

Handläggare  
Mathias Lööf  
Telefon  
076-409 27 74  
E-post  
Mathias.loof@projektstaben.se

Mottagare  
Vasakronan, Handelsbanken,  
Humlegården och SBB  
Referens: Lois Sellgren

Uppdragsansvarig  
Mathias Lööf  
Telefon  
076-409 27 74  
E-post  
mathias.loof@projektstaben.se

Projekt-ID  
0233  
Status  
Leveranshandling

# Riskutredning avseende människors hälsa och säkerhet

Utveckling av kv. Smedsbacken 25  
underlag för detaljplan

Datum	Version	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2022-12-06	1.0	MLF	JJN	-
2023-05-25	2.0	MLF	JJN	Mindre omarbetning till följd av ändrad omfattning av detaljplaneområde

## Sammanfattning

Bremenfastigheterna samt Kv. Smedsbacken 25 ligger inom stadsdelen Ladugårdsgärdet. Bremenfastigheterna omfattar fyra separata fastigheter, Bremen 1, Bremen 2, Bremen 3 och Bremen 4. Idag inrymmer byggnaderna kontorsverksamheter men avsikten är att utveckla fastigheterna med bostäder och hotellverksamhet. Inom Kv. Smedsbacken 25 planeras den befintliga kontorsbyggnaden utökas genom tillbyggnad av ett nytt plan samt utveckling av två nya volymer som kommer byggas samman med den befintliga byggnaden. Planerad fastighetsutveckling kräver nya detaljplaner. Det finns idag inga representativa tider vad gäller planerad byggstart och inflyttning. Detaljplanen planeras dock vara färdig först efter 2025.

Föreliggande riskutredning innebär en utredning av risker som kan medföra negativ påverkan på människor som befinner sig inom och i närhet till detaljplaneområdet. Rapportens övergripande syfte är att uppfylla de krav på riskhantering som ställs i Plan- och bygglagen. Riskbedömningen ska därmed ses som en rekommendation utifrån rådande lagstiftning och riktlinjer och verka som ett beslutsunderlag inför beslutsfattande om markanvändningen enligt planerad fastighetsutveckling är lämplig avseende människors hälsa.

Den riskexponering som berör detaljplaneområdet har identifierats komma från transporter av farligt gods på närliggande transportleder för väg och spårtrafik. Bremenfastigheterna ligger i ett mer riskutsatt läge, där riskexponeringen varierar med avstånd från respektive fastighet till de aktuella riskkällorna, medan Kv. Smedsbacken 25 ligger med skyddad. Stora förändringar i närområdet kommer att ske som en följd av stadsutvecklingen inom Norra Djurgårdsstaden. Förändringarna medför att befintliga verksamheter som genererar farligt godstransporter kommer att avvecklas och flyttas till andra platser.

Utmärkande utifrån ett riskhanteringsperspektiv är de korta skyddsavstånd som planeras till Tegeluddsvägen och industrijärnvägsspåren. Beaktat att farligt godsflödet på dessa transportleder är och förväntas vara mycket begränsat/helt obefintligt är bedömningen att en robust riskbild över tid ändå kan säkerställas. Detta i enlighet med Stockholm stads planer att avveckla Tegeluddsvägen som sekundär led för farligt godstransporter.

Utförd riskanalys påvisar att den samlade riskexponeringen för människor inom detaljplanen i framtiden kan förväntas vara mycket låg. Godtagbara individ och samhällsrisknivåer är att förväntas. I jämförelse med den riskbild som varit förknippad med fastigheterna tidigare förväntas betydligt mer gynnsamma riskförutsättningar.

Förväntad riskbild bedöms skapa förutsättningar för att utveckla fastigheterna med mer känslig verksamhet såsom bostäder och hotell inom länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd. Planerad utveckling är i linje med de förändringar som Stockholm stad föreslår inom ramen för Norra Djurgårdsstaden.

Slutsatsen är att planerad fastighetsutveckling är möjlig att genomföra utifrån ett riskhanteringsperspektiv.

Inga särskilda säkerhetshöjande bedöms nödvändiga för att säkerställa godtagbara risknivåer. Utifrån ett kostnad/nytta-perspektiv samt för att tillskapa en robust riskbild som är okänslig över tid rekommenderas att följande säkerhetsåtgärder beaktas och analyseras i det fortsatta planarbete:

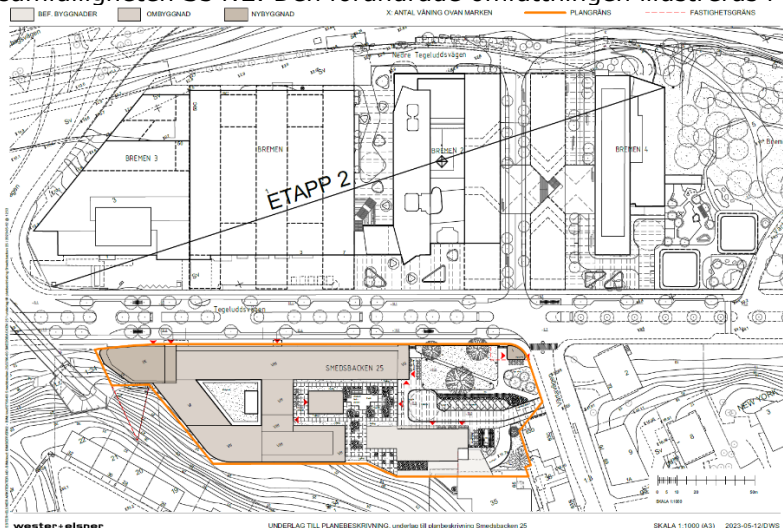
- Byggnader placeras på avstånd om ca 10 meter från närmsta industrijärnvägsspår (spårmitt).
- Ytor utomhus mellan Bremenfastigheterna och spårområdet/Norra länken bör utformas för att ej uppmuntra till stadigvarande vistelse. Detta avser området på Värtabanans marknivå.

- Fasader som vetter mot spårområdet/Norra länken bör utformas i obrännbart material (A-klass) alternativt i material som förhindrar vidare brandspridning i minst 30 minuter (konstruktion motsvarande lägst brandteknisk klass EI 30 som utförs i ytskiktssklass B-s1,d0 anbringat på material i klass A2-s1,d0 eller på beklädnad i klass K210/B-s1,d0 (tändskyddande beklädnad).
- Glaspartier i fasad som vetter mot spårområdet/Norra länken bör inom 20 meter från närmsta industrijärnvägsspår utformas för att klara en temperatur om 300 °C under minst 30 minuters tid. Detta kan uppfyllas via en glasuppbyggnad innehållande en glastruta i härdat glas om minst 6 mm tjocklek med verifierande egenskaper.
- Friskluftsintag bör placeras högt och på sida mot Tegeluddsvägen, d.v.s. bort från spårområdet/Norra länken.
- Byggnader bör utformas med utrymningsmöjligheter till annan sida än mot spårområdet. Alternativ utrymning får ske mot spårområdet/Norra länken.
- Byggnader bör utformas med huvudentréer mot annan sida än spårområdet/Norra länken.
- Sett till befintliga marknivåer och trafikplatsen som delvis kapslar in Norra länken rekommenderas att de under våningarna (ca 10-15 meter upp från marknivå för spårområdet till höjd ovan trafikplatsen) som vetter mot spårområdet/Norra länken planeras och nyttjas för okänslig verksamhet såsom parkering, teknikutrymmen, återvinningsrum m.m. samt mindre känslig verksamhet som kontor, likt fallet är idag. Bostäder bör först planeras ovan denna nivå.
- Mer känslig verksamhet såsom t.ex. förskola bör ej planeras direkt innanför fasad mot spårområdet/Norra länken.
- Bullerskärm mot spårområdet bör utformas tät och svårklätterbar för att försvåra att människor kan ta sig in på spårområdet samt tillskapa en viss naturligt skyddsbarriär.

Aktuell klassning av Tegeluddsvägen uppmuntras att ses över i samråd med Länsstyrelsen. Detta då det är viktigt att styra farligt gods utifrån den körsträckning som är säkrast trafikalt och innebär minst riskexponering i omgivningen.

### Förändring av detaljplanens omfattning

Under detaljplaneprocessen har området delats upp i två etapper och detaljplaner där denna utredning dock har tittat på helheten som den såg ut i april 2023 och sedan fokuserat på Smedsbacken 25 med samfälligheten S34:2. Den förändrade omfattningen illustreras i bilden nedan.



Kopplat till Smedsbacken 25 med samfälligheten S34:2 som ligger längre ifrån och skyddad från Bremenfastigheterna är riskexponering mycket låg. Detaljplaneområdet är beläget på sådant avstånd från de primära riskkällorna att inga särskilda byggnadstekniska åtgärder erfordras för att säkerställa acceptabla risknivåer. Inga av ovanstående belysta skyddsåtgärder är således nödvändiga för Smedsbacken 25 med samfälligheten S34:2.

## Innehållsförteckning

1.	Inledning .....	5
1.1	Syfte .....	5
1.2	Omfattning och avgränsningar .....	5
1.3	Underlag .....	5
1.5	Definition riskbedömning.....	7
1.6	Riskhänsyn vid bebyggelse intill farligt godsled och farlig verksamhet.....	7
1.7	Värdering av risk.....	9
2.	Förutsättningar.....	11
2.1	Områdesbeskrivning, orientering av planerad fastighetsutveckling .....	11
2.2	Metrologiska förhållanden.....	13
2.3	Farliga verksamheter och trafikförhållanden för farligt godstransporter .....	13
2.4	Restriktioner avseende farligt godshantering inom hamnarna .....	16
2.5	Förväntade farligt godsflöden på närliggande transportleder .....	18
3.	Riskanalys.....	23
3.1	Risikinventering .....	23
3.2	Fördjupning av identifierade riskstyrande olyckshändelser.....	24
3.3	Risikvärdering - Samlad bedömning .....	28
4.	Känslighetsanalys .....	29
5.	Diskussion och slutsatser .....	30
	Referenser .....	31
	Bilaga A – Allmänt om farligt gods .....	32
	Bilaga B – Fördjupning av risker med LNG-transporter .....	34
	Bilaga C – Konsekvensanalys olycka med brandfarlig vätska .....	46

# 1. Inledning

Bremenfastigheterna ligger inom stadsdelen Ladugårdsgärdet. Bremenfastigheterna omfattar fyra separata fastigheter, Bremen 1, Bremen 2, Bremen 3 och Bremen 4. Idag inrymmer byggnaderna kontorsverksamheter men avsikten är att utveckla fastigheterna med bostäder och hotellverksamheter vilket kräver nya detaljplaner.

## 1.1 Syfte

Ett flertal olika lagar reglerar när riskanalyser ska utföras. Enligt Plan- och bygglagen ska bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till boendes och övrigas hälsa. Vid beslut om att en detaljplan kan antas medföra betydande miljöpåverkan ska en miljöbedömning genomföras och en miljökonsekvensbeskrivning enligt 6 kapitlet Miljöbalken upprättas. Miljöbalken omfattar bl.a. olyckors direkta och indirekta effekter på människors hälsa och miljön. Människors hälsa utgör således ett av de skyddsvärda objekt som ska belysas och beaktas i en miljökonsekvensbeskrivning enligt Miljöbalken.

Föreliggande rapport innebär en platsspecifik riskbedömning av tänkt fastighetsutveckling. Riskbedömningen berör risker som kan medföra negativ påverkan på människor som befinner sig inom detaljplaneområdet. I riskbedömningen ingår att identifiera, analyser och värdera möjliga risker samt föreslå eventuella åtgärder för riskreduktion. Rapportens övergripande syfte är att uppfylla de krav på riskhantering som ställs i Plan- och bygglagen. Riskbedömningen ska därmed ses som en rekommendation utifrån rådande lagstiftning och riktlinjer och verka som ett beslutsunderlag inför beslutsfattande om markanvändningen enligt utbyggnadsförslaget är lämplig avseende människors hälsa samt huruvida exploateringen utförs med erforderlig hänsyn till närliggande planområden.

Rapporten ska primärt ses som ett underlag inför kommande mer fördjupat detaljplanearbete. detaljplanarbetet framskridit längre och mer exakta detaljer finns fram kring förutsättningar och detaljplanernas innehåll rekommenderas en översyn av föreliggande riskutredning.

## 1.2 Omfattning och avgränsningar

Bedömningen omfattar endast plötsliga och oväntade händelser med akuta konsekvenser för liv och hälsa för människor som vistas inom det studerade området. Analysen beaktar inte långvariga effekter av hälsofarliga ämnen, buller eller miljöfarliga utsläpp från exempelvis förorenad mark.

## 1.3 Underlag

Som underlag för upprättande av denna riskutredning ligger framtagen översiktlig riskutredningen för stadutbyggnadsområdet Norra Djurgårdsstaden samt framtagen säkerhetsrapport för Värtaverket:

- *Översiktlig riskutredning Norra Djurgårdsstaden, version 3*, RiskTec Projektledning AB, 2016. Referens [14].

### 1.3.1 Gällande detaljplaner

För de olika fastigheterna finns 4 separata detaljplaner. Gällande detaljplaner för Bremenfastigheterna reglerar inga skyddsbestämmelser kopplade till människors säkerhet och hälsa.

Gällande detaljplan för Kv. Smedsbacken 25 som vann planen lagakraft 21 december 2007 gjordes en riskutredning för att utreda risker för plötsliga och oväntade olyckshändelser med direkt fara för liv [15].

Slutsatsen från denna riskutredning var att riskbilden för planområdet med rådande förutsättningar var stort med avseende på den transportvolym av farligt gods som förväntades på Tegeluddsvägen, som vid utredningstillfället (2005) uppskattades till att totalt överstiga 100 000 transporter/år. Riskutredningen identifierade vidare transport av Bensin och Etanol (ADR-S Klass 3) som den farligt gods typ som utgjorde en huvudsaklig risk med direkt fara för liv. Omfattningen av dessa transporter prognostiserades vidare vara betydligt lägre år 2020 (700 transporter/år) förutsatt att de farliga verksamheterna i Loudden och Värtahamnen avvecklades. Det olycksförlopp som konstaterades riskstyrande och primärt utredes i riskutredningen var en tankbilsolycka som föranledde spill och fattade eld. Bedömning av konsekvenser av värmestrålning och spridning av ohälsosamma gaser från sådant olycksförlopp låg till grund för föreslagna skyddsåtgärder.

Slutsatsen från utredningen var att om Loudden avvecklades enligt plan erhålls acceptabla risknivåer och att inga riskminskande skyddsåtgärder erfordrades. För att beakta osäkerheter i hur mycket farligt gods som skulle kunna gå på Tegeluddsvägen i framtiden föreslogs följande rekommendation i riskutredningen som också är inarbetade som planbestämmelse i gällande plankarta:

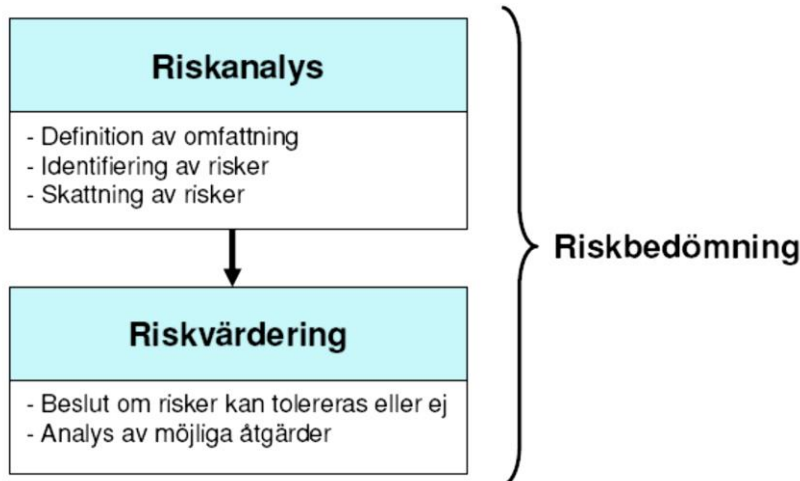
”Samtliga av våningsplanen (befintliga och tillkommande) i Handelsbankens kontorshus ska förses med sprinkler”.

Resonemanget som ligger till grund till denna riskåtgärd grundar sig i att man genom att installera sprinkler i byggnaden förbättrar förutsättningarna för utrymning och bidrar till en allmän riskreduktion för samtliga personer som vistats i byggnaden.

## 1.4 Definition riskbedömning

I denna riskbedömning används begreppet risk som produkten av sannolikhet att en negativ händelse ska inträffa och händelsens negativa konsekvenser.

Ett vedertaget sätt att beakta riskbedömning är att utgå från den standard som International Electrotechnical Commission (IEC) tagit fram. Utifrån IEC:s synsätt omfattar riskbedömning två delmoment; riskanalys och riskvärdering i enlighet med figur 1.



Figur 1. Definition av riskbedömning enligt IEC.

