

## Riskanalys

Barnfröken 1, Kunskapsskolan

Underlag för detaljplanearbete

2022-01-07



**Dokumenttyp:** Riskanalys  
**Uppdragsnamn:** Barnfröken 1, Kunskapsskolan  
**Uppdragsnummer:** 112597  
**Datum:** 2022-01-07  
**Status:** Underlag för detaljplanearbete  
**Uppdragsledare:** Rosie Kvål  
**Handläggare:** Rosie Kvål  
Tel: 08-588 188 84  
E-post: rosie.kval@brandskyddslaget.se  
**Uppdragsgivare:** Equator Arkitekter

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2019-09-16	RKL	LSS	Första versionen
2019-10-04	RKL	-	Inarbetning av synpunkter från SBK.
2019-11-28	RKL	-	Inarbetning av synpunkter från SBK.
2020-12-15	RKL	-	Inarbetning av synpunkter från SBK.
2022-01-07	RKL	-	Komplettering med beräkning av risknivån med åtgärder m.m.

Revideringar sedan föregående version är markerade med streck i marginalen.

## Sammanfattning

Stockholms stad har tagit fram en ny detaljplan för fastigheten Barnfröken 1 i Fruängen. Inom fastigheten bedriver idag Kunskapsskolan verksamhet för årskurserna 6-9. Gällande detaljplan medger industriverksamhet. Stockholms stad har därför tagit fram en tillfällig detaljplan som är tänkt att gälla i 10 år eftersom de inte vill permanenta en skola på platsen. Verksamheten kommer att vara kvar i samma utförande som i dagsläget.

Den aktuella fastigheten ligger utmed tunnelbanespåren in mot Fruängens tunnelbanestation som är ändhållplats på den röda linjens ena gren. Ca 50 meter norr om området ligger E4/E20 Södertäljevägen som är klassad som en primär transportled för farligt gods. Möjliga risker avseende skolans närhet till tunnelbana och transportled för farligt gods behöver därför utredas i planprocessen. Med anledning av detta görs denna riskanalys.

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

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

En kartläggning har gjorts av möjliga olycksscenarier. Dessa har sedan värderats kvalitativt i en inledande analys. De scenarier med bedömt stor påverkan på risknivån har sedan studerats vidare i en fördjupad analys som omfattar beräkning av frekvens och konsekvens för respektive olycksrisk. Beräkningarna har sedan sammanställts i form av individrisk och samhällsrisk. Resultatet av beräkningarna visar att risknivån till följd av närheten till E4/E20 Södertäljevägen är hög, men inte oacceptabel. Den höga risknivån beror uteslutande på det omfattande antalet transporter med farligt gods som har förutsatts samt att bebyggelsen i området ligger relativt nära vägen. Risknivån är så hög att säkerhetshöjande åtgärder ska vidtas i den mån det är rimligt i förhållande till kostnad och nytta av åtgärden.

Påverkan på risknivån från tunnelbanan är mycket begränsad. Ingen påverkan på människor inom planområdet bedöms uppstå vid en olycka med tunnelbanan.

Nedan ges utifrån genomförd analys ett förslag på säkerhetshöjande åtgärder för den aktuella detaljplanen.

### E4/E20 Södertäljevägen

- Det ska finnas möjlighet att utrymma mot en sida som inte vetter mot E4/E20 Södertäljevägen.  
*Med nuvarande utformning ligger huvudentrén inte mot E4/E20 Södertäljevägen och exponeras inte mot vägen. Kravet uppfylls därmed.*
- Fönster och glaspartier i fasad mot E4/E20 Södertäljevägen ska utformas för att förhindra splitterverkan vid explosion med karakteristiska tryck och impulstäthet motsvarande stor gasmolnsexplosion 50 m från fasaden. Aktuella fönster får vara öppningsbara.

- Fönster och glaspartier i fasad mot vägen inom 50 meter utförs så att de klarar en temperatur på 300°C under ca 30 minuter.

## Tunnelbanan

- Det ska finnas möjlighet att utrymma mot en sida som inte vetter mot tunnelbanan.  
*Utrymningsvägar finns mot annan sida och kravet uppfylls därmed i nuläget.*

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

Med föreslagna åtgärder sänks risknivån inom området och detaljplanen bedöms kunna genomföras enligt förslag (och nuvarande utförande) utan att människor utsätts för onödiga risker.

## Innehållsförteckning

<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INLEDNING .....</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrund .....	7
1.2 Syfte .....	7
1.3 Omfattning.....	7
1.4 Internkontroll.....	7
1.5 Föresättningar .....	7
<b>2. OMRÅDESBESKRIVNING .....</b>	<b>10</b>
2.1 Planerad exploatering.....	10
2.2 Omgivande planer .....	13
<b>3. RISKINVENTERING .....</b>	<b>15</b>
3.1 Allmänt.....	15
3.2 Inventering av riskkällor .....	15
3.3 Transportleder för farligt gods – väg .....	15
<b>4. INLEDANDE RISKANALYS.....</b>	<b>21</b>
4.1 Metodik.....	21
4.2 Identifiering av olycksrisker .....	21
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk .....	21
4.4 Slutsats inledande riskanalys .....	26
<b>5. FÖRDJUPAD RISKANALYS.....</b>	<b>27</b>
5.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser .....	27
5.2 Sammanvägning av risk .....	27
5.3 Resultat av riskberäkningar .....	29
5.4 Värdering av risk .....	32
5.5 Hantering av osäkerheter .....	33
5.6 Risknivå – utvecklat resonemang .....	33

<b>6.</b>	<b>SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER .....</b>	<b>38</b>
6.1	Allmänna åtgärder .....	38
6.2	Byggnadstekniska åtgärder:.....	40
6.3	Skydd mot gaser .....	41
6.4	Skydd mot brand.....	42
6.5	Förslag till säkerhetshöjande åtgärder .....	44
<b>7.</b>	<b>SLUTSATSER .....</b>	<b>46</b>
<b>8.</b>	<b>BILAGOR .....</b>	<b>47</b>
<b>9.</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>47</b>

## 1. Inledning

### 1.1 Bakgrund

Inom fastigheten Barnfröken 1 i Fruängen i Stockholms kommun bedriver Kunskapsskolan verksamhet. Gällande detaljplan medger industriverksamhet. Skolan har därför haft tillfälligt bygglov som gick ut 2018. Stockholms stad har på grund av detta genomfört en process med att ta fram en tillfällig detaljplan. Valet att göra en tillfällig detaljplan (som endast gäller 10 år) beror på att de inte vill permanenta en skola på platsen eftersom planering av förtätning och utbyggnad i Fruängen pågår.

