser och genererar värmestrålning mot omgivningen. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2–3 sekunder) samt acceptabla kritiska nivåer för exponering mot icke brandklassad byggnadsfasad och utrymningsvägar^{14,23,27}.

Konsekvensavstånd

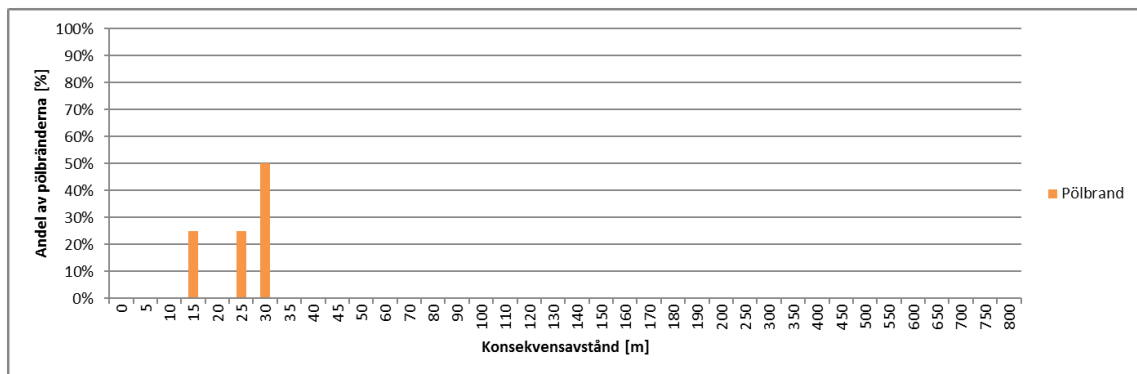
Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av beräkningar i enlighet med Bilaga D. Nedan sammanställs de beräknade konsekvensavstånden för RID-S klass 3, se Tabell 10.

Tabell 10. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Längd/bredd	Konsekvensavstånd från pölkant [m]	Fördelning
Litet utsläpp	50 m ²	7,1	12 m	62,5%
Mellanstort utsläpp	200 m ²	14,15	22 m	20,8%
Stort utsläpp	400 m ²	20	28 m	16,7%



Figur 24.



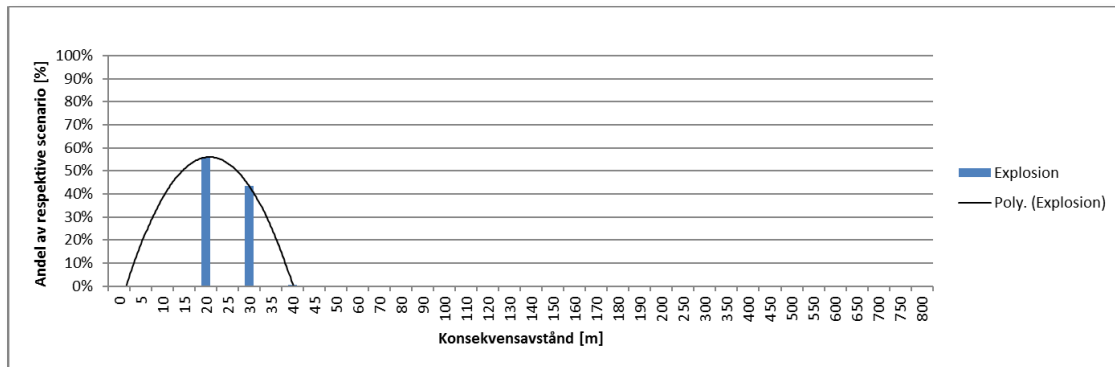
Figur 24. Använda fördelningar av konsekvensavstånd för pölbränder (RID-S klass 3).

Brandfarliga fasta ämnen (RID-S klass 4)

Brandfarliga fasta ämnen (RID-S klass 4) antas ha samma konsekvensavståndsfördelning som brandfarliga vätskor (RID-S klass 3). Detta antagande bedöms vara konservativt.

Oxiderande ämnen och organiska peroxider (RID-S klass 5)