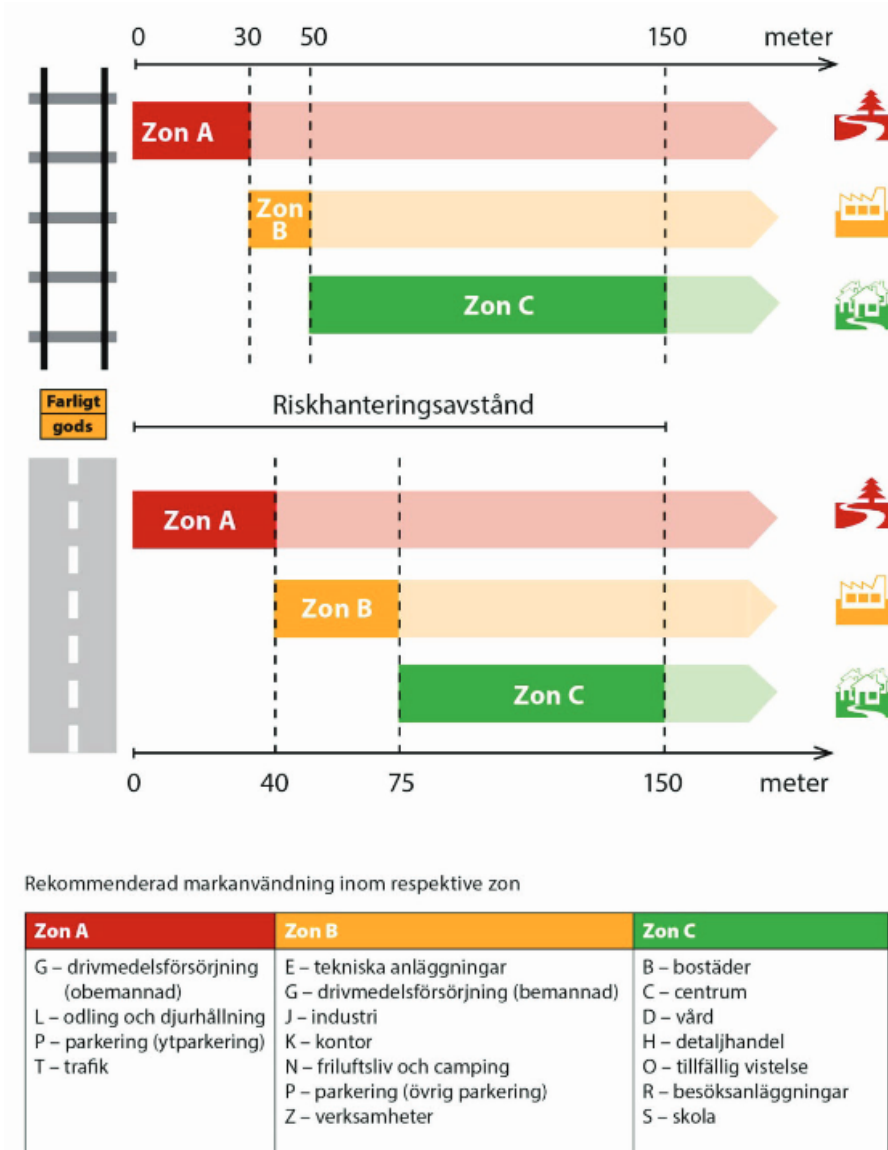
En riskanalys syftar till att identifiera risker/skadehändelser utifrån tillgänglig information. För att kunna göra en skattning av riskerna krävs bedömning av riskernas sannolikhet och konsekvens.

Riskvärderingen baseras på resultatet av riskanalysen och beräknar storleken på respektive risk samt om sammanvägningen av samtliga risker är acceptabel/tolerabel eller ej. Värderingen utgör underlag för hur de analyserade riskerna kan hanteras.

## 1.5 Riskhänsyn vid bebyggelse intill farligt godsled och farlig verksamhet

Sammanhållen bebyggelse ska utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst av olika olyckor. Länsstyrelsen har tolkningsföreträdare rörande plan- och bygglagen och har därigenom tagit fram ett antal styrande dokument vars avsikt är att spegla deras tolkning kring hälsa och säkerhet.

Länsstyrelserna i Skåne-, Västra Götalands- och Stockholms län har arbetat fram en policy [2] för riskhantering i detaljplaneprocessen med riktlinjer för markanvändning intill transportleder för farligt gods. Riskpolicyn innebär att riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meters avstånd från en farligt godsled. Vidare har Länsstyrelsen i Stockholms län tagit fram ett faktablad [3] som innehåller riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods. I faktabladet tydliggör Länsstyrelsen rekommenderade skyddsavstånd mellan transportled för farligt gods och olika verksamheter enligt figur 2.



Figur 2. Länsstyrelsens rekommendationer avseende skyddsavstånd till led för farligt gods från respektive kvartersmark [2].

**Primära farligt godsleder:** För primära farligt godsleder anser Länsstyrelsen att det ska finnas ett bebyggelsefritt avstånd om minst 25 meter och särskilda skyddsåtgärder oavsett vad riskutredningen kommer fram till. Länsstyrelsen bedömer att de skyddsavstånd och skyddsåtgärder som förtydligas utgör ett minimum för att uppfylla kraven i PBL.

**Sekundära farligt godsleder:** För sekundära leder tydliggör Länsstyrelsen att det är svårt att göra en allmängiltig vägledning eftersom riskbilden kan variera väldigt mycket mellan olika leder. Länsstyrelsen anser dock att det, för de flesta sekundära leder, behöver finnas ett bebyggelsefritt skyddsavstånd om minst 25 meter och att det inte är sannolikt att ett skyddsavstånd på mindre än 15-20 meter kan anses tillräckligt för att uppfylla kraven i PBL.

Förutom ovanstående riktlinjer förekommer ytterligare ett antal 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.



## 1.6 Värdering av risk

Det saknas nationella kriterier för riskvärdering för tredje man. Generellt vid bedömning av huruvida en risk kan accepteras eller ej bör hänsyn tas till vissa faktorer. Exempelvis bör riskkällans nytta vägas in, likaså vilken som är den exponerade gruppen samt huruvida risk för katastrofer föreligger. De principer som vanligen anges är [4]:

- Principen om undvikande av katastrofer. Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser än i katastrofer.
- Fördelningsprincipen. Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför.
- Rimlighetsprincipen. En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas.
- Proportionalitetsprincipen. De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar (intäkter, produkter och tjänster, etc.) som verksamheten medför.

Dessa principer indikerar att hänsyn bör tas till kostnader för säkerhetshöjande åtgärder, att en riskkällas nytta skall vägas in samt att olika värderingar kan göras beroende på om den exponerade gruppen har en personlig nytta av riskkällan eller ej. Vidare skall risker ej accepteras om de på ett enkelt tekniskt och icke kostsamt sätt kan undvikas.

Vidare har DNV på uppdrag av Räddningsverket (nu MSB) tagit fram förslag på kvantitativa riskmått gällande individ- och samhällsrisk [5]. Dessa kriterier används generellt vid planläggning intill primära transportleder för farligt gods och andra typer av farliga anläggningar där riskkällan kan vara ett permanent hot för tredje man.

### 1.6.1 Individ och samhällsrisk

**Individrisk:** Individrisken uttrycks som sannolikheten att en person, som står på en given plats, ska omkomma under ett år. Individrisken tar ingen hänsyn till hur många personer som kan påverkas av en skadehändelse.

**Samhällsrisk:** Vid beräkning av samhällsrisk beaktas även hur stora konsekvenserna kan bli för en skadehändelse, detta med avseende på antalet personer som kan påverkas vid olycka. Vid bedömning av samhällsrisk tas hänsyn till hur persontätheten varierar under dygnet och hur stor andel personer som förväntas befinna sig inomhus respektive utomhus. Exempelvis kan persontätheten kring en skola förväntas vara hög under dagen och nästintill obefintlig under natten. Samhällsrisk redovisas ofta med en så kallad FN-kurva, vilken visar sambandet mellan den ackumulerade frekvensen, F, för samtliga olyckor och antal omkomna, N, på grund av dessa olyckor. Kurvan åskådliggör den förväntade frekvensen för ett visst antal döda av olycka involverande farligt gods.

Risken kan värderas som acceptabel, tolerabel eller oacceptabel:

- Om risken är oacceptabel måste åtgärder vidtas
- Om risken är tolerabel (det s.k. ALARP-området, As Low As Reasonably Practicable) ska åtgärder värderas och vidtas om kostnaden är rimlig. Högre kostnader kan accepteras för risker nära det oacceptabla området, än för risker nära det acceptabla.
- Om risken är acceptabel behöver inte åtgärder vidtas men de bör ändå undersökas. Åtgärder som medför små kostnader bör ändå vidtas.

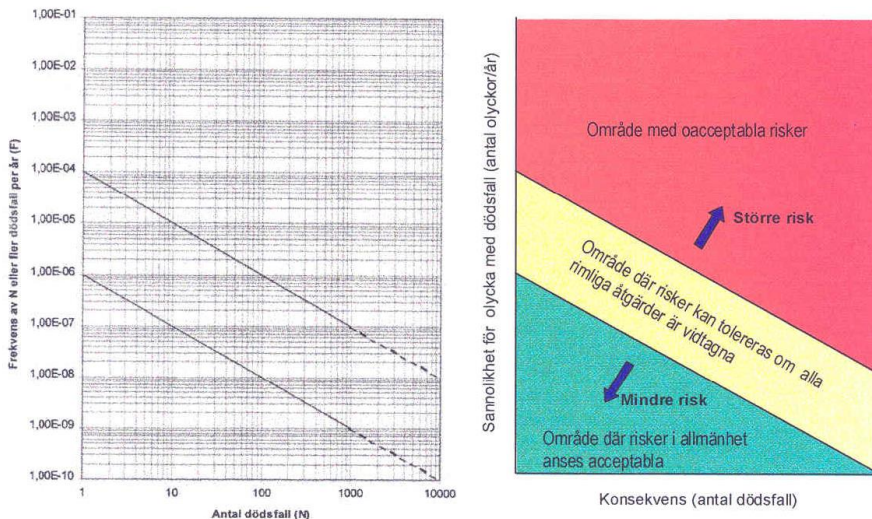
För individrisk föreslås i rapporten från Räddningsverket [5] följande kriterier:

- Övre gräns för ALARP-området:  $10^{-5}$  per år
- Undre gräns ALARP-området:  $10^{-7}$  per år

För samhällsrisk föreslås i rapporten från Räddningsverket [5] följande kriterier:

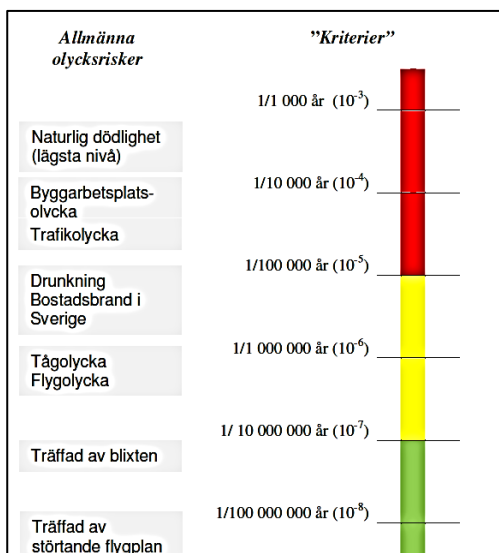
- Övre gräns för ALARP-området:  $10^{-4}$  per år för  $N=1$ , med lutning på FN-kurva: -1
- Undre gräns för ALARP-området:  $10^{-6}$  per år för  $N=1$ , med lutning på FN-kurva: -1

I figur 3 förtydligas appliceringen av DNV:s förslag på kriterier för samhällsrisk.



Figur 3. Räddningsverket via DNV – Förslag på kriterier för samhällsrisk [9].

För att få en bättre uppfattning om vad ovanstående risknivåer innebär presenteras några exempel på olika risknivåer i intervallet i figur 4.



Figur 4. Exempel på olika risknivåers innebörd. Med naturlig dödlighet menas den genomsnittliga naturliga dödsfallsrisken. Den varierar med ålder och kön, med lägst risk vid 7-8 års ålder då den naturliga dödsfallsrisken är cirka 1 på 10 000 per år.

I samband med samhällsplanering är det vidare viktigt att beakta kopplingen mellan risktagande och den samhällsnyttan som erhålls av risktagandet [8 & 9].

## 2. Förutsättningar

### 2.1 Områdesbeskrivning, orientering av planerad fastighetsutveckling

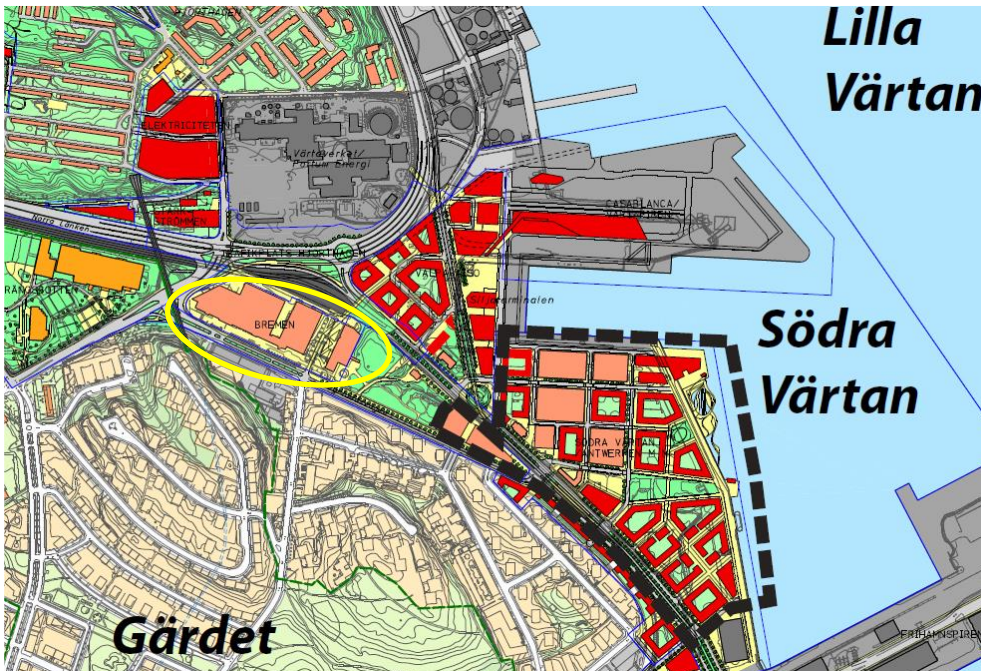
Detaljplanen syftar till att omdana den aktuella delen kring Tegelluddsvägen från industri- och verksamhetsområde till vital stadsmiljö genom ett mer funktionsblandat innehåll med fler kontorsarbetsplatser, bostäder, hotell och centrumändamål. Befintliga fastigheter ligger i stadsdelen Ladugårdsgärdet, se figur 5 för orientering.



Figur 5. Orientering av befintliga fastigheter i omgivningen (se gulmarkering).

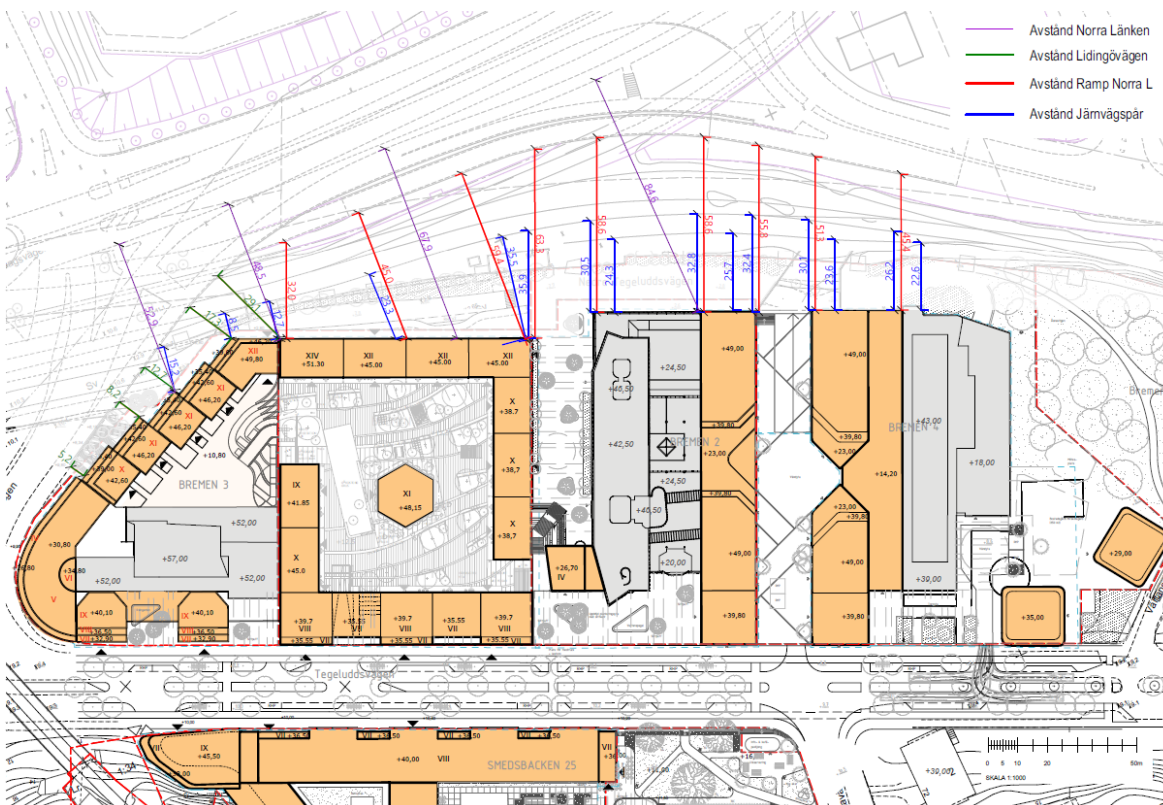
Fastigheterna angränsar till Stockholm stads stora exploateringsprojekt Norra Djurgårdsstaden. I figur 6 presenterat hur berörda fastigheter förhåller sig till en översiktlig planerad utveckling inom Norra Djurgårdsstaden.





Figur 6. Orientering av Bremenfastigheterna (se gulmarkering) i förhållande till planerade stadsutveckling inom Norra Djurgårdsstaden.

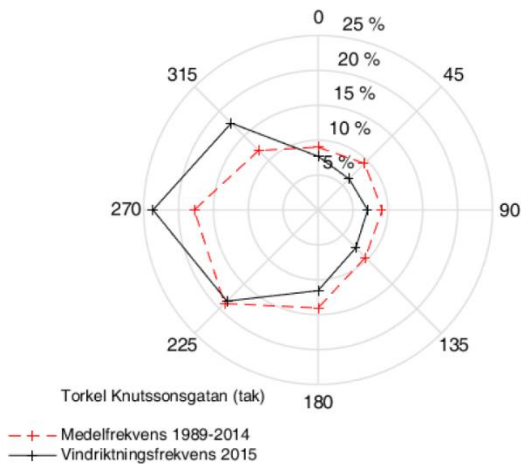
En översiktlig redogörelse av planerad fastighetsutveckling i förhållande till närliggande infrastrukturleder presenteras i figur 7. Det ska noteras att figuren nedan illustrerar skyddsavstånden till Bremenkvarteren. Avstånden till Smedsbacken 25 är betydligt längre och överstiger Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd angivna i figur 2 sett från de utpekade primära riskkällorna.



Figur 7. Översiktlig redogörelse av planerad fastighetsutveckling samt förhållande till närliggande infrastrukturleder.

## 2.2 Metrologiska förhållanden

I Stockholmsområdet är vindar från syd till väst de vanligaste, vilket innebär att i den statistiska skalningen ges spridningsfall för dessa vindriktningar en hög viktning. Vindros nedan visar uppmätt vindriktning år 2015 samt flerårsmedelvärde år 1989-2014 på Södermalm i Stockholm (bild tagen från framtagen luftutredning för Östra Hagastaden framtagen av SLB). Detta innebär att eventuell brandrök/gasutsläpp från riskkälla norr om Bremenfastigheterna, t.ex. Energihamnen, troligtvis ej sprider sig mot Bremenfastigheterna.