Den aktuella fastigheten ligger utmed tunnelbanespåren in mot Fruängen samt inom 150 meter från E4/E20 Södertäljevägen. Möjliga risker med dessa behöver därför utredas i planprocessen. Med anledning av detta görs denna riskanalys.

### 1.2 Syfte

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

### 1.3 Omfattning

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

Trafikanter på E4/E20 Södertäljevägen eller resenärer i tunnelbanan omfattas inte av analysen.

### 1.4 Internkontroll

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

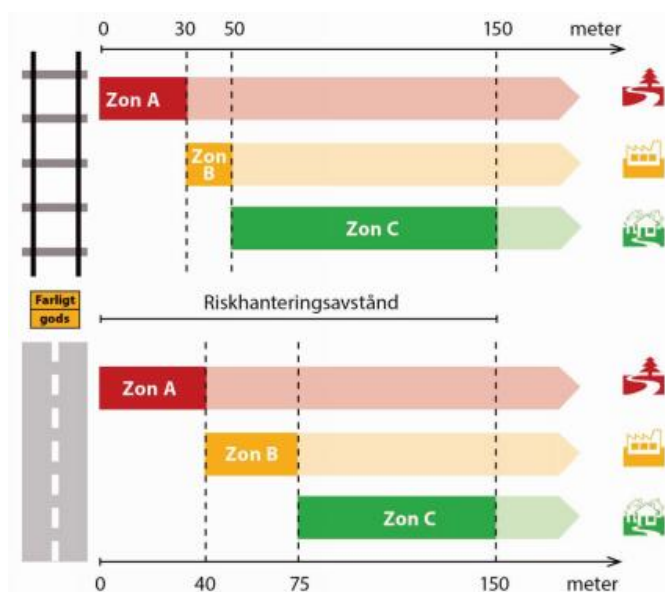
### 1.5 Förutsättningar

#### 1.5.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

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

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

I riktlinjerna presenterar Länsstyrelsen riktlinjer för skyddsavstånd till olika verksamheter. Dessa rekommendationer redovisas i figur 1.1.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

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

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

Avstånden i figuren mäts från närmaste vägkant respektive närmaste spårmitt.

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

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

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

Rekommenderade skyddsavstånd till järnväg avser järnväg med transport av farligt gods och nationell och regional trafik, exempelvis stambanan. De avser inte spårvägs- eller tunnelbanetrafik. För dessa typer av spårbunden trafik finns inga rekommenderade skyddsavstånd.

### 1.5.2 Hantering av osäkerheter

Risikanalyser utgår generellt från underlag och metoder som innefattar osäkerheter. Dessa kan bland annat beröra antalet transporter av farligt gods, fördelningen mellan de olika farligt godsklasserna, konsekvenser av olyckor samt persontätheter.



Överlag görs konservativa bedömningar för att hantera osäkerheter i underlag och metoder. Ytterligare hantering av osäkerheterna kan dock vara nödvändigt och då främst i en eventuell fördjupad analys. En osäkerhetsanalys kan exempelvis omfatta följande delar:

- Ändrat antal transporter med farligt gods
- Förändrad fördelning mellan olika farligt godsklasser
- Ökat personantal

Vilka parametrar som ska studeras i känslighetsanalysen bestäms i den fördjupade analysen.

## 2. Områdesbeskrivning

Det aktuella området ligger i Fruängen i den södra delen av Stockholms kommun. Planområdet omfattar fastigheten Barnfröken 1 och omges av Elsa Brändströms gata i norr, Ellen Keys gata i öster, en gång- och cykelväg i söder och tunnelbanan i väster (se figur 2.1).



Figur 2.1. Lokalisering av aktuellt planområde (källa: eniro.se).

Inom planområdet finns idag en byggnad i två till tre plan. I byggnaden bedriver idag Kunskapsskolan verksamhet. Byggnadens nordvästra del omfattar en uthyrningsbar yta som inte ingår i skolverksamheten och som idag är outhyrd.

Planområdet är i stort sett plant. Tunnelbanan ligger dock på bank så i den västra delen av planområdet finns en markant höjdskillnad där skolgården ligger ca 4,5 meter lägre än toppen på banvallen.

Mellan skolbyggnaden och tunnelbanespåret ligger en gång- och cykelväg. Även denna ligger högre än planområdet.

### 2.1 Planerad exploatering

Gällande detaljplan medger industriverksamhet. Kunskapsskolan har därför haft tillfälligt bygglov som gick ut 2018. För att även fortsättningsvis möjliggöra skola inom planområdet har en planprocess påbörjats. Kommunen vill dock inte låsa användningen på platsen till skolverksamhet med hänsyn till pågående och framtida utveckling av Fruängen. Detta har föranlett att en tillfällig detaljplan görs för fastigheten. Den tillfälliga detaljplanen kommer att medge skolverksamhet under ett begränsat antal år. Önskemål finns om att lokalisera skolan till annan plats inom kommunen. Lokaliseringen är dock inte bestämd än.

Kunskapsskolan omfattar årskurserna 6-9 och har ca 400 elever samt personal i lokalerna Fruängen.

