



Kund: Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad

Projekt: Riskutredning för detaljplan för Blandad stadsbebyggelse vid Frölunda Torg

Projektnummer: 216565

Cathrine Klingspor  
Telefon  
010-505 76 41  
Mobil  
072-221 04 48  
E-post  
cathrine.klingspor@afry.com

Datum  
06/07/2022  
Projekt ID  
216565  
Beställare  
Viveca Risberg  
E-post  
viveca.risberg@sbk.goteborg.se

Kund  
Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad

## Riskutredning för detaljplan för Blandad stadsbebyggelse vid Frölunda Torg

Uppdragsledare: Cathrine Klingspor  
Handläggare: Gustaf Zetterberg & Mario Rubil  
Intern kvalitetsgranskning: Maria Svärd

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	8
1.1	Bakgrund och syfte .....	8
1.2	Avgränsningar .....	9
2	Metod .....	10
2.1	Programvara .....	11
2.2	Styrande lagstiftning och riktlinjer .....	11
2.2.1	Riktlinjer för bebyggelse intill drivmedelstationer .....	12
2.3	Kvantitativa riskmått .....	14
2.3.1	Individrisk .....	14
2.3.2	Samhällsrisk .....	14
2.4	Riskvärdering .....	15
3	Skyddsvärda objekt .....	17
4	Beskrivning av planområde .....	18
4.1	Persontäthet .....	20
5	Riskobjekt .....	25
5.1	Riskobjekt: Drivmedelsstation.....	25
5.2	Riskobjekt: Västerleden .....	26
5.2.1	Trafikuppgifter vägtransporter.....	26
5.2.2	Fördelning av farligt gods vägtransporter .....	26
5.3	Olycksscenarion vid transport farligt gods.....	29
5.4	Sammanfattning olycksscenarion .....	33
6	Risicanalys.....	34
6.1	Individrisk .....	34
6.2	Samhällsrisk .....	36
6.3	Kvalitativ analys drivmedelsstation .....	37
7	Kvalitativ osäkerhets- och känslighetsanalys.....	39
7.1	Känslighetsanalys .....	39
7.2	Osäkerhetsanalys.....	41
8	Riskvärdering och säkerhetshöjande åtgärder .....	43
8.1	Riskvärdering per riskobjekt .....	43
8.1.1	Riskvärdering: Transporter av farligt gods.....	43
8.1.2	Riskvärdering: Drivmedelsstation.....	43
8.2	Säkerhetshöjande åtgärder .....	44
8.2.1	Säkerhetsavstånd.....	44

8.2.2	Luftintag för byggnader.....	44
8.2.3	Fysisk barriär/skydd .....	45
8.2.4	Entréer/varuintag.....	45
8.2.5	Placering.....	45
8.2.6	Fasad- och fönsteråtgärder.....	45
9	Slutsatser.....	47
10	Referenser.....	48
	Beräkningsbilaga	

## Dokumenthistorik

<b>Ver.</b>	<b>Status</b>	<b>Datum</b>
A	Rapportutkast	2022-06-23
B	Granskad av kund	2022-07-06

## Sammanfattning

Göteborgs stad planerar att utveckla området kring Frölunda torg i syfte att tillföra fler bostäder, verksamhetslokaler, nya genomgående stråk samt offentliga platser. En riskutredning för aktuellt området utfördes 2018 men då föreslagen utformning förändrats sedan dess gjordes bedömningen att uppföra en ny utredning.

Planområdet innefattar till största del stora parkeringsytor placerade runt om köpcentrumet Frölunda Torg, mellan Marconigatan och Pianogatan och mellan Pianogatan och Radiovägen. Planförslaget medger en förtätning inom planområdet vilket innebär att byggrätter tillförs de ytor som omger köpcentrumet, Marconigatan och Pianogatan. Ytorna kring Frölunda torgs köpcentrum föreslås byggas ut med cirka 1 000 lägenheter i punkthus och kvarter med kringbyggda gårdar, en förskola, handel och kontor.

Risikkällor utgörs av Västerleden där transport av farligt gods förekommer, samt en befintlig drivmedelsstation strax utanför planområdet i sydost. Avstånd mellan Västerleden och placering av ny bebyggelse är som minst ca 26 m. Mellan drivmedelstation och placering av ny bebyggelse är avståndet som minst ca 50 m.

Med hänsyn till riskobjekten på planområdet, syftar riskutredningen till att utreda risker med relevans för detaljplanen samt bedöma om riskreducerande åtgärder krävs för den planerade bebyggelsen. Med risk avses här risken att omkomma till följd av en olycka med farligt gods på Västerleden eller vid närliggande drivmedelsstation.

Risken från transporter av farligt gods på Västerleden har analyserats kvantitativt vilket innebär att beräkningar genomförts. Risken med drivmedelsstationen har bedömts kvalitativt.

Resultaten visar sammanfattat:

- Individrisknivån är acceptabel på avstånd längre än 75 m från väggkant tillhörande Västerleden eller avfart/påfart till Västerleden där detta är aktuellt. Närmst vägen (upp till 30 m från väggkant) är individrisknivån över  $10^{-6}$ , mellan 30-75 m (mätt från väggkant) är individrisknivån över  $10^{-7}$  per år.
- Samhällsriskberäkningarna visar på att samhällsrisknivån hamnar inom undre ALARP-området för skadehändelser som medför antingen mindre än 4 omkomna eller över 750 omkomna. Vidare hamnar samhällsrisken inom övre ALARP-området för skadehändelser som medför fler än 4 omkomna men mindre än 750 omkomna. Risknivåerna motiverar att säkerhetshöjande åtgärder vidtas.
- Transporter av brandfarlig gas och oxiderande ämnen bidrar till majoriteten av samhällsrisken i området (80%) följt av giftig gas (18%) och explosiva ämnen (2%)
- Risker kopplade till närliggande drivmedelsstationer har bedömts acceptabla om angivna säkerhetsavstånd upprätthålls samt om angivna åtgärder genomförs.

Baserat på detta föreslås följande kategorier av säkerhetshöjande åtgärder för att uppfylla en acceptabel risknivå, åtgärderna presenteras i sin helhet som förslag till planbestämmelser i avsnitt 8.2:

- Säkerhetsavstånd
- Luftintag för byggnader
- Fysisk barriär/skydd
- Utrymning
- Begräsning av placering av ny bebyggelse av offentlig karaktär
- Fasad- och fönsteråtgärder

Om rekommenderad markanvändning och förslag till planbestämmelser tas i beaktande i detaljplanen bedöms föreslagen exploatering vara lämplig och acceptabel med avseende på människors liv och hälsa.

Ovan föreslagna planbestämmelser utgår från att planområde utvecklas enligt nuvarande förutsättningar. Skulle markanvändning ändras eller personantalet öka bör aktuell riskutredning revideras enligt de nya förutsättningarna.

# 1 Inledning

I detta avsnitt presenteras bakgrund och syfte samt de avgränsningar som gjorts i arbetet.

## 1.1 Bakgrund och syfte

Göteborgs stad planerar att utveckla området kring Frölunda torg i syfte att tillföra fler bostäder, verksamhetslokaler, nya genomgående stråk samt offentliga platser. En riskutredning för aktuellt området utfördes 2018 av COWI [1], men då föreslagen utformning förändrats sedan dess gjordes bedömningen att uppföra en ny utredning.

De detaljplaner som omfattas av planförslaget är följande:

- Järnbrott 142:16
- Järnbrott 142:6
- Järnbrott 142:5
- Järnbrott 758:73
- Järnbrott 758:102
- Järnbrott 758:124
- Järnbrott 758:566
- Järnbrott 758:66
- Järnbrott 758:621

Planområdet innefattar till största delen stora parkeringsytor placerade runt om köpcentrumet Frölunda Torg, mellan Marconigatan och Pianogatan och mellan Pianogatan och Radiovägen. Planförslaget medger en förtätning inom planområdet vilket innebär att byggrätter tillförs de ytor som omger köpcentrumet, Marconigatan och Pianogatan. Ytorna kring Frölunda torgs köpcentrum föreslås byggas ut med cirka 1 000 lägenheter i punkthus och kvarter med kringbyggda gårdar, en förskola, handel och kontor. Markparkeringarna i denna del av planområdet ersätts inom området med parkering i underjordiska garage eller parkeringshus vilket frigör utrymme för den nya bebyggelsen. Den förtätning av området som förslaget medför visas i Figur 1-1.



Figur 1-1. Illustration som visar den förtätning av området som planförslaget medför. Den vänstra bilden visar området i dagsläget (2022). Den högra bilden visar den planerade förtätningen av området. Bildkälla: Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad.



Riskkällor utgörs av Västerleden där transport av farligt gods förekommer, samt en befintlig drivmedelsstation strax utanför planområdet i sydost. Avståndet från drivmedelsstationen (lossningsplats) till planområdet är ca 50 m

Med hänsyn till riskobjekten på planområdet, syftar riskutredningen att utreda risker med relevans för detaljplanen samt bedöma vilka riskreducerande åtgärder som krävs för den planerade bebyggelsen.

## 1.2 Avgränsningar

Riskutredningen omfattar planärendet för detaljplan för utbyggnad av bostäder och handel vid Frölunda Torg och vid Marconigatan/Pianogatan. Området beskrivs vidare i detalj i avsnitt 4.

Riskanalysen avgränsas till att beakta påverkan på människors hälsa från oavsiktliga olyckor med farligt godstransporter på Västerleden samt en befintlig drivmedelsstation. Risker från andra riskobjekt, såsom industrier eller ytterligare drivmedelsstationer, har ej beaktats i riskutredningen.

De kvantitativa beräkningarna omfattar olyckor som med påverkan på människor så att dessa förväntas omkomma. Skador som inte leder till direkt dödsfall undersöks ej. Med olyckor menas i denna rapport händelser som resulterar i en konsekvens där människors hälsa kan påverkas negativt, men där ingen avsikt har funnits från någon ingående aktör att åsamka skada. Händelseförlopp där istället avsikten är att medvetet skada människor, så kallade antagonistiska händelser, omfattas ej av föreliggande utredning.

Vidare tas ingen hänsyn till exempelvis skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering eller materiella skador inom området (om inte dessa i sin tur kan innebära konsekvenser för människors liv och hälsa, exempelvis ras av byggnad till följd av explosion).

## 2 Metod

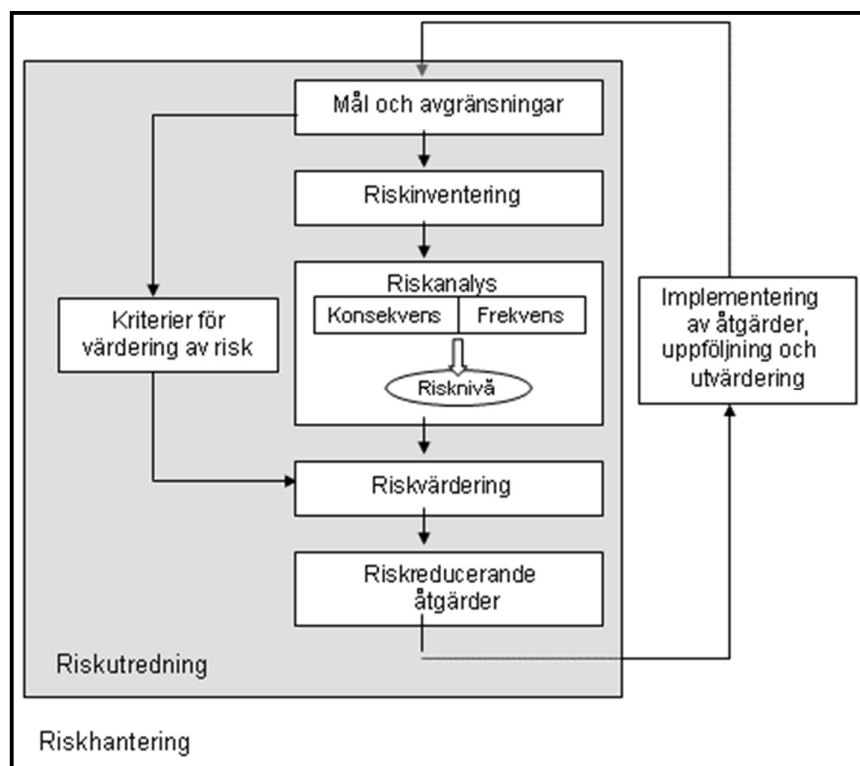
Att genomföra en riskutredning innebär i sig flera olika delmoment. Inledningsvis bestäms de **mål och avgränsningar** som gäller för den aktuella riskutredningen. Även principer för hur risken värderas ska fastställas.

Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. Aktuella olycksscenarioer presenteras i en så kallad olyckskatalog.

I **riskanalysen** analyseras sedan de identifierade olycksscenarioerna avseende deras konsekvenser och sannolikhet. Riskanalysen kan göras kvalitativt eller kvantitativt beroende på omfattningen av riskutredningen.

I **riskvärderingen** jämförs resultatet från riskanalysen med principer för värdering av risk för att avgöra om risken är acceptabel eller ej. Utifrån resultatet av riskvärderingen undersöks behovet av **riskreducerande åtgärder**.

Riskutredningen är en regelbundet återkommande del av den totala riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande. Processen åskådliggörs i Figur 2-1 nedan.



Figur 2-1. Riskhanteringsprocessen.

## 2.1 Programvara

I denna riskutredning har konsekvens- och frekvensberäkningar gjorts med programvaran Riskcurves [2]. Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Frekvensberäkningar i föreliggande studie baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves [3]. Där dessa frångås nämns detta uttryckligen. Beräkningarnas konsekvensmodelleringar är förankrade i empiri och forskningsdata med en gedigen referenslista. Verktygets fördelar är att olika modeller kan byggas upp och beräknas relativt snabbt. Det är också enkelt att plocka ut relevanta och tydliga resultat i tabeller, grafer och kartbilder.

## 2.2 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Det finns lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras, plan- och bygglagen (2010:900) och Miljöbalken (1998:808). I plan- och bygglagen framgår det att bebyggelse och byggnadsverk ska utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser. I miljöbalken anges att när val av plats sker för en verksamhet ska det göras med hänsyn till olägenheter för människors hälsa och miljön.