## 2.3 Farliga verksamheter och trafikförhållanden för farligt godstransporter

I närområdet till fastigheterna finns vissa riskfyllda verksamheter som hanterar farligt gods, dessa kan sammanfattas till följande:

- LNG-anläggning för fartyg, Loudden
- Drivmedelstation St 1, Frihamnen
- Reservanläggning för LNG, Frihamnen
- Lagring av marina drivmedel (Petrobell), Loudden
- Stockholms hamnars verksamhet inom Frihamnen och Värtahamnen (viss mängd farligt gods samlas med färjetrafiken).
- Värtaverket och Energihamnen (bunkring av brandfarliga vätskor, mindre hantering ammoniaklösning m.m.)
- Lokala verksamheter på Lidingö såsom drivmedelstationer mm.

Det är sedan tidigare beslutat att flera av dessa verksamheter ska avvecklas eller flyttas till annan plats som en del av den större stadsutvecklingen inom Norra Djurgårdsstaden. Stockholms stad har via mail kommunicerat följande tidsplaner för flytt/avveckling av dessa verksamheter:

### LNG-anläggning Loudden

LNG anläggningen som legat i Loudden planeras den att flyttas till Energihamnen.

### Petrobells verksamhet i Frihamnen

Petrobells verksamhet som legat i Loudden. Det är oklart var den sedan tar vägen. Ett möjligt alternativ är Frihamnen.

### Drivmedelsstation St1 vid Frihamnsporten

Planeras avvecklas. Enligt gällande tidplan kommer avveckling ske tidigast 2025.

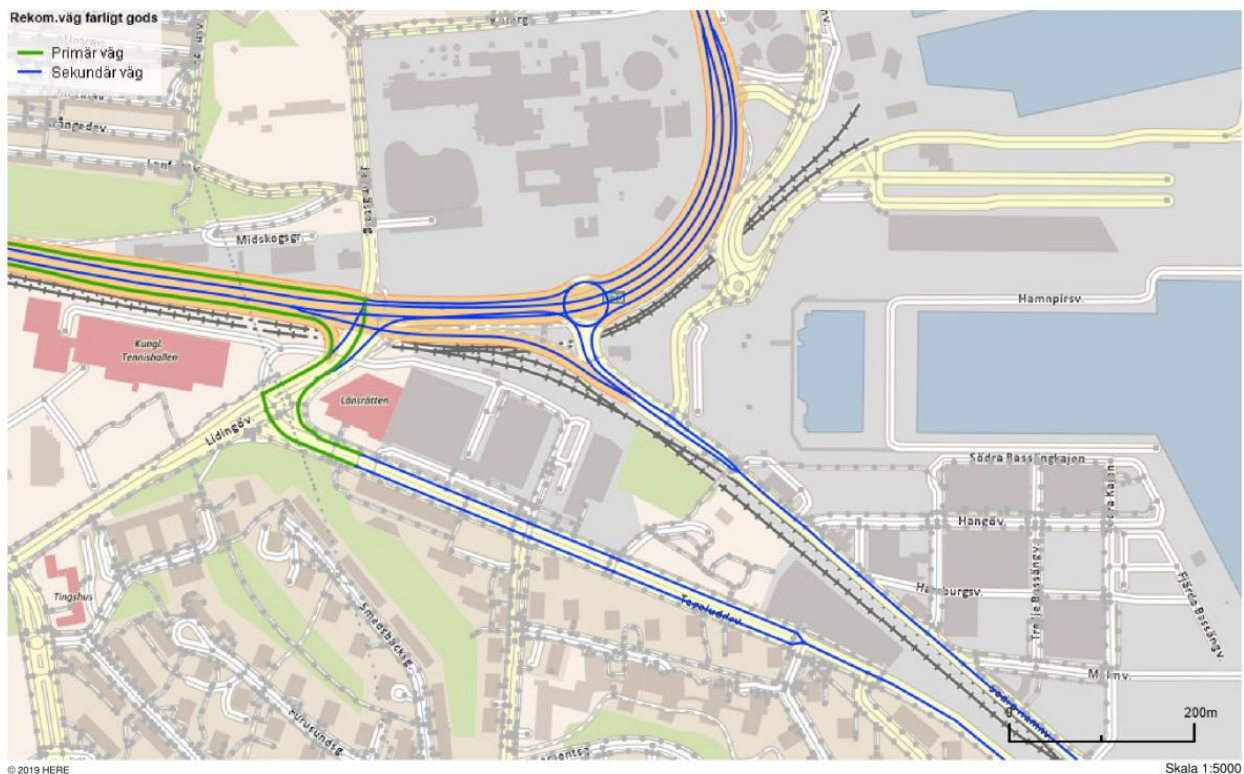
Tidigare riskfylld verksamhet i form av oljeverksamheten i Loudden har redan avvecklats och containerhamnen inom Värtan som genererade viss mängd farligt gods har flyttas till Norvik hamn.

Avståndet från Bremenfastigheterna till Värtaverket, Värtahamnen och Energihamnen är långa och betryggande.

Norra Länken/Lidingövägen utgör den primära farligt godsleden och förbindelsen till Energihamnen där störst kvantiteter farligt gods hanteras/kommer att hanteras i närområdet. Avstånd till Norra Länken/Lidingövägen varierar. Från närmsta byggnad inom Bremenfastigheterna uppgår avståndet som lägst till ca 50 meter. Körfälten är vidare delvis överbyggda av en cirkulationsplats med av-/påfartsramper som utgör ett naturligt skydd mellan de primära körbanorna och Bremenfastigheterna. Avstånd till avfartramp mot Södra Hamnvägen varierar. Från närmsta byggnad uppgår avståndet till ca 30 meter.

Utifrån den målpunktanalys som är genomförd kan farligt godsflödet från Norra Länken sammanfattas enligt följande:

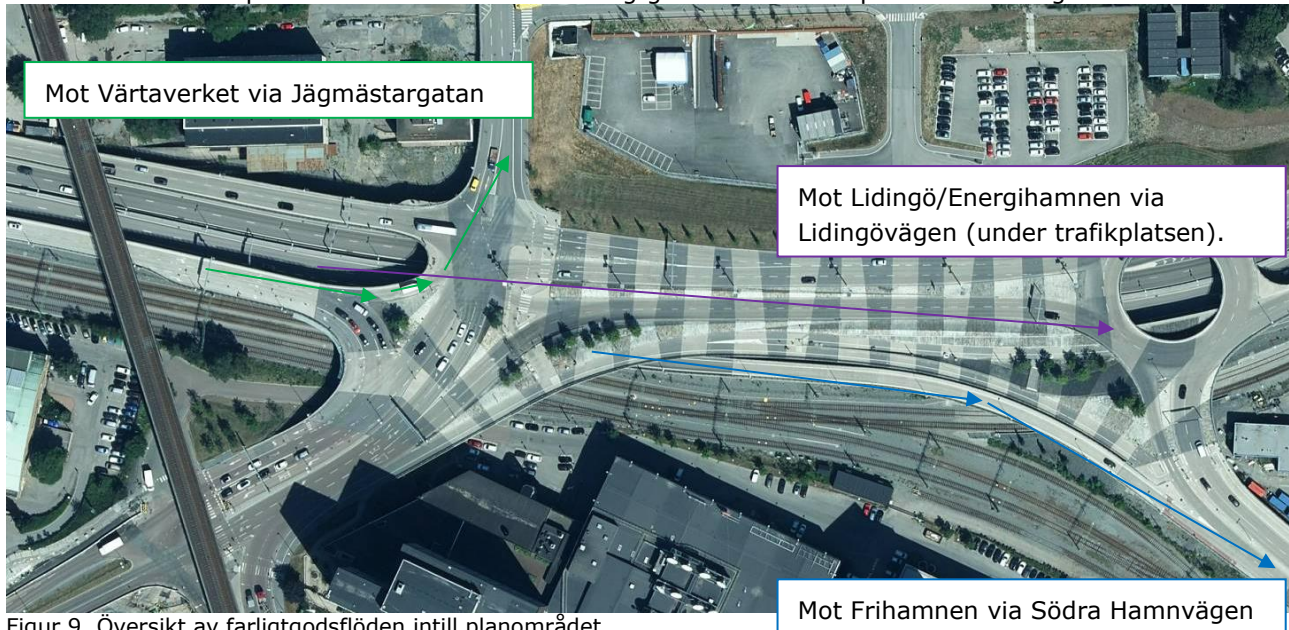
- Transporter mot Lidingö sker på Lidingövägen.
- Mindre mängder farligt gods, vari 25-% ammoniaklösning utgör den mer betydande mängden, transporteras till Värtaverket via Jägmästargatan
- Transporter till Energihamnen sker via Lidingövägen och Norra Hamnvägen
- Transporter i riktning mot Frihamnen/Loudden sker via Lidingövägen och Södra Hamnvägen. De kan också teoretisk transporteras via Tegeluddsvägen. Såväl Södra Hamnvägen som Tegeluddsvägen utgör sekundära farligt godsleder, se figur 8. Utifrån att Södra Hamnvägen är den skyltade vägen till/från Frihamnen och den mest naturliga att välja eftersom denna led nås via en direktanslutning till Norra Länken samt innebär kortast körsträcka utan trafikljus.



Figur 8. Farligt godsled i närheten av kv. Smedsbacken 25. Karta hämtad från Trafikverkets nationella vägdatabas (NVDB) 2020-07-03.



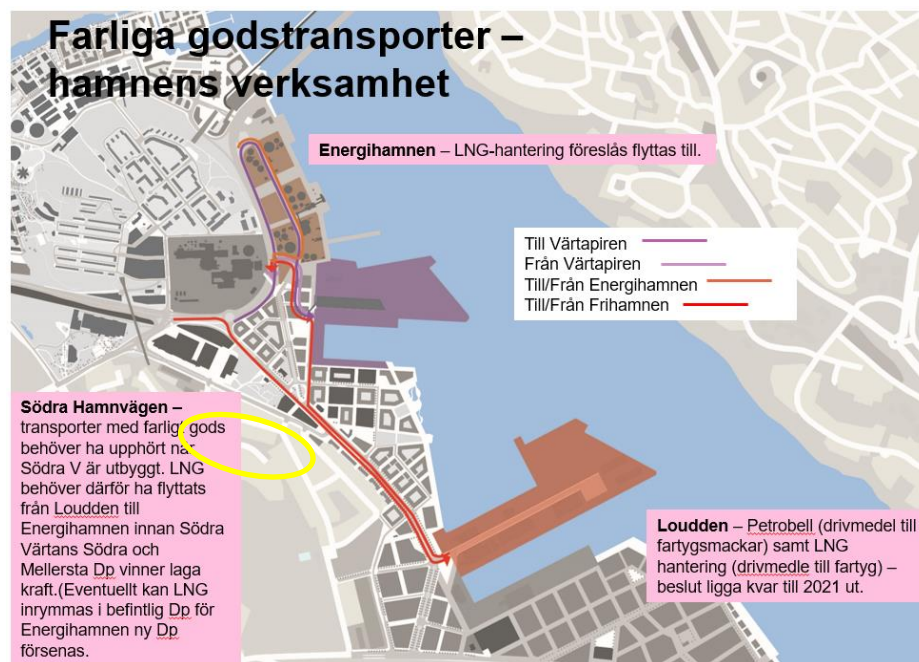
För ökad förståelse presenteras en översikt av farligtgodsströmnarna intill planområdet i figur 9.



Figur 9. Översikt av farligtgodströmnarna intill planområdet.

Tegeluddsvägen ligger i direkt anslutning till Bremenfastigheterna och Kv. Smedsbacken 25 (avstånd mellan byggnad och körfältet överstiger idag 25 meter med förväntas kortas ned till ca 10 meter som följd av planerad fastighetsutveckling).

I samband med exploateringen av Södra Värtan, Loudden och Energihamnen kommer vidare trafikförutsättningarna förändras, dock utan större inverkan på riskexponeringen för Bremenfastigheterna. De planerade ändringar åskådliggörs i figur 10. Den stora förändringen är att tung trafik söderifrån kommer att ledas in till Norra Länken via Hamnpirsvägen och ny tunnel som kommer att uppföras inom detaljplan Valparaiso vilken förbinder Värtahamnen med påfart för Norra Länken.



Figur 10. Planerad omläggning av farligt godstransporter. Erhållen från Niklas Ymerson, projektledare Stockholms Stad.

Idag löper industrispåren som förbinder järnvägen Värtabanan med Stockholms hamnars verksamhet i Värtapiren och Frihamnen/Loudden utanför befintliga Bremenfastigheter. Avstånden till de olika spåren varierar för de olika huskropparna men uppgår som lägst till ca 15 m. Inga väsentliga höjdskillnader föreligger mellan spårområdet och byggnaderna. I linje med Stockholm stads långsiktiga utvecklingsplaner inom Norra Djurgårdsstaden är tanken att öka kapaciteten på den västra bangården och avveckla den östra bangården och de industrispår som leder till Frihamnen/Loudden, se figur 11 för orientering. En sådan utveckling kommer medföra att flera av de spår som idag löper förbi Bremenfastigheterna kommer avvecklas.



Figur 11. Översiktligt bild som redogör för den östra respektive västra rangerbangården

På Värtabanan transporteras endast gods. Banan har inte några restriktioner vad det gäller farligt gods utan det är målpunkterna som styr farligt godsflödet på banan. I enlighet med Trafikverkets prognos för 2040 uppgår antal tåg rörelser till 8 per dygn (2x3 tåg Exergi samt 2x1 tåg Cementa) varav inget utgörs av farligt gods. Därtill har det nyligen kommit signaler om att Exergi även kan komma att börja köra koldioxid (bio-CCS) från Värtan, uppgiften är dock inte bekräftad. Enligt Exergis miljö tillstånd kan transporter antingen komma att ske via spår eller via fartyg. Inom ramen för den MKB som ska tas fram för bio-CCS kommer riskerna för tredje man utredas. Om koldioxid skulle transporteras via spår skulle det enligt uppgifter från Trafikverket då sannolikt handla om 2x1 tåg per dygn extra, vilket betyder 10 tågrörelser per dygn.

## 2.4 Restriktioner avseende farligt godshantering inom hamnarna

Av betydande för det förväntade farligt godsflödet på transportleder (väg och järnväg) till/från är gällande kvantitetsbegränsningar avseende farligt godshantering inom Stockholms hamnarna fastslagna 2014 [12], vilka har utarbetats för att minimera konsekvenserna vid olycka involverande farligt gods. Restriktionerna är framtagna med hänsyn till säkerheten för färjeresenärer samt lokala förhållanden såsom närheten till bebyggelse, anläggningar och andra platser, där människor vanligen uppehåller sig. I tabell 1 följer de viktigaste restriktionerna avseende människors säkerhet:

Tabell 1. Restriktioner avseende farligt godshantering i [12].

<b>IMDG KLASS</b>	<b>Kommentar</b>
1.1	ämnen och föremål med risk för massexplosion, hanteras ej.



1.2	ämnen och föremål med risk för splitter och kaststycken men inte massexplosion, hanteras ej.
1.3	ämnen och föremål med risk för brand, och mindre risk för tryckvåg splitter och kaststycken, men inte för massexplosion a) vars förbränning ger upphov till avsevärd strålningsvärme, eller b) vilka brinner efter varandra och ger upphov till mindre verkningar genom tryckvåg eller splitter och kaststycken. Maximal kvantitet: 10 000 kg nettovikt explosivämne.
1.4	ämnen och föremål med endast obetydlig explosionsrisk i händelse av antändning eller initiering under transport. Verkningsgraden är i stort sett begränsade till kollit och det kan inte förväntas splitter av betydande storlek eller utbredning. Brand utifrån får inte förorsaka praktiskt taget samtidig explosion av så gott som hela kollits innehåll. Maximal kvantitet: 75 000 kg nettovikt explosivämne.
1.5	Mycket okänsliga ämnen med risk för massexplosion men med mycket liten sannolikhet för initiering eller övergång från brand till detonation under normala transportförhållanden Maximal kvantitet: 10 000 kg nettovikt explosivämne.
1.6	Extremt okänsliga föremål utan risk för massexplosion. Föremålen innehåller endast extremt okänsliga ämnen och där sannolikheten för oavsiktlig antändning eller utbredning är försumbar. Maximal kvantitet: 10 000 kg nettovikt explosivämne.
2.1	Brandfarliga gaser (vilket motsvarar grupper betecknade med den versala bokstaven F). a) Lastade tankcontainrar, hanteras ej. b) Mindre förpackningar(gasflaskor), avgörs i varje enskilt fall. Förhandsförfrågan ska ske i god tid. UN 1950 Aerosoler omfattas inte av begränsningar.
2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser. Maximal kvantitet: 200 000 kg
2.3	Giftiga gaser, hanteras ej.
3	Förpackningsgrupp I Produkter med en kokpunkt under 35°C, hanteras ej. Förpackningsgrupp II Produkter med flampunkt under 23°C, maximal kvantitet: 100 000 kg. Förpackningsgrupp III Produkter med flampunkt mellan 23°C och 60°C, maximal kvantitet: 150 000 kg.
5.1	Förpackningsgrupp I Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 10 000 kg. Förpackningsgrupp II Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 75 000 kg. Förpackningsgrupp III Oxiderande ämnen, maximal kvantitet, 100 000 kg.
5.2	Organiska peroxider, se även förteckning i IMDG-koden över organiska peroxider som är tillåtna för transport. a) typ A-D3, hanteras ej. b) typ E-G, maximal kvantitet, 100 000 kg.

Gällande restriktioner innebär att de farligt godsclasser som är förknippade med större konsekvenser på omgivningen givet olycka t.ex. massexplosiver samt brännbar och giftig gas är förbjudna inom Värtapiren och Frihamnen där reguljär färjetrafik (passagerarfartyg) som samlastas med viss mängd gods (så kallade ROPAX) bedrivs. Kvantitetsbegränsningar gäller ej för Energihamnen där endast godsfartyg trafikerar.

## 2.5 Förväntade farligt godsflöden på närliggande transportleder

I följande avsnitt redogörs de dominerande farligt godsmängderna för respektive transportled i närhet till Bremenfastigheterna.