Skolan har två våningar mot Ellen Keys gata och tre våningar mot tunnelbanespåret, se figur 2.2 och 2.3. Avståndet till närmaste tunnelbanespår är som minst 7-7,5 meter till byggnad i den norra delen och 30 meter i den södra delen. Skolgården ligger söder om byggnaden samt utmed byggnadens sydvästra sida. Det kortaste avståndet mellan tunnelbanespåren och skolgården är 16 meter.



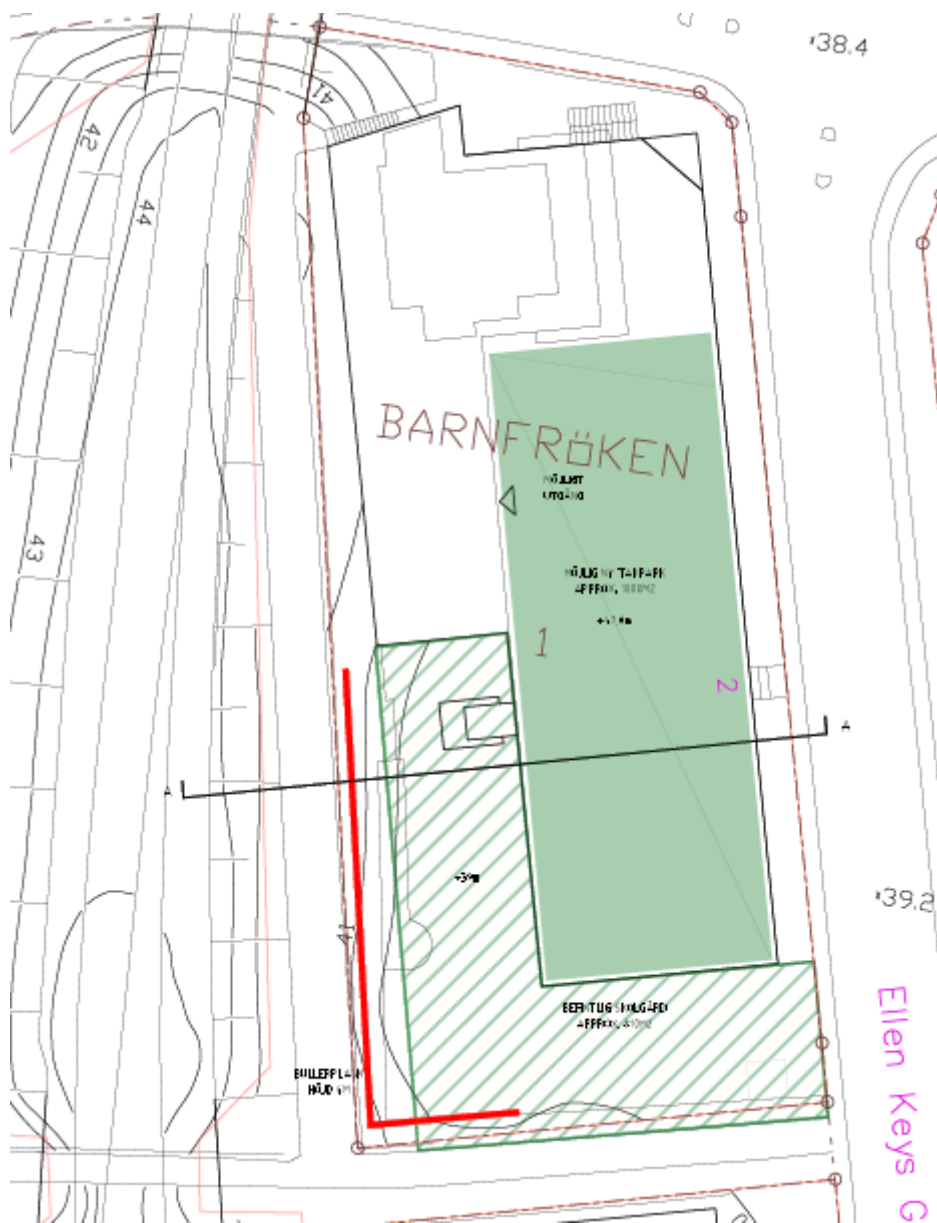
Figur 2.2. Vy från Ellen Keys gata mot nordväst. (källa: Google maps).



Figur 2.3. Vy från Elsa Brändströmsgata mot sydväst. (källa: Google Maps).

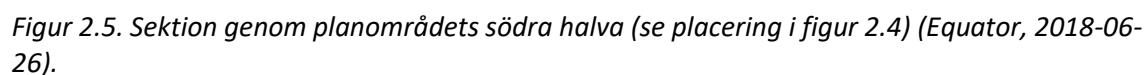
Ingen förändring av verksamheten inom planområdet planeras. Inte heller planeras någon om- eller tillbyggnad. Utmed skolgården planeras ett bullerplank mot tunnelbanan för att klara ljudkraven (se rödmarkering i figur 2.4). Detaljplanen syftar till att addera markanvändning skola till befintlig detaljplan.

I figur 2.4 redovisas en situationsplan över området. I figur 2.5 redovisas en sektion (placering är markerad i figur 2.4).



Figur 2.4. Skiss Barnfröken 1. Grönskräfferad yta utgör skolgård. Röd markering visar placering av bullerplank (Equator, 2018-06-27).





I det aktuella planområdets närhet pågår arbete med ett par andra detaljplaner, lokaliseringen av dessa redovisas nedan. Detaljplanerna omfattar bostäder, totalt ca 180 lägenheter. I området pågår även arbete med program för Fruängen (rosamarkerat i figur 2.6). Programområdet omfattar en stor del av Fruängen och syftar till att utreda förutsättningar för utveckling av området med ca 1 000 nya bostäder, nya arbetsplatser, centrumfunktioner, ny placering av befintlig skola samt bytespunkt för kollektivtrafik.



Intilliggande detaljplaner samt program innebär inte att några nya riskkällor tillkommer i området. De medför dock en ökad persontäthet vilket kan påverka risknivån avseende samhällsrisk. Övriga detaljplanområden ligger dock 350 meter eller mer från Barnfröken 1, vilket innebär att påverkan mellan de olika planerna avseende risker och risknivå är mycket begränsad.