Varken plan- och bygglagen eller miljöbalken beskriver i detalj hur riskanalyser ska genomföras och vad de ska innehålla. På senare tid har därför riktlinjer, kriterier och rekommendationer givits ut av länsstyrelser och myndigheter gällande vilka typer av riskanalyser som bör utföras och vilka krav som ställs på dessa. Riktlinjer beskriver skyddsavstånd för olika markanvändning som kan användas vid planering.

I denna utredning används Göteborgs stads dokument *Vägledning för hantering av risker vid anläggningar och transporterleder med farligt gods* [4]. Denna vägledning hör till den nya översiktsplanen för Göteborgs stad, den är en bilaga till antagandehandling. I Göteborgs Stads översiktsplan har risker med transport av farligt gods tidigare hanterats i det tematiska tillägget *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn - Transport av farligt gods* [5] (FÖP99) som antogs 1999. Detta tillägg föreslås utgå i samband med att kommunen tar fram en ny kommunomfattande översiktsplan vilken antagits av kommunfullmäktige 19 maj 2022.

Syftet med den nya vägledningen är utöver att ersätta det tidigare tematiska tillägget om farligt gods, även att ge en ökad kunskap och förståelse för farligt gods-transporter samt ge en fördjupad förklaring om hur farligt gods ska hanteras i framtida planering.

Ett flertal rekommendationer/riktlinjer för farligt gods och verksamheter presenteras i den nya vägledningen, bland annat följande:

- Beakta riskfrågor vid all planläggning inom 150 m från transportled där det transporteras farligt gods. Som transportled menas här rekommenderade primär- och sekundärleder för farligt gods på väg samt alla järnvägar.
- Rekommenderande skyddsavstånd mellan olika markanvändningar och transportled där riskutredning normalt inte tillämpas gäller tills vidare från FÖP99 [5], se Tabell 2-1.
- Basera kriterier för tolerabla risker på rapporten *Värdering av risk* [6] för att få en enhetlig riskbedömning som harmonieras med resten av Sverige.

- Arbeta övergripande med riskhantering i stora utvecklingsområden för att minska risken för luckor i skyddsåtgärderna utmed transportleder för farligt gods.
- Utforma skyddsåtgärder för transporter av farligt gods i form av barriärer och räcken så att de ansluter till redan befintliga skyddsåtgärder. Avsluten på dessa skyddsåtgärder ska utformas så att risken att skada avåkande fordon minimeras.

Tabell 2-1. Avståndskrav enligt FÖP99 [5].

Markanvändning	Järnväg	Väg
Bebyggelsefritt	0-30 m	0-30 m
Kontor	Från 30 m	Från 50 m
Sammanhållen bostadsbebyggelse	Från 80 m	Från 100 m

### 2.2.1 Riktlinjer för bebyggelse intill drivmedelstationer

I denna riskutredning kommer även rapporten *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer* att användas avseende planområdets närhet till två drivmedelstationer. [7] Rapporten är författad av Länsstyrelsen i Stockholms län år 2000, men den bedöms vara tillämplig även i detta fall. Detta eftersom någon annan typ av liknande eller nyare riktlinjer avseende markanvändning och drivmedelstationer saknas.

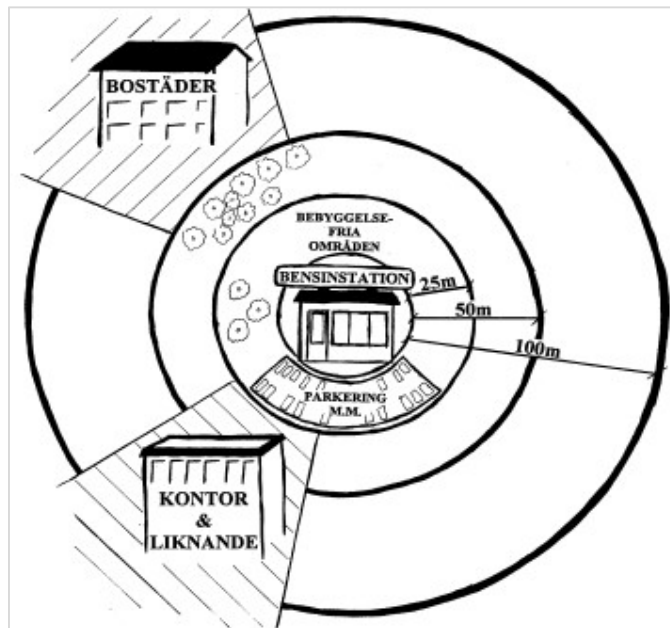
I rapporten anges att om bebyggelse eller verksamheter planeras inom 100 m från en farligt godsled (järnväg och/eller väg) och/eller från en drivmedelstation ska en riskutredning tas fram. Under speciella omständigheter som kan innebära en förhöjd riskbild från farligt godsleden eller drivmedelstationen kan även längre avstånd än 100 m komma att beaktas.

I rapporten finns också ett antal rekommendationer/riktlinjer avseende skyddsavstånd, vilka återges ordagrant nedan [7]:

- Inom 100 m från en bensinstation med medelstor försäljningsvolym ska alltid risksituationen och olägenheterna för människor och miljö analyseras och bedömas.
- I nyplaneringsfallet (ny bebyggelse eller ny bensinstation) bör alltid ambitionen vara att hålla ett avstånd på 100 m från bensinstationen till bostäder, daghem, ålderdomshem och sjukhus. Detta avser en bensinstation med medelstor försäljningsvolym av fordonsbränsle.
- Ur både risk-, miljö- och hälsoskyddssynpunkt bör ett minimiavstånd på 50 m alltid hållas från bensinstation till bostäder, daghem, ålderdomshem och sjukhus samt samlingsplatser utomhus där oskyddade människor uppehåller sig (t.ex. uteservering, lekplats m.m.).
- Personintensiva verksamheter bör inte lokaliseras närmare än 50 m från en bensinstation om de ska inrymma människor som kan ha svårt att snabbt genomföra en utrymning men också med hänsyn till luftföroreningarnas långsiktiga påverkan på människor.
- Om försäljning av biogas sker eller kan komma att ske i framtiden krävs oftast ett längre skyddsavstånd än för bensin. Vid ny bebyggelse som rymmer svårutrymbara lokaler ska ett avstånd på minst 100 m hållas.

- Byggnad bör med hänsyn till brand- och explosionsrisk (oberoende av försäljningsvolym för fordonbränsle) inte uppföras inom ett avstånd av 25 m från:
  1. Tankfordonets lossningsplats.
  2. Avluftsanordningar från bensincistern.
  3. Tankställe där fordon tankas (pump).

I Figur 2-2 sammanfattas minimiavstånden i för bebyggelse i närheten av drivmedelstationer.



Figur 2-2. Minimiavstånd kring drivmedelstationer [7]

I rapporten klargörs även en rad avstegsfall från de ovannämnda rekommendationerna. Sammanfattningsvis konstateras att bedömningen görs från fall till fall och normalt endast om frågan handlar om en hög exploateringsgrad då inga andra alternativa lösningar kan åstadkommas. Vidare att varje avsteg mot rekommendationerna ovan alltid måste motiveras.

Enligt SÄIFS 2000:2 föreskrifter och allmänna råd om hantering av brandfarliga vätskor krävs ett minsta avstånd till planerad bebyggelse på 25 m från den plats där brandfarlig vätska i lösa behållare (<3 m<sup>3</sup>) förvaras. Då brandfarlig vätska i lösa behållare som närmast förvaras i butiken/servicebyggnaden krävs ett minsta avstånd på 25 m från denna byggnad.

Detta är samma avstånd som nämns i rekommendationer från Länsstyrelsen i Stockholms län ovan och lossningsplats är närmre planområdet än butiken/servicebyggnaden. Därför uppfylls båda rekommendationerna om man följer rekommendationerna från Länsstyrelsen Stockholm. Hädanefter i rapporten hänvisar enbart till Länsstyrelsens rekommendationer.

## 2.3 Kvantitativa riskmått

Inom samhällsplanering kan kvantitativ riskanalys användas om riktlinjer liknande de som beskrivs ovan inte finns eller om sådana riktlinjer på något sätt frångås. En kvantitativ riskanalys brukar innebära att två olika riskmått beräknas och sedan jämförs med vedertagna kriterier. Riskmåttan är individrisk och samhällsrisk. Riskmåttan skiljer sig på så sätt att individriskkriterier syftar till att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risker. Samhällsrisk å andra sidan syftar till att säkerställa att ett område (allt ifrån ett bostadsområde till samhället i stort) som en helhet inte utsätts för oacceptabla risker.

### 2.3.1 Individrisk

Med individrisk avses sannolikheten (frekvensen) att en hypotetisk och oskyddad individ som kontinuerligt befinner sig på en plats ska omkomma på ett visst avstånd från ett riskobjekt, ofta utomhus [6]. Individrisken är rättighetsbaserad och tar ingen hänsyn till hur många individer som kan påverkas av skadehändelsen. Med rättighetsbaserad menas att alla individer har den personliga rättigheten att inte behöva utsättas för orimlig risk att omkomma.

Individrisken beräknas enligt:

$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i} \quad \text{formel 1a, 1b}$$

$$IR_{x,y,i} = f_i * p_{f,i}$$

Där  $f_i$  är frekvensen för sluthändelsen  $i$ .  $p_{f,i}$  är sannolikheten för studerad konsekvens. Den antas, enligt ovan, till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför effektzonen. Genom att summera individrisken för de olika sluthändelserna på olika avstånd från riskobjektet, kan individrisken för området presenteras.

### 2.3.2 Samhällsrisk

För samhällsrisk beaktas, förutom frekvenserna, även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet individer som omkommer vid olika skadescenarier. Då beaktas personbelastningen inom det aktuella området, i form av persontäthet. Till skillnad från vid beräkning av individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året. Samhällsrisk är ej rättighetsbaserad, utan utgår istället ifrån hur mycket sammanlagd risk ett samhälle kan tolerera.

Samhällsrisk beräknas enligt formel 2 nedan.

$$N_i = \sum_{x,y} P_{x,y} * p_{f,i} \quad \text{formel 2}$$

$N_i$  står för antalet människor som utsätts för den studerade sluthändelsen  $i$ .  $P_{x,y}$  är antalet individer i punkten  $x, y$  och  $p_{f,i}$  definieras enligt individrisken ovan.

Samhällsriskerna redovisas normalt i F/N-kurvor.

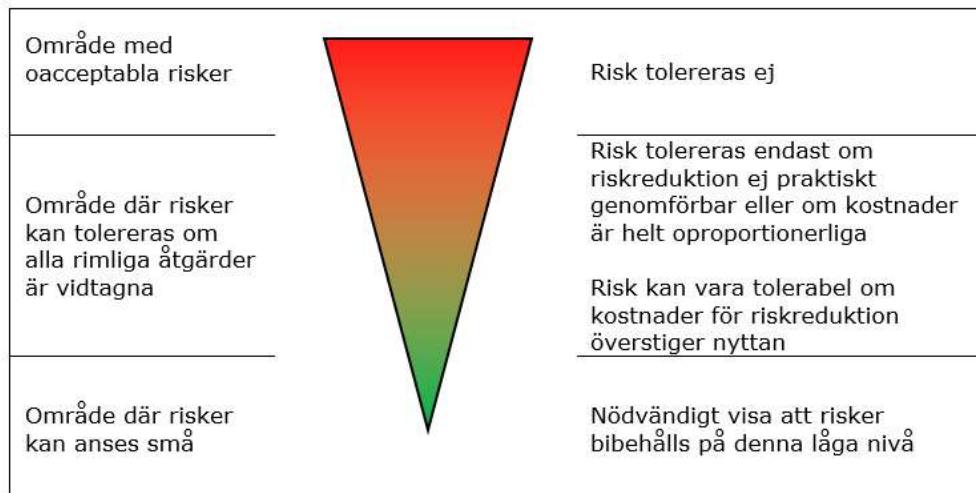
$$F_N = \sum_i F_i \text{ för alla sluhändelser } i \text{ för vilka } N_i \geq N \quad \text{formel 3}$$

$F_N$  står för frekvensen av sluhändelser som påverkar  $N$  eller fler människor.

$F_i$  är frekvensen för sluhändelse  $i$ .  $N_i$  definieras enligt ovan.

## 2.4 Riskvärdering

För att begreppen individ- och samhällsrisk ska få någon betydelse måste dessa ställas i relation till kriterier för acceptabel risk. I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier [6] gällande individ- och samhällsrisk, som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som frekvensen med vilken en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; tolerabla, tolerabla med åtgärd eller ej tolerabla, se Figur 2-3.



Figur 2-3. Princip för värdering av risk. Fritt från Räddningsverket [6].

För individrisk föreslås följande kriterier [6]:

- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar kan tolereras:  $10^{-5}$  per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som små:  $10^{-7}$  per år

Kriterierna för individrisk avser en hypotetisk oskyddad person utomhus.

I motsats till individrisk beräknas samhällsriskerna med avseende på de i undersökt område som faktiskt utsätts för risken. För transportleder föreslås kriterierna av Räddningsverket gälla för dubbelsidig byggelse på en sträcka av 1 km. Västerleden sträcker sig endast ca

550 m förbi planområdet och planområdet är endast på en sida av transportleden, därför anpassas ovan kriterier till denna sträcka.

För samhällsrisk föreslås följande kriterier [6]:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras:  $F=0,275 \cdot 10^{-4}$  per år för  $N=1$  med lutning på F/N-kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små:  $F=0,275 \cdot 10^{-6}$  per år för  $N=1$  med lutning på F/N-kurva: -1

Även följande fyra vägledande principer är allmänna utgångspunkter för värdering av risk:

**Rimlighetsprincipen:** Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras.

**Proportionalitetsprincipen:** En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.

**Fördelningsprincipen:** Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.

**Principen om undvikande av katastrofer:** Om risker realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.



### 3 Skyddsvärda objekt

Denna riskutredning fokuserar på oavsiktliga olycksrisker för människors hälsa och säkerhet. Skyddsvärda objekt är personer som vistas inom planerad markanvändning inom planområdet, både i och utanför byggnader.

För att studera samhällsrisken ur ett större perspektiv omfattar riskutredningen även skyddsvärda objekt i form av personer i och utanför byggnader som inte är kopplade till studerat planområde. Detta större område har valts i samråd med beställare och räddningstjänst till att inkludera markanvändning inom 500 m från vägkanten av Västerleden och 750 m längs med Västerleden vid studerat planområde, se Figur 3-1.