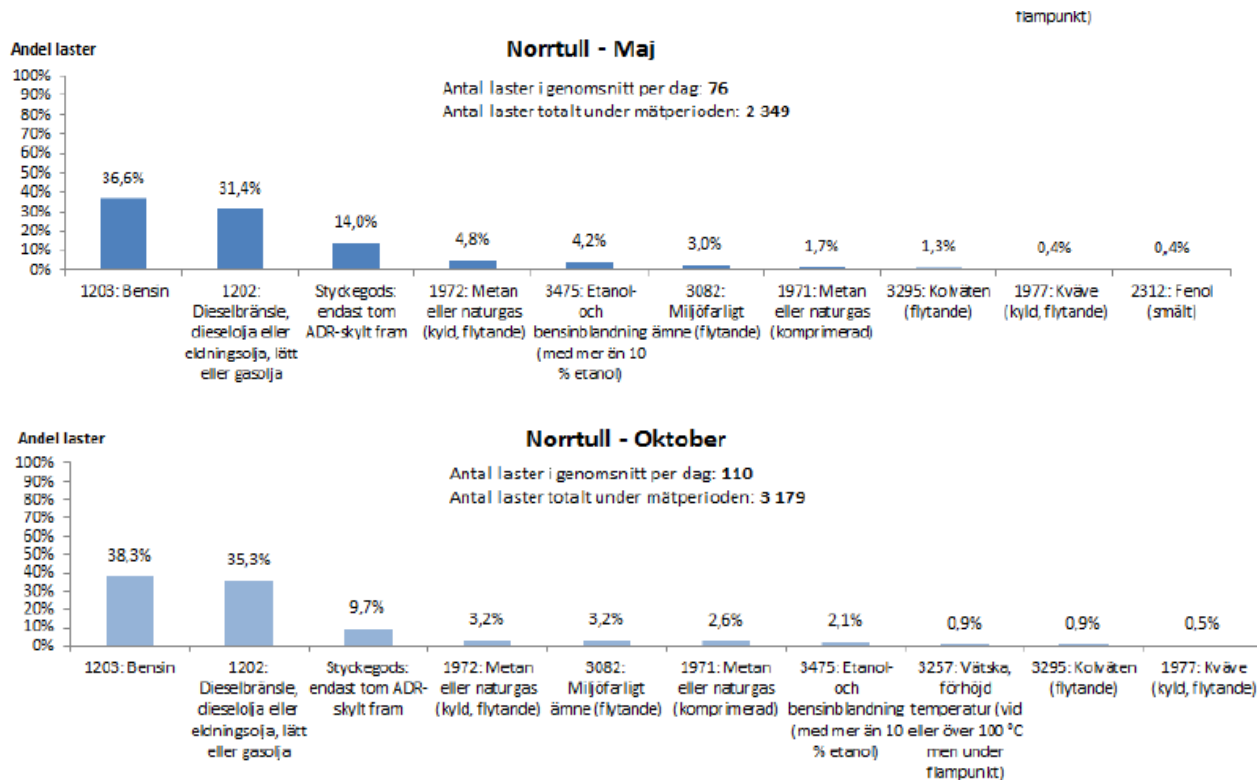
### 2.5.1 Norra länken/Lidingövägen

E4/E20 utgör en av de mest trafikerade vägarna i Sverige. Vid Norrtull delar sig vägarna, E4 går norrut, medan E20 fortsätter vidare österut mot Värtan. Såväl E4/E20 utgör primär transportled för farligt gods.

Den godkända säkerhetsdokumentationen för Norra Länken utgår från uppgifter om mängder farligt godstransporter hämtade från Räddningsverkets kartläggningar i [1] [8] samt uppgifter om lokala förhållanden. En sammanställning av inventeringen presenterad i figur 12.

Klass	Typ av farligt gods	Antal Transporter/år	
		Norra Station	Norra Länken (Lidingövägen)
1	Explosiva ämnen och föremål (E 20 nästan bara klass 1.4)	1687	34
2.1	Brandfarliga gaser	380 +1200	89+1200
2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser	2200	414
2.3	Giftiga gaser	3	43
	Aerosoler (sprayfärg mm)	-	672
3	Brandfarliga vätskor	20753	16190
4.1	Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och okänsliggjorda explosivämnen	193	147 (totalt)
4.2	Självtändande ämnen	16	
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	93	
5.1	Oxiderande ämnen	149	349
5.2	Organiska peroxider	1	
6.1	Giftiga ämnen	526	228
	Smittförande ämnen	193	
7	Radioaktiva ämnen	5	-
8	Frätande ämnen	1360	1763
9	Övriga farliga ämnen och föremål	1190	1377
Alla klasser		30912	22610

Figur 12. Sammanställning av indata vad gäller farligt godstransport enligt Norra Länkens säkerhetsdokumentation.



Som följd av avvecklingen av de farliga verksamheterna på Loudden har vidare en större förändring av farligt godsflödet som presenteras ovan skett. Mängden brandfarliga vätskor har drastiskt sjunkit. Till följd av avvecklingarna inom Loudden finns ett förslag som möjliggör Stockholm Hamnars framtida bunkringsbehov inom Energihamnen.

Uppgifter från Stockholm Hamnar tydliggör att följande mängder kan komma att behöva lagras inom Energihamnen:

- 2 cisterner för Heavy Fuel Oil på minimum 14 000 m<sup>3</sup>
- 2 cisterner för brännolja respektive diesel på minimum 4 800 m<sup>3</sup>
- 1 cistern för bensin på minimum 1 200 m<sup>3</sup>
- LNG-transporter som idag utgår från Loudden. Enligt uppgifter från Stockholms hamnar kan antalet komma att fördubblas i en framtid.

Bränsletransporter till depån kommer i huvudsak att ske med fartyg och i mindre omfattning med tankbilar. De farligt godstransporter på väg som den framtida utvecklingen av Energihamnen kan förväntas ge upphov till utgörs av redogjorda LNG-transporter samt ett mindre antal tankbilstransporter av brandfarlig vätska ut till närliggande verksamheter såsom exempelvis sjömackar.

Förutom de större målpunkter inom hamnområdet tillsammans med befintliga drivmedelstationer i närområdet utgör Stockholms Exergis verksamhet inom Värtaverket samt lokala verksamheter på Lidingö (drivmedelstationer, Lidingöverket, Käppalaverket, Lotrec AB samt Bigner & Co) de primära målpunkter som ger upphov till farligt godstransporter på Norra länken/Lidingövägen.

Utifrån ovanstående kan konstateras att det är olyckor med brandfarlig gas (LNG) samt brandfarliga vätskor som förväntas vara riskstyrande utmed Norra länken/Lidingövägen till Energihamnen. I målpunktanalysen har viss mängd oxiderande ämne (väteperoxid <50%) identifierats. Vattenlösningar

med <60% väteperoxid är förknippade med liten brandfara och måttlig reaktivetsfara och bedöms ej kunna leda till explosion. Inga verksamheter som hanterar ammoniumnitrat Vidare transporteras ca 200 transporter 25%-ammoniaklösning till Värtaverket per år. Inga verksamheter som ger upp till transporter av explosivt ämnen klass 1.1. eller bulktransporter av giftiga gaser såsom klorgas eller ren ammoniak har identifierats.

Vid en framtida anslutning av Norra länken till en Östlig förbindelse skulle transportererna av farligt gods kunna öka i och med en närmare förbindelse mellan dels Bergs oljehamn samt LNG-terminal i Nynäshamn. Omfattningen av en sådan ökning är svår att uppskatta i och med att en eventuell Östlig förbindelse ligger oklart i tid. Det är vidare oklart om en eventuell byggnation av Östlig förbindelse påverkar riskexponeringen för Bremenfastigheterna. Detta är avhängt utformningen trafikplatserna och anslutningen till Norra länken. Det ska noteras att Östlig förbindelse inte finns med i trafikverkets prognoser för 2040.

## 2.5.2 Södra Hamnvägen

De farligt godstransporter som kan komma att transporteras på Södra Hamnvägen eller Tegeluddsvägen (mest troligen Södra Hamnvägen enligt redogörelse enligt ovan avsnitt) efter utbyggnad av planområdet utgörs av:

- Tankbilstransport till Petrobell i Frihamnen
- Transport av styckegods till/från Frihamnen (viss farligt gods samlas med färjetrafiken)

Förväntad mängd farligt gods som ovan verksamheter ger upphov till sammanfattas i tabell 2.

Tabell 2. Sammanställning av förväntat antal farligt godstransporter på Södra Hamnvägen per år utifrån dagen trafiksituation.

Verksamhet/Destination	Typ av farligt gods	Antal transporter per år
Petrobell / Oklar destination (Frihamnen, energihamnen, avvecklas)	Brandfarliga vätskor (ADR-S klass 3)	180
Frihamnen (färjetrafik)	Styckegods av primärt klass 3, 8 och 9.	50-100
<b>Totalt antal</b>		<b>130-280</b>

Drivmedelstationen St 1 som idag genererar farligt gods förväntas vara avvecklad innan planområdet är utbyggt. Då tiden för avveckling inte är 100 % säkerställd beaktas nedan transportmängder i riskanalysen.

St1 / Frihamnsområdet (ska avvecklas)	- Bulktransport brandfarliga vätskor (bensin, diesel ADR-S Klass 3) - Växelflak med fordonsgas (ADR-S Klass 2.1)	107 400
--	---	------------

Värden för antal transporter och typ av transporter till Petrobell, St1 och Frihamnen är tagna från tidigare utförd riskutredning för Södra Värtan [6].

I Frihamnen har Gasnätet i Stockholm en reservanläggning för LNG. Den flytande gasen levereras till anläggningen med tankbil. Vid normal drift är anläggningen i Högdalen huvudanläggning för stadsgastillförseln och i Mårtensdal finns en blandningsanläggning som är spets- och reservanläggning. Eftersom anläggningen i Frihamnen utgör en reservanläggning förväntas transporter av LNG till anläggningen begränsas till enstaka transporter under relativt korta tidsperioder. Dessa transporter bedöms vara så få i antal att de ej bidrar till riskbildningen. Själva reservanläggningen ligger på ett tryggt avstånd från detaljplaneområdet varför anläggningen inte utgör en riskkälla för det studerade området.

Givet målpunkternas hantering är en rimlig förutsättning för fortsatt riskanalys att riskexponering utmed Södra Hamnvägen efter det att planområdet är utbyggt kan förväntas styras av olyckor med brandfarlig vätska.

### 2.5.3 Värtabanans industrijärnvägsspår

På Värtabanan transporteras endast gods. Det finns inga restriktioner för vilka farligt godsklasser och mängder som får transporteras på Värtabanan, utan detta styrs av målpunkternas verksamhet. Med stöd från detta anses det inte vara lämpligt att utgå från generell statistik baserat på kartläggningar över de stora transportstråken vid riskbedömning. Prognoser för 2040 indikerar 8-10 tågrörelser per dygn.

Som det ser ut idag är det enbart reguljär färjetrafik (passagerarfartyg) som samlastas med viss mängd gods (så kallade ROPAX), vilka trafikerar hamnverksamheten. Det järnvägsgods som Stockholm Hamnars verksamhet primärt ger upphov till i dagsläget utgörs av transporter av nyttillverkade bilar som lastas om på järnvägsvagn i Värtahamnen. Inga fartyg som transporterar spårbunden farligt gods anlöper Värtahamnen.

Givetvis kan inte uteslutas att nya rederier, med kapacitet att hantera spårbundet gods, börjar angöra Värtahamnen i framtiden. I enlighet med Stadens strategi att flytta den tyngre godshanteringen till Norvik anses en utveckling som innebär en betydande ökning av farligt godstransporter på Värtabanan som osannolik. Tas hänsyn till att det inom Energihamnen skulle kunna bli intressant att flytta över viss del farligt godshandling från fartyg och lastbil till järnväg, rör det sig om transporter innehållande brandfarlig vätska klass 3. Sådana vätskor är förknippade med en hög flampunkt (>55 °C) och en väldigt låg sannolikhet för antändning givet utsläpp till atmosfären. Inte heller detta är någon sannolik utveckling, med avseende på att infrastruktur inom Energihamnen ej är/planeras att anpassas för lossning/lastning via järnvägen.

Kopplat till den planerade anläggningen Bio-CCS inom energihamnen kan det bli aktuellt att transportera koldioxid i form av kylkondenserad vätska. Koldioxid är inte klassat som giftig eller brandfarlig gas, men kan vid spridning i luft medföra risk för kvävning vilket är den primära olycksrisken.

Med stöd utifrån inventeringen avseende målpunkternas farligt godshandling kan konstateras att mängden farligt godstransport som är att förvänta på Värtabanan i framtiden är mycket begränsad.

## 3. Riskanalys

Inledningsvis görs en inventering av riskkällor (avsnitt 3.1) i anslutning till det studerade området. Riskinventeringen omfattar de riskkällor som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området.

Identifierade risker analyseras vidare via kvalitativa och kvantitativa bedömningar, dessa i tur ligger till grund för att jämföra den förväntade risknivån med föreslagna acceptanskriterier i avsnitt 1.6.

### 3.1 Riskinventering

I Bilaga A redogörs för klassificering av farligt gods enligt ADR-S samt de potentiella skadescenarier som kan uppstå för respektive farligt godsklass. Baserat på denna övergripande konsekvensredogörelse och beskrivna förutsättningar enligt avsnitt 2 görs följande slutsatser:

- Det långa avståndet till Värtaverket, Värtahamnen och Energihamnen är betryggande varför riskkällorna ej hanteras vidare.
- Tunnelbanan som går på bro och angränsar till fastigheterna på ett avstånd om ca 30 meter bedöms ej utgöra något direkt hot och hanteras ej vidare.
- Transporter av brandfarliga vätskor på Norra länken som ligger på ett avstånd om lägst ca 50 meter från Bremenfastigheterna bedöms ej utgöra något direkt hot och hanteras ej vidare. Det samma gäller övriga farligt klasser såsom frätande ämnen (klass 8) samt magnetiska föremål och övriga farliga ämnen (ADR-S klass 9) som förknippas med konsekvenser som begränsas till det direkta närområdet kring olycksplatsen.
- Transporter av brandfarliga och giftiga gaser till Värtaverket kan komma att hota människor inom planområdet och hanteras vidare via fördjupad analys.
- Transporter av brandfarlig gas (LNG) på Norra länken/Lidingövägen som ligger på ett avstånd om lägst ca 50 meter från Bremenfastigheterna bedöms kunna hota människor inom/i anslutning till byggnaderna och hanteras vidare.
- Transporter av brandfarlig vätska på Södra Hamnvägen bedöms kunna hota människor inom/i anslutning till byggnaderna och hanteras vidare. Övriga farligt klasser såsom frätande ämnen (klass 8) samt magnetiska föremål och övriga farliga ämnen (ADR-S klass 9) som förknippas med konsekvenser som begränsas till det direkta närområdet kring olycksplatsen hanteras ej vidare.
- Olyckshändelser på närliggande industrijärnvägsspår såsom urspårning, farligt godsolycka och godstågsbrand bedöms kunna hota människor inom/i anslutning till byggnaderna och hanteras vidare.

## 3.2 Fördjupning av identifierade riskstyrande olyckshändelser

### 3.2.1 Olyckor på närliggande industrijärnvägsspår

Sannolikheten för att en olycka ska uppstå är generellt högre vid rangering på industrispår jämfört med vid normal transport. Detta beror på att rangeringen omfattar omkopplingar samt betydligt fler växlingar vilket utgör parametrar som är förknippade med en ökad sannolikhet för olycka. De låga hastigheterna som föreligger vid rangering (krypfart, <10 km/h) innebär dock en väldigt låg sannolikhet för att en större olycka som utgör fara för tredje man ska inträffa. Vanligtvis är olycksriskerna förknippade med påkörning eller klämrisker för arbetarna. Mekanisk verkan till följd av urspårning kan antas vara väldigt begränsad till följd av de låga hastigheterna, vilket innebär att ett urspårat tåg ej förväntas sprida sig längre än någon meter från spårområdet. Sett till farligt godstankarna utformning så bedöms dessa tåla de mindre mer förekommande stöttarna som kan komma att uppstå vid rangering.

En olycka med brandfarlig vätska kan i likhet med en tankbilsolycka föranleda en pölbrand som ger upphov till hög värmestrålning mot omgivningen. I samband med rangering är enligt "handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg" [9] sannolikheten för ett stort utsläpp = 0. Utförda strålningsberäkningar för en pöl om 100 m<sup>2</sup> påvisar att direkt farligt strålningsnivåer (15 kW/m<sup>2</sup>) begränsar sig till ca 15 meter från olycksplatsen. Detta är i linje med de strålningsberäkningar som finns redovisade i Bilaga C. Ovan pölbrand ska ses som konservativ med hänsyn till att utformningen av marken i anslutning till järnväg (ex makadam med hög genomsläpplighet) medför att ett mindre spill har begränsade möjligheter att breda ut sig. Som redogjort för i tidigare avsnitt finns inga indikationer på att farligt gods kommer trafikeras på järnvägen. Ett troligt brandscenario är snarare hänfört till en godstågsbrand. Detta utgör ett mer långsamt förlopp, och mindre risk för omgivning i jämförelse med beskriven pölbrand.

Kopplat till den planerade anläggningen Bio-CCS inom energihamnen och att det kan bli aktuellt att transportera koldioxid i form av kylkondenserad vätska så kan detta förväntas ske i tankar med extra hög hållfasthet, så kallad tjockväggig tank. Koldioxid är inte klassat som giftig gas, men kan vid spridning i luft medföra risk för kvävning vilket är den primära olycksrisken. Givet de korta avstånden kan inte uteslutas att ett större utsläpp medför kvävningensrisk inom planområdet. Sannolikheten för ett stort utsläpp kan emellertid sättas till 0 enligt "handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg" [9]. Ett mindre utsläpp bedöms inte medföra direkt fara för liv och vidare innebär den täta bebyggelsen i sig ett bra skydd mot de ytor utomhus där människor förväntas vistas med stadigvarande, t.ex. innergårdar och utmed Tegeluddsvägen.

### 3.2.2 Olycka med brandfarlig vätska på Södra Hamnvägen

Risken exponering utmed Södra Hamnvägen har sedan tidigare kvantifierats inom ramen för riskutredning för Södra Värtan samt riskutredning för kvarter Smedsbacken 25. I dessa riskkvantifieringar ingår transportantalet som drivmedelsstationen St 1 ger upphov till. Utförda riskberäkningar påvisar att acceptabla risknivåer i omgivningen är att förväntas trots korta skyddsavstånd mellan riskkälla och planerad bebyggelse. Bakgrunden till detta är det låga transportantalet av farligt gods i kombination med gynnsamma trafikala förutsättningar som medför en låg sannolikhet att t.ex. en tankbil med brandfarlig vätska kommer till skada vid en fordonsolycka. Den tillåtna hastigheten på Södra Hamnvägen uppgår till 50 km/h.