### 3. Riskinventering

#### 3.1 Allmänt

Inledningsvis görs en inventering av riskkällor i anslutning till det studerade området. Riskinventeringen omfattar de riskkällor (transportleder för farligt gods, järnvägar, verksamheter som hanterar farligt gods m m) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området.

Inventeringen fokuserar på de riskkällor som ligger på ett sådant avstånd att Länsstyrelsens riktlinjer anger att de ska beaktas eller om de utgör en farlig verksamhet som bedöms kunna påverka risknivån inom planområdet.

För de aktuella riskkällorna görs en beskrivning av verksamheten samt en inventering av hantering och/eller transport av farliga ämnen. Inventeringen utgör grunden för den fortsatta analysen.

#### 3.2 Inventering av riskkällor

Resultatet av riskinventeringen redovisas i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Inventering av riskkällor i planområdets närhet.

Riskkälla	Avstånd till planområde (m)	Kommentar
<b>E4/E20 Södertäljevägen</b>	55	Primär transportled för farligt gods.
<b>Tunnelbanan</b>	7-7,5	Tunnelbanans röda linje, spårsträckan in mot slutstationen Fruängen.
<b>Bensinstation</b>	600	Närmaste bensinstation ligger ca 600 meter från området.
<b>Annan farligt godsled</b>	3,5 km	Den näst närmaste farligt godsleden utgörs av Huddingevägen som ligger ca 3,5 km från planområdet.

Nedan görs en beskrivning av följande riskkällor då övriga riskkällor ligger på ett så stort avstånd att de inte bedöms relevanta att beakta:

- E4/E20 Södertäljevägen
- Tunnelbanan

#### 3.3 Transportleder för farligt gods – väg

##### 3.3.1 Farligt gods

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

I tabell 3.2 redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

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

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

### 3.3.2 E4/E20 Södertäljevägen

### 3.3.3 Allmänt

Söder om planområdet passerar E4/E20 Södertäljevägen. På den aktuella sträckan består vägen av tre huvudkörfält i norrgående och fyra huvudkörfält i södergående riktning. De båda körriktningarna är åtskilda med ett dike samt avåkningsskydd på båda sidor om diket. Vägen är även försedd med vägräcke i ytterkant. Utmed planområdet finns en vall med bullerplank mot E4/E20 (se figur 3.1). Bullerplanket är ca 2 meter högt och vallen är ca 3-4 meter hög.



Figur 3.1. E4/E20 Södertäljevägen norrgående körriktning i höjd med kv Barnfröken 1 (källa: Google maps).



Hastighetsbegränsningen är 80 km/h. Det finns inga av- eller påfarter utmed den aktuella sträckan.

### 3.3.4 Trafik

Enligt trafikmätningar som Trafikverket har utfört för den aktuella vägsträckan /3/ uppgick årsmedeldygnstrafiken 2016 till ca 125 000 fordon summerat i båda riktningarna. Tung trafik utgjorde under mätperioden ca 8 % av den totala trafiken.

I Trafikbulerutredningen för kv Pucken (se figur 2.6) gjordes en prognos för trafikflödet 2040 på E4/E20 Södertäljevägen/4/. Den innebär ett totalt trafikflöde på aktuell vägsträcka på 176 200 fordon per dygn. Andelen tung trafik är satt till 9 %. Prognosen har genomförts utifrån Trafikverkets EVA-metod.

### 3.3.5 Transport med farligt gods

E4/E20 Södertäljevägen utgör primär transportled för farligt gods, vilket innebär att Länsstyrelsen i Stockholms län rekommenderar att farligt gods transporteras på denna väg, även genomfartstransporter /5/. Alla typer av gods kan därför transporteras på vägen.

Det finns ingen exakt bild över hur stora mängder farligt gods som transporteras på den aktuella vägsträckan. Antalet transporter bedöms vara relativt stort.

Det har genomförts ett antal kartläggningar som ger information om vad som har transporterats/transporteras under vissa perioder:

- I maj och oktober 2015 genomfördes mätning av antalet farligt godsfordon vid 15 mätpunkter i Stockholm /6/. Den mätpunkt som ligger närmast studerad vägsträcka mäter trafiken på Essingeleden, ca 4 km norr om aktuellt område. Den mätpunkten bedöms vara relevant att titta på även för detta område. Dock omfattas inte den mätningen av transporter som går mellan södra Stockholm och Nynäsvägen samt Södra Länken, men som passerar aktuellt område på E4/E20. Avsaknaden av de transporterna kan dock åtminstone till viss del kompenseras av att mätningarna omfattar trafik som går mellan norra Stockholm och Nynäsvägen respektive Södra Länken och som inte passerar aktuellt område. Det är dock svårt att veta om det innebär att siffrorna överskattas eller underskattas. Mätningen genomfördes via detektion med hjälp av trafikkameror. Mätningarna visar bland annat att merparten av trafiken sker utanför rusningstrafik samt att det är relativt få fordon som genomför samtliga passager. På Essingeleden utgjorde transporterna med farligt gods 2,2 % av den tunga trafiken. Totalt passerade under oktober 4 912 transporter med farligt gods på Essingeleden. Vanligast förekommande ämnen var bensin och diesel.
- Trafikanalys, som bl.a. ansvarar för statistik inom området vägtrafik, upprättar årliga statistikrapporter över den totala lastbilstrafiken, inkl. farligt gods, på Sveriges vägar. Utifrån statistik över antal transporter per farligt godsklass under perioden 2014-2018/7/ uppskattas farligt godstransporter i genomsnitt utgöra ca 1,5 % av det totala antalet lastbilstransporter på svenska vägar. Enligt tidigare trafikmätningar för E4/E20 Södertäljevägen /3/ utgör tung trafik ca 11 % av den totala trafiken. För den studerade sträckan av E4/E20 Södertäljevägen så skulle detta motsvara ca 66 000 farligt godstransporter per år. Detta skiljer sig relativt markant från uppmätta värden via kameradetektion om man bortser från styckegodstransporter (se tabell 3.2).