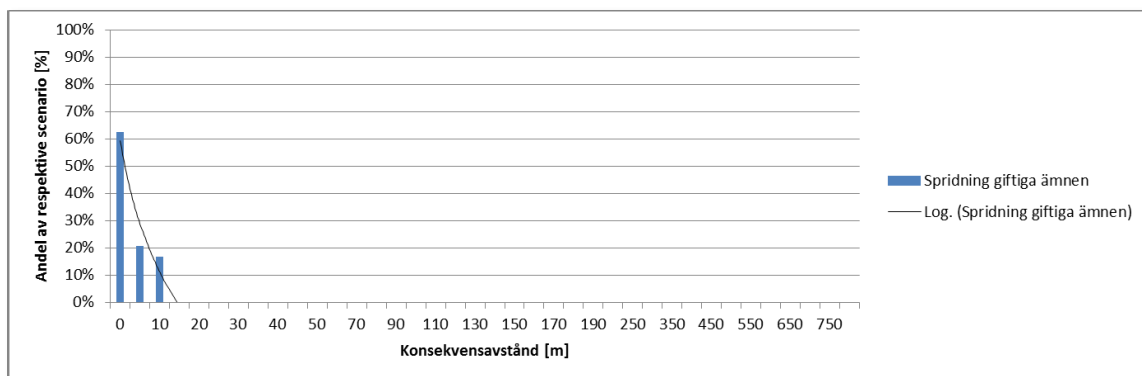
Fördelningen vid bränder för oxiderande ämnen och organiska peroxider (RID-S klass 5) antas ha samma konsekvensavstånd som för brandfarliga vätskor (RID-S klass 3). Detta antagande bedöms vara konservativt. Använd fördelning av konsekvensavstånd vid explosioner redovisas i Figur 25.



Figur 25. Använd fördelning för konsekvensavstånd vid explosioner med oxiderande ämnen och organiska peroxider (RID-S klass 5).

Giftiga eller smittfarliga ämnen & frätande ämnen (RID-S klass 6 & 8)

Det finns inga framtagna modeller som hanterar stänk av giftiga ämnen, men en olycka med giftiga eller smittsamma ämnen bedöms inte ge upphov till några akuta konsekvenser förutom i direkt anslutning till olyckan. Därför används den konsekvensavståndsfördelning för frätande stänk som antagits i RIKTSAM, se Figur 26. Denna fördelning tillämpas även för olyckor med frätande ämnen.



Figur 26. Använda fördelningar för frätande ämnen (RID-S klass 8).

Bilaga D Riskuppskattningar för pölbrand

I denna bilaga beskrivs dimensionerande förutsättningar, antaganden och metod för genomförda strålningsberäkningar för pölbrand.

Typ av drivmedel

Beroende på vilket drivmedel som släpps ut kommer den utsläppta vätskan vara olika lättantändlig där bensen bildar mycket lättantändliga blandningar medan dieselångor är mer svårantändliga.

Antändning kan ske genom att den gas-/luftblandningen som uppkommer vid en brandfarlig vätska kommer i kontakt med en tändkälla som exempelvis heta motordelar, statisk elektricitet eller en öppen låga. Gas-/luftblandningen är tyngre än luft för samtliga drivmedel. Detta innebär att den ibland kan spridas till lågt liggande utrymmen som kulvertar, rörledningar, källare m.m. eller föras med vinden och antändas på avstånd från själva utsläppspunkten.

Strålningen som avges från en pölbrand med en viss storlek är beroende av förbränningseffektiviteten, förbränningshastigheten per ytenhet samt förbränningsvärmen.

Tabell 11. Förbränningsparametrar för pölbränder för olika drivmedel.

Drivmedel	Förbrännings-effektivitet	Förbränningshastighet per ytenhet	Förbränningsvärme
Bensin	0,7 ²⁸	0,055 kg/m ² s ²⁹	43 700 kJ/kg ²⁹
Diesel	0,7 ^{28,29}	0,048 kg/m ² s ²⁹	43 600 kJ/kg ³⁰

Ur tabellen kan det utläsas att bensin är det drivmedel som kommer att ge upphov till den största utvecklade effekten utifrån en given pölarea. Detta då bensin har både högst förbränningshastighet och förbränningsvärme.

Strålningsberäkningar avseende pölbränder med brandfarliga vätskor

För beräkningar nedan tillämpas FOA-handboken och ett beräkningsexempel hämtat därur¹⁵.

Värmestrålningen från en pölbrand med brandfarlig vätska kan beräknas i följande steg:

1. Beräkning av brandeffekt för den aktuella pölstorleken
2. Beräkning av flammans höjd och temperatur,
3. Beräkning av synfaktor,
4. Beräkning av infallande strålning på olika avstånd från branden.

Brandeffekten beräknas för att uppskatta hur mycket energi som avges från branden till omgivningen. Flammans höjd beräknas för att sedan användas för att beräkna den så kallade synfaktorn som anger hur mycket av den från branden emitterade strålningen som når olika punkter i omgivningen. Temperaturen hos flammen ligger till grund för

beräkningen av hur mycket infallande strålning som mottas av ytor på olika avstånd från branden.