För att få en bättre förståelse för tänkbara konsekvenser givet en olycka med brandfarlig vätska har en fördjupade konsekvensanalys för pölbrand genomförts. Denna återfinns i Bilaga C. Från denna analys kan konstateras att risk för farliga strålningsnivåer och brandspridning till Bremenfastigheterna endast föreligger vid en olycka på Tegeluddsvägen. Avståndet om 30 meter som föreligger mellan Bremenfastigheterna och avfart från Norra länken till Södra Hamnvägen medför ett betryggande skydd mot farliga påverkan.



Med hänsyn till att transporter av farligt gods på Tegeluddsvägen förväntas försvinna inom en snar framtid efter det att detaljplanarbetet för Bremenfastigheterna planeras vara klart bedöms det inte finnas några riskmässiga hinder för planerad fastighetsutveckling mot Tegeluddsvägen.

### 3.2.3 Olycka med brandfarlig gas (LNG) på Norra länken

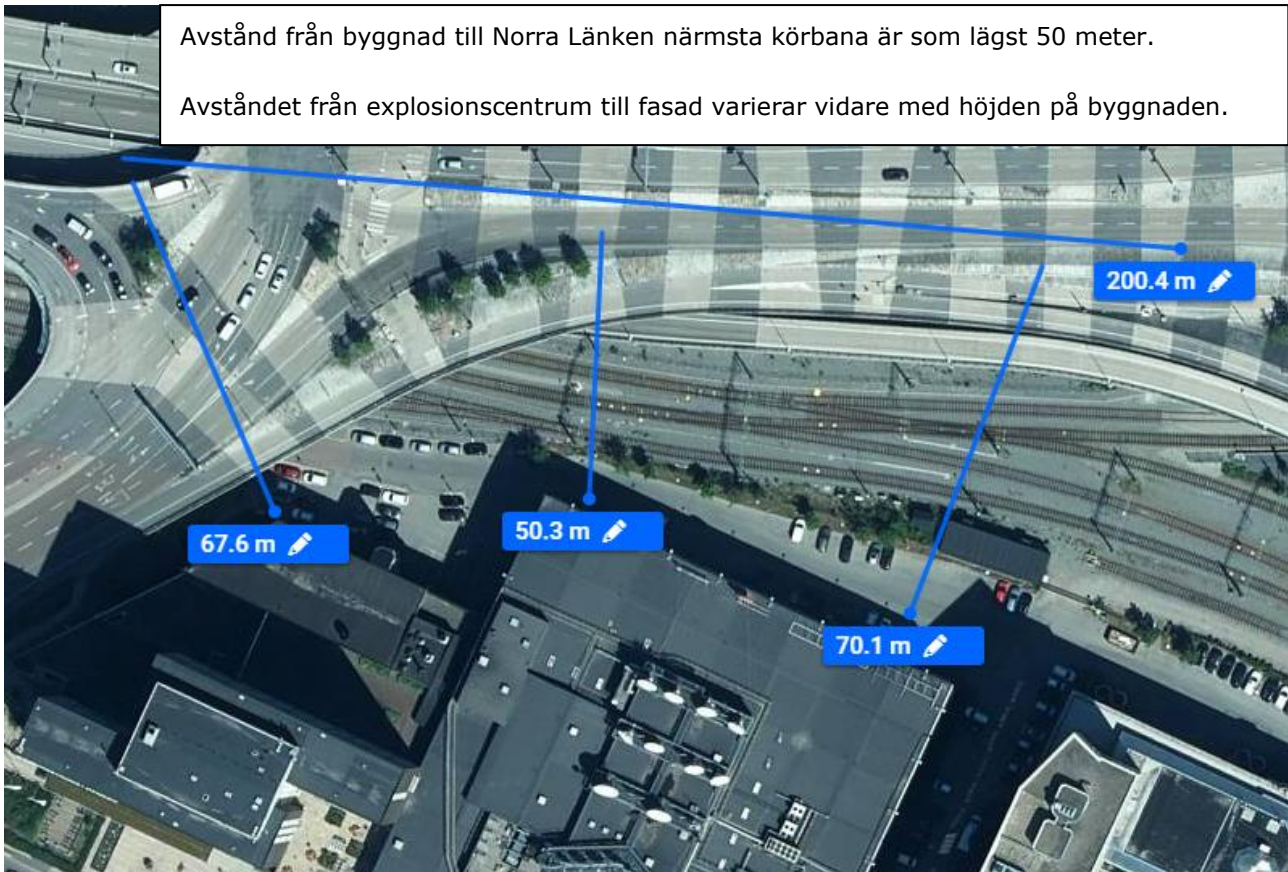
Naturgas är endast antändlig inom små gränser för koncentration i luften (normalt mellan 5 % och 15 % för rent metan). LNG transporteras i tankbilar försedda med vakuumisolerade tankar och vanligtvis under atmosfärstryck. LNG-tankarnas robusta utformning innebär att sannolikheten för skada på tank givet en trafikolycka är väldigt låg.

I fall av ett utsläpp skulle LNG-ångorna spridas med den rådande vinden. Det bör noteras att det är troligt att ett utsläpp av LNG kommer att spridas i annan vindriktning än mot planområdet, detta sett till de meteorologiska förhållanden som råder i området. Kall LNG-ånga har formen av ett vitt moln. Om små mängder LNG släpps ut, kommer denna till största delen att avdunsta innan den når marken. Vid mer omfattande utsläpp kommer inte avdunstning att ske momentant. Vid större utsläpp kommer en pöl av LNG att bildas från vilken kontinuerlig förångning till atmosfär sker. Ett utsläpp av LNG som förvaras under atmosfärstryck innebär förmildrande konsekvenser vid utsläpp till atmosfären i jämförelse med en olycka involverande tryckkomprimerad brandfarlig gas, såsom gasol. Olycka som medför läckage av LNG kan resultera i följande händelseförlopp:

- Omedelbar antändning som ger upphov till pölbrand.
- Uppvärmning av tank eller tankhaveri som leder till BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).
- Fördröjd antändning som ger upphov till en gasmolnsbrand alternativt gasmolnsexplosion.

I figur 11 kan fastigheterna i förhållande till Norra Länken åskådliggöras. Aktuell del av Norra länken är överbyggd med en trafikplats och avfartsramper utgör en naturlig barriär mellan Bremenfastigheterna och huvudkörbanan. För att en olycka ska utgöra något krävs att den inträffar i höjd med Bremenfastigheterna, d.v.s. någonstans på den 200-metersträcka som leden passerar byggnaderna.

Olycksfrekvensen för gasmolnsexplosion respektive BLEVE vid en fördubbling av transportantalet av LNG (36 transporter i veckan) enligt Stockholm Hamnars framtidsprognos, har sedan tidigare beräknats till ca  $7,7 \times 10^{-7}$  respektive  $3,4 \times 10^{-8}$  per år. Redogjorda frekvenser utgår en normerad studerad sträcka om 1 km vilket kan jämföras med att riskbidraget för aktuella fastigheter är begränsad till en sträcka om 200 meter.



Figur 13. Planerade byggnader i förhållande till Norra Länken och värsta tänkbara explosionscentrum.

En fördjupning av LNG-olyckor och karakteristiska explosionsförlopp återfinns i Bilaga B. Av utförda beräkningar kan konstateras att skadeomfattningen inom Bremenfastigheterna förväntas bli begränsade. Att flera människor innanför fasad ska allvarligt skadas/omkomma inom byggnaderna givet en gasmolnsexplosion är ej att förvänta. Av utförd fördjupning konstateras att LNG transporter på Norra länken är förknippade med ett mycket liten riskbidrag för människor inom Bremenfastigheterna.

### 3.2.4 Jägmästargatan

Verket hanterar både flytande och fasta bränslen, vätgas, gasol samt sedvanliga verkstads-kemikalier. Sett till de ringa mängder av brandfarlig gas som hanteras inom Kv. Nimrod enligt gällande tillstånd förväntas det årliga transportantalet vara mycket begränsat, <10 transporter av primärt mindre gasbehållare (ej bulktransporter). Vid upphettning av ett gasflak finns risk för kärlsprängning, vilket är det skadescenario som innebär störts hot mot omgivningen. Detta kan uppstå som en sekundär konsekvens av uppkommen fordonsbrand eller efter en initial jetflamma eller gasmolnsbrand härrörande utsläpp och antändning av gas från enskild gasbehållare som i tur påverkar övriga. Det saknas vedertagna beräkningsmodeller för beräkning av kärlsprängning av ett gasflak. Troligtvis kommer inte samtliga gasflaskor brista momentant (på samma tidpunkt) utan olycksförloppet kommer karakteriseras av flera explosioner, där utkast av mycket mindre material i höga hastigheter kan förväntas påverka omgivningen. Förenklad antas upphettning av ett gasflak som föranleder kärlsprängning karakteriseras av ett eldklot som involverar 50 % av gasflakets totala mängd. Med utgångspunkt i ett fullastat gasflak innebär det ca 700 kg gas. Det bör noteras att sådan mängd är väldigt konservativ sett till de ringa mängder gas som hanteras inom Kv. Nimrod. Beräkningarna påvisar ett eldklot med diameter om ca 50 meter.

Det årliga transportantalet av 25 %-ig ammoniaklösning uppgår till ca 200 tankbilar. Givet en trafikolycka och skada på tank kan ammoniaklösningen sprida sig i luft och påverka människor i omgivningen. Konsekvenserna av ett eventuellt utsläpp av ammoniaklösning är beroende av den förväntade pölutbredningen som i tur styr hur mycket giftiga gas som kan komma att avdunsta. Med hänsyn till att ett utsläpp i korsningen troligen kommer att rinna med vägbanas tvärlutning mot trottoar och vidare i längsriktningen ned mot avfartsramp givet de aktuella lutningarna kan avdunstning förväntas ske från en rännil. Avdunstning och spridning av 25%-ammoniaklösning från olika karakteristiska rännilar har analyserats av Stefan Lamnevik AB [13] via en fördjupad konsekvensanalys. Dessa resultat anses ge representativ bild av de förväntade skadeeffekterna som kan förväntas givet trafikolycka som leder till skada på tank. Utförda spridningsberäkningarna påvisar att koncentrationer som under inandning om mer än 5 minuter kan föranleda dödsfall begränsas till ett avstånd understigande 10 meter från samtliga analyserade pölar. Koncentrationer som under inandning om mer än 5 minuter kan föranleda akut vårdbehov begränsas till ett avstånd understigande 20 meter.

Baserat på att avstånden från planområdet till avfartsramp och korsning in mot Jägmästargatan som lägst uppgår till ca 60 meter konstateras att risken allvarlig påverkan inom planområdet är mycket begränsad. Baserat på redogjorde konsekvenser förväntas inga omkomna.

### 3.3 Riskvärdering - Samlad bedömning

Från utförd fördjupning av de identifierade riskstyrande olyckshändelser kan konstateras att den samlade riskexponeringen för människor inom planområdet i framtiden kan förväntas vara mycket låg. Godtagbara individ och samhällsrisknivåer är att förväntas, detta baserat på i de deterministiska bedömningar som föreliggande riskanalys grundar sig i. I jämförelse med den riskbild som varit förknippad med fastigheterna tidigare förväntas betydligt mer gynnsamma riskförutsättningar framledes.

Utmärkande utifrån ett riskhanteringsperspektiv är de korta skyddsavstånd som planeras till Tegeluddsvägen och industrijärnvägsspåren. Beaktat att farligt godsflödet på dessa transportleder är och förväntas vara mycket begränsat/helt utgå är bedömningen att en robust riskbild över tid ändå kan säkerställas.

## 4. Känslighetsanalys

Risanalyser är alltid förknippade med osäkerheter, framförallt rör osäkerheterna antagna mängder farligt godstransporter och fördelningar mellan de olika klasserna. Ändrade mängder eller fördelningar kan komma att påverka risknivå i både positivt som negativ bemärkelse. Med avseende på Stockholm Hamnars stipulerade regler och restriktioner avseende hantering av farligt gods bedöms inga större framtida förändringar i farligt godsflödet på närliggande transportleder finnas.

En förändrad godshantering på järnväg inom Energihamnen kan vidare påverka riskbilden utmed industrijärnvägsspåret. Inga sådana indikationer finns dock. Att beakta är dock att Värtabanan utgör ett riksintresse. Utifrån ett riskhanteringsperspektiv är det därför av vikt att säkerställa en robust riskbild som skapar en tålighet mot förändringar av godsflödet på järnvägen.

## 5. Diskussion och slutsatser

Utförd riskanalys påvisar att den samlade riskexponeringen för människor inom planområdet i framtiden kan förväntas vara mycket låg. Godtagbara individ och samhällsrisknivåer är att förväntas. I jämförelse med den riskbild som varit förknippad med fastigheterna tidigare förväntas betydligt mer gynnsamma riskförutsättningar.

Förväntad riskbild bedöms skapa förutsättningar för att utveckla Bremenfastigheterna och Kv. Smedsbacken 25 med mer känslig verksamhet såsom bostäder och hotell inom länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd. Planerad utveckling är i linje med de förändringar som Stockholm stad föreslår inom ramen för Norra Djurgårdsstaden.

Utmärkande utifrån ett riskhanteringsperspektiv är de korta skyddsavstånd som planeras till Tegeluddsvägen och industrijärnvägsspåren. Beaktat att farligt godsflödet på dessa transportleder är och förväntas vara mycket begränsat/helt obefintligt är bedömningen att en robust riskbild över tid ändå kan säkerställas.

Slutsatsen är att planerad fastighetsutveckling är möjlig att genomföra utifrån ett riskhanteringsperspektiv.

Inga särskilda säkerhetshöjande bedöms nödvändiga för att säkerställa godtagbara risknivåer. Utifrån ett kostnad/nytta-perspektiv samt för att tillskapa en robust riskbild som är okänslig över tid rekommenderas att följande säkerhetsåtgärder beaktas och analyseras i det fortsatta planarbete:

- Byggnader placeras på avstånd om ca 10 meter från närmsta industrijärnvägsspår (spårmitt).
- Ytor utomhus mellan Bremenfastigheterna och spårområdet/Norra länken bör utformas för att ej uppmuntra till stadigvarande vistelse. Detta avser området på Värtabanans marknivå.
- Fasader som vetter mot spårområdet/Norra länken bör utformas i obrännbart material (A-klass) alternativt i material som förhindrar vidare brandspridning i minst 30 minuter (konstruktion motsvarande lägst brandteknisk klass EI 30 som utförs i ytskiktssklass B-s1,d0 anbringat på material i klass A2-s1,d0 eller på beklädnad i klass K210/B-s1,d0 (tändskyddande beklädnad).
- Glaspartier i fasad som vetter mot spårområdet/Norra länken bör inom 20 meter från närmsta industrijärnvägsspår utformas för att klara en temperatur om 300 °C under minst 30 minuters tid. Detta kan uppfyllas via en glasuppbyggnad innehållande en glasruta i härdat glas om minst 6 mm tjocklek med verifierande egenskaper.
- Friskluftsintag bör placeras högt och på sida mot Tegeluddsvägen, d.v.s. bort från spårområdet/Norra länken.
- Byggnader bör utformas med utrymningsmöjligheter till annan sida än mot spårområdet. Alternativ utrymning får ske mot spårområdet/Norra länken.
- Byggnader bör utformas med huvudentréer mot annan sida än spårområdet/Norra länken.
- Sett till befintliga marknivåer och trafikplatsen som delvis kapslar in Norra länken bedöms det exempelvis positivt om de under våningarna (ca 10-15 meter upp från marknivå för spårområdet till höjd ovan trafikplatsen) som vetter mot spårområdet/Norra länken planeras och nyttjas för okänslig verksamhet såsom parkering, teknikutrymmen, återvinningsrum m.m.
- Mer känslig verksamhet såsom t.ex. förskola bör ej planeras direkt innanför fasad mot spårområdet/Norra länken.
- Bullerskärm mot spårområdet bör utformas tät och svårklätterbar för att försvåra att människor kan ta sig in på spårområdet samt tillskapa en viss naturligt skyddsbarriär.

## Referenser

- [1] Räddningsverket, Boverket, Vägverket, *Farligt Gods på vägnätet - Underlag för samhällsplanering*, Räddningsverket, Karlstad, 1998.
- [2] Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, *Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*, 2006.
- [3] *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods*, Länsstyrelsen i Stockholms län, Fakta 2016:4.
- [4] *Handbok för riskanalys*, Räddningsverket, 2003.
- [5] Räddningsverket (bl.a. i samarbete med DNV), *Värdering av risk*, ISBN 91-88890-82-1, 1997.
- [6] *Riskutredning avseende människors hälsa. Underlagsrapport för MKB, Södra Värtan*, RiskTec Projektledning, 2016 rev 2020.
- [7] [http://www.stockholmshamnar.se/siteassets/om-oss/tilltrade--sakerhet/bilagor-driftforeskrifter/bilaga9\\_farligt\\_gods\\_kvalitetsbegransningar.pdf](http://www.stockholmshamnar.se/siteassets/om-oss/tilltrade--sakerhet/bilagor-driftforeskrifter/bilaga9_farligt_gods_kvalitetsbegransningar.pdf)
- [8] SRV, Kartläggning av farligt godstransporter, september 2006, Statens Räddningsverk, 2006.
- [9] *Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, Räddningsverket 1996.
- [11] Stadsbyggnadskontoret i Göteborg (i samarbete med FOA risk & VBB Samhällsbyggnad), *Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn – Transporter av farligt gods*, Bilaga 1-5, Dnr: 758/92, 1999.
- [12] *Fördjupning – Riskanalys vald vägsträcka*. Vägverket publikation 2005:55
- [13] *Farligt godsolyckor med ammoniaklösning, konsekvensbeskrivning*, Stefan Lamnevik AB, 2009.
- [14] *Översiktlig riskutredning Norra Djurgårdsstaden, version 3*, RiskTec Projektledning AB, 2016.
- [15] *Riskanalys avseende farligt gods – Kv Smedsbacken*, Ramböll, 2005.



## Bilaga A – Allmänt om farligt gods

I vilken grad människor, som befinner sig i närheten av en farligt godsolycka, påverkas beror bl.a. på vilket ämne som frigörs, olyckseffekt och exponeringsgrad. Många farliga ämnen påverkar endast det direkta närområdet till olycksplatsen och kräver att människor kommer i direktkontakt med ämnet för att skadas. En del farligt godsklasser kan dock ge upphov till konsekvenser på längre avstånd och på så sätt komma att påverka omgivningen negativt.