- MSB har genomfört kartläggningar av transporter med farligt gods i Sverige, bl.a. under september månad 2006 då statistik över farligt godstransporter samlades in /8/. Kartläggningen redovisas som intervall över transporterade godsmängder per farligt godsklass. Kartläggningen bedöms vara för gammal för att använda som tillförlitligt underlag för riskhantering. Dock finns information om bland annat fördelning av underklasser som kan vara relevant att beakta.

Den studerade informationen är inte heltäckande, men ger ändå en indikation på hur situationen ser ut samt hur den har förändrats de senaste åren. I tabell 3.2 redovisas en sammanställning av de studerade underlagen. Tabellen redovisar uppskattat antal transporter per farligt godsklass idag. Underlaget från 2015 har räknats om till årsbasis, vilket utgör ett grovt antagande. I bilaga A redovisas även underlag avseende prognosåret 2040.

Tabell 3.1. Farligt gods indelat i olika klasser enligt ADR-S med uppskattat antal transporter på E4/E20 Södertäljevägen.

Klass	Ämne	Kameradetektion maj och oktober 2015		Trafikanalys (idag)	
		Andel (%)	Antal trp	Andel (%)	Antal trp
1	Explosiva ämnen	0,0	0	0,5%	234
2	Gaser	12,2	7313	20,1%	9577
3	Brandfarliga vätskor	54,9	32 909	53,1%	25324
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	0,6	360	0,7%	353
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	0,4	240	3,4%	1641
6	Giftiga ämnen	0,3	180	2,4%	1122
7	Radioaktiva ämnen	0,0	0	0,0%	21
8	Frätande ämnen	2,3	1 379	14,7%	7022
9	Övriga farliga ämnen	5,9	3537	5,1%	2431
1-9	Styckegods	23,4	13 793	-	-
<b>Totalt</b>			<b>59 944 (med styckegods) 45 918 (utan styckegods)</b>		<b>47 723</b>

### Framtid

Det är svårt att bedöma den framtida transportsituationen när det gäller farligt gods på E4/E20 Södertäljevägen. Antalet och typen av transporter beror av förändringar i Stockholmsregionen, bland annat Förbifart Stockholm, flytt av Loudden, invigning av Norviks hamn etc.

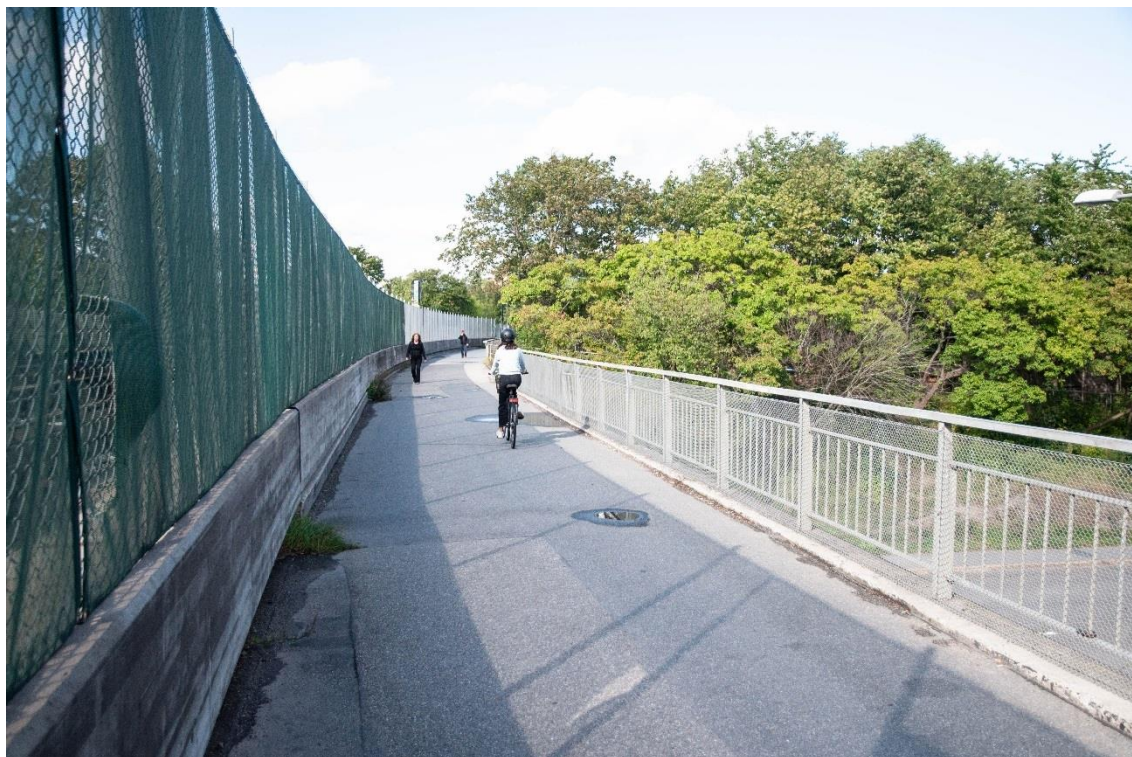
### 3.3.6 Tunnelbanan

Tunnelbanans röda linje går utmed planområdets västra gräns. Den aktuella spårsträckan ligger mellan stationerna Västertorp och slutstationen Fruängen. Avståndet från planområdet till stationen är ca 55-60 meter. Hastigheten på den aktuella sträckan är begränsad till 50 km/tim.

Banan består av dubbelspår och i anslutning till planområdet finns två växellägen. Inbromsning sker inför växling, vilket i praktiken innebär att inbromsning av inkommande tåg sker i höjd med skolans nordvästra hörn.

Turtätheten på banan är ca 160 tåg i vardera riktningen per vardagsdygn. I rusningstrafik går ett tåg var femte minut i varje riktning.