Figur 3-1. Flygfoto som visar studerat planområde (gulmarkerat) samt det större området som omfattas i riskutredningen (markerat i ljusblått).

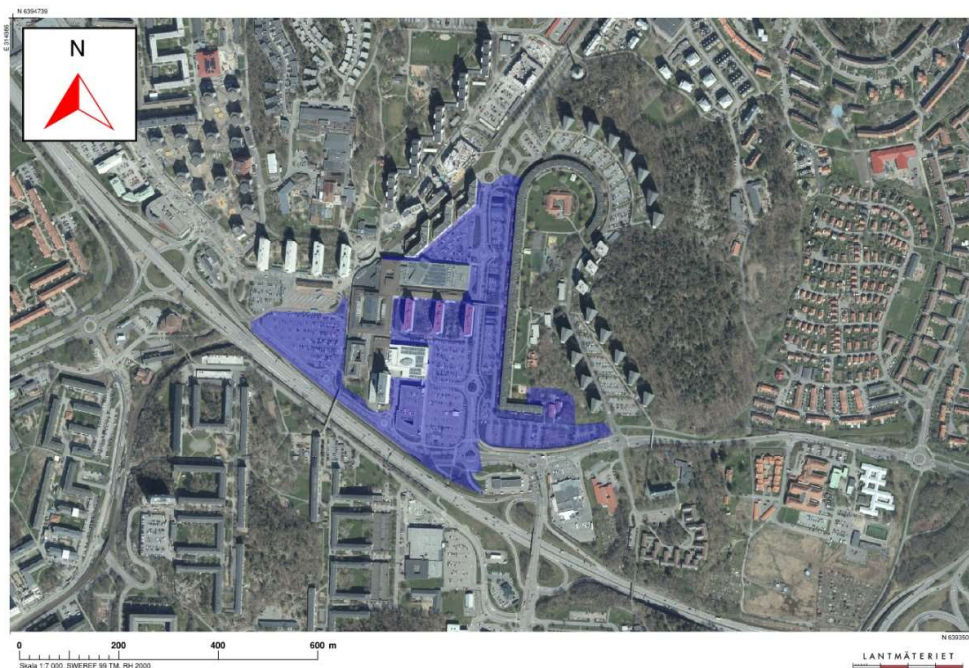
I avsnitt 4.1 tydliggörs det avgränsande område som beaktas utifrån det större samhällsriskspektivet enligt riktlinjerna.

## 4 Beskrivning av planområde

Planområdet är beläget i södra Järnbrott strax norr om Västerleden vid Frölunda torg och sträcker sig i öst-västlig riktning från korsningen Pianogatan/Södra Dragspelsgatan till parkeringsplatserna väster om Frölunda torg. I nord-sydlig riktning sträcker sig området från cirkulationsplatsen vid Marconigatan/Norra Dragspelsgatan/Vibrafongatan till Lergöksgatan/Radiovägen. Planområdet ligger cirka sex kilometer sydväst om Göteborgs centrum. Ett flygfoto med planområdet markerat visas i Figur 4-1.

Planområdet omfattar cirka 14 hektar och marken ägs i huvudsak av privata markägare. Frölunda Torgs köpcentrum och parkeringsytorna ägs av Skandia Köpcentrum AB. Bostadsfastigheterna med de tre skivhusen omedelbart öster om köpcentrumet ägs av Bostads AB Poseidon. Parkeringsytorna öster om Marconigatan ägs av Göteborgs stads bostads AB och övrig mark som torgytan, spårvägen samt väg- och gatumark ägs av Göteborgs kommun.

Största delen stora parkeringsytor placerade runt om köpcentrumet Frölunda Torg, mellan Marconigatan och Pianogatan och mellan Pianogatan och Radiovägen. Marken nyttjas idag för markparkeringar i anslutning till handel och bostäder.



Figur 4-1. Flygfoto med planområdet blåmarkerat. Bildkälla: Lantmäteriet.

Planförslaget medger en förtätning inom planområdet vilket innebär att byggrätter tillförs de ytor som omger köpcentrumet, Marconigatan och Pianogatan. Ytorna kring Frölunda torgs köpcentrum föreslås byggas ut med cirka 1 000 lägenheter i punkthus och kvarter med kringbyggda gårdar, en förskola, handel och kontor. Markparkeringarna i denna del av

planområdet ersätts inom området med parkering i underjordiska garage eller parkeringshus vilket frigör utrymme för den nya bebyggelsen.

Parkeringsytor på planområdet väster om Marconigatan föreslås byggas om till ytor för bostäder, handel, kontor, förskola samt parkering, se Figur 4-2 .



Figur 4-2. Illustrationsplan som visar den del av planområdet väster om Marconigatan som förtätas. Bildkälla: Wingårdhs.

Öster om Marconigatan föreslås en utbyggnad av cirka 650 lägenheter i flerbostadshus som även inrymmer lokaler för verksamheter, se Figur 4-3. På parkeringsytorna mellan Marconigatan och Pianogatan samt i området mellan Pianogatan och Näsetvägen/Radiovägen föreslås byggrätter för flerbostadshus, med verksamheter i bottenplan i strategiska lägen. I den sydöstra änden av kvarteret Käppen, norr om Pianogatan, föreslås den befintliga familjecentralens byggnad ersättas av en förskola med sex avdelningar. De befintliga parkeringarna förläggs i parkeringshus, som även betjänar de tillkommande byggnaderna.



Figur 4-3. Illustrationsplan om den del av planområdet öster om Marconigatan där befintliga parkeringsytor byggs om till bostäder. Bildkälla: CF Møller.

Utänför planområdet men inom det område som sammantaget ska studeras finns köpcentrum och ett höghus som inhyser Frölunda sjukhus, kontor och bostäder. En ännu ej utnyttjad triangulär byggrätt för utbyggnad av köpcentret ligger väster om Frölunda sjukhus. En utnyttjad byggrätt finns även norr om planområdet i anslutning till Mandolingatan.

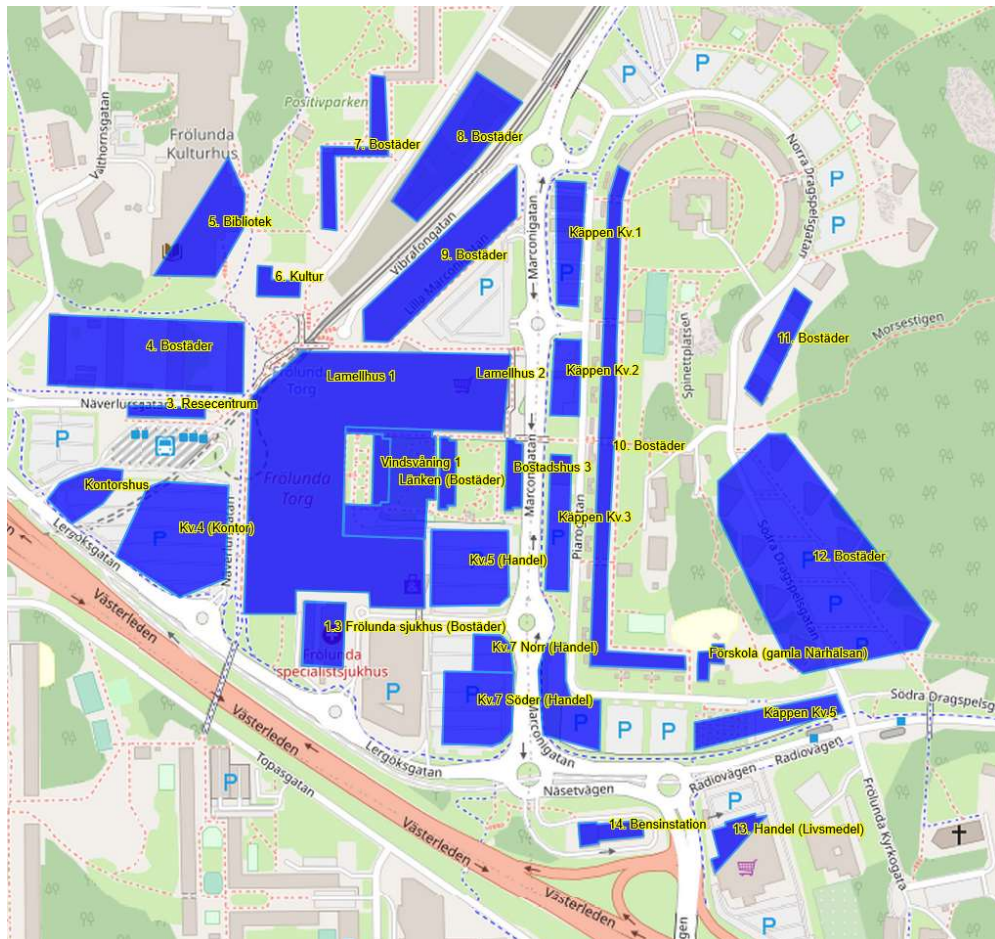
För att beräkna samhällsriskmåttet behöver personbelastningen i området uppskattas, vilket görs i nästkommande avsnitt.

## 4.1 Persontäthet

För att kunna beräkna samhällsriskenivån används områdets persontäthet. I utredningen kommer samhällsrisken att beräknas för ett scenario som representerar persontätheten i området vid fullt vidtagen detaljplan och planerad bebyggelse.

I beräkningsprogrammet Riskcurves definieras persontätheter med hjälp av befolkningspolygoner. I beräkningsprogrammet definieras befolkningspolygoner enligt Figur 4-4. Då polygonernas utformning har inverkan på resultatet har följande grundförutsättningar ansatts:

- Bostäder och verksamheter inom arean som beskriv i Figur 3-1 har inkluderats i beräkning. Avståndet har valts i samråd med beställare och räddningstjänst.
- För sammanhållen bebyggelse har polygonerna inkluderat hela det aktuella området. För fristående tomter har endast aktuell fastighet inkluderats i polygonen.
- Fristående byggnadsverk där personer inte förväntas uppehålla sig stadigvarande har inte inkluderats.



Figur 4-4. Definition av befolkningspolygoner.

Indata till respektive befolkningspolygon som använts vid beräkning av samhällrisk presenteras i Tabell 4-1 samt Tabell 4-2. Kunden har för uppdraget överlämnat bruttoarea (BTA) för respektive verksamhet (både befintlig och ny bebyggelse). Denna har sedan använts som grund för att uppskatta befolkningspolygoner.

Tillhandahållna befolknings- och boendesstatistik för området visar att det i genomsnitt bor 1,95 personer/bostad. Vidare har en bostad i området bruttoarea (BTA) 100 m<sup>2</sup> i genomsnitt. Detta antagande används för befintliga och tillkommande bostäder inom studerat området. För bostäder antas att 100 % av de boende vistas inom området på natten och 60 % på dagen. Fraktionen inomhus under dag respektive natt är ett hämtat rekommenderat värde från Green Book [8].

För kontor används schablonvärdet 0,04 personer/m<sup>2</sup> som är hämtad ur rapporten *Riskanalys av farligt gods inom Hallands län* [9] som är publicerad av Länsstyrelsen Halland. Vidare antas normalnärvaron på kontor vara 80 % av maxantalet. Kontoret antas

vara befolkat under dagtid helgfria vardagar (225 dagar/år). Personer som befinner sig i området bedöms vara inomhus under majoritet av tiden.

Byggnader innehållande handelsverksamhet används schablonvärdet 0,04 personer/m<sup>2</sup> som är hämtad ur *Persontäthet vid utrymningsberäkningar – Köpcentrums persontätheter* [10]. Andelen inomhus antogs vara 70% av tiden för att beakta de besökarna som befinner sig på utanför butikerna och på parkeringsplatsen. Det bedöms inte förekomma besökare inom området nattetid då butikerna är stängda. Handel antas bedrivas 365 dagar/år.

Exakt data för personantalet för vårdlokalerna på Frölunda specialistsjukhus har inte tillhandahållits och därför har rekommenderande värden från Green Book [8] använts. Sjukhuset har idag 12 avdelningar [11] och har antagits motsvara ett "small hospital" med ett personantal på 240 personer, vilket motsvarar 20 personer per avdelning. Under natten bedöms personantalet vara 10% av personantalet på dagen. Personer som befinner sig i området bedöms vara inomhus under majoritet av tiden. Sjukhuset antas bedriva sin verksamhet 365 dagar/år.

Resecentrumet i angränsning till Frölunda torg antas ha en personbelastning på 50 personer under dagen och 10 under natten. Resecentrumet antas användas av människor 365 dagar/år. Alla personer som besöker resecentrumet antas befinna sig utomhus.

För kulturverksamheten i det studerade området (en liten del av Frölunda bibliotek samt Ungdomens hus) antas 50 personer befinnas sig i lokalerna dagtid. Ingen exakt data har tillhandahållits för verksamheter. Det bedöms inte förekomma besökare inom området nattetid. Lokalerna antas vara befolkade helgfria vardagar (225 dagar/år).

På området runt den drivmedelstation som ligger inom studerat område antas 20 personer befinna sig dagtid och 2 personer under natten. Av dagtidsbesökarna antas 50% befinna sig inomhus och alla nattetidsbesökare antas befinna sig utomhus. Drivmedelstationen antas bedriva sin verksamhet 365 dagar/år.

Planförslaget medför två tillkommande förskolor på studerat område. En förskola vid bostadsområdet Länken med fyra avdelningar och den andra vid Närhälsans lokaler invid Käppen med sex avdelningar. Statistik från Skolverket [12] visar att hösten 2014 gick det i genomsnitt 5,3 barn per personal och en genomsnittlig grupp bestod av 16,9 barn. Vid uppskattning av persontätheten har det antagits att 17 barn och 3 personal per avdelning, vilket motsvarar personantal på 80 respektive 120 för de två förskolorna. Förskolorna bedöms vara befolkade helgfria vardagar (225 dagar/år). Dagtid bedöms 90 % av personerna vara inomhus. Förskolorna antas inte vara befolkad nattetid.

Tabell 4-1. Antagen persontäthet för befolkningspolygoner för befintlig bebyggelse inom studerat område. Tabellen är uppdelad i verksamheter innanför respektive utanför planområdet.