Brandeffekt

För pölbränder med relativt stora diametrar (> 2 m) kan brandeffekten från en pöl beräknas utifrån följande samband:

$$\dot{Q} = \chi \cdot \dot{m}'' \cdot \Delta H_c \cdot A_f$$

där

\dot{Q} = utvecklad effekt (kW)

χ = förbränningseffektivitet

\dot{m}'' = förbränningshastighet per ytenhet (kg/m²s)

ΔH_c = förbränningsvärme (MJ/kg)

A_f = pölstorlek (m²)

Ekvivalent branddiameter

Brandens ekvivalenta diameter (D) beräknas ur:

$$D = \sqrt{\frac{4A_f}{\pi}}$$

Flamhöjd

Flamhöjden H_f (m) för kvadratiska pölar och rektangulära pölar där längden på pölen inte är större än två gånger bredden beräknas med hjälp av följande ekvation²⁸

$$H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D$$

För pölar där längden är betydligt större än bredden beräknas flamhöjden som:

$$H_f = 0.035 \cdot (\dot{Q}/L)^{2/3}$$

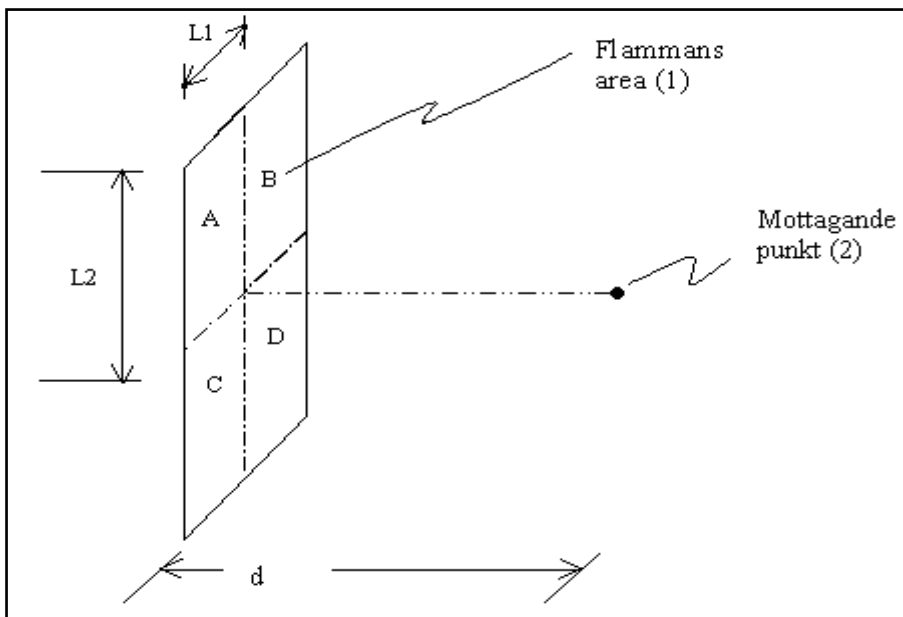
Flamtemperatur

Flamtemperaturen T_f utgör medeltemperaturen i flamman, temperaturen i själva flamspetsen (T_t) är ca 540°C (813 K) och flammans maximala temperatur (T_b) antas för samtliga studerade ämnen vara 1000°C (1273 K). Den maximala flamtemperaturen är bland annat beroende av vilket material som brinner och storleken på branden. Utifrån dessa antaganden kan medeltemperaturen i flamman bestämmas. Medeltemperaturen används i beräkningen av strålningen från flamman och erhålls enligt:

$$T_f = \left(\frac{T_b^4 + T_t^4}{2} \right)^{1/4} = \left(\frac{1273^4 + 813^4}{2} \right)^{1/4} = 1112K$$

Synfaktor

Synfaktorn F anger hur stor andel av den emitterade strålningen från flammen (1) som når den mottagande punkten eller ytan (2), se Figur 1. Vid beräkningen av synfaktorn antas att flammen är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då flammen i själva verket normalt är betydligt smalare i toppen än i basen.



Figur 1. Principiell modell för beräkning av synfaktor.

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

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

där $F_{A1,2}$ beräknas enligt följande:

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

där θ_1 och θ_2 är infallande vinkel (i aktuellt fall 0), och $F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas på samma sätt för dess mått där:

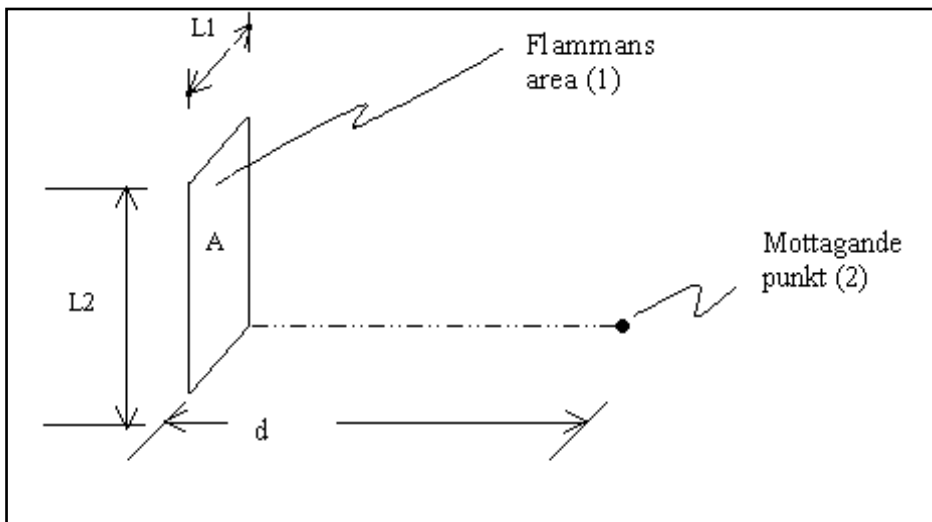
$$A_1 = L_1 \cdot L_2 \text{ enligt Figur 27.}$$

För beräkning av respektive ytas synfaktor används följande ekvation

$$F_{A1,2} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right)$$

där

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt Figur 27.}$$



Figur 27. Synfaktor för yta A.

I det fallet då ytorna A, B, C och D är lika stora betyder det att det är den mest kritiska punkten på avståndet d från branden som studeras, vilket är det som eftersöks vid beräkningar av konsekvensavstånd.

Infallande strålning – vinkelrätt från flaman

Den från branden infallande strålningen som når omgivningen varierar med flammans temperatur, synfaktorn och den brinnande massans emissivitet. Emissiviteten, det vill säga materialets förmåga att avge värmeenergi, är beroende av materialets temperatur och egenskaper, särskilt vid ytan. Exempelvis kan sägas att en blankpolerad yta har mycket lägre emissivitet än en mörk skrovlig yta. Den infallande strålningen kan beräknas genom:

$$q_r'' = \varepsilon \sigma F T_f^4$$

där

$$q_r'' = \text{Infallande strålning (kW/m}^2\text{)}$$

ε = Emissionstal

σ = Stefan-Boltzmanns konstant (= $5.67 \times 10^{-11} \text{ kW/m}^2\text{K}^4$)

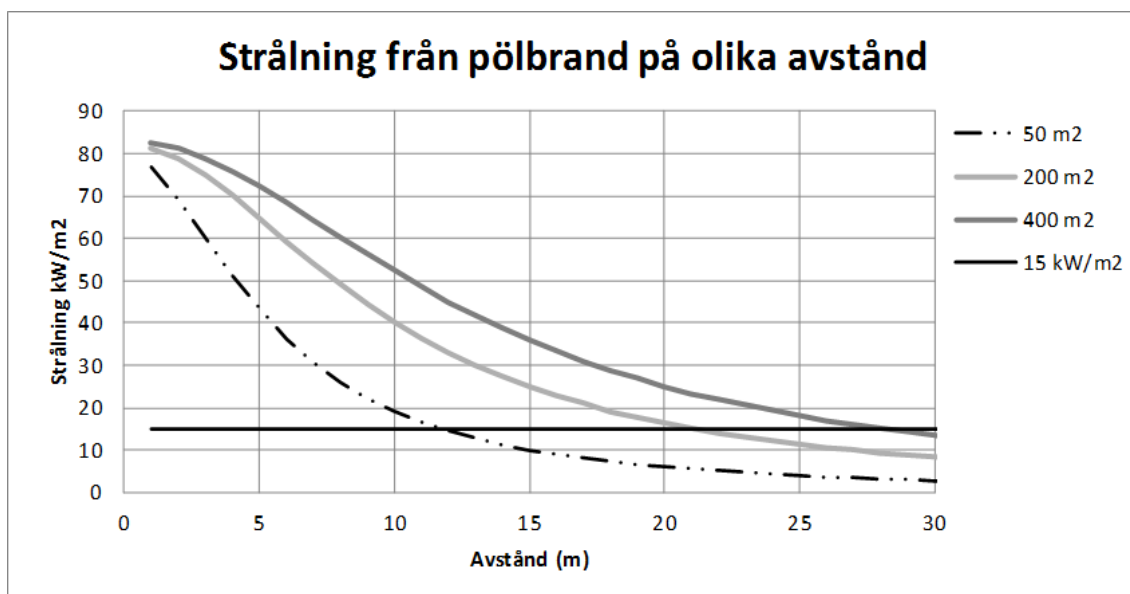
F = Synfaktor

T_f = Flammans medeltemperatur

Emissionstalet för en flamma varierar med materialets egenskaper och tjockleken på flaman, vilket tas hänsyn till i beräkningarna.