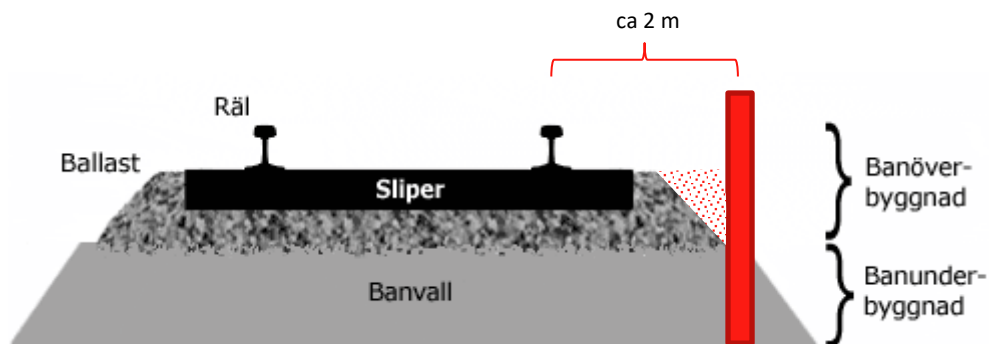
Tunnelbanespåren är placerade på vall någon meter över gång- och cykelvägen som går utmed spårområdet samt ytterligare några meter över marknivån inom planområdet. Banvallen hålls upp med en stödmur mot gång- och cykelvägen (se figur 3.2).



*Figur 3.2. Stödmur utmed cykelvägen. Fotot taget norrut precis norr om planområdet. Stödmuren fortsätter söderut förbi planområdet.*

Utanför den yttersta rälen finns en strömskena och en gångyta i betong som ligger ca 10-20 meter över makadammet som bygger upp spårområdet. Utanför gångytan kommer stödmuren som ligger 20-30 centimeter ovanför betongytan. Det innebär att stödmurens översta kant ligger ca 30-40 cm ovan rälsöverkant.

I figur 3.3 redovisas en generell bild av spårområdets uppbyggnad. Ballasten som ligger ovanför banvallen utgörs av makadam. Jämfört med figur 3.3 så har området fram till stödmuren fyllts ut samt att det ligger gångbryggor och strömskena mellan räls och stödmur. Avståndet mellan närmaste räl och stödmur är ca 2 meter.



Figur 3.3. Generell bild av uppbyggnaden av ett spårområde. I aktuellt fall finns även en stödmur för att stötta upp banvall och ballast, denna är schematiskt inritad i figuren. OBS! ej skalenlig. (bildkälla grundbild: järnvag.net).

## 4. Inledande riskanalys

### 4.1 Metodik

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

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

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

### 4.2 Identifiering av olycksrisker

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att det är följande riskkällor som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens för det aktuella planområdet.

#### E4/E20 Södertäljevägen

1. Olycka vid transport av farligt gods

#### Tunnelbanan

2. Urspråning
3. Tågbrand

### 4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

#### 4.3.1 E4/E20 Södertäljevägen – transportled för farligt gods

Olycka med farligt gods

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

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

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

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

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

Det kortaste avståndet mellan E4/E20 Södertäljevägen om byggnad inom planområdet är 55 meter. Utifrån beskrivningen ovan bedöms det med hänsyn till avståndet vara ämnen ur följande klasser som kan vara relevanta att beakta vid bedömning av risknivån för det aktuella planområdet:

- Klass 1.1. Massexplosiva ämnen  
*Samtliga transporter med klass 1 förutsätts tillhöra riskgrupp 1.1 (se bilaga A), vilket innebär att även övriga riskgrupper inom klassen hanteras. Antagandet är dock mycket konservativt.*
- Klass 2.1. Brännbara gaser
- Klass 2.3. Giftiga gaser
- Klass 5. Oxiderade ämnen och organiska peroxider

Konsekvenserna av olycka med övriga klasser har begränsade skadeområden och kommer vid en olycka inte att påverka planområdet. Detta gäller även klass 3, brännbara vätskor, där både avståndet och bullervall och bullerplank medför att någon påverkan mot området inte förväntas ske vid en olycka.

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

#### **Klass 1.1 Massexplosiva ämnen**

En olycka med transport av vissa typer av explosivämnen kan leda till mycket omfattande explosioner antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten. Konsekvenserna av olyckan är beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. Den maximala transportmängden på väg är 16 ton massexplсивt ämne. Andelen transporter som rymmer maximal transportmängd bedöms dock vara mycket begränsad.

Sannolikheten för att en explosion ska inträffa på E4/E20 Södertäljevägen bedöms vara extremt låg. Enligt tabell 3.2 utgör antalet transporter med explosivämnen en mycket begränsad andel av det totala antalet farligt godstransporter. Det gällande regelverket ADR -S /2/ anger dessutom detaljerade och omfattande regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport för att reducera sannolikheten för explosion.



Olycka med explosivämnen bedöms kunna medföra påverkan på den sammanvägda risknivån. Olyckshändelser som leder till explosion kan också medföra mycket stora konsekvenser. Scenariot bör därför studeras vidare i en fördjupad analys för att utreda behovet av åtgärder.

## **Klass 2.1. Brännbara gaser**

En olycka med brännbar gas kan innebära att gas läcker ut och antänds eller att en gastank utsätts för utvändig brand vilket hettar upp gasen så att den expanderar snabbt och spränger tanken. Beroende på utsläpps- och antändningsscenario kan konsekvenserna av olyckan variera. Vid stora utsläpp kan skadeområdena överstiga 100-200 meter. Oskyddade personer utomhus löper störst risk för att förolyckas, men olyckan kan även leda till omfattande brandspridning till kringliggande bebyggelse.

Brännbara gaser transporteras normalt trycksatta i tankvagnar eller i färdiga flaskpaket, vilket innebär att behållarna har högre hållfasthet än vanliga tankar för t.ex. bensintransporter. Antalet gastransporter på E4/E20 Södertäljevägen bedöms vara relativt omfattande och en relativt stor andel kan utgöras av tanktransporter. Sannolikheten för utsläpp till följd av en olycka bedöms dock vara låg.