Befolkningspolygon	Person- belastning (dag natt)		Nyttjandegrad (andel av året) (dag natt)		Fraktion inomhus (dag natt)	
<b>Innanför planområdet</b>						
Bostadshus 1	116	193	1	1	0,93	0,99
Bostadshus 2	116	193	1	1	0,93	0,99
Bostadshus 3	116	193	1	1	0,93	0,99
<b>Utanför planområdet</b>						
1.1 Frölunda sjukhus (vårdlokaler)	240	24	1	1	0,93	0,99
1.2 Frölunda sjukhus (kontor)	48	0	1	-	0,93	-
1.3 Frölunda sjukhus (bostäder)	104	174	1	1	0,93	0,99
2. Köpcentrum	3448	0	1	-	0,93	-
3. Resecentrum	50	10	1	1	0	0
4. Bostäder	307	512	1	1	0,93	0,99
5. Kultur (bibliotek)	50	0	0,62	-	0,93	-
6. Verksamhet (Ungdomens hus)	50	0	0,62	-	0,93	-
7. Bostäder	267	445	1	1	0,93	0,99
8. Bostäder	49	82	1	1	0,93	0,99
9. Bostäder	274	456	1	1	0,93	0,99
10. Bostäder	331	552	1	1	0,93	0,99
11. Bostäder	115	191	1	1	0,93	0,99
12. Bostäder	782	1303	1	1	0,93	0,99
13. Handel (livsmedel)	58	0	1	-	0,70	-
14. Drivmedelstation	20	2	1	1	0,50	0

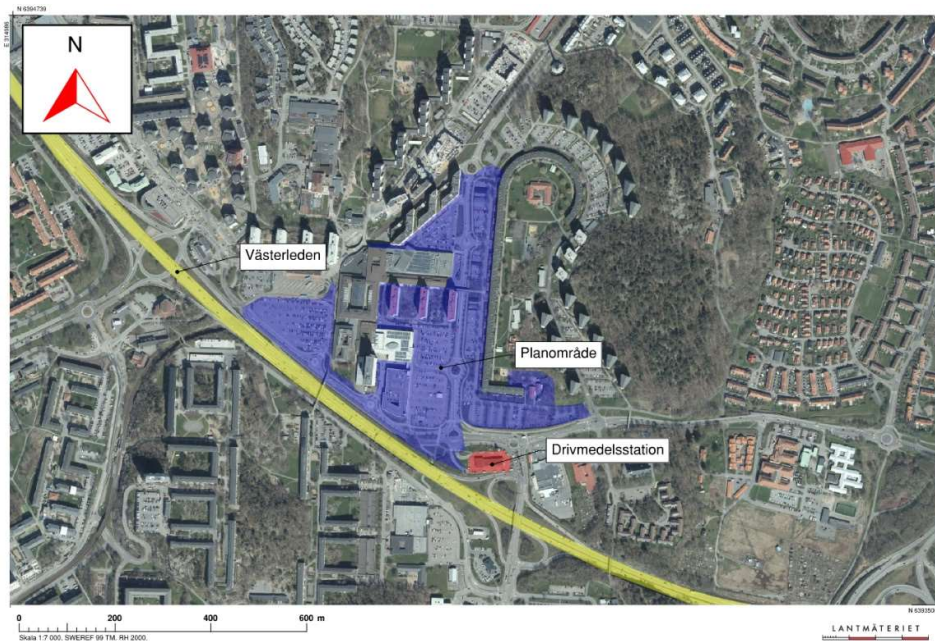
Tabell 4-2. Antagen persontäthet för befolkningspolygoner för tillkommande bebyggelse inom studerat område. Tabellen är uppdelad i verksamheter i östra och västra planområdet. I västra planområdet redovisas respektive verksamhet i område A, B och C.

Befolkningspolygon	Person-belastning (dag natt)		Nyttjandegrad (andel av året) (dag natt)		Fraktion inomhus (dag natt)	
<b>Östra planområdet</b>						
Kv. 1	167	279	1	1	0,93	0,99
Kv. 2	95	158	1	1	0,93	0,99
Kv. 3	190	316	1	1	0,93	0,99
Kv. 4	164	273	1	1	0,93	0,99
Kv. 5	281	486	1	1	0,93	0,99
Förskola (gamla Närhälsan)	120	0	0,62	-	0,90	-
<b>Västra planområdet</b>						
<b>Område A</b>						
Lamellhus A	34	57	1	1	0,93	0,99
Lamellhus B	43	72	1	-	0,93	-
<b>Område B</b>						
Kv. 5 Norra delen (bostäder)	244	407	1	1	0,93	0,99
Kv. 5 Norra delen (handel)	120	0	0,70	-	0,93	-
Kv. 7 Norr (bostäder)	77	129	1	1	0,93	0,99
Kv. 7 Norr (handel)	17	0	0,70	-	0,93	-
Kv. 7 Söder (bostäder)	197	329	1	1	0,93	0,99
Kv. 7 Söder (handel)	11	0	0,70	-	0,93	-
Vindsvåningar Poseidon Bostadshus 1	10	17	1	1	0,93	0,99
Vindsvåningar Poseidon Bostadshus 2	10	17	1	1	0,93	0,99
Vindsvåningar Poseidon Bostadshus 3	10	17	1	1	0,93	0,99
Länken (bostäder)	40	66	1	1	0,93	0,99
Länken (handel)	405	0	0,70	-	0,93	-
Länken (förskola)	80	0	0,62	-	0,90	-
<b>Område C</b>						
Kontorsskrapa	786	0	0,62	-	0,93	-
Kv. 4 (kontor)	138	0	0,62	-	0,93	-
Kv. 4 (bostäder)	288	480	1	1	0,93	0,99
Kv. 4 (handel)	2	0	0,7	-	0,93	-



## 5 Riskobjekt

De identifierade riskobjekten som analyserats vidare är Västerleden och en drivmedelstation inom 150 m från plangränsen. Riskobjekten och deras placering i förhållande till planområdet syns i Figur 5-1. Avstånd mellan Västerleden och placering av ny bebyggelse är ca 30 m. Mellan drivmedelstation och placering av ny bebyggelse är avståndet ca 50 m.



Figur 5-1. De identifierade riskobjekten i förhållande till detaljplanen som syn i blå markering. Västerleden syns i gulmarkering och drivmedelstationen är markerad i rött. Bildkälla: Lantmäteriet.

### 5.1 Riskobjekt: Drivmedelstation

En av de mest riskfyllda situationerna kring drivmedelsstationer involverar lastning/lossning av drivmedel då en förhöjd brand- och explosionsrisk föreligger. Det är dock mycket ovanligt att olyckor som involverar brand och explosioner inträffar vid drivmedelsstationer. En av de vanligaste olyckshändelserna som uppkommer vid drivmedelsstationer är istället olika former av spill. Spill av brandfarliga vätskor kan ske från pumpmunstyckena som kunderna använder. Dessa kan leda till utsläpp vid lossning på grund av exempelvis otäta kopplingar, slangbrott, överfyllning m.m. och då bilda en pöl varifrån förångning kan ske. Relativt vanligt förekommande är att kunder glömmet handtaget från terminalen kvar i bilen och kör iväg vilket leder till spill inom området. Det finns risk för att ångorna antänds i kontakt med tändkällor såsom heta ytor, statisk elektricitet eller öppna lågor. Eftersom ångorna är tyngre än luft sker en ansamling i lågpunkter i utsläppets omgivning.

Mellan drivmedelstation och placering av ny bebyggelse är avståndet som minst ca 50 m.

## 5.2 Riskobjekt: Västerleden

Västerleden är benämningen av den del av Göteborgs ringled som stäcker sig mellan Järnbrottet och Älvsborgsbron. Leden är utmärkt som primär led för transport av farligt gods. Transporter går främst till verksamheter på andra sidan Göta älv. Hastighetsbegränsningen är 70 km/h på aktuell sträcka förbi planområdet. Avstånd mellan Västerleden och placering av ny bebyggelse är som minst ca 30 m.

### 5.2.1 Trafikuppgifter vägtransporter

Enligt uppmätningar av Trafikverket på NVDB [13] är den totala trafikmängden per årsmedeldygn (ÅDT) längs aktuell sträcka sammanlagt 60 183 fordon (år 2018). Siffran räknas upp till 77 025 fordon år 2040 enligt Trafikverkets tillväxttal för last- respektive personbil i Västra Götaland. Då tillväxtskvoten enbart redovisas mellan år 2017-2040 har kvoterna interpolerats för att motsvara åren 2018-2040. Detta innebär att för personbilstrafik har tillväxttal 1,26 använts och för lastbil används 1,45 [14]. Andelen tung trafik vid mätpunkten år 2018 var 8,2 % och andelen antas vara densamma vid prognosåret. Andelen farligt gods antas vara 4 % i beräkningarna för att ta ytterligare konservativ höjd, se vidare avsnitt 5.2.2.

Trafiksiffrorna för Västerleden förbi planområdet redovisas i Tabell 5-1. Trafiksiffrorna gäller sammanlagt för båda riktningar. De fetstilta värdena i tabellerna används vid frekvensberäkning.

Tabell 5-1. Västerleden – ÅDT total, tung trafik och farligt gods transporter för år 2014 och 2040.

År	ÅDT – total	ÅDT – tung trafik	ÅDT – farligt gods
2018	60183	4955	198
<b>2040</b>	<b>77025</b>	<b>7183</b>	<b>287</b>

Frekvensen för olycka med farligt gods längs vägen förbi området beräknas sedan enligt metod som beskrivs i beräkningsbilagan till en grundfrekvens av  $1,65 \cdot 10^{-1}$  per år, vilket motsvarar en sådan olycka ungefär var 6:e år.

### 5.2.2 Fördelning av farligt gods vägtransporter

Farligt gods på väg och järnväg delas in i nio olika klasser (ADR) beroende av art och vilken risk ämnet förknippas med. Eftersom klasserna utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering delas transporterna in i dessa klasser även i denna rapport. Exempel på skyltning för några ADR-klasser visas i Figur 5-2.



Figur 5-2: Exempel på skyltning för några ADR-klasser: 2.1 Brandfarlig gas, 1 Explosiva ämnen, 2.3 Giftig gas, 3 Brandfarlig vätska, 5.1 Oxiderande ämnen.

Som underlag för att bedöma transporterade mängder och dess fördelning för det aktuella vägnittet har lokal samt nationell statistik för trafik avseende farligt gods.

Länsstyrelsen har låtit ta fram lokal mätning avseende farligt godstransporter för Västerleden [15]. Studien genomfördes hösten 2014 vid Gnistångstunneln i Göteborg, ungefär 3 km nordväst om planområdet längs Västerleden, under ca två månaders tid. Syftet med studien var att testa detektering av transporter av farligt gods på väg genom observation av fordonens ADR-skyltar med hjälp av kamerateknik. Detekteringen gjordes för höger körfält i södergående riktning, söder om tunneln. Kamerorna monterades i mitten av september på den portal som sträcker sig över körbanorna. Resultatet från studien redovisas i Tabell 5-2.

Tabell 5-2. Sammanställning av antalet unika ADR-skyltar från kontrollperioden (2 månader). Notera att detekteringen enbart är gjord i en riktning (södergående).

ADR-klass	ADR-skylt	Benämning	Antal	Fördelning
2.1	23-1965	Kolvätgasblandning, kondenserad	13	3,3%
2.2	22-2187	Koldioxid, kyld, flytande	2	
	22-1977	Kväve, kyld flytande	1	
3	33-1203	Bensin	172	61,0%
3	33-1202	Etanol och bensinblandning	19	
3	30-1863	Flygfotogen för turbinmotor	16	
3	336-1230	Metanol	2	
3	33-1993	Brandfarlig vätska, N.O.S (ångtryck vid 50°C över 110kPa)	3	
3	30-3295	Kolväten, flytande	2	
3	33-1202	Dieselbränsle eller dieselloja	1	
4.1	44-2448	Svavel smält	1	
4.1	40-3175	Batteridrivna utrustning	1	
4.2	333-3254	Tributylfosfan	1	0,2%
6.1	60-2078	Toulendiisocynat	1	0,2%
8	80-1824	Natriumhydroxidlösning (Natronlut)	9	2,7%
8	83-1715	Ättiksyraanhydrid	1	
8	80-3267	Frätande, basisk organisk vätska N.O.S	1	
8	80-3264	Frätande, sur organisk vätska N.O.S	1	
8	80-1789	Klorvätesyra (saltsyra)	1	
9	99-3257	Vätska förhöjd temperatur N.O.S	20	32,2%
9	90-3082	Miljöfarligt ämne flytande	10	
9	00-0000	Endast frontskylt blank	66	
9	00-0000	Blanka frontskyltar i kombination med sidoskyt	59	
Totalt			402	

För att uppskatta godsmängd samt fördelning av farligt gods på väg har kartläggningen av Räddningsverket [16] använts. Statistiska centralbyrån fick på uppdrag av Räddningsverket genomföra en kartläggning av farligt gods transporter i Sverige under september månad 2006. Den procentuella fördelningen av farligt godsklasser på nationell nivå enligt Räddningsverkets kartläggning redovisas i Tabell 5-3.

Tabell 5-3. Transporterad mängd på väg fördelad efter klass baserat på kartläggning från Räddningsverket [16].

Klass	Typ av farligt gods	Andel i procent
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	0,1%
Klass 2.1	Brandfarliga gaser	1,8%
Klass 2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser	5,9%
Klass 2.3	Giftiga gaser	0,0%
Klass 3	Brandfarliga vätskor	69,6%
Klass 4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0,3%
Klass 4.2	Självantändande ämnen	0,0%
Klass 4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	0,1%
Klass 5.1	Oxiderande ämnen	0,6%
Klass 5.2	Organiska peroxider	0,0%
Klass 6.1	Giftiga ämnen	0,1%
Klass 6.2	Smittsamma ämnen	0,1%
Klass 7	Radioaktiva ämnen	0,0%
Klass 8	Frätande ämnen	12,5%
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	8,9%
Totalt		100,0 %

För att uppskatta en fördelning för farligt gods transporter på Västerleden har Räddningsverkets nationella kartläggning använts som grund och sedan har fördelningen viktats med Länsstyrelsens lokala kartläggning. Detta i syfte att anpassa fördelningen till omgivningspecifika förutsättning (t.ex. att vissa ämnen är mer vanligt förekommande på Västerleden än nationellt). Viktning har genomförts genom att jämföra värdena från de båda kartläggningar och välja det högsta värdet. De ämnesklasser som viktats upp är enbart de som påverkar den beräknade risknivån, alltså de ämnesklasser som bidrar till olycksscenarioer som analyseras vidare i riskanalysen, dessa presenteras i avsnitt 5.4. Till förmån för dessa ämnesklasser viktas ämnesklasser som inte har påverkan på risknivån därför ned eller lämnas oberörd, på detta sätt blir fördelningen mer konservativ.