Resultat

De strålningsnivåer som, för olika vätskeformiga drivmedel, kan uppnås till följd av valda pölstorlekar presenteras i Figur 2. Strålningsnivåer värderas mot 15 kW/m^2 (svart streck) som acceptanskriterium för icke brandklassad fasad²³.



Figur 2. Strålning från pölbränder med bensin i pöl.

De konsekvensbaserade skyddsavstånden för icke brandklassad fasad för valda pölstorlekar visas i Tabell 10 nedan. Dessa avstånd räknas från väggkant eftersom skydd antas finnas längs väggkant som hindrar vätska från att rinna av från vägbanan om inget annat är känt.

Tabell 12. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m^2) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Längd/bredd	Konsekvensavstånd från pölkant [m]
Litet utsläpp	50 m ²	7,1	12 m

Mellanstort utsläpp	200 m ²	14,15	22 m
Stort utsläpp	400 m ²	20	28 m

Bilaga E Beräkning av risknivåer för olycka med farligt gods

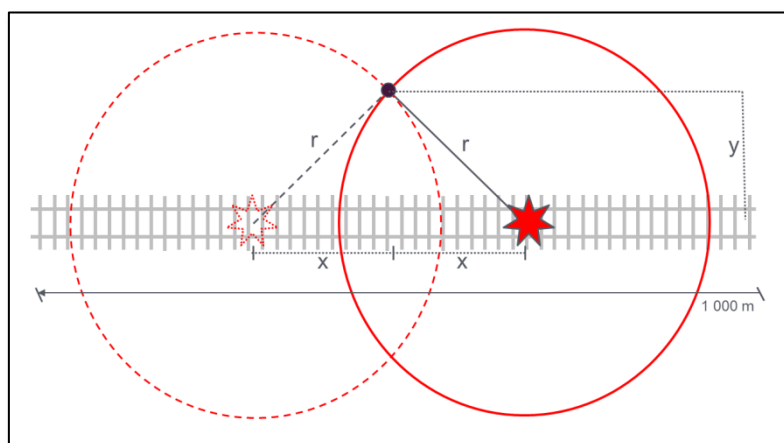
I följande avsnitt beskrivs hur beräkningarna av individrisk resp. samhällsrisk genomförs.

Individrisk

Beräkningsmetoden som används i denna riskbedömning bygger på den metod som används ibland andra Helsingborgs stads *Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods*¹⁹.

Resultaten av frekvensberäkningarna och konsekvensuppskattningarna ovan räknas samman till en risknivå utmed den aktuella sträckan genom en beräkninggång som kan beskrivas enligt följande (med scenariot pölbrand som exempel).

En specifik punkt i omgivningen påverkas endast av en olycka som inträffar på en sträcka nära punkten. Längden på denna sträcka beror på punktens avstånd från järnvägen och hur stort område som det studerade olycksscenarioet påverkar, se Figur 28.



Figur 28. Olyckor med konsekvensavståndet (r) måste inträffa någonstans på sträckan ($2x$) för att påverka en given punkt på ett avstånd (y) från vägen. Med hjälp av Pythagoras sats kan sträckan ($2x$) beräknas, givet att konsekvensavståndet (r) samt avståndet till vägen (y) är känt.

Resonemanget i Figur 28 leder till att en frekvenskorrigeringsfaktor som är specifik för en punkt på ett givet avstånd kan beräknas. Beräkningarna bygger vidare på att ett stort antal punkter i omgivningen (olika värden på y) studeras med upprepade beräkningar för alla de identifierade olycksscenarioerna. Den använda upplösningen för beräkningarna (värden på y) är:

0–50 meter från väggkant	Var 5:e meter
50–200 meter från väggkant	Var 10:e meter
200–800 meter från väggkant	Var 50:e meter

Formeln som används för att beräkna en frekvenskorrigeringsfaktor per kilometer blir:

$$\frac{2\sqrt{r^2-y^2}}{1000}, \text{ se Tabell 13.}$$

Tabell 13. Frekvenskorrigeringsfaktor (utsnitt).

↓ Olyckan når (r) [m]	Studerat avstånd (y) [m]					
	0	5	10	15	...	800
0	0	-	-	-		0
5	0,01	0	-	-		0
10	0,02	0,02	0	-		0
15	0,03	0,03	0,02	0		0
20	0,04	0,04	0,03	0,03		0
...						0
800	1,60	1,60	1,60	1,60		0

Siffrorna i tabellen utläses i det enklaste fallet som att om en olycka sker någonstans inom den studerade kilometersträckan och som har en konsekvens som når 5 meter kommer sannolikheten för att den påverkar en slumpmässigt vald punkt längs med spåret vara 1 %. Detta utgår ifrån att olyckan har en konsekvens som når totalt 10 m längs med spåret och det motsvarar 1 % av 1 km. För längre avstånd från spåret blir beräkningarna mer komplicerade utifrån de trigonometriska beräkningar som visas i Figur 28.