Med hänsyn till stora konsekvensområden för större skadescenarier med brännbar gas så uppskattas den sammanvägda risknivån förknippad med transporter av brännbara gaser kunna bli omfattande. Det är därför troligt att åtgärder för att lindra konsekvenserna av en olycka med brännbar gas är nödvändiga för den planerade bebyggelsen. Scenariot bör studeras i en fördjupad analys så att behov och omfattning av åtgärder kan klargöras.

## **Klass 2.3. Giftiga gaser**

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

Även giftiga gaser transporteras trycksatta i tankar vilket innebär att sannolikheten för utsläpp vid en olycka är liten.

Andelen gastransporter som rymmer giftig gas är generellt mycket lågt. I den kartläggning som utfördes av MSB i september 2006 /8/ redovisas mycket begränsade transportmängder av klass 2.3 på aktuell vägsträcka (0-25 ton under september 2006).

Sannolikheten för ett utsläpp av giftig gas på aktuell vägsträcka bedöms vara extremt låg. Trots potentiella stora konsekvenser så bedöms olycksscenarioet innebära ett mycket litet bidrag till den sammanvägda risknivån. Olyckshändelser som leder till läckage av giftig gas kan dock medföra mycket stora konsekvenser. Scenariot bör därför studeras vidare i en fördjupad analys för att utreda behovet av åtgärder.

## **Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider**

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

Transporter av klass 5 utgör en relativt begränsad andel (< 5 %) av det totala antalet farligt godstransporter på E4/E20 Södertäljevägen. Vidare så är det en mycket begränsad andel av ämnen ur denna klass som kan leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp. Majoriteten av dessa ämnen är inte tillåtna att transportera på väg utan att man t.ex. stabiliserar ämnet för att minska reaktionsbenägenheten /2/.

Olycka med oxiderande ämnen eller organiska peroxider bedöms utifrån ovanstående beskrivning innebära ett mycket litet bidrag till den sammanvägda risknivån utmed aktuell vägsträcka. Olyckshändelser som leder till olycka med klass 5 ämne kan dock medföra mycket stora konsekvenser. Scenariot bör därför studeras vidare i en fördjupad analys för att utreda behovet av åtgärder.

#### 4.3.2 Tunnelbanan

##### Urspårning

På tunnelbanespåren förekommer enligt tidigare enbart persontrafik. Olyckshändelse som kan påverka planområdet utgörs av att ett urspårat tåg lämnar spårområdet och kolliderar med människor eller byggnader. Det kortaste avståndet till bebyggelse inom planområdet är 7-7,5 meter.

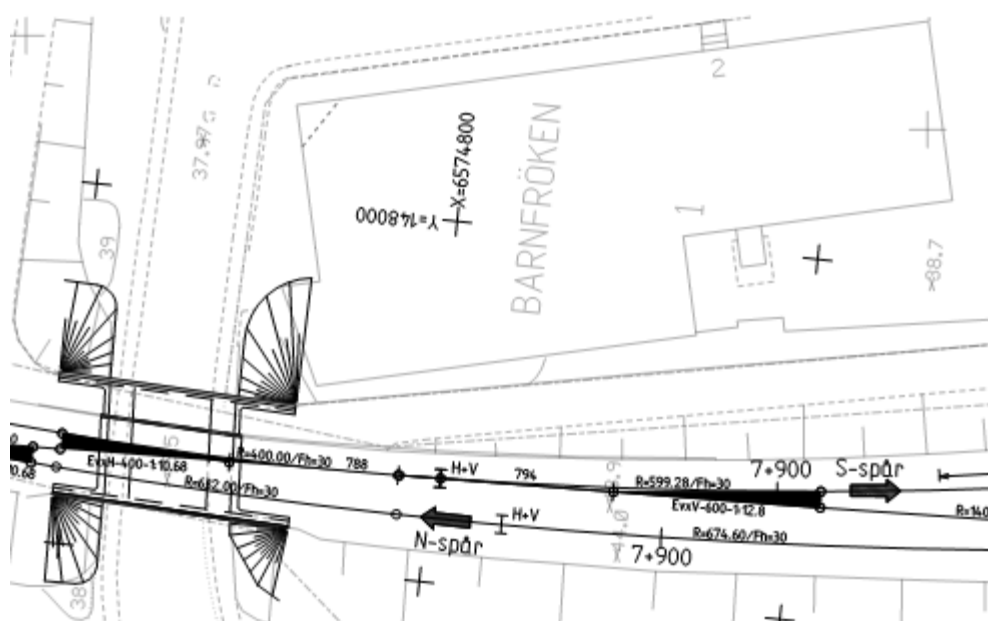
Vid en urspårning kommer ett eller flera hjulpar hoppa av rälsen. Den absoluta merparten av urspårade vagnar stannar kvar på samma plats som urspårningen inträffade men kopplingen till rälsen förloras för ett eller flera hjulpar. Om de urspårade hjulparen hamnar utanför de sliprar som rälna är fastsatta i kommer hjulen att sjunka ner i makadamen (ballasten). Om hastigheten vid urspårningstillfället är hög kan den urspårade vagnen forcera både ballast och stödmur.

Ett urspårat tåg hamnar sällan längre från spåret än en vagnslängd. De allra flesta urspårningar innebär dock att endast ett hjulpar hoppar av rälsen. Tunnelbanans tåg består av lite äldre tågset (Cx) samt nyare tågset (C20). De äldre vagnarna är sammankopplade till åttavagnståg där varje vagn är 17,6 meter lång. De nya vagnarna är 46,5 meter långa och är sammankopplade till två- eller trevagnståg.