Farligt gods delas in i klasser utefter de egenskaper ämnet har enligt ADR-S för vägtransporter. De farligt godsklasser som kan leda till allvarliga konsekvenser med omkomna människor är främst explosiva ämnen och föremål (klass 1.1), brandfarliga gaser (klass 2.1), giftiga gaser (klass 2.3), brandfarliga vätskor (klass 3) och oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5). Övriga farligt godsklasser är de som redovisas ovan förknippas med konsekvenser som begränsas till närområdet kring olycksplatsen [1]. Till denna grupp härleds icke brännbara, icke giftiga gaser (klass 2.2), brandfarliga fasta ämnen (klass 4), giftiga ämnen (klass 6), radioaktiva ämnen och föremål (klass 7), frätande ämnen (klass 8) samt magnetiska föremål och övriga farliga ämnen (klass 9).

I tabell 3 följer en kort sammanställning av de olika farligt godsklasserna som vid olycka bedöms kunna ge upphov till livshotande skador på människor inom studerat område samt de potentiella skadescenarier som kan uppstå.

Tabell 3. Sammanställning av de för analysen relevanta farligt godsklasser samt de potentiella skadescenarier som kan uppstå vid olycka.

Farligt godsklass	Olyckseffekt
<p><b>Klass 1</b> <b>Explosiva ämnen och föremål</b></p> <p><i>Sprängämnen, ammunition, fyrverkerier etc.</i></p>	<p>Farligt gods klass 1.1. <i>Massexplosiva ämnen</i> kan skada människor på ett stort avstånd från olycksplatsen. Vid detonation av massexplosiva ämnen uppkommer stora tryckvågor i omgivningen. Byggnader och människor inom dessa kan komma att ta skada på stora avstånd. Uppkommen tryckvågen kan föranleda skada på trumhinnor och lungor samt kan omkullkastning leda till att människor utomhus förolyckas.</p> <p>En explosion nära byggnader kan leda till att väggar och liknande raseras och att människor skadas/omkommer på grund av detta. Fönster som krossas leder till glassplitter. Riskgrupp 1.2-1.6 innebär ingen risk för massexlosion utan begränsar sig till risk för splitter och kaststycken vid olycka. Konsekvenserna är normalt begränsade till närområdet och bedöms inte påverka byggnaders integritet.</p>
<p><b>Klass 2.1</b> <b>Brandfarliga gaser</b></p> <p><i>Kväve, gasol, vätgas etc.</i></p>	<p>En olycka med farligt gods i klass 2.1 kan få olika skadeverkan.</p> <p><i>Jetflamma</i> – En jetflamma bildas om utströmmande gas under tryck antänds direkt. Störst blir olyckseffekten (flammans längd) om utsläppet sker i vätskenivå. Människor kan förolyckas genom hög värmestrålning.</p> <p><i>Gasmolnsbrand/-explosion</i> – Ett gasmoln bildas om den utströmmande gasen inte antänds direkt. Molnet kan då driva iväg och antändas i ett senare skede. Antändning av gasmoln i det fria karakteriseras vanligtvis av en gasmolnsbrand, men kan under ogynnsamma förutsättningar även resultera i ett förlopp med övertryckeffekter. Människor kan således komma att påverkas av såväl höga värmedoser som övertryckeffekter.</p>



	<i>BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)</i> – En BLEVE kan uppstå då en tank kraftigt upphettas exempelvis av en brand. Olyckseffekten blir värmestrålning och splitter och människor kan skadas på stora avstånd. Då BLEVE uppstår en tid efter upphettning har påbörjats får människor i området chans att sätta sig själva i säkerhet.
<b>Klass 2.3</b> <b>Giftiga gaser</b>  <i>Klor, ammoniak etc.</i>	Olyckseffekten av ett utsläpp av giftig gas beror mycket på omgivande faktorer såsom väderförhållanden och topografi. Människor kan förolyckas av förgiftning och/eller drabbas av frätskador på stora avstånd från olycksplatsen.
<b>Klass 3</b> <b>Brandfarliga vätskor</b>  <i>Bensin, diesel, acetone etc.</i>	<p>Ett utsläpp av farligt gods klass 3 är primärt förknippat med uppkomst av en pölbrand vars värmestrålning kan orsaka brännskador på människor samt sprida brand till närliggande byggnader.</p> <p>Människor som befinner sig utomhus förväntas inte omkomma från avgiven strålning från en pölbrand, då det är troligt att dessa människor flyr undan värmen innan de förolyckas.</p>
<b>Klass 5</b> <b>Oxiderande ämnen och organiska peroxider</b>  <i>Svavel, fosfor, kiseljärn etc.</i>	Ett utsläpp av farligt gods klass 5 innebär i sig ingen risk för omgivningen. Om ett utsläpp av klass 5 kommer i kontakt och blandas med t.ex. brännbara vätskor (bensin m.m.) kan dock konsekvensen bli en mycket kraftig explosion.

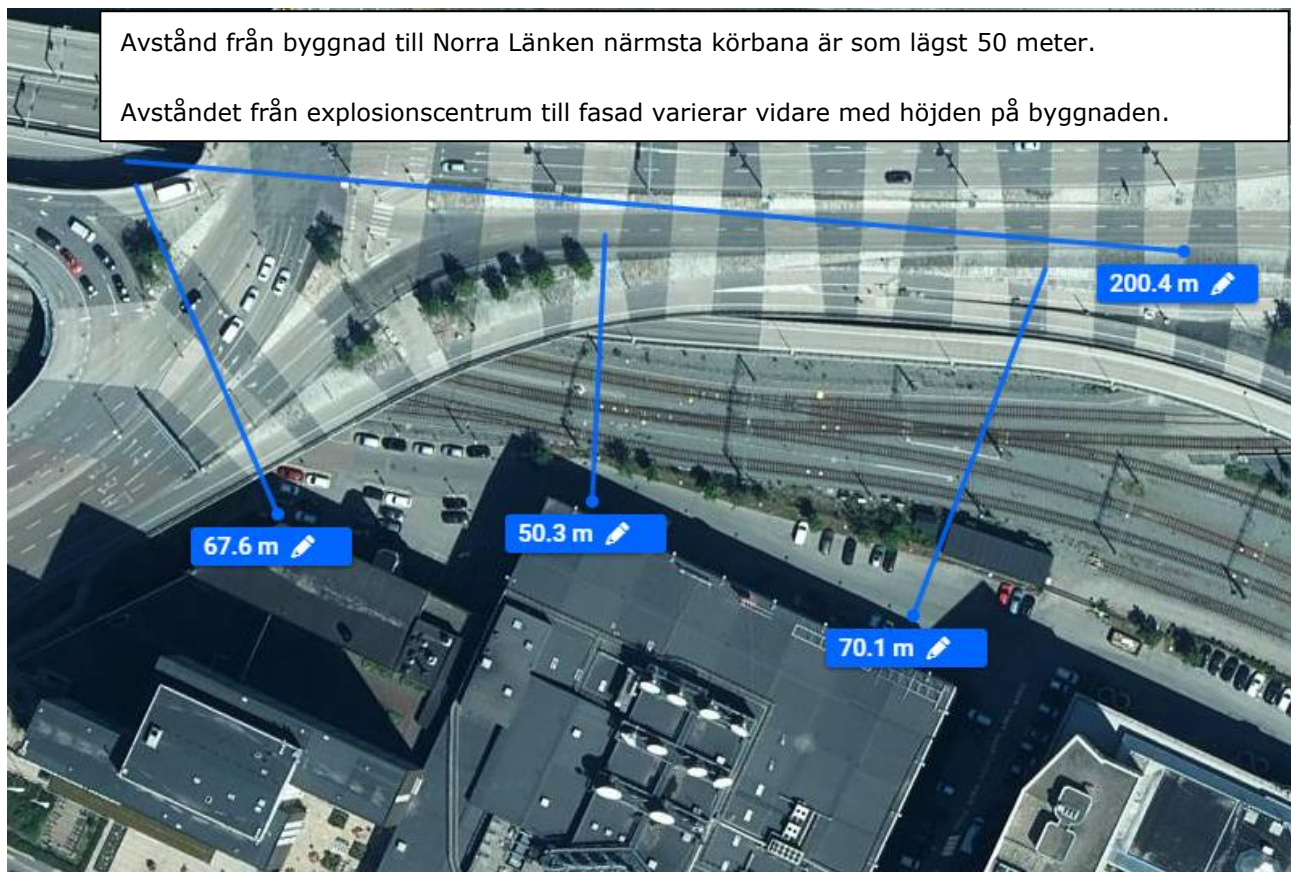
## Referenser för Bilaga A

- [1] Stadsbyggnadskontoret i Göteborg (i samarbete med FOA risk & VBB Samhällsbyggnad), *Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn – Transporter av farligt gods, Bilaga 1-5, Dnr: 758/92, 1999.*

## Bilaga B – Fördjupning av risker med LNG-transporter

### B.1. Orientering

I figur 12 kan planerad byggnad i förhållande till Norra Länken åskådliggöras. Aktuell del av Norra länken är överbyggd med en trafikplats och avfartsramper utgör en naturlig barriär mellan Bremenfastigheterna och huvudkörbanan. För att en olycka ska utgöra något krävs att den inträffar i höjd med Bremenfastigheterna, d.v.s. någonstans på den 200-metersträcka som leden passerar byggnaderna.



Figur 14. Planerade byggnader i förhållande till Norra Länken och värsta tänkbara explosionscentrum.

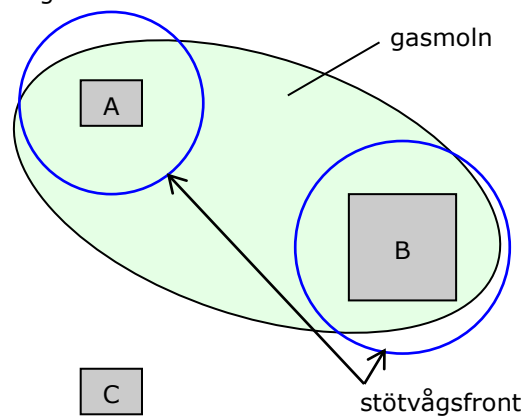
## B.2. Gasmolnsexplosion

### B.2.1. Teori

I litteraturen finns olika anvisningar om hur last från en gasexplosion kan beräknas. I det här dokumentet används den så kallade TNO Multienergimetoden, van den Berg (1985), för att beräkna resulterande last och närmare beskrivning samt beräkningsgång är hämtad från Johansson (2013) som utgör en av flera delrapport i utgiven rapportserie från MSB som finns tillgänglig [www.msb.se/skyddsrum](http://www.msb.se/skyddsrum).

TNO Multienergimetoden bygger på att en gasexplosion består av ett antal delexplosioner där en kraftfull explosion enbart kan initieras i de delar av molnet där gasens expansionsmöjligheter är begränsade, dvs. helt eller delvis inneslutna volymer eller i blockerade områden. Detta innebär att det i ett gasmoln potentiellt kan skapas flera av varandra oberoende explosioner, var och en med sitt eget energiinnehåll. Vidare är det enbart de delar av gasmolnet som inryms i områden som betraktas som explosionsbenägna som används för att bedöma styrkan hos en kraftfull explosion.

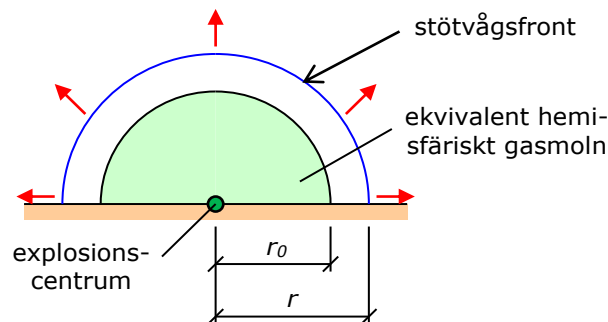
Detta illustreras schematiskt i figur 13 där ett gasmoln spritt ut sig inom markerat område. I figuren markerar A, B och C områden med någon form av inneslutning och/eller blockering i en sådan omfattning att de bedöms kunna initiera en kraftfull explosion. Område A och B innesluts av gasmolnet och kan därför vardera generera en explosion medan område C är beläget utanför gasmolnet och därför inte bidrar till detta. Den explosionsalstrande energimängden baseras på volymen i område A respektive B och kan generera två av varandra oberoende explosioner med olika styrka och med explosionscentrum centriskt placerad inom respektive delvolym. Övriga delar av gasmolnet, utanför område A och B, bidrar dock inte till energimängden i någon av dessa båda explosioner. Därmed begränsas eventuella kraftfulla explosioners tillgängliga energimängd till det minsta av hur stor mängd av gasmolnet som ryms i en explosionsinitierande volym eller av gasmolnets aktuella storlek. Gasen utanför område A och B kan också ge upphov till en explosion men då med en lägre styrka. En sådan explosion baseras då på den totala gasvolym som befinner sig utanför område A och B.



Figur 15. Schematisk illustration av TNO multienergimetoden. Ett gasmoln täcker markerat område. Område A och B innesluts av gasmolnet och kan båda ge upphov till varsin explosion.

Beräkningsmodellen i TNO multienergimetoden baseras på att framtagen gasvolym inom respektive område omvandlas till en ekvivalent hemisfär innehållande samma volym, se figur 14. Gasen antas bestå av en homogen, stökiometrisk blandning av gas och luft med en förbränningsenergi  $E'_{gas} = 3,5 \text{ MJ/m}^3$ , som är oberoende av gastyp.

Explosionen förutsätts ske nära mark på ett sådant sätt att tredimensionell avlastning är möjlig. Detta innebär att effekten av så kallad spegling också redan har beaktats i för metoden angivna samband.



Figur 16. Schematisk illustration av en ekvivalent hemisfärisk gasvolym som används i TNO multienergimetod, där  $r_0$  betecknar radien hos den ekvivalenta volymen.

### B.2.2. Förutsättningar

I TNO Multienergimetoden finns det tre parametrar som avgör vilken last som fås från en given gasexplosion:

- Ingående stökiometriskt blandad gasvolym (explosionskällans energimängd)
- Explosionsstyrka (anges med en styrkefaktor, graderad 1-10 där ett högt värde anger en kraftig explosion – 10 motsvarar en detonation)
- Avstånd mellan explosionscentrum och studerad punkt

Val av explosionsstyrka är en viktig parameter som har stor inverkan på storleken hos den förväntade explosionslasten. Det är dock svårt att bedöma vilken styrka som ska användas i en given situation och här utgår från förenklade riktlinjer som ges i Johansson (2013).

#### Gasvolym och styrkefaktor

Hur storleken på en blockerad gasvolym, som kan ge upphov till en kraftig gasexplosion, ska bestämmas är inte självklart. Utgångspunkt tas i resonemang som återfinns i framtagna fördjupade konsekvensutredningar för detaljplaneområde Hornsbergskvarteren längs med Essingeleden på Kungsholmen.

Sett rådande förutsättningar finns för en gasexplosion med sitt centrum på Norra Länken i höjd med planerad byggnad inga fasta naturliga områden som kan ge upphov till en kraftig explosion. Vid händelse av en olycka kommer det dock finnas ett antal fordon i området som kan ge upphov till en sådan blockerad volym.

Ett möjligt sätt att resonera för bestämning av en starkt blockerad volym är därför att utgå från den gasmängd som samlas under en ansamling av fordon, dvs. mellan vägbana och undersida fordon. Här har utgått från en volym enligt nedan:

$$V_{fordon} = b \cdot l \cdot h = 2 \cdot 5 \cdot 0,5 = 5 \text{ m}^3 / \text{fordon}$$

Det kan även argumenteras att utrymmet mellan bilar till viss del ska innefattas i en sådan volym. Detta kan göras genom att approximativt öka längden med 0,5 m i horisontalled, vilket då ger en volym på

$$V_{fordon,mod} = b_{mod} \cdot l_{mod} \cdot h = 3 \cdot 6 \cdot 0,5 = 9 \text{ m}^3 / \text{fordon}$$

Av detta resonemang fås att omkring 5-10 m<sup>3</sup> gas/fordon kan vara rimligt att utgå från vid uppskattning av en blockerad volym. Om det antas att 10-20 bilar innefattas i det utsläppta gasmolnet fås då 50-200 m<sup>3</sup> gas, beroende på vilket grundvärde som väljs. Totalt bedöms det vara rimligt att ta höjd för en stökiometriskt blandad gasvolym på totalt 1 000 m<sup>3</sup>.

### Styrkefaktor

Följande styrkefaktorer utgås från i här utförda beräkningar:

- En styrkefaktor på  $s = 2$  motsvarar en gasmolnsexplosion på en mer eller mindre **öppen yta**.
  - För detta fall utgörs gasvolymen av den totala mängd stökiometriskt blandad gas som finns tillgänglig – inte av den blockerade volymen.
- En styrkefaktor på  $s = 5$  motsvarar en gasexplosion i en **blockerad volym**.
  - För ett sådant fall är det rimligt att utgå från en större gasvolym än vad som är fallet vid en starkt blockerad volym –  $V_{gas} = 100-200 \text{ m}^3$ .
- En styrkefaktor på  $s = 7$  motsvarar en gasexplosion i en **starkt blockerad volym**.
  - Här har antagits att den tvådimensionella fördämning som fås av gasen mellan vägbana och undersida fordon motsvarar ett sådant fall. Det är också rimligt att utgå från en mindre gasvolym än när  $s = 5$  antas –  $V_{gas} = 50-100 \text{ m}^3$ .

Som redogjort för är aktuell del av Norra länken överbyggd med en trafikplats. Detta innebär att storleken på en blockerad gasvolym, som kan ge upphov till en kraftig gasexplosion, potentiellt kan bli större än ovan redogjort. Dock medför trafikplatsen även ett naturligt skydd som kommer minska direkt lastspridning mot byggnader. Då det är mycket svårt att ta hänsyn till trafikplatsen påverkan på ett olycksförlopp utgår beräkningar från en situation för en trafikled i det fria.

Enligt VROM (2005) kan en fördröjd antändning av ett gasmoln på en öppen yta resultera antingen i en gasmolnsbrand eller en gasexplosion och fördelningen mellan dessa båda händelser bedöms vara 60/40 %. Gastransporterna förbi planområdet bedöms i princip uteslutande utgöras av naturgas (LNG – *Liquefied Natural Gas*). Inom moln av metan (LNG) sprids lågor långsamt, varvid lågan kan slockna i förtid utan att hålla sig brinnande genom hela molnet. Tillräcklig acceleration av förbränningen (dvs.  $>100 \text{ m/s}$ ) för att skapa ett verkligt explosionsövertryck uppträder vanligtvis inte, om ingen blockering eller inneslutning föreligger, se DNV (2013). Utomhus i den öppna luften förväntas generellt inte att gasen blir innesluten/delvis innesluten, och erfarenheten tillsäger att metangas brinner relativt långsamt (i närheten av  $10 \text{ m/s}$ ), varvid all expansion resulterar i att gasen stiger vertikalt, DNV (2013). Antändningsprover med spridda, ej inneslutna, LNG-gasmoln har bekräftat att inget påtagligt övertryck utvecklas ( $<1 \text{ kPa}$ ).