Vidare har det i konsekvensberäkningarna ovan uppskattats en fördelning av hur långa konsekvensavstånd som förväntas uppstå vid de olika scenarierna, vilka redovisas för pölbrand i Tabell 14. Dessa värden är framtagna utifrån de redovisade diagrammen i Figur 13 och Figur 26.

Tabell 14. Fördelning av konsekvensavstånd (utsnitt).

↓ Olyckan når (r) [m]	Sannolikhetsfördelning konsekvensavstånd
	Pölbrand
0	x %
5	y %
10	z %
15	x %
...	
800	0 %

Därefter multipliceras värden korsvis mellan de två tabellerna (Tabell 13 och Tabell 14) ovan. Resultatet redovisas i Tabell 15 för att väg samman sannolikheten att en olycka

får ett visst konsekvensavstånd med sannolikheten att den specifika punkten påverkas av konsekvensen.

Tabell 15. Resultat av korsvis multiplikation (utsnitt).

↓ Olyckan når (r) [m]	Studerat avstånd [m]				
	0	5	10	15	.. 800
0	0	-	-	-	.. 0
5	0,0001	0	-	-	.. 0
10	0,0010	0,0009	0	-	.. 0
15	0,0024	0,0023	0,0018	0	.. 0
20	0,0072	0,0070	0,0062	0,0048	.. 0
...					

Respektive kolumn summeras sedan för att ta fram en reduceringsfaktor som ska appliceras på respektive avstånd för att ta hänsyn till hur stor del av den ursprungliga frekvensen som faktiskt påverkar en specifik punkt, se Tabell 16. Vidare sker en justering av frekvenserna med avseende på att vissa av olycksscenerierna inte har en cirkulär utbredning, utan bedöms påverka olika andelar av en cirkelsektor, se Tabell 17.

Tabell 16. Kolumnvis summering av Tabell 15 (utsnitt).

	Studerat avstånd [m]				
	0	5	10	15	... 800
Reduceringsfaktor	0,051	0,050	0,046	0,040	... 0

Tabell 17. Exempel på justeringar med avseende på olyckssceneriernas utbredning.

Olycksscenario	Andel av cirkel	Kommentar
Pölbrand	1	Pölbranden antas ge cirkulär utbredning av värmestrålning
BLEVE	1	BLEVE antas ge cirkulär utbredning av värmestrålning
Jetflamma	0,2	Jetflamman antas riktas mot en specifik plats på en sida av olyckan i 20 % (1/5) av fallen (den första av fem följande riktningar på flammen antas drabba en specifik plats: rakt mot platsen, rakt från platsen, uppåt samt vinkelrätt från platsen åt två håll).
Gasmolns-explosion	0,06	Gasmolnsexplosion (UVCE) antas enligt ¹⁸ ge en utbredning av omkring 22 grader i vindriktningen (22/360=0,06)

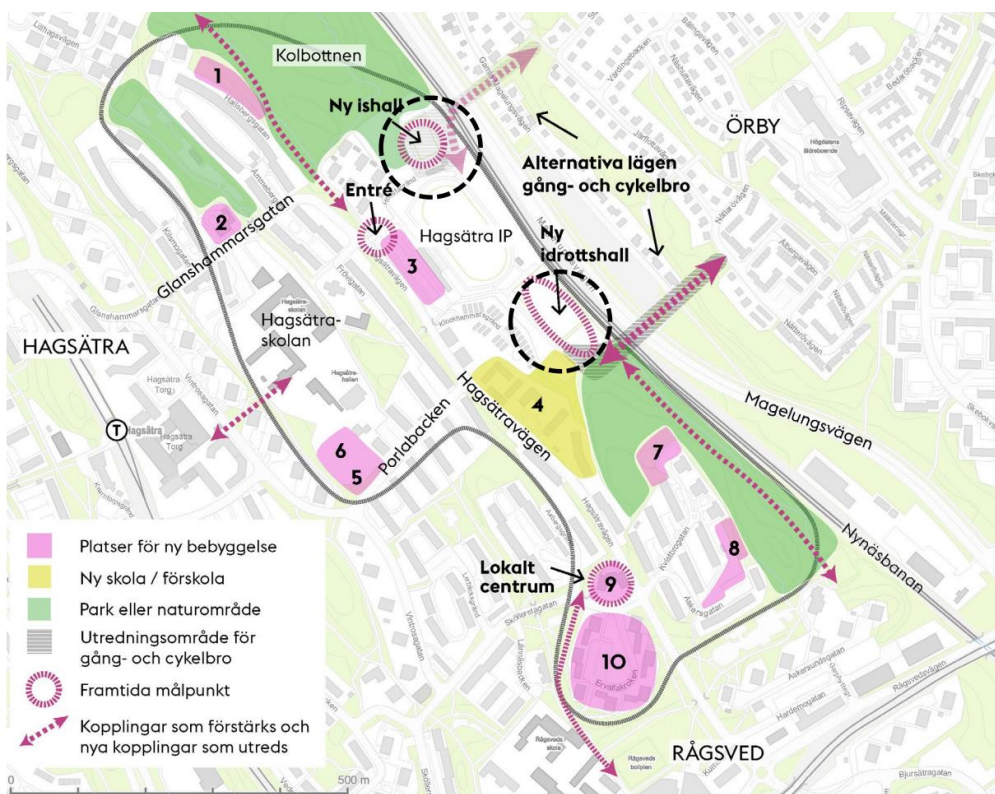
Efter detta multipliceras reduceringsfaktorn med respektive andel av cirkel och den ursprungliga frekvensen (för pölbrand beräknades den tidigare till $2 \cdot 10^{-5}$) för att ge en individrisknivå på olika avstånd (Tabell 18). De resulterande värdena används slutligen för att plotta individrisken som en kurva.