Enligt uppgifter från Trafikförvaltningen har ingen urspårning inträffat i tunnelbanan där tåget har lämnat spårområdet sedan tunnelbanetrafiken startades på 1950-talet /9/. Sedan 1999 samlas statistik över olika händelser in. Under den perioden registrerades 21 urspårningar i tunnelbanan, samtliga inträffade i mycket låg fart och merparten var med spårgående arbetsfordon nattetid. Det har även hänt att tunnelbanetåg har spårat ur i samband med växling på depåer. Detta har då skett i mycket låg hastighet (5 km/tim).

I höjd med planområdet finns två växellägen (se figur 4.1). Enligt Trafikförvaltningen /10/ fungerar växlar på samma sätt som urspårningsräler, dvs. de hjälper till att styra eventuellt avhoppade hjulpar så att de inte hamnar utanför rälskant.





Figur 4.1. Spårplan för tunnelbanan förbi planområdet.

Tillåten hastighet på spåren i höjd med planområdet är 65 km/tim, men eftersom spåret närmast planområdet går in mot stationen är den tillåtna hastigheten 50 km/tim på detta spår /10/. Det finns säkerhetssystem som hindrar tåget att köra i högre hastighet.

Med hänsyn tagen till tidigare inträffade urspårningar, växellägen, hastighet, stödmur etc. så bedöms sannolikheten för att en urspårning som leder till att ett tåg hamnar utanför spårområdet på aktuell sträcka vara extremt låg. Med tanke på den utveckling som har skett avseende säkerhet i tekniska system och vagnar så bedöms sannolikheten för urspårning även bli lägre i framtiden jämfört med hur det har sett ut sedan tunnelbanan togs i drift på 1950-talet.

Om en vagn ändå skulle spåra ur, hamna utanför räls och slipers, forcera stödmuren, passera gång- och cykelvägen och träffa byggnaden så bedöms endast lokala byggnadsskador kunna uppstå. Kraften bör vara begränsad med vilken vagnen i sådant fall träffar byggnaden, vilket bland annat beror av att banan går i princip i raksträcka utmed planområdet, den reducering av hastighet som kommer att ske till följd av passage över ballast, stödmur och GC-väg samt att den del av tåget som inte har spårat ur kommer att hålla emot den urspårade delen. Är det en vagn i mitten som spårar kommer både fram och bakdel av den urspårade vagnen att hållas emot av omgivande vagnar.

Tågvikten är lägre än för gods- och persontåg som trafikerar vanliga järnvägssträckor. Ett urspårat tåg bedöms därför inte hamna lika långt från spåret samt medföra mindre påverkan vid en eventuell kollision än för motsvarande händelse på "vanliga" järnvägssträckor.

Påverkan mot människor inom planområdet kan inte uteslutas, även om den bedöms bli liten, och scenariot bör därför studeras vidare i en detaljerad analys.

## Tågbrand

Konsekvenserna av en tågbrand beror av vad det är som brinner och vart i tåget. Förarhytterna i tunnelbanans C20-tåg är utförda i plast så en brand som uppkommer mellan vagnarna kan bli relativt omfattande. Utformningen av persontåg följer strikta regler för att reducera risken för omfattande bränder med hänsyn till resenärernas säkerhet. Rutinen vid brand är också att köra tåget till närmaste station så att resenärerna akan utrymma på ett säkert sätt.

Skadeområdet vid brand i ett tunnelbanetåg bedöms vara begränsat. Med hänsyn till det korta avståndet mellan tunnelbanan och planområdets norra del bedöms en brand kunna innebära risk för brandspridning till planområdet.

Olycksrisken bör därför studeras i en mer fördjupad riskanalys med avseende på påverkan på risknivån inom planområdet.

## 4.4 Slutsats inledande riskanalys

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

- Olycka vid transport av farligt gods på E4/20 Södertäljevägen
  - Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)
  - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
  - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
  - Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartat självantändning (klass 5)
- Olycka vid tunnelbanans röda linje
  - Urspårning
  - Tågbrand

En fördjupad analys av ovan redovisade scenarier redovisas i avsnitt 5.

## 5. Fördjupad riskanalys

### 5.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

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

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

### 5.2 Sammanvägning av risk

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

#### 5.2.1 Individrisk

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

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

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

#### 5.2.2 Samhällsrisk

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

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

Acceptanskriterierna för samhällsrisk avser 1 km<sup>2</sup> med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km järnväg respektive väg. Samhällsrisk beräknas därmed för det studerade området samt omgivande bebyggelse. Konsekvensberäkningarna avseende antal omkomna kommer därför att omfatta både det studerade planområdet samt omgivande bebyggelse.

Konsekvenserna kommer att beräknas för planerat utförandealternativ med aktuell bebyggelse och markanvändning inom det studerade området.

#### 5.2.3 Värdering av risk

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

Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. I publikationen *Värdering av risk* /11/ ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, se *Tabell 5.1*.

*Tabell 5.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.*

Riskkriterier	Individrisk	Samhällsrisk för en väg-/järnvägssträcka på 1 km
Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras	$10^{-5}$	$F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1
Övre gräns för områden där risker kan anses vara små	$10^{-7}$	$F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1

Enligt *Tabell 5.1* anges kriterierna i form av en övre och en undre gräns. Risker över den övre gränsen anses som oacceptabla medan risker under den nedre gränsen bedöms som acceptabla.

Området mellan kriterierna benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). I detta område ska man sträva efter att med rimliga medel sänka riskerna, d.v.s. att kostnaderna för åtgärderna ska vara rimliga i förhållande till den riskreducerande effekt som erhålls. För att bedöma rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder bör man därför även beakta begreppet *tolerabel risk*:

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter. De undre av kriteriegränserna nyttjas vanligtvis för bebyggelse där påverkan från externa risker (t.ex. förknippade med transport av farligt gods etc.) ska vara låg. Detta gäller exempelvis för bostäder, hotell och svårutrymda lokaler (sjukhus, skolor och personintensiva lokaler etc.). Jämfört med bostäder bedöms ofta påverkan av externa risker vara något mer tolerabla för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter. Orsaken till detta är främst att dessa typer av verksamheter innebär att