För det fall att en gasexplosion uppstår så utgår här använd beräkningsmetod från ett energiinnehåll som motsvarar en stökiometriskt blandad gas, dvs. att en optimal blandning av luft och brännbar gas har erhållits. Om så inte är fallet fås en explosion med reducerad styrka. Det är inte sannolikt att en stökiometrisk blandning uppstår men att utgå från en sådan situation resulterar i ett konservativt lastantagande och används därför här.

### Avstånd

För en större öppen gasmolnsexplosion kan det argumenteras för att explosionscentrum kan befinna sig närmare byggnaden eftersom gasmolnet kan blåsa mot byggnaden. Antändning i yttre delen av molnet innebär emellertid med stor sannolikhet att förloppet kommer karakteriseras av en gasmolnsbrand (*flash fire*) eftersom koncentrationen inom denna del av molnet kan förutsättas ligga vid sin undre explosionsgräns. För ett explosionsartade förlopp anses det rimligt att antändning förutsätts ske i närhet till olycksplatsen, eftersom det är inom detta område det skulle kunna ske ansamling av större gasmängder inom stökiometrisk koncentrationer. De primära tändkällorna av ett gasmoln utgör vidare fordonen på transportleden, vilket ytterligare styrker resonemanget att det är rimligt att explosionscentrum utgår från olycksplatsen, d.v.s. ca 50-70 meter från byggnaden. Infallande last från tryckvåg mot fasad varierar vidare med höjden och i sidled på byggnaden. Ju högre upp i byggnaden man befinner sig ju längre bort från explosionscentrum kommer man.

### B.2.3. Beräkningsresultat

I tabell 5 återfinns en sammanställning av resulterande last från studerad gasexplosion. Last presenteras för reflekterad stötvåg på olika avstånd från explosionscentrum. Vid bestämning av resulterande last från en explosion är det viktigt att skilja på last från en oreflekterad och en reflekterad stötvåg. Det senare fallet ger en märkbart högre last (minst en faktor två högre tryck än för oreflekterad stötvåg) och är aktuellt för t.ex. fasad som vetter mot explosionskällan. Som jämförelse är last från en oreflekterad stötvåg aktuellt för t.ex. taket på en byggnad eller för en fasad som inte syns från explosionskällan.

Angivna värden i tabell 5 beaktar enbart normalreflexion.

Tabell 4. Resulterande last från reflekterad luftstötvåg orsakad av gasexplosion på avstånd 25-60 m från explosionscentrum.

Beskrivning	$r$ [m]	$V$ [m <sup>3</sup> ]	$s$ [-]	$P_r$ [kPa]	$t_r$ [ms]	$i_r$ [Pas]
Gasexplosion, öppen yta	25	1 000	2	3,43	286	491
Gasexplosion, öppen yta	30	1 000	2	2,87	286	411
Gasexplosion, öppen yta	35	1 000	2	2,47	287	354
Gasexplosion, öppen yta	40	1 000	2	2,17	287	311
Gasexplosion, öppen yta	45	1 000	2	1,93	287	277
Gasexplosion, öppen yta	50	1 000	2	1,74	287	250
Gasexplosion, öppen yta	55	1 000	2	1,59	287	228
Gasexplosion, öppen yta	60	1 000	2	1,46	287	209
Gasexplosion, blockerad	25	200	5	19,24	39	372
Gasexplosion, blockerad	30	200	5	15,93	39	309
Gasexplosion, blockerad	35	200	5	13,60	39	264
Gasexplosion, blockerad	40	200	5	11,86	39	231
Gasexplosion, blockerad	45	200	5	10,51	39	205
Gasexplosion, blockerad	50	200	5	9,44	39	184
Gasexplosion, blockerad	55	200	5	8,57	39	167
Gasexplosion, blockerad	60	200	5	7,84	39	153
Gasexplosion, starkt blockerad	25	100	7	50,0	14,9	373
Gasexplosion, starkt blockerad	30	100	7	37,5	15,4	289
Gasexplosion, starkt blockerad	35	100	7	29,6	15,8	234
Gasexplosion, starkt blockerad	40	100	7	24,1	16,2	195
Gasexplosion, starkt blockerad	45	100	7	20,2	16,5	167
Gasexplosion, starkt blockerad	50	100	7	17,4	16,8	146
Gasexplosion, starkt blockerad	55	100	7	15,5	17,1	133
Gasexplosion, starkt blockerad	60	100	7	14,0	17,3	122



### B.3. Explosion från BLEVE

En explosion från en så kallad BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) är ett resultat av en trycksatt vätska i en behållare som gör att vätskan förhindras att övergå till ånga. Om behållaren brister sjunker dock trycket plötsligt varvid vätskan kokar och övergår till ånga. Detta genererar en snabbt expanderande ånga och vätska som i sin tur kan ge upphov till ett explosionsliknande förlopp som genererar en luftstöt våg som breder ut sig i omgivningen.

För att en BLEVE ska kunna inträffa krävs, enligt CCPS (2010), att följande villkor uppfylls:

- En vätska som har en temperatur som överstiger sin kokpunkt vid normalt lufttryck
- En sluten behållare som kan motstå det tryck i vätskan som krävs för att förhindra kokning
- Ett plötsligt brott i behållaren som gör att vätsketrycket hastigt sjunker.

Den vanligaste orsaken till att en BLEVE uppstår är kopplat till upphettning av behållaren på grund av en brand. Värmen från branden bidrar dels till att öka trycket inne i tanken och dels medför det en försvagning av behållarens mekaniska styrka (hållfastheten hos stål halveras vid en temperatur av omkring 500 °C).

Ovanstående förutsättningar innebär att en BLEVE har lättare att uppstå i en LNG-behållare än i t.ex. en tank med bensin eller diesel. Hos den förra typen är konceptet att naturgas i flytande form transporteras nedkyld (-162 °C) under atmosfärstryck i dubbla vakuumisolerade tankar vars säkerhetsventiler aktiveras vid en tryckhöjning om cirka 7-9 bar. LNG-behållare är således utformade för att klara stora tryck. Om en situation enligt ovan uppstår som innebär att en brand föranleder en snabb förångning av den nedkylda naturgasen finns det därför också risk att en BLEVE kan uppstå. Bensin eller diesel befinner sig dock redan naturligt i vätskefas och dess behållare behöver därför inte heller utformas för att klara något högt tryck. Det tryck som krävs för att en sådan behållare ska brista är därför förhållandevis lågt, vilket medför att det inte heller kommer att kunna uppstå en explosion av nämnvärd storlek.

För att ytterligare minska risken för explosion med bensin och diesel är sådana behållare utrustade med säkerhetsventiler som gör att gas kan släppas ut om trycket blir för stort (över 0,25 bar) och därmed begränsa det resulterande övertrycket i behållaren. En annan förebyggande åtgärd är att behållaren hos tankbilar normalt är uppdelade i ett antal olika separata fack, vilket gör att vätskevolymen som kan generera en möjlig BLEVE begränsas. Detta medför att risken för en kraftfull explosion reduceras ytterligare eftersom ett brott i behållaren sannolikt inte sker i mer än ett fack samtidigt. I princip kan därför konstateras att BLEVE är relevant för LNG-behållare medan riskerna för ett en BLEVE ska uppstå i samband med en olycka involverande bensin- eller dieseltank kan förväntas vara försumbara.

En BLEVE kan, enligt CCPS (2010), resultera i bland annat följande konsekvenser:

- Stöt våg
- Splitterutkast
- Eldklot

Att teoretiskt bestämma vilken stöt vågslast som genereras av en BLEVE är svårt. De beräkningsmodeller som finns för att uppskatta explosionslasten från BLEVE kan vara mycket konservativa och i det här dokumentet utgås därför från observationer om last som har gjorts för inträffade olyckor. I Planas-Cuchi *et al.* (2004) och Planas *et al.* (2015) beskrivs två olika explosionsolyckor i Spanien som inträffade 2002 respektive 2011 och som är kopplade till BLEVE. I båda fallen härrörde explosionen från tankbilar som transporterade LNG. Lastvolymen uppgick i båda fallen till cirka 56 m<sup>3</sup> med ett dimensionerat tryck på 7 bar, något som bedöms vara representativt även för svenska förhållanden. Baserat på observationer från olycksplatsen presenteras en konservativ baklängesräkning i ovanstående referenser, där en uppskattning har gjorts av den ekvivalenta mängden TNT som krävs för att generera samma explosionslast som erhålls i BLEVE-olyckan.

Dessa beräkningar ger ekvivalenta TNT-mängder på 30-75 kg samt 41-52 kg TNT för olyckan 2002 respektive 2011, dvs. ett medelvärde på 53 kg respektive 47 kg.

En BLEVE kan ge upphov till fragment (från framförallt behållaren för vätska/gas) som kastas flera hundra meter bort från explosionskällan. Dessa fragment är i regel relativt få till antalet och ett enskilt fragment kan storleksmässigt utgöra en betydande andel av behållarens totala storlek. Uppkomsten av en BLEVE gör att utkastriktningen hos sådana fragment sker i linje med behållarens längd (dvs. tankbilens längd). Med tanke på potentiell storlek hos sådana fragment är det mycket svårt att skydda sig mot en sådan händelse. Skadeomfattningen av att människor i omgivningen skulle kunna träffas från flygande fragment kan vidare betraktas som försumbar i relation till de potentiella skadeeffekterna från uppkommen värmestrålning och stötvåg. Utkast av flygande fragment bedöms därmed inte relevant att studera ytterligare i denna utredning.

Ett eldklot från en BLEVE kan sträcka sig långt ut från explosionscentrum och utgör också ett dödligt hot mot de människor som hamnar inom dess utbredning. För att minimera risken för omgivningen är det därför positivt om eldklotet förhindras att komma i kontakt med människor i så stor grad som möjligt.

I tabell 6 återfinns en sammanställning av resulterande last från studerad explosion om 60 kg TNT som inträffar på Norra Länkens körbana, d.v.s. på marken. Last presenteras för reflekterad stötvåg på olika avstånd från explosionscentrum. Angivna värden beaktar enbart normalreflexion. Vid jämförelse av dessa värden med lastvärden från studerad gasmolnexplosion som återfinns i tabell 5 kan konstateras att studerad gasmolnexplosion även täcker in skadorna från förväntad tryckvåg vid en BLEVE.

Tabell 5. Resulterande last från reflekterad luftstötvåg orsakad av BLEVE och exploderande sprängämne (100 kg dynamit) på avstånd 25-60 m från explosionscentrum.

Beskrivning	$r$ [kg]	$W$ [m]	$W_{mod}$ [kg]	$P_r$ [kPa]	$t_r$ [ms]	$i_r$ [kPas]
Dynamit (innefattar BLEVE)	25	60	108	64,0	11,8	376
Dynamit (innefattar BLEVE)	30	60	108	46,7	13,2	309
Dynamit (innefattar BLEVE)	35	60	108	36,8	14,2	262
Dynamit (innefattar BLEVE)	40	60	108	30,6	14,9	227
Dynamit (innefattar BLEVE)	45	60	108	26,4	15,2	201
Dynamit (innefattar BLEVE)	50	60	108	23,4	15,3	180
Dynamit (innefattar BLEVE)	55	60	108	21,4	15,2	163
Dynamit (innefattar BLEVE)	60	60	108	20,0	14,9	148



## B.4. Sammanfattning av beräkningsresultat

En jämförelse mellan beräkningsresultat som återfinns i tabell 3 och 4 påvisar att last från blockerad samt starkt blockerad gasexplosion alltid understiger last från 100 kg dynamit (BLEVE). För gasexplosion vid öppen yta fås visserligen generellt ett lågt tryck medan impulstätheten överstiger den som fås från explosion med dynamit. Det är troligt att last från dynamit i de flesta fall kommer att utgöra det dimensionerande lastfallet men det finns också situationer där last från gasexplosion på öppen yta ge en mer kritisk lastsituation. En sammanställning av karakteristiska lastfall som täcker in analyserade olycksförlopp redogörs i tabell 6.

Tabell 6. Sammanställning av karakteristiska tryck och impulstätheter för analyserade lastfall.

Beskrivning	$r$ [m]	$P_r$ [kPa]	$t_r$ [ms]	$i_r$ [Pas]
Gasexplosion, öppen yta	25	3,43	286	491
Gasexplosion, öppen yta	30	2,87	286	411
Gasexplosion, öppen yta	35	2,47	287	354
Gasexplosion, öppen yta	40	2,17	287	311
Gasexplosion, öppen yta	45	1,93	287	277
Gasexplosion, öppen yta	50	1,74	287	250
Gasexplosion, öppen yta	55	1,59	287	228
Gasexplosion, öppen yta	60	1,46	287	209
Dynamit (innefattar BLEVE)	25	64,0	11,8	376
Dynamit (innefattar BLEVE)	30	46,7	13,2	309
Dynamit (innefattar BLEVE)	35	36,8	14,2	262
Dynamit (innefattar BLEVE)	40	30,6	14,9	227
Dynamit (innefattar BLEVE)	45	26,4	15,2	201
Dynamit (innefattar BLEVE)	50	23,4	15,3	180
Dynamit (innefattar BLEVE)	55	21,4	15,2	163
Dynamit (innefattar BLEVE)	60	20,0	14,9	148

## B.5. Konsekvenser

Sett till redogjorda laster kan utifrån jämförelse med de skadekriterier som anges i Forsén (1997) konstateras att byggnader i sig inte förväntas ådra sig några betydande skador, d.v.s. stommen och dess bärande huvudsystem riskerar ej att falla. Glaspartierna i fasad kan emellertid förväntas brista och kastas in i byggnaden. Enligt Forsén (1997) kan 10 % av fönsterrutor förväntas krossas vid ett explosionstryck på 3 kPa och 50 % krossas vid ett övertryck på 10 kPa, vilket ger en grov uppskattning om på vilka avstånd glaspartier kan förväntas brista. Sett till redogjorda laster kan så är bedömningen att en stor andel fönster som vetter mot Norra länken kommer att krossas och kastas in i byggnaden. Människor innanför byggnaden kan således komma att skadas till följd av inkastat glas. Skadeomfattningen och risken för omkomna styrs primärt av förväntad inkastningshastighet samt av glaspartiernas utformning. För att erhålla en uppfattning av potentiell skadeomfattning beräknas risken att omkomma på olika avstånd inom byggnaden till följd av inkastade glaspartier. Beräkningarna tar utgångspunkt i angivna tröskelvärden, som anges i Svensson (2015) och som åskådliggörs i figur 15, för att en människa ska omkomma till följd av att denna kastas mot en hård yta vid exponering av en tryckvåg, d.v.s. fönster i detta avseende ansätts utgöra en hård yta som kastas mot människor inom byggnaden.

Hastighet vid islag [m/s]	Letalitet
3,0	Mycket låg sannolikhet
6,5	Tröskelvärde
16,5	50 %
42,0	Nästan 100 %

Figur 17. Tröskelvärden för sannolikheten att omkomma vid kast mot hårt underlag enligt Svensson (2015).

Beräkningar för att avgöra kasthastighet och kaststräcka av fönster utgår från följande ekvationer:

Kasthastighet hos fönster: 
$$v_{fönster} = \frac{i}{\gamma_{fönster}}$$
, där  $\gamma_{fönster}$  = fönstertunghet och  $i$  = impulstäthet

Kaststräcka hos fönster: 
$$S_{h,fönster} = v_{fönster} \cdot t_{fönster}$$
, där  $t_{fönster} = \sqrt{\frac{2 \cdot s_{v,fönster}}{g}}$

$s_{v,fönster} = 1,5$  m (avstånd från centrum fönster till golv)

Ingen närmare information finns gällande tänkta glaspartiernas utformning. Beräkningar tar därför utgångspunkt i en karakteristisk fönstertungheter som representerar såväl en tunnare som tjockare glassammansättning.

Resultat av utförda beräkningar redogörs i tabell 8.

Tabell 7. Dödlighet innanför fasad baserat på last från studerade karakteristiska gasmolnexplosioner och BLEVE (endast konsekvenser från last av BLEVE som innebär störst hot för inkastade glaspartier redovisas). Avstånd från explosionscentrum varierar från 50 – 80 meter.

$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$r$ [m]	$i$ [Pas]	$v$ [m/s]	$s_h$ [m]	Inom $s_h$ dödlighet
25	50	182	7,29	4,0	1%-50%
50	50	182	3,64	2,0	<1%
75	50	182	2,43	1,3	<1%
25	55	165	6,59	3,6	1%-50%
50	55	165	3,29	1,8	<1%
75	55	165	2,20	1,2	<1%
25	60	151	6,03	3,3	<1%
50	60	151	3,01	1,7	<1%
75	60	151	2,01	1,1	<1%
25	65	139	5,58	3,1	<1%
50	65	139	2,79	1,5	<1%
75	65	139	1,86	1,0	<1%
25	70	128	5,13	2,8	<1%
50	70	128	2,56	1,4	<1%
75	70	128	1,71	0,9	<1%
25	75	117	4,68	2,6	<1%
50	75	117	2,34	1,3	<1%
75	75	117	1,56	0,9	<1%
25	80	110	4,38	2,4	<1%
50	80	110	2,19	1,2	<1%
75	80	110	1,46	0,8	<1%

Av utförda beräkningar kan konstateras att skadeomfattningen inom Bremenfastigheterna förväntas bli begränsade. Att flera människor innanför fasad ska allvarligt skadas/omkomma inom byggnaderna givet ett explosionsscenario med brännbar gas är ej att förvänta sett till redogjorda inkastningshastigheter.

Det bör noteras att utförda beräkningar grovt redogör för potentiella konsekvenser till följd av att glaspartier kastas in i byggnaden. Om glaspartier ej utformas med någon form av sammanhållande förmåga, t.ex. härdade/laminerade kan risken för ett mer omfattande regn av glassplitter inte uteslutas. Detta i tur kan förväntas resultera i omfattande skärskador på människor innanför fasaden och potentiellt mer omfattande konsekvenser än redogjorda beräkningar indikerar.