Tabell 18. Resultande individrisk på olika studerade avstånd (utsnitt).

	Studerat avstånd [m]			
	0	5	10	...
Individerisk	$0,051 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 10^{-5})$	$0,050 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 10^{-5})$	$0,046 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 10^{-5})$...

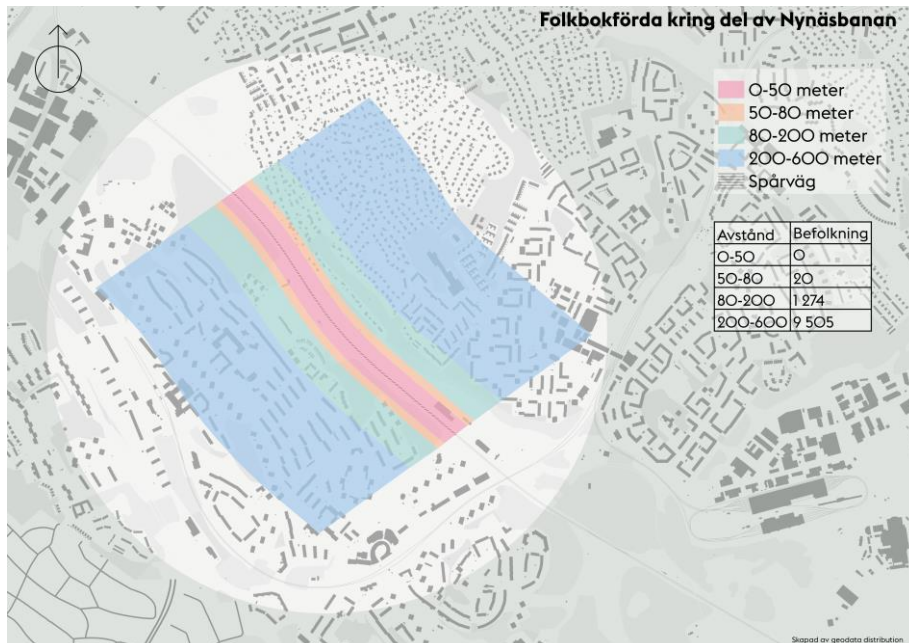
Samhällsrisk

Vid beräkningar av samhällsriskenivåer studeras normalt ett typområde på en kvadratkilometer, med den aktuella planen eller riskkällan i dess mitt³¹. En kvadratkilometer stort område kommer därmed även att inkludera stora ytor runt om runt om planområdet, se Figur 30. I beräkningen av samhällsrisk tas även höjd för pågående detaljplan Hagsättravägen, se Figur 29.



Figur 29. Översiktsbild över pågående detaljplan Hagsättravägen och dess delområden. Observera att markering för ny idrottshall ej stämmer. (Stockholm stad)

Perontätheten i området uppskattas genom att fördela antal folkbokförda (tillhandahållits från Stockholm stad), en uppskattning av antal tillkommande personer i bostäder och verksamheter, en uppskattning av personer som befinner sig i verksamheter i området samt information om elever och barn i skolor respektive förskolor i zoner på olika avstånd från Nynäsbanan.