Den för aktuell utredning valda fördelning av farligt gods presenteras i Tabell 5-4.

Tabell 5-4. Använd fördelning i beräkningarna.

Klass	Typ av farligt gods	Andel i procent
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	0,1%
Klass 2.1	Brandfarliga gaser	1,8%
Klass 2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser	5,8%
Klass 2.3	Giftiga gaser	0,1%
Klass 3	Brandfarliga vätskor	69,6%
Klass 4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0,1%
Klass 4.2	Självantändande ämnen	0,1%
Klass 4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	0,1%
Klass 5.1	Oxiderande ämnen	2,6%
Klass 5.2	Organiska peroxider	1,0%
Klass 6.1	Giftiga ämnen	0,1%
Klass 6.2	Smittsamma ämnen	0,1%
Klass 7	Radioaktiva ämnen	0,0%
Klass 8	Frätande ämnen	9,9%
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	8,6%
	Totalt	100,0 %

### 5.3 Olycksscenario vid transport farligt gods

I detta avsnitt presenteras vilka olycksscenario som kan förväntas vid olycka med farligt gods.

#### Explosiva ämnen (klass 1)

Inom kategorin explosiva ämnen/varor är det primärt underklass 1.1 som utgörs av massexplosiva ämnen som har ett skadeområde på människor större än ett 10-tal m, upp till 200 m. Exempel på sådana varor är sprängämnen, krut mm. Risken för explosion föreligger vid en brand i närheten av dessa varor samt vid en kraftfull sammanstötning där varorna kastas omkull. Skadorna vid en explosion härrör dels från direkta tryckskador men även värmestrålning samt indirekta skador som följd av sammanstörtade byggnader är troliga. Skadorna vid påverkan på varor av klass 1.2 till 1.6 ger inte samma effekt utan rör sig mer om splitter eller dyl. som flyger iväg från olycksplatsen [17].

*Bedömning:* Givet att regelverket kring transport av explosiva ämnen är mycket strikt, bedöms sannolikheten för explosion med explosiva ämnen som mycket låg, men inkluderas ändå i beräkningarna.

**Brandfarlig gas (klass 2.1)**

Klass 2 (gaser) kan transporteras i olika fysikaliska former enligt nedan: [18]

- Komprimerad (lagrad under tryck så att den är fullständig gasformig vid -50°C)
- Kondenserad (lagrad under tryck så att minst hälften av ämnet är flytande vid temperaturer över -50°C)
- Kylta och kondenserad (delvis flytande vid transport på grund av sin låga temperatur)
- Löst (i vätskefas i ett lösningsmedel)

Ibland kan samma ämne transporteras i olika fysikaliska former beroende på transportkärl och mängd.

Brandfarliga gaser är sådana gaser som vid rumstemperatur (20°C) och normalt lufttryck (101,3 kPa) kan antändas i en luftblandning med högst 13 volymprocent eller har ett brännbarhetsområde i luft om minst 12 procentenheter (oberoende av den undre brännbarhetsgränsen. [18]

Gasol (propan) är det vanligaste exemplet på en brandfarlig gas. Gasol transporteras oftast såsom kondenserad gas. En olycka som leder till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

- Jetbrand
- Gasmolnsbrand/explosion
- BLEVE

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken [19].

Gasmolnsbrand/explosion

Om gasen vid ovanstående scenario inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Antändning av det brännbara gasmolnet kan leda till två principiellt olika förlopp, gasmolnsbrand respektive gasmolnsexplosion. Gasmolnsbrand är det vanligaste utfallet och kännetecknas av en lägre förbränningshastighet som ej genererar en tryckvåg. En gasmolnsbrand kan medföra skador på människa och egendom till följd av, i första hand, värmestrålning [19].

Vid en gasmolnsexplosion är förbränningshastigheten högre och en tryckvåg genereras. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration, d.v.s. flamfronten rör sig betydligt långsammare än ljudets hastighet och har en svagare tryckvåg än detonation. För att en gasmolnsexplosion ska kunna uppstå krävs rätt blandningsförhållande mellan den brännbara gasen och luft och, i de flesta fall, att antändning sker i en miljö med många hinder, eller i ett delvis slutet utrymme, som resulterar i en mer turbulent förbränning. Fria gasmolnsexplosioner är ovanliga. En gasmolnsexplosion kan medföra skador på människa och egendom direkt till följd av tryckvågen och/eller indirekta skador av tryckvågen som exempelvis fallande objekt eller fönstersplitter.

### BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) är en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska.

*Bedömning:* Brandfarlig gas transporteras förbi planområdet, och om en olycka skulle ske är det troligt att detta leder till konsekvenser i planområdet. Jetbrand, gasmolnsexplosion, gasmolnsbrand och BLEVE bedöms kunna inträffa, och undersöks i den kvantitativa analysen.

### **Giftig gas (klass 2.3)**

Läckage av giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas driver mot planområdet och kan orsaka allvarliga skador eller dödsfall. Spridningen är beroende av vindriktning och vindstyrka och kan påverka områden hundratals meter från källan. De två gaser som vanligtvis brukar involveras i riskutredningar är ammoniak och klorgas.

### Ammoniak

Ammoniak är vid rumstemperatur lättare än luft. Dock hanteras gasen oftast tryckkondenserad och blir mycket kall (-33 °C) vid ett utsläpp. Kylan ger den utsläppta gasen tyngd varför spridning av gasen sker längs marken. Vattenfri ammoniak transporteras tryckkondenserad och kan ha ett riskområde på hundra meter upp till många kilometer beroende på mängden gas. Gasen är giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Ammoniak har ett AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, livsfarlig effekt för känsliga individer) på 2700 ppm under 10 minuter exponering [20]. Motsvarande koncentration LC50 har i studier funnits vara mellan ungefär 5000-10000 ppm för mycket kort exponering [21]. I riskberäkningarna används därför också 5000 ppm LC50 som gränsvärde för effekt.

### Klor

Klor utgör den giftigaste gasen som här ges som exempel på gaser som kan drabba skyddsområdet. Den kan sprida sig långt likt ammoniak. Klor har ett AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, dödlig effekt för känsliga individer) på 50 ppm under 10 minuter exponering. Samma effekt (död, känsliga individer) har också angivits till 173 ppm LC50 [22].

*Bedömning:* En olycka med kondenserad giftig gas kan ha konsekvenser in i planområdet, varför ovan nämnda olycksscenarioer undersöks vidare. Både ammoniak och klorgas undersöks vidare.

### **Brandfarlig vätska (klass 3)**

Om brandfarlig vätska läcker och antänds innan den har avdunstat uppstår en pölbrand. Människor kan påverkas av en sådan på flera sätt: strålning direkt på kroppen, strålning som orsakar brand i byggnad där människor befinner sig och inandning av giftiga brandgaser.

*Bedömning:* Brandfarlig vätska transporteras förbi planområdet, och en sådan olycka kan ha konsekvenser som sträcker sig in på fastigheten, varför klassen undersöks vidare.

#### **Brandfarligt fasta ämnen, självreaktiva ämnen och okänsliggjorda explosivämnen (klass 4)**

Exemplen på ämnen inom klass fyra är metallpulver (t.ex. kisel-, magnesium- och aluminiumpulver), tändstickor, aktivt kol och fiskmjöl. Konsekvenserna av en olycka med dessa ämnen är brand med påföljande strålning och giftig rök.

Eftersom dessa ämnen transporteras i fast form sker ingen eller endast mycket begränsad spridning i samband med en olycka. För att t.ex. brandfarliga fasta ämnen (ferrokisel, vit fosfor m.fl.) ska leda till brandrisk krävs att det t.ex. att de vid olyckstillfället kommer i kontakt med vatten varvid brandfarlig gas kan bildas. Mängden brandfarlig gas som bildas står i proportion till mängden tillgängligt vatten.

*Bedömning:* Eftersom konsekvenserna vid en olycka med klass 4 begränsas till närområdet på olycksplatsen och strålningsnivåerna endast är farliga för människor i den absoluta närheten av branden, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera risken i samband med olyckor med dessa typer av farligt gods.

#### **Oxiderande ämne (klass 5)**

Klass fem består av underklasserna 5.1 Oxiderande ämnen och 5.2 Organiska peroxider.

Flertalet oxiderande ämnen (väteperoxid, natriumklorat m.fl.) kan vid kontakt med vissa organiska ämnen (t.ex. diesel) genomgå en exoterm reaktion och orsaka en häftig explosiv brand. Vid kontakt med vissa metaller kan de sönderdelas snabbt och frigöra stora mängder syre som kan underhålla en eventuell brand. Det finns även risk för kraftiga explosioner där människor kan komma till skada. Syrgas kan förvärra en brand i organiskt material och ska därför hållas åtskilt från sådana material.

Organiska peroxider innehåller förutom oxidationsmedel även ett bränsle, vilket adderar ett extra riskelement till denna delklass. Ämnena kan reagera med flertalet metaller, syror, baser och andra kemiska föreningar.

Det finns också vissa organiska peroxider som kräver att en så kallad kontrolltemperatur ska verkställas under transporten. Den så kallade kontrolltemperaturen är ca 10-20 grader under ämnets självaccelererade sönderfallstemperatur SADT (Self-Accelerating Decomposition Temperature). Transport av dessa organiska peroxider måste därför ske under kylda förhållanden, i form av kylcontainrar eller av kylbilar där kylningen ska fungera oberoende av lastbilens motor. Vid överstigande av SADT kan ett sönderfall av ämnet ske med en sådan energi att sönderfallsförloppet blir som en kedjereaktion i meningen att den frigjorda energin underhåller sig själv. Kraftiga och svårstoppade brand- och explosionsförlopp kan då bli följden. För dessa ämnen finns därför också en så kallad nödtemperatur på ca 5-10 grader under SADT som innebär att nödåtgärder då måste sättas in under transporten. [23] & [24] & [25] & [26]

*Bedömning:* För att en olycka med oxiderande ämnen ska inträffa krävs att en serie av händelser ska inträffa vilket medför att sannolikheten bedöms vara mycket låg, men inkluderas ändå i beräkningarna.

#### **Giftiga och smittbärande ämnen (klass 6)**

Arsenik, bly, kadmium, sjukhusavfall etc. är exempel på dessa ämnen. För att människor



ska utsättas för risk i samband med dessa ämnen krävs att man kommer i fysisk kontakt med dem eller genom förtäring. Ämnena skulle kunna förgifta och göra en vattentäkt otjänlig.

*Bedömning:* Identifierade olycksscenario bedöms inte vara relevanta för aktuellt planområde, varför det inte är motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp här.

#### **Radioaktiva ämnen (klass 7)**

Ämnen som räknas till klass sju kan vara medicinska preparat, mätinstrument, pacemakers och kärnavfall. Konsekvenserna är oftast väldigt begränsade till närområdet, men om stora mängder transporteras, t.ex. kärnavfall, kan konsekvenserna bli större.

*Bedömning:* Mängden radioaktiva ämnen som transporteras i Sverige är minimalt och transportererna är behäftade med stor säkerhet och ett antal försiktighetsåtgärder. Det bedöms därför inte som motiverat att ytterligare analysera denna kategori.

#### **Frätande ämne (klass 8)**

Olyckan med läckage av frätande ämnen (saltsyra, svavelsyra m.fl.) ger endast påverkan lokalt vid olycksplatsen då skador endast uppkommer om individer får ämnet på huden.

*Bedömning:* Eftersom konsekvenserna begränsas till närområdet precis kring olyckan, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera denna kategori.

#### **Övriga farliga ämnen och föremål (klass 9)**

Transporter med farligt gods inom denna kategori utgörs av exempelvis magnetiska material, batterier, fordon eller asbest. Konsekvenserna bedöms inte bli sådana att individer inom planområdet påverkas, eftersom en spridning inte förväntas.

*Bedömning:* Det bedöms inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp eftersom konsekvenserna avgränsas till närområdet precis kring olyckan.

## 5.4 Sammanfattning olycksscenario

Enligt riskidentifieringen bedöms att följande olycksscenario på Västerleden bör beaktas i riskanalysen.

- Olycka med explosiva ämnen på Västerleden
- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/explosion och BLEVE på Västerleden
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klorgas på Västerleden.
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand på Västerleden.
- Olycka med oxiderande ämnen: explosion och brand på Västerleden.

I beräkningsbilaga redogörs för frekvens- och konsekvensberäkningar för ovanstående scenarion.

## 6 Riskanalys

I detta avsnitt presenteras de resultat som erhållits vid riskanalysen, och jämförs med aktuella riskkriterier.

I resultatavsnittet utreds ett scenario som representerar fullt vidtagen detaljplan och planerad bebyggelse för prognosår 2040.

### 6.1 Individrisk

För individrisk föreslås följande kriterier [6]:

**Acceptabel risk <  $10^{-7}$  per år < Lägre ALARP <  $10^{-6}$  < Högre ALARP <  $10^{-5}$  per år < Oacceptabel risk**

Då avstånden till acceptabel risk är beroende av vind- och väderparametrar skiljer sig avståndsangivelser mellan olika sidor av ett riskobjekt. Konsekvent kommer avstånd mot planområdet från respektive riskobjekt att presenteras. En summering över individriskresultat görs med Tabell 6-1 och Figur 6-1.