Förutom risken för skador från glassplitter kommer även en stor del av fasadens skyddande effekt mot ett efterföljande eldklot eller brand gå förlorad efter det att glaspartierna gått sönder. Detta i ett led ökar risken för att människor inomhus skulle komma i kontakt och riskera att förolyckas av värmepåfrestning. Norra länken överbyggnad med trafikplatsen inom aktuellt trafikavsnitt bedöms dock begränsa möjligheterna till en fri eldklotsutbredning mot byggnaderna.

Att med precision bedöma antalet omkomna vid denna typ av händelse är mycket svårt, varför ingen ansats görs för att uttrycka antalet omkomna i absoluta tal. Utifrån redogjorda konsekvenser kan dock konstateras att skadepotentialen är låg givet aktuella förutsättningar.

## B.6. Slutsatser

Med hänsyn till Bremenfastigheternas placering i förhållande till Norra Länken bedöms riskerna förknippad med LNG transporter på Norra länken endast ge upphov till ett mycket litet riskbidrag.

## Referenser för Bilaga B

van den Berg A.C. (1985): The multi-energy method – A framework for vapour cloud explosion blast prediction. *Journal of Hazardous Materials*, 12(1985), sid 1-10.

CCPS (2010): *Guidelines for Vapor Cloud Explosion, Pressure Vessel Burst, BLEVE and Flash Fire Hazards*, Second edition. Center for Chemical Process Safety, John Wiley & Sons, Hoboken, USA.

DNV (2013): QRA Göteborg GO4LNG Terminal. Det Norske Veritas.

Fischer S., Forsén R., Hertzberg O., Jacobsson A., Koch B., Runn P., Thaning L., Winter S. (1998): *Vådautsläpp av Brandfarliga och Giftiga Gaser och Vätskor, Metoder för bedömning av risker*, Andra reviderade och utökade upplagan. Avdelningen för NBC-skydd och Avdelningen för Vapen och Skydd, Försvarets Forskningsanstalt, FOA-R--97-00490-990—SE, Sverige.

Johansson M. (2013): *Gasexplosion i det fria*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Dokument B02-121, 2013-03-11, Karlstad.

Planas-Cuchi E., Gasulla N., Ventosa A., Casal J. (2004): Explosion of a road tanker containing liquefied natural gas. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 17 (2004), sida 315-321.

Planas E., Pastor E., Casal J., Bonilla J.M. (2015): Analysis of the boiling liquid expanding vapor explosion (BLEVE) of a liquefied natural gas road tanker: The Zarzalico accident. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 34 (2015), sida 127-138.

Svensson L. (2015): *Människans tållighet mot luftstöt vågor*. FOI

VROM (2005), *Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book"*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Nederländerna.

Johansson M., Larsen O.P., Laine L. (2008): *Experiments and Analyses of Explosion at an Intersection*. Proceedings of 20th Symposium on the Military Aspects of Blast and Shock, Oslo, Norge.

## Bilaga C – Konsekvensanalys olycka med brandfarlig vätska

### C.1. Acceptanskriterier

Byggnadens utformning ska ge godtagbart skydd mot brand- och brandgasspridning vid olycka på intilliggande vägar. Byggnadens utformning skall möjliggöra en säker utrymning i händelse av sådan olycka.

Med utgångspunkt i kriterier enligt BBRAD görs tolkningen att detta anses uppfyllt om följande påvisas:

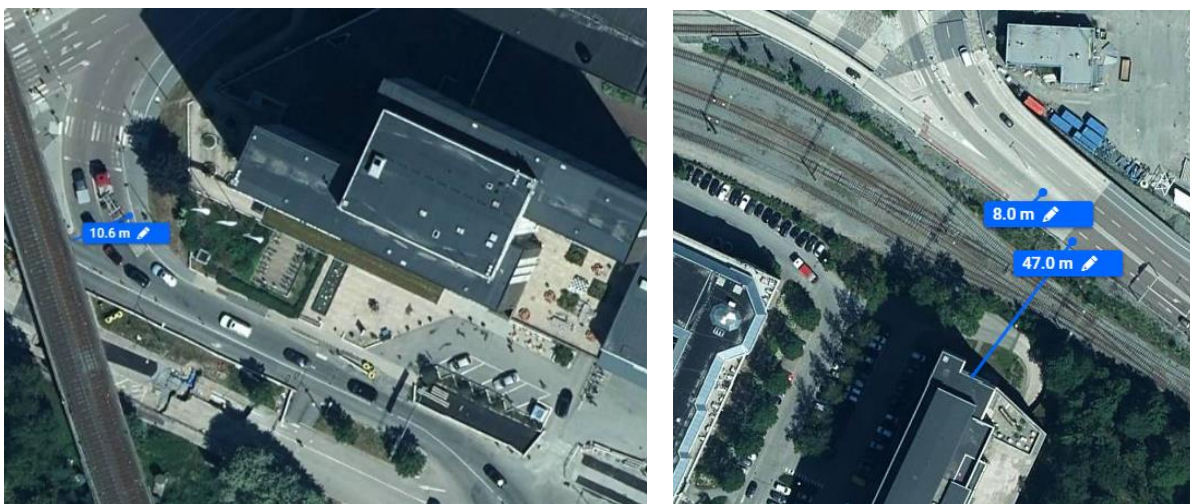
- För att förhindra brandspridning in i aktuell byggnad skall strålningsnivåer på den sida av fönster som ej vetter mot branden, dvs. på insidan, ej överstiga 15 kW/m<sup>2</sup>.
- Utrymmande personer får utsättas för max 2,5 kW/m<sup>2</sup> eller en kortvarig strålning på max 10 kW/m<sup>2</sup> i kombination med max 60 kJ/m<sup>2</sup> utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m<sup>2</sup>.

### C.2. Beräkning av infallande strålning

För att beräkna den infallande strålningen på studerad fasad behöver brandens emitterade strålningseffekt bestämmas samt hur stor del av den utsända strålningen som träffar byggnaden, dvs. beräkning av den så kallade synfaktorn.

### C.3. Dimensionerande scenario

Det finns i princip två typer av utläckage, ett momentant spill där stora mängder bränsle frigörs ner på vägbanan (t.ex. tankbil som välter och topplocket öppnas) eller ett kontinuerligt utflöde från ett läckande fordon eller tank (ventil som går sönder eller ett hål i tanken). Pölutbredning är vidare beroende av vägbanans bredd och lutning samt vägbanans ytbeskaffenhet och uppsamlingsystem för att hantera dagvatten. Aktuell vägutformning av Tegeluddsvägen samt Södra Hamnvägen som angränsar Bremenfastigheterna åskådliggörs i figur 16.



Figur 18. Orientering, vägutformning Tegeluddsvägen och Södra Hamnvägen.

Dimensionerande brandscenario antas till en cirkulär pöl med diameter 11 m, vilket motsvarar en area på ca 100 m<sup>2</sup>. Detta scenario motsvarar att ett fack på en tankbil, som vanligtvis innehåller ca 4-5 m<sup>3</sup> bensin, totalskadas vilket föranleder att allt innehåll läcker ut i samband med olycka.

Avståndet mellan det antagna läget för pölen på vägbanan och fasad kommer att varieras i beräkningarna.

#### C.4. Utgående strålningseffekt

Förbränning i stora pölbränder sker med underskott av syre, vilket medför en stor sotproduktion som i tur fångar upp en betydande del av den emitterande strålningen samt minskar temperaturen i flamzonen. Detta innebär att den emitterade strålningen avtar med en ökande pöldiameter. I litteratur, finns flera matematiska uttryck som beskriver hur utstrålningsintensiteten ( $I_0$ ) varierar som funktion av brandens diameter ( $D$ ). Ett vanligt använt samband återfinns i [2] och är som följer:

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

Sambandet påvisar en maximal utsänd strålning på 58 kW/m<sup>2</sup> som avtar med en ökande pöldiameter.

I de fullskaleförsök som gjordes vid FOI [3] påvisas en pöl med diameter på ca 10 meter emitterar ca 60 kW/m<sup>2</sup>. Detta värde motsvarar en effektiv strålningstemperatur på ca 750 °C, vilket är att betrakta som en förhållandevis hög temperatur för att gälla över hela den strålande ytan.

I försök med mindre pölbränder (diameter på 2-3 meter) uppmättes strålningen till ca 130 kW/m<sup>2</sup>. Den emitterade strålningen från mindre pölbränder blir dock förhållandevis liten, med hänsyn till den betydligt mindre synfaktor som erhålls i beräkningar. Således är det inte av intresse att analysera mindre pölbränder.

I de strålningsberäkningar som redovisas kommer värdet 60 kW/m<sup>2</sup> att användas som dimensionerande avgiven strålningseffekt. Som känslighetsanalys studeras även strålningsnivåer på 50 respektive 70 kW/m<sup>2</sup>.

#### C.5. Synfaktor ( $\Phi$ )

Synfaktorn bestäms genom att branden approximeras till en rektangulär strålande yta. Rektangelns bred bestäms utifrån pölens diameter och beräknas med följande uttryck:

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

Där  $A_f$  är den brinnande ytan och utgörs av pölstorleken.

Rektangelns höjd bestäms utifrån flamhöjden och beräknas med följande uttryck:

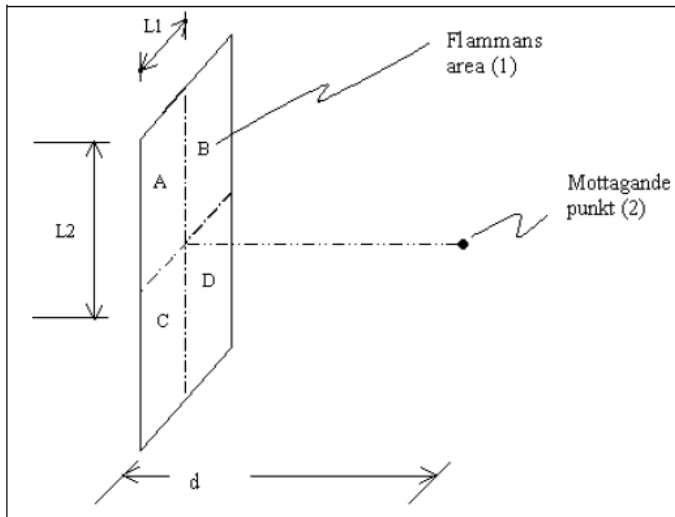
$$H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1.02D$$

Där brandeffekten ( $\dot{Q}$ ) bestäms utifrån följande uttryck:

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

För bensin är förbränningshastighet ( $\dot{m}''$ ) 0.055 kg/m<sup>2</sup>s, förbränningsvärme ( $\Delta H_c$ ) 43.7 MJ/kg och förbränningseffektiviteten ( $\chi$ ) 0.7 [4].

Den maximala synfaktorn erhålls genom att dela den rektangel som representerar den fritt brinnande branden på mitten, både horisontellt och vertikalt, vilket ger fyra likadana mindre rektanglar. Den totala synfaktorn erhålls från summan av de fyra ytorna. Infallande strålning mot fasaden beräknas vid punkten vinkelrätt mot flammans centrum, i enlighet med figur 17.



Figur 19. Synfaktor

Synfaktorer beräknas enligt ekvationer i The SFPE Handbook [4].

### C.6. Beräkningsresultat

Den infallande strålningsintensiteten mot fasad ( $\dot{q}''_{max}$ ) beräknas med följande uttryck, enligt [5]:

$$\dot{q}''_{max} = \dot{q}''_{brand} \cdot \Phi$$

Där  $\dot{q}''_{brand}$  är den emitterade strålningseffekten ( $\text{kW/m}^2$ ) från branden och  $\Phi$  är den maximala synfaktorn.

Infallande strålningsintensitet på olika avstånd till branden presenteras i tabeller nedan.

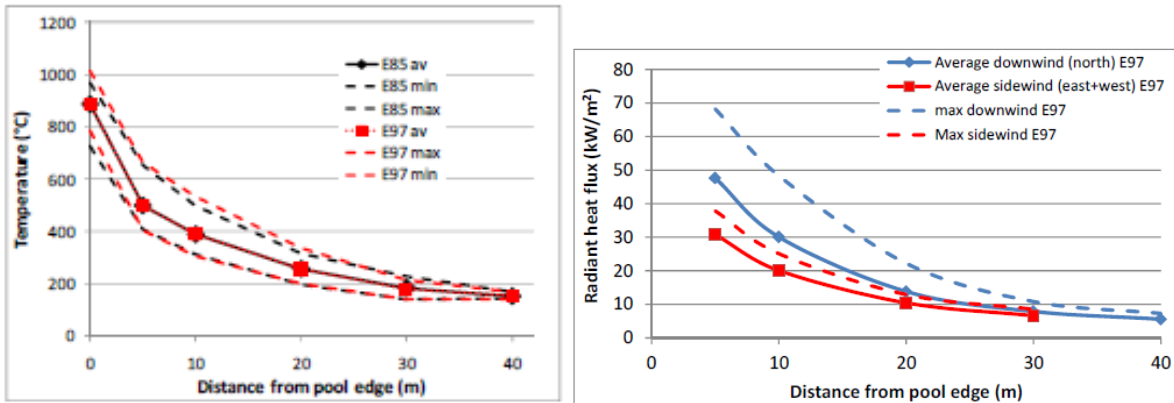
Pölstorlek om  $100 \text{ m}^2$ ,  $H_f = 16.8 \text{ m}$  och  $D = 11.3 \text{ m}$

Avstånd till brand	Infallande strålning [ $\text{kW/m}^2$ ] givet $E = 50 \text{ kW/m}^2$	Infallande strålning [ $\text{kW/m}^2$ ] givet <b><math>E = 60 \text{ kW/m}^2</math></b>	Infallande strålning [ $\text{kW/m}^2$ ] givet $E = 70 \text{ kW/m}^2$
10	18,10	21,72	25,34
15	10,32	12,39	14,45
20	6,45	7,75	9,04
25	4,36	5,23	6,10
30	3,12	3,74	4,37
35	2,33	2,80	3,27
40	1,81	2,17	2,53



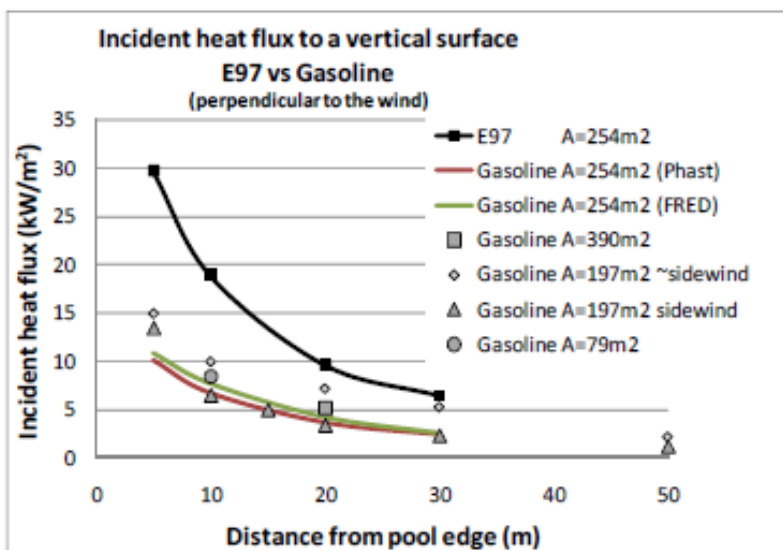
## C.7. Känslighetsanalys

Som känslighetsanalys görs en jämförelse med erhållna resultat från de fullskaleförsök med stora pölbränder av etanol (E97 & E85), vilka SP genomfört under 2015 [7]. Fullskaleförsöken tog utgångspunkt i en stor öppen pölbrand om 254 m<sup>2</sup>. Resultaten från försöken åskådliggörs i figur 15 där maxvärden indikerar uppmätta värden i vindriktningen.



Figur 20. Resultat från genomförda fullskaleförsök av stor pölbrand med etanol [7].

Rapporten innefattar även en jämförelse av förväntade effekter från en pölbrand med bensen. Jämförelsen grundar sig på vedertagna beräkningsmodeller av stora pölbränder med bensen. Resultaten från jämförelsen åskådliggörs i figur 16.



Figur 19. Resultat från genomförd jämförelseanalys av strålningseffekter mellan uppmätta strålningsnivåer för pölbrand med etanol och bensen [7].

## C.8. Sammanfattade diskussion och slutsatser

För det dimensionerande scenariot (pölstorlek om 100 m<sup>2</sup>) påvisar beräkningarna att strålningsnivåerna på ca 15 meters avstånd kan förväntas understiga 15 kW/m<sup>2</sup>. Utförd känslighetsanalys påvisar vidare att resultaten är relativt okänslig mot antagande av pölstorlek samt typ av brandfarlig vätska.

Resultaten risk för brandspridning till byggnad ej kan uteslutas givet en pölbrand på Tegelluddsvägen där avstånd mellan körbana och byggnad är korta. Att sticklågor från en pölbrand skulle nå fasad på detta avstånd kan inte heller ut uteslutas. Resultaten visar att det inte finns någon risk för brandspridning till byggnad givet en pölbrand på Södra Hamnvägen där avstånd mellan körbana och byggnad är längre. Resultaten indikerar även att människor i det fria som befinner sig på ett större avstånd än 10 m kan förväntas klara sig från exponering av dödliga strålningsdoser på 35 kW/m<sup>2</sup>. Dock kan människor i närheten förväntas erhålla 2-gradens brännskador.

Slutsatsen är att rådande säkerhetsavstånd om 25 meter i kombination med barriärens strålningsdämpande funktion medföra ett tillfredställande skydd avseende risken för brandspridning i händelse av pölbrand till följd av en olycka involverande farligt gods ADR-S klass 3 på Norra Länken. Resultaten påvisar att glaspartier i fasad inte behöver utföras i brandteknisk klass för att säkerställa ett tillfredställande skydd mot brandspridning.

## Referenser för Bilaga C

- [1] Översiktlig riskutredning avseende utbyggnad av Norra Djurgårdsstaden, Version 3, RiskTec Projektledning, 2016-11-21
- [2] Shokri, M. & Beyler, C.L., Radiation from large pool fires, J. of Fire Prot. Engr., 1 (4), pp 141–150, 1989.
- [3] Hägglund, B & Persson, L.E. The heat radiation from petroleum fires, FOA, rapport C30126-D6, 1976.
- [4] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, National Fire Protection Association 2<sup>nd</sup> ed. Quincy, MA, 1995.
- [5] Brandteknik (2005). Brandskyddshandboken. Rapport 3134, Lund Tekniska Högskola, Lund.
- [6] Brandskyddshandboken, Brandteknik, Rapport 3134, Lund, 2005.
- [7] *ETANKFIRE – Experimental result of large ethanol fuel pool fires*, SP Report 2015:12, Fire Research.