Figur 30. Aktuell kvadratkilometern där påverkan från Nynäsbanan beräknas. Aktuell detaljplaneområde är beläget sydväst om Nynäsbanan. (Stockholm stad)

För att få fram andel stadigvarande inom området görs en nedräkning sker utifrån att 50% av de boende antas vara iväg 10 h/dygn. En nedräkning sker också utifrån att de sysselsatta som arbetar inom kvadratkilometern antas 100% arbeta 40 h/vecka. Persontäthet för besökare på verksamheter inom kvadratkilometern uppskattas utifrån typ av verksamhet. Förskolor och skolor antas nyttjas till fullo 8 h/dygn. Antagande görs om 10 personer/km² på områden som ej har verksamheter eller boende.

Använda värden

Utifrån uppskattningar av antalet människor i området kan persontätheter för olika delområden beräknas. Följande uppskattning görs kring antal tillkommande i respektive delområde utifrån tillhandahållen information från byggaktörerna.


Tabell 19. Uppskattning av tillkommande personer i respektive delområde detaljplan Hagsåtravägen samt aktuellt planområde.

Delområde	Byggaktör	Uppskattning av tillkommande personer
1	Ikano	200 boende
2	Ikano	60 boende
3	Wallenstam	310 boende, 80 i verksamhet
4	SISAB	1200 skola/förskola
5	Wallenstam	88 boende, 20 i verksamhet
6	Micasa	100 boende
7	Stockholmshem	50 boende
8	Stockholmshem	136 boende
9	Stockholmshem	270 boende
10	Stockholmshem	250 boende
Ny idrottshall/ ishall	Fastighetskontoret	600 vid full verksamhet

Området har delats upp i åtta zoner - fyra norr om järnvägen och fyra söder om järnvägen. För att beräkna samhällsrisker har en förenkling gjorts i form av att befolkningstätheten bedöms vara likformig inom varje specifik del av området.

Nedan redovisas den sammanställda uppskattningen av antalet stadigvarande människor som inom planområdet och den omgivande kvadratkilometern vid genomfört utbyggnadsalternativ. (personer/km²).

Utbyggnadsalternativet

Persontäthet		
200–600 m	6464 personer/km ²	Nord
80–200 m	2764 personer/km ²	
25–80 m	94 personer/km ²	
0–25 m	13 personer/km ²	
Järnvägen		
0–25 m	10 personer/km ²	Syd
25–80 m	4812 personer/km ²	
80–200 m	7273 personer/km ²	
200–600 m	7615 personer/km ²	
<1 000 meter>		

Figur 31. Persontäthet som nyttjats i beräkningar för Nynäsbanan.

Referenslista Bilaga A-E

- ¹³ Länsstyrelsen i Skåne län (2007). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods (RIKTSAM)*. Rapport ”Skåne i utveckling”, 2007:6.
- ¹⁴ Stadsbyggnadskontoret Göteborg (1997) *Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS*. Göteborg: Stadsbyggnadskontoret.
- ¹⁵ FOA (1997) *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker*. Tumba: Försvarets forskningsanstalt, avdelningen för vapen och skydd.
- ¹⁶ Banverket (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Sven Fredén, Banverket: Borlänge.
- ¹⁷ HMSO (1991). *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances*. London : Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission.
- ¹⁸ Purdy, G. (1993) *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*. Journal of Hazardous Materials, 33, 229-259. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- ¹⁹ Wuz (2010). *Helsingborgs stad – Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods*. Kävlinge, Wuz risk consultancy AB
- ²⁰ Marlair, G och Kordek, M-A.(2005) *Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers*. Journal of Hazardous Materials, ss. A123. pp 13-28.
- ²¹ Räddningsverket (1996). *Farligt gods – riskbedömning vid transport*. Karlstad, Statens räddningsverk.
- ²² SMHI (2006). *Vindstatistik för Sverige 1961-2004*. 25 maj 2006, Hans Alexandersson.
- ²³ Lunds Universitet et al. (2012). *Brandskyddshandboken*.
- ²⁴ CDC (2018). The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Propane. <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/74986.html> , hämtat: 2018-03-21.
- ²⁵ SPBI (2018). Statistik. <http://spbi.se/statistik/> , 2018-06-12. Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet, 2018.
- ²⁶ Räddningsverket (2000). *Räddningskemi - Farliga ämnen*. Räddningsverket, Halmemies, Sakari, 2000.
- ²⁷ BBR. *Boverkets byggregler, BFS 2006:12*. u.o., Karlskrona : Boverket, 2006
- ²⁸ Karlsson, B & Quintiere, J.G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*, 2000.

²⁹ Tewarson, A. (2002). Generation of Heat and Chemical Compounds in Fire – Chapter 3.4 SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 3rd Edition, Quincy, 2002.

³⁰ Miljöförvaltningen i Stockholm kommun (2006). Säkerhetsaspekter med E85 som drivmedel, Stockholm, 2006.

³¹ Räddningsverket (1997). *Värdering av risk*. FoU RAPPORT. ISBN 91-88890-82-1. Karlstad: Statens räddningsverk.