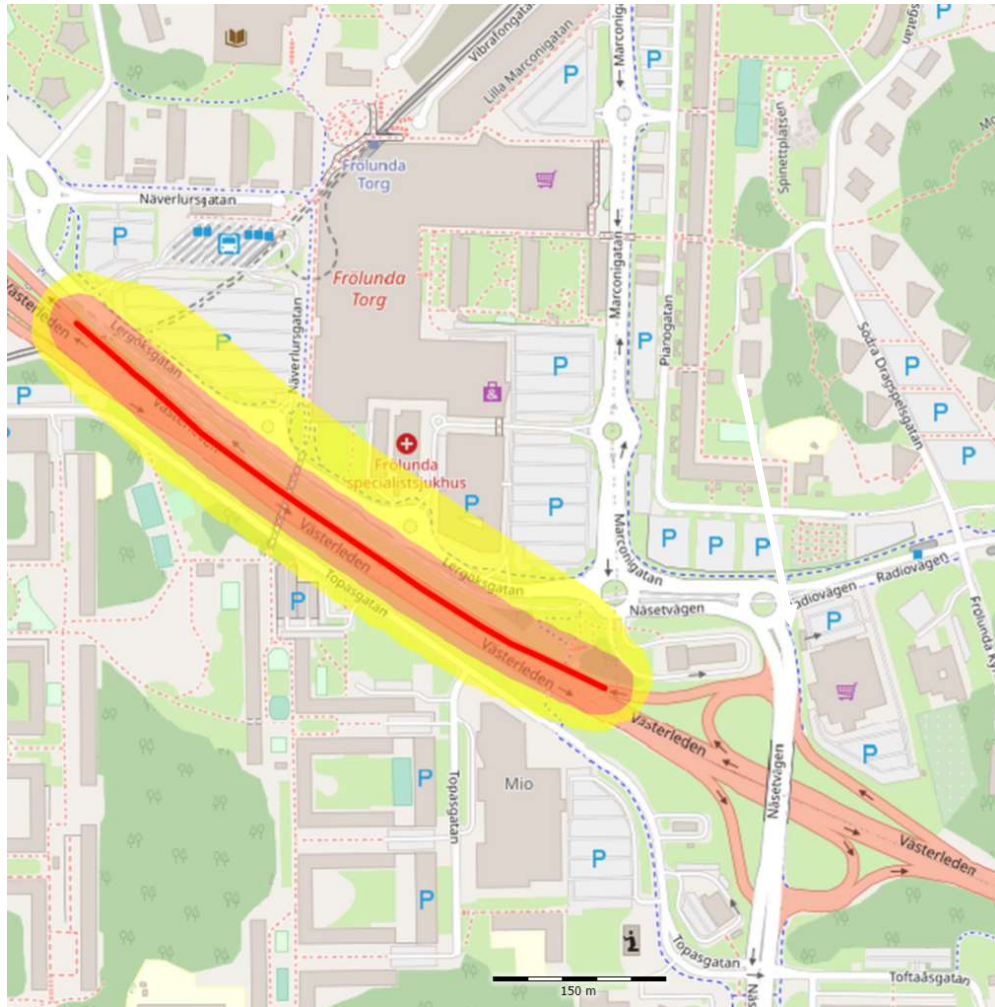
Nedan presenteras avstånd som gäller från Västerleden mot planområdet.

- På avstånd upp till **30 m** från Västerleden är individrisknivån inom högre ALARP-området (över  $10^{-6}$  per år, se orange kurva i Figur 6-1) där kraven på säkerhetshöjande åtgärder generellt sett är höga.
- Området mellan **30 – 75 m** från Västerleden ligger inom ALARP-nivån där byggnation skulle kunna medges om säkerhetshöjande åtgärder vidtas.
- På avstånd längre än **75 m** från Västerleden är individrisknivån lägre än  $10^{-7}$  per år vilket medför en acceptabel individrisknivå.

I Tabell 6-1 och Figur 6-1 sammanfattas erhållna individriskavstånd.

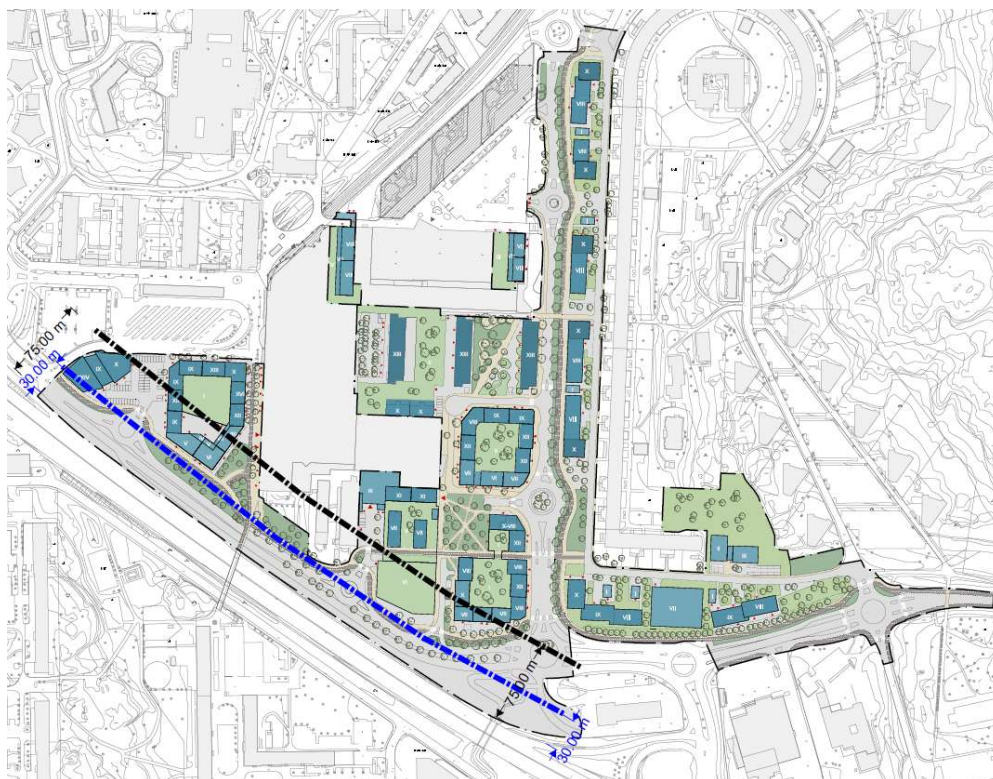
Tabell 6-1. Sammanfattning av individriskavstånd.

Riskobjekt	Oacceptabel risk ( $10^{-5}$ ) inom följande avstånd	Högre ALARP ( $10^{-6}$ ) inom följande avstånd	Lägre ALARP ( $10^{-6}$ ) inom följande avstånd	Acceptabel risk ( $10^{-7}$ ) bortom följande avstånd
Väg	-	0-30 m	30-75 m	Från 75 m



Figur 6-1. Individriskkonturer längs riskobjekten som är markerad med rödlinje. Blå markering visar ungefärliga planområdesgränser. Orangemarkerat fält visar individriskkontur där risken är över  $10^{-6}$  per år. Gult fält markerar individriskkontur för över  $10^{-7}$  per år, dvs området där säkerhetshöjande åtgärder bör vidtas för detaljplanen. Bortom gulmarkerat område är individrisken acceptabel.

Figur 6-2 visar aktuella avstånd mot planområdet utifrån resultaten avseende individrisk på en plankarta som även visar planerad utformning av planområdet. Avstånd gäller från väggkant tillhörande Västerleden eller avfart/påfart till Västerleden där detta är aktuellt.



Figur 6-2. Aktuella avstånd utifrån resultat avseende individrisk på plankarta med planerad utformning av planområdet. Blå markering avser avståndet 30 m och svart markering avser avståndet 75 m.

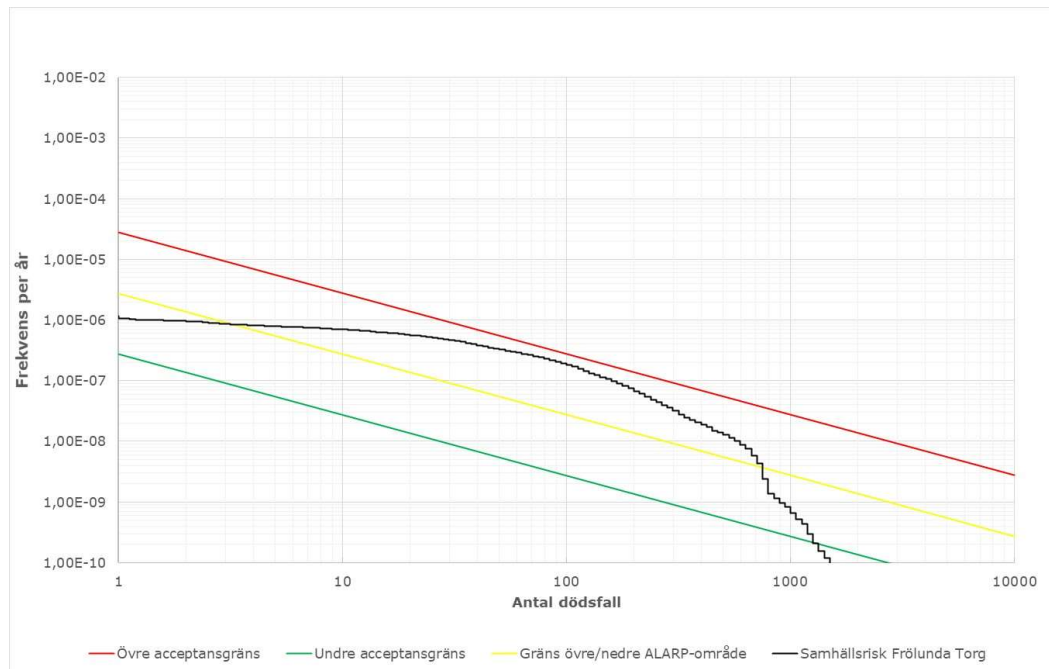
## 6.2 Samhällsrisk

Samhällsriskberäkningarna visar på att samhällsrisknivån hamnar inom undre ALARP-området för skadehändelser som medför antingen mindre än 4 omkomna eller över 750 omkomna. Vidare hamnar samhällsrisknivån inom övre ALARP-området för skadehändelser som medför fler än 4 omkomna men mindre än 750 omkomna. Eftersom samhällsrisknivån hamnar inom ALARP-området betyder detta att rimliga säkerhetsförbättrande åtgärder bör vidtas ur ett samhällsriskperspektiv. Samhällsriskberäkningarna redovisas i Figur 6-3.

Genom att, för samtliga olycksscenarioer summera produkten av konsekvens och frekvens beräknas respektive scenarios andel av den totala riskbilden. Efter sammanvägningen syns att brandfarlig gas och oxiderande ämnen tillsammans utgör cirka 80 % av samhällsrisknivån för undersökt område, varför säkerhetsförbättrande åtgärder mot dessa skadehändelser därför ska prioriteras. I övrigt utgör giftig gas ungefär 18 % och explosion 2 % av samhällsrisknivån. Att ha i beaktning är att slutfrekvens för brand- och explosionsscenarioer med oxiderande ämnen har adderats till slutfrekvenser för brandfarlig vätska och explosiva ämnen.

Vissa befolkningspolygoner ger större bidrag till samhällsrisknivån på området. De områden längs sträckan som bidrar mest till samhällsrisknivån är även där säkerhetsförbättrande åtgärder har störst effekt. Bidraget är starkt beroende av personbelastning och avstånd till

riskobjekt. De områdena är det planerade kontorshuset och bebyggelse inom Kvarter 4 på västra planområdet samt Frölunda sjukhus och delar av det befintliga köpcentrumet.



Figur 6-3. Kurva över samhällsrisknivån för undersökt område. Samhällsrisknivån för Frölunda Torg är inom övre ALARP-område utvecklingsalternativ upp till ca 750 omkomna och inom nedre ALARP-område vid mindre än 4 eller över 750 omkomna. ALARP-området är området mellan den röda och den gröna linjen. Den gula linjen visar mitten av ALARP-området. Området mellan den röda och den gula linjen omnämns i denna rapport som "övre ALARP" medan området mellan den gröna och den gula linjen omnämns som "undre ALARP".

### 6.3 Kvalitativ analys drivmedelsstation

I en drivmedelsstation som hanterar brandfarlig vätska kan orsaka flertalet olika olycksscenarioer.

- Utsläpp med pölbrand till följd av påfyllning av cisterner med brandfarlig vätska.
- Utsläpp med pölbrand till följd av transport med farligt gods.
- Utsläpp med pölbrand till följd av läckage vid tankning.
- Avdunstning av brandfarliga ångor från pöl med antändning av gasmoln som följd.
- Explosion efter bildning av brännbar gasblandning i tank.
- Explosion till följd av läckage av gasol med efterföljande antändning av gasmolnet.

För att hantera dessa risker finns vid utformning av drivmedelsstationer olika barriärer, vilka kan vara både tekniska lösningar som ska förhindra misstag och mildra effekter av fallerande system och på så sätt minska sannolikheten för olycka, men även åtgärder som syftar till att reducera konsekvenser av en olycka, t.ex. skyddsavstånd. Regler som beskriver hur en drivmedelsstation ska utformas sammanfattas i MSB:s skrift *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* [27].

Aktuell drivmedelsstation förutsätts utan djupare analys uppfölja de riktlinjer som gäller för drivmedelsstationer enligt vad som anges i ovan nämnda skrift.

Dock medför kraven för omgivande bebyggelse att förändringar i planområdet medger att gällande krav kring avstånd upprätthålls i alla skeden av områdets utveckling. Enligt MBS:s skrift ska 25 m hållas mellan plats där människor vanligtvis vistas (exempelvis bostad, kontor, gatukök, butik, servering, busshållplats med mera) och påfyllningsanslutning till cistern. Avstånden skiljer mellan avstånd till påfyllningsanslutning, mätarskåp, pejlförskruvning och cisternavlufning men längsta avstånd som anges för drivmedel med högsta flampunkt 30 °C är ovan nämnda 25 m.

Ur både risk-, miljö- och hälsoskyddssynpunkt bör ett minimiavstånd på 50 m alltid hållas från drivmedelstation till bostäder, daghem, ålderdomshem och sjukhus samt samlingsplatser utomhus där oskyddade människor uppehåller sig (till exempel uteservering, lekplats med mera).

I den tidigare riskutredningen från 2018 [1] har COWI bedömt att en pölbrand på 50 m<sup>2</sup> respektive 200 m<sup>2</sup> är relevant att studera med avseende på planering av bebyggelse i förhållande till drivmedelstation. Baserat på beräkningar av strålningseffekter vid en pölbrand på 50 m<sup>2</sup> bedöms att ett minimiavstånd på 25 m (från pölbrandens centrum) ge en acceptabel säkerhet för byggnaderna i sig och för människor som vistas i dessa. För en pölbrand på 200 m<sup>2</sup> bedöms ett minimiavstånd på 40 m (från pölbrandens centrum) ge en acceptabel säkerhet. Dessa avstånd bedöms även vara relevanta för aktuell riskutredning.

I aktuell riskutredning är planerad ny bebyggelse placerat ca 50 m från närmsta drivmedelsstation (mätt till påfyllningsanläggning).

Observera att om andra drivmedel än bensin, diesel och etanol hanteras, är andra regler och skyddsavstånd aktuella. Om fordonsgas hanteras ökar skyddsavstånden.

Observera att det i handboken för fler byggnader eller markanvändning är reglerat fler avstånd än de som presenteras ovan, så som stationsbyggnader, förrådsbyggnader med hög brandbelastning och miljöstationer.

Det bedöms inte som troligt att en explosion i en av tankarna skulle kunna påverka planområdet, främst då dessa tankar är belägna under mark. Pölbrand till följd av olika typer av hantering av drivmedel bedöms dock kunna påverka planområdet.

## 7 Kvalitativ osäkerhets- och känslighetsanalys

I känslighetsanalysen beskrivs hur känsligt analysresultatet är för antaganden/indata på vissa särskilt viktiga parametrar. I osäkerhetsanalysen beskrivs osäkerheterna i indataparametrar och hur detta har hanterats i analysen.

### 7.1 Känslighetsanalys

Syftet med känslighetsanalysen är att visa hur känsligt resultatet är för variationer i indata. Variationer studeras här avseende följande parametrar:

- Antal transporter
- Sannolikhet för olyckor
- Persontäthet
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Utifrån använda modeller kan det konstateras ett linjärt samband mellan resultatet och förändringar i såväl antalet transporter som sannolikhet för olyckor. Detta innebär att en procentuell förändring av dessa parametrar ger motsvarande variation av resultatet. Exempelvis medför en ökning av antalet transporter av farligt gods med 10 % att olycksfrekvensen ökar med 10 %.

Genom att beräkna frekvensen för olycka med farligt gods med en annan metod kan olycksfrekvensen i VTI-modellen jämföras. En sådan metod har föreslagits av Länsstyrelsen i Halland [28]. Metoden utgår från antalet olyckor där fordon som skyltats med "farligt gods" som inrapporterats till MSB under ett år i hela landet. De inrapporterade olyckorna innebär inte att det farliga godset har släppts ut, utan endast att ett fordon som transporterar farligt gods har medverkat i en olycka. En osäkerhet i inrapporteringen är att det kan finnas ett mörkertal, dvs. alla olyckor rapporteras inte in så att risknivån underskattas. Dock bedöms det som mycket osannolikt att allvarliga olyckor inte finns inrapporterade i underlaget. Förutom att metoden är känslig avseende inrapporterade olyckor tar den ingen hänsyn till vägtyp, hastighetsbegränsning och andra faktorer med påverkan på trafiksäkerheten på den sträcka som studerats. Olycksfrekvensen bygger på ett riksnitt oberoende av allt detta, endast med hänsyn till total körsträcka för tunga fordon i Sverige.

I den riktlinje där metoden beskrivs (från år 2011, som bygger på äldre statistik) rekommenderas att  $4,00 \cdot 10^{-7}$  olyckor/farligt gods lastbilskm och år ska användas [28]. Denna siffra bygger dock inte på den senaste tillgängliga olycksstatistiken för Sverige (se Tabell 7-1) och det är inte helt klart hur man kommit fram till denna siffra utifrån de andra uppgifter som anges i riktlinjen. En justering kommer därför att ske med de senaste årens statistik över inrapporterade trafikolyckor på väg där farligt gods medverkat.

Inrapporterade olyckor där farligt gods varit inblandat i Sverige redovisas i Tabell 7-1.

Tabell 7-1. Inrapporterade olyckor med farligt gods under transport på det svenska vägnätet 2007-2019 [29].

År (20-)	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Antal rapporterade olyckor med farligt gods under transport på väg	19	16	15	16	14	13	18	6	12	7	8	6	11

Genomsnittet för ovanstående period är således 12 olyckor per år. Total körsträcka för tunga fordon år 2019 var  $3,12 \cdot 10^9$  fordonkm per år i hela landet [30] och i snitt utgör farligt gods ca 4% av den totala tunga trafiken, se avsnitt 5.2.2. Antal olyckor per körd kilometer och år med farligt gods kan då beräknas till  $9,62 \cdot 10^{-8}$ , vilket kan jämföras med motsvarande siffra i riktlinjen som är  $4,00 \cdot 10^{-7}$  olyckor/farligt gods lastbilskm och år.

Enligt de transportberäkningar som genomförts körs ungefär 104 755 transporter med farligt gods per år på studerad sträcka för prognosåret 2040. Frekvensen för olycka med farligt gods på en ca 1 kilometer lång sträcka blir då  $1 \cdot 104\,775 \cdot 9,62 \cdot 10^{-8} = 1,04 \cdot 10^{-2}$  per år, vilket motsvarar en olycka med farligt gods ungefär vart 96:e år. Om man antar  $4,00 \cdot 10^{-7}$  olyckor/farligt gods lastbilskm och år, dvs. den siffra som står angiven i riktlinjen, erhålls  $4,19 \cdot 10^{-2}$  olyckor per år där farligt gods medverkar. Detta motsvarar en olycka vart 24:e år.

Motsvarande frekvens enligt VTI-modellen, och som används i alla kvantitativa beräkningar i denna rapport, är  $1,65 \cdot 10^{-1}$  per år, vilket motsvarar en olycka vart 6:e år. VTI-modellens olycksfrekvens är alltså ca 16,3 gånger högre, om man jämför med den modifierade Hallands-modellen utifrån nyare olycksstatistik. Om man antar  $4,00 \cdot 10^{-7}$  olyckor/farligt gods lastbilskm och år för Hallandsmodellen, blir VTI-modellens resultat istället ca 3,9 gånger högre än Hallandsmodellens dito.

Det kan konstateras att förändring i persontäthet inom det studerade planområdet har en påverkan på samhällsrisken men inte på individrisken. Det går emellertid inte att tydligt ange ett enkelt samband mellan variationer i persontäthet och samhällsrisakens känslighet för dessa variationer. En allmän ökning av persontätheten ger en allmän ökning av samhällsrisken men det är svårt att ange i exakt vilket område av f/N-kurvan ökningen sker. Klart är dock att en ökning i persontäthet innebär en förskjutning av f/N-kurvan åt höger.

Resultatets känslighet för variationer avseende konsekvenser vid studerade scenarier bedöms som relativt stor. Konsekvensberäkningar av olyckor till följd av bränder och utsläpp av gaser och syror är beroende av en rad olika parametrar, exempelvis bland annat hålstorlek, vindstyrka och utetemperatur. Varierande väderparametrar (såsom vindstyrka, vindriktning och stabilitetsklass) har hanterats i analysen, likaså varierande hålstorlekar. Dessa är de parametrar som av erfarenhet kan ha stor inverkan på beräknade konsekvensavstånd. Andra parametrar som utetemperatur, solinstrålning och luftfuktighet har av erfarenhet mindre påverkan på konsekvensavstånd.



## 7.2 Osäkerhetsanalys

Man brukar skilja på två typer av osäkerhet, epistemisk osäkerhet (kunskapsosäkerhet) och stokastisk osäkerhet (variabilitet). Kunskapsosäkerheten handlar om att inte tillräcklig information finns tillgänglig. Denna kan i teorin elimineras med ytterligare mätningar/information. Exempel på detta är flödesdata. Stokastisk variation går dock inte att eliminera utan handlar om naturlig variabilitet, exempel på detta är vindhastigheter och riktningar. En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter av båda sorter, men framförallt kunskapsosäkerhet.

Syftet med osäkerhetsanalysen är att visa hur osäkert det underlag är som slutsatser är grundade på. Osäkerheten analyseras avseende följande parametrar:

- Antal transporter
- Sannolikhet för olyckor
- Persontäthet
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Avseende antalet transporter är underlaget i denna utredning baserat på kvalitativa uppgifter, som sedan legat till grund för en uppskattning av typ och mängd av farligt gods. Metoden för att hantera denna osäkerhet är att genomgående anta konservativa bedömningar.

Osäkerheten avseende konsekvenser vid studerade scenarier bedöms vara beroende på scenariobeskrivningarna. Här bedöms å ena sidan osäkerheten avseende representativa scenarier vara liten samtidigt som det otvetydigt finns en betydande osäkerhet inför så kallade extremhändelser såsom transporter av farligt gods utanför gällande regelverk eller uppsåtliga risker. Det kan emellertid konstateras att övergripande metodik för en riskutredning av detta slag inte rymmer en analys av sådana konsekvenser.

Det verktyg som genomgående används för att möta effekten av osäkerheten i indata är tillämpande av bedömningar som ger resultat med säkerhetsmarginal. Därmed konstateras att det presenterade resultatet troligen visar en högre risk än vad som faktiskt gäller. Exempel på val som innebär en inbyggd säkerhetsmarginal i resultatet är:

- Den säkerställda trend som visar generellt minskande trafikolycksfrekvens med allvarliga konsekvenser har inte beaktats. I stället förutsätts den olycksfrekvens som gällde vid tidpunkten för framtagande av de modeller som används, vilket ger en högre frekvens än den som idag är aktuell.
- Teknikutveckling torde leda till minskad olycksfrekvens då modernare fordon kontinuerligt utrustas med teknik som ska minska risken för olyckor. Exempel på detta är instrument som motverkar risken att fordonet ouppsåttligt lämnar vägbanan. Sådana åtgärders inverkan på olycksfrekvensen har inte beaktats.
- ADR-klasser som brukar inkluderas i farligt gods-utredningar har överskattats jämfört med de som inte brukar inkluderas.
- Trafikprognoser för år 2040 används, vilka medför en uppräknings av **ÅDT (väg)** från dagens nivå. I den beräkningsmodell som används medför detta också att antalet transporter av farligt gods beräknas öka. De senaste åren har dock transporter och mängderna minskat, se avsnitt 5.2.2, vilket kan medföra att andelen farligt godstransporter vid prognosåret kan vara överskattat om trenden fortsätter.

- Den planerade byggelse på Frölunda Torg innebär bl.a. kontors- och bostadshus i flera våningar. En av begränsningarna med programvaran Riskcurves är att programmet inte har någon funktion för att ta hänsyn till att personer befinner sig på olika höjder i en befolkningspolygon. För aktuell beräkning definieras därför befolkningspolygonerna som om all befolkning befinner sig på marken när de i verkligheten kan befinna sig på olika höjder inom byggnaden. Eftersom en höjdskillnad innebär ett skyddsavstånd från olyckan är detta en konservativt antagande som innebär en högre konsekvens vid olycka.
- Både det befintliga och den planerade bebyggelsen är placerade om vart annat på Frölunda Torg. Detta innebär att vissa byggnader ligger skyddade bakom andra byggnader i området. Personer som vistas i dessa byggnader är mindre exponerade och konsekvenserna i dessa byggnader är därför mindre. Programvaran Riskcurves kan inte ta hänsyn till detta vilken innebär att konsekvenser blir högre.

## 8 Riskvärdering och säkerhetshöjande åtgärder

Detta avsnitt presenterar först en generell riskbedömning per objekt och därefter beskrivs säkerhetshöjande åtgärder.

### 8.1 Riskvärdering per riskobjekt

I följande avsnitt görs en värdering per riskobjekt. Säkerhetshöjande åtgärder beskrivs vidare i avsnitt 8.2.

#### 8.1.1 Riskvärdering: Transporter av farligt gods

Enligt beräkningarna ligger individrisknivån inom ALARP-området vilket innebär att riskreducerande åtgärder bör beaktas för att sänka risknivån. På avstånd upp till 30 m från Västerleden är individrisknivån inom högre ALARP-området (över  $10^{-6}$  per år, se orange linje i Figur 6-1) där säkerhetshöjande åtgärder ska genomföras och där kraven är generell högre för att sänka risknivån.

På avstånd längre än 75 m från Västerleden är individrisknivån lägre än  $10^{-7}$  per år vilket medför en acceptabel individrisknivå och motiverar inte till att riskreducerande åtgärder bör vidtas. Dock ska det enligt rimlighetsprincipen (som nämndes i avsnitt 2.4) alltid genomföras åtgärder om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk.

Samhällriskberäkningarna visar att samhällrisknivån hamnar inom det övre ALARP-området, se Figur 6-3. Detta resultat, tillsammans med individrisknivån som är inom ALARP-området motiverar således till att riskreducerande åtgärder ska vidtas där det är kostnadsmässigt rimligt i förhållande till nyttan av åtgärderna.

Den planerade bebyggelsen är placerad som närmst ca 26 m från Västerleden. Den byggnad som ligger närmast på detta avstånd är det nya kontorshuset på västra planområdet. Enligt Göteborgs översiktsplan (ÖP99) skall ett bebyggelsefritt område upprättas 30 m på ömse sidor av leder med farligt gods, se Tabell 2-1. Således kommer den planerade bebyggelsen inkräkta på det rekommenderade skyddsavståndet. Utifrån utredningens resultat görs bedömningen att placeringen är möjlig givet att föreslagna åtgärder vidtas.

#### 8.1.2 Riskvärdering: Drivmedelsstation

Drivmedelsstation innebär främst en risk för pölbrand och därför ska 25 m bebyggelsefritt hållas från drivmedelsstationen till annan bebyggelse. Säkerhetsavståndet på 40 m avseende större pölbrand ska också beaktas.

Ett minimiavstånd på 50 m ska alltid hållas från drivmedelsstation till bostäder, daghem, ålderdomshem och sjukhus samt samlingsplatser utomhus där oskyddade människor uppehåller sig (exempelvis uteservering, lekplats med mera).

Inom 50 m bör dock endast verksamheter som innebär låg persontäthet och ej människor i sovande tillstånd upprättas. Detta kan dock kortas ner med riskreducerande åtgärder eller om mer platsspecifik analys genomförs. Bortom 100 m bedöms risknivån vara acceptabel för all typ av markanvändning.

I aktuell riskutredning är planerad bebyggelse placerat ca 50 m från drivmedelsstation (mätt till påfyllningsanläggning). Därmed uppfylls det minimiavstånd mellan drivmedelstation och bostäder som är föreskrivet.

## 8.2 Säkerhetshöjande åtgärder

Baserat på den beräknade risknivån för planområdet samt vilken typ av olyckor som ger stort bidrag till risknivån föreslås följande säkerhetshöjande åtgärder:

- Säkerhetsavstånd
- Luftintag för byggnader
- Fysisk barriär/skydd
- Utrymning
- Begräsning av placering av ny bebyggelse av offentlig karaktär
- Fasad- och fönsteråtgärder

Notera att angivna avstånd i listade skyddsåtgärder avser avstånd från närmsta vägkant tillhörande Västerleden eller avfart/påfart till Västerleden där detta är aktuellt.. Förslag till planbestämmelser i efterföljande avsnitt har markerats med fet text.

### 8.2.1 Säkerhetsavstånd

Avståndet från Västerleden till frekvensgränsen för  $10^{-6}$  är ca 30 m. Generellt bör ingen verksamhet planeras inom detta avstånd från Västerleden. Avstånden från Västerleden till acceptabla risknivåer är 75 m.

**Ny bebyggelse får inte upprättas inom 0-30 m från Västerleden. Bebyggelsefritt område skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Ett bebyggelsefritt område motsvarande 0-25 m mellan ny bebyggelse och lossningsplats vid drivmedelsstation skall upprättas.**

**Bebyggelsefritt område skall ej utformas på ett sätt som uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Området kan dock användas för parkeringsplatser (ytparkering).**

**Den planerade bebyggelsen är placerad som närmst ca 26 m från Västerleden. Den byggnad som ligger närmast på detta avstånd är det nya kontorshuset på västra planområdet. Enligt ovan ska området 0-30 m från väg vara bebyggelsefritt. Beräkning av individrisk och samhällsrisik visar dock på sådana risknivåer att placering av bebyggelse 26 m ifrån vägkant bedöms möjligt förutsatt att föreslagna åtgärder vidtas.**

### 8.2.2 Luftintag för byggnader

**Ventilationsintag skall placeras så högt som möjligt och vetta bort från Västerleden. Ventilationen behöver dock ej placeras högre än den tionde våningen räknat från markplan. Kravet gäller all ny bebyggelse inom 150 m från Västerleden.**

Förlängt avstånd mellan luftintag och läckagepunkten ger en lägre koncentration av giftiga ämnen i den luft som tränger in i byggnaderna, därmed minskas också andelen omkomna inomhus. Detta bedöms ha betydande effekt på stora olyckor med giftiga gaser, till höger i f/N-kurvan. Placering av friskluftintag som motverkar att utvändiga gas läcker in i byggnad

skapar en förhållandevis stor riskreducering. Den totala riskreduceringen av åtgärder anses också vara stor eftersom det finns en påtaglig effekt även mot övriga klasser av farligt gods som innefattar gas [31]. Resultaten från vindtunneexperiment med tunggasspridning visar på en nära nog 80 % lägre koncentration på motsatt sida byggnaden.

### 8.2.3 Fysisk barriär/skydd

**Barriär/skydd mellan studerat område och Västerleden skall finnas som motverkar att vätska kan rinna in på området. Förslag på barriär kan vara: vall, dike eller plank/vägg som är tät i nederkant.** Idag har bara delar av sträckan förbi planområdet detta skydd.

**Barriär/skydd mellan studerat område och Västerleden skall finnas som förhindrar mekaniska konflikt mellan avåkande fordon (även tyngre fordon som lastbilar) och planerad bebyggelse.**

Det finns ett befintligt skydd mot Västerleden i form av en mur på en del av vägen och en vall på den andra delen. I vidare projektering bör man säkerställa att nuvarande betongmur och vall är tillräcklig för att uppfylla ovan ändamål.

### 8.2.4 Entréer/varuintag

**Inom 75 m från Västerleden skall utrymning bort från Västerleden vara möjlig.**

**Inom 40 m från lossningsplats vid drivmedelsstation skall utrymning bort från drivmedelsstationen vara möjlig.**

### 8.2.5 Placering

**Ny bebyggelse av offentlig karaktär så som skola, kulturhus, biograf etc. skall ej placeras som inom 75 m mot Västerleden. Kravet gäller ej kontor/verksamheter och handel.**

### 8.2.6 Fasad- och fönsteråtgärder

**För all ny bebyggelse (som är placerad inom 30-75 m från Västerleden) skall alla fasader inklusive tak som vetter helt eller har vinkel mot Västerleden utformas med ytskikt av obrännbart material. Eventuella fönster på fasader som vetter helt eller har vinkel mot Västerleden skall vara minst EI30-klassade. Fönster som installeras på fasad skall vara ej öppningsbara.**

**För första radens bebyggelse 0-100 m från Västerleden ska fönster/glaspartier i fasad som vetter helt eller har vinkel mot Västerleden förstärkas så att större splitterskador motverkas vid en explosion.**

**Fasadkrav på ny bebyggelse (0-40 m från drivmedelsstationens fastighetsgräns): Alla fasader inklusive tak som vetter helt eller har vinkel mot drivmedelsstationen skall utformas med ytskikt i obrännbart material. Eventuella fönster skall vara E30-klassade men får vara öppningsbara.**

**Ny bebyggelse (30-75 m från Västerleden) skall utformas så att de kan motstå en gasolnsexplosion (10 kg gasol) med sitt centrum i mitten av det körfält som ligger närmast byggnaderna.**

Detta krav syftar till att byggnaderna ska motstå dimensionerande last utan att utsättas för fortskridande ras. Olyckor med brandfarlig gas bidrar till 67 % av samhällrisken. En åtgärd mot olyckor med brandfarlig gas kan därför ha stor påverkan på den totala samhällsrisknivån i planområdet.

**För ny bebyggelse inom 0-75 m från Västerleden skall balkonger ej uppföras på fasad som vetter helt eller har vinkel mot Västerleden. Kravet gäller för första radens bebyggelse mot Västerleden.**

## 9 Slutsatser

Följande slutsatser har erhållits i utredningen:

- Individrisknivån är acceptabel på avstånd längre än 75 m från väggkant tillhörande Västerleden eller avfart/påfart till Västerleden där detta är aktuellt. Närmst vägen (upp till 30 m från väggkant) är individrisknivån över  $10^{-6}$ , mellan 30-75 m (mätt från väggkant) är individrisknivån över  $10^{-7}$  per år.
- Samhällsriskberäkningarna visar på att samhällsrisknivån hamnar inom undre ALARP-området för skadehändelser som medför antingen mindre än 4 omkomna eller över 750 omkomna. Vidare hamnar samhällsrisknivån inom övre ALARP-området för skadehändelser som medför fler än 4 omkomna men mindre än 750 omkomna. Risknivåerna motiverar att säkerhetshöjande åtgärder vidtas.
- Transporter av brandfarlig gas och oxiderande ämnen bidrar till majoriteten av samhällsrisknivån i området (80%) följt av giftig gas (18%) och explosiva ämnen (2%).
- Risker kopplade till närliggande drivmedelsstationer har bedömts acceptabla om angivna säkerhetsavstånd upprätthålls samt om angivna åtgärder genomförs.

Baserat på detta föreslås följande kategorier av säkerhetshöjande åtgärder för att uppfylla en acceptabel risknivå, åtgärderna presenteras i sin helhet i avsnitt 8.2:

- Säkerhetsavstånd
- Luftintag för byggnader
- Fysisk barriär/skydd
- Utrymning
- Begräsning av placering av ny bebyggelse av offentlig karaktär
- Fasad- och fönsteråtgärder

Om rekommenderad markanvändning och förslag till planbestämmelser tas i beaktande i detaljplanen bedöms föreslagen exploatering vara lämplig och acceptabel med avseende på människors liv och hälsa.

Ovan föreslagna planbestämmelser utgår från att planområde utvecklas enligt nuvarande förutsättningar. Skulle markanvändning ändras eller personantalet öka bör aktuell riskutredning revideras enligt de nya förutsättningarna.

## 10 Referenser

- [1] COWI, "Riskutredning - Frölunda Torg," 2018.
- [2] TNO Riskcurves, "RISKCURVES 10.1.9.12276," 2018. [Online]. Available: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/riskcurves-software-for-quantitative-risk-assessment/>.
- [3] TNO Purple Book, "Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book", " 2005b. [Online]. Available: <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>.
- [4] Göteborgs stad, "Vägledning för hantering av risker vid anläggningar och transportleder," 2021.
- [5] Göteborgs Stad, "FÖP99, Översiktsplan för Göteborg Fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," Göteborgs Stad, Göteborg, 1999.
- [6] Räddningsverket, "Värdering av risk," Karlstad, 1997.
- [7] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," Räddnings- och säkerhetsavdelningen.. Publikation: 2000:1., 2000.
- [8] TNO Green Book, "Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials Green Book," 1992.
- [9] Länsstyrelsen Halland, "Riskanalys av farligt gods inom Hallands län," 2011.
- [10] C. Lindberg och T. Erdsjö, "Persontäthet vid utrymningsberäkningar - Köpcentrums persontätheter," Department of Fire Safety Engineering and System Safety Lund University, Lund, 2008.
- [11] Västra Götalandsregionen, "Avdelningar och mottagningar," 13 April 2021. [Online]. Available: <https://www.vgregion.se/s/frolunda-specialistsjukhus/avdelningar-och-mottagningar/>. [Använd 27 Maj 2022].
- [12] Skolverket, "Barngruppers storlek i förskolan - En kartläggning av aktuell pedagogisk, utvecklingspsykologisk och socialpsykologisk forskning," Skolverket, 2016.
- [13] Trafikverket, "Nationell vägdatabas (NVDB) på webb," 2018. [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>. [Använd 03 09 2018].
- [14] Trafikverket, "Översikt Prognosresultat - Trafikverkets Basprognoser 2020-06-15," Trafikverket, Borlänge, 2020.



- [15] Länsstyrelsen Västra Götaland, "Detektering av farligt gods med hjälp av kamerateknik," 2015.
- [16] Räddningsverket, "Kartläggning av farligt godstransporter," Räddningsverket (numera MSB), 2006.
- [17] VTI, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg, VTI-rapport 387:4," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [18] MSB, "MSBFS 2018:5 - ADR-S 2019," 2018.
- [19] FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [20] EPA, "Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values," 29 08 2016. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>.
- [21] HHS1, "Toxicological Profile for Ammonia," Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, 2004.
- [22] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, "Toxicological profile for chlorine," U.S. Department of health and human services, Atlanta, Georgia, 2010.
- [23] PLASTICS, "Safe Transport of Organic Peroxides - Best Practices," Organic Peroxide Producers Safety Division of the Plastics Industry Association (PLASTICS), 2017.
- [24] MSB, "Gruppering av organiska peroxider - uppgifter om innehållet i databasen," 2014.
- [25] MSB, SÄIFS 1999:2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid, 1999.
- [26] MSB, SÄIFS 1996:4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider, 1996.
- [27] MSB, "Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2015.
- [28] Länsstyrelsen i Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hallands län," 2011.
- [29] MSB, "Olyckor med farligt gods," MSB, 2020. [Online]. Available: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/farligt-gods/olycksrapportering-farligt-gods/>.
- [30] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2019," Statistik 2020:14, Publiceringsdatum: 2020-05-15, 2020.

- [31] M. Thomasson, "Riskreducerande åtgärder Effektutvärdering med tillämpning på transport av farligt gods," Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2017.
- [32] Länsstyrelsen i Södermanland, Farligt gods - hur man kan planera med hänsyn till risk för olyckor intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods, Nyköping: Länsstyrelsen i Södermanland, 2015.
- [33] Trafikverket, "Riskbedömning avseende farligt gods mm, underlagsrapport till MKB," Trafikverket, Kristianstad, 2013.
- [34] Statens Räddningsverk, "Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006," Statens Räddningsverk (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap), 2006.
- [35] Trafikanalys, "Bantrafik 2016," Statistik 2017:21, Publiceringsdatum: 2017-10-13, 2017.
- [36] Trafikanalys, "Bantrafik 2017," Publiceringsdatum: 2018-09-13, 2018.
- [37] Trafikanalys, "Bantrafik 2017," Statistik 2018:17, 2018.
- [38] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal väganalys," Trafikverket, Borlänge, 2018a.
- [39] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2016," Statistisk 2017:14, Publiceringsdatum: 2017-05-16, 2017.
- [40] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2016," Statistisk 2017:14, 2017.
- [41] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2014," Statistik 2015:21, Publiceringsdatum: 2015-06-30, 2015.
- [42] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2015," Statistik 2016:27, Publiceringsdatum: 2015-05-18, 2016.
- [43] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2013," Statistik 2014:12, Publiceringsdatum: 2014-05-20, 2014.
- [44] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2009," Statistik 2010:3, 2010.
- [45] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2010," Statistik 2011:7, 2011.
- [46] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2011," Statistik 2012:6, 2012.
- [47] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2012," Publiceringsdatum 2013-05-21, 2013.
- [48] Trafikverket, "NJDB," 2020. [Online]. Available: <https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>.
- [49] Partillebo AB, "Riskanalys - strukturanalys av byggnad mot explosionsbelastning," 2012.

- [50] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen," 2006.
- [51] Länsstyrelsen Stockholm, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," Enheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm, 2016.
- [52] Länsstyrelsen i Skåne, Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods (RIKTSAM), Malmö: Länsstyrelsen i Skåne, 2007.
- [53] Länsstyrelsen i Dalarna, Farligt gods - Vägledning för planläggning intill transportleder för farligt gods, Falun: Länsstyrelsen i Dalarna, 2012.
- [54] Statistiska Centralbyrån, "Befolkningstäthet," 2018. [Online]. Available: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/hushallens-ekonomi/inkomster-och-inkomstfordelning/hushallens-boende/pong/statistiknyhet/hushallens-boende/>.
- [55] Trafikanalys, "Godstransporter i Sverige, redovisning av ett regeringsuppdrags. Rapport 2012:7," 2012.
- [56] Trafikverket, "Prognos för godstransporter 2040 – Trafikverkets Basprognoser 2020," Publikationsnummer: 2020:125, 2020.
- [57] Trafikverket, "Vägtrafikflödeskartan," 06 10 2020. [Online]. Available: <http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>.
- [58] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2017," Statistik 2018:13, Publiceringsdatum: 2018-05-18, 2018.
- [59] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2018," Statistik 2019:13, Publiceringsdatum: 2019-05-15, 2019.
- [60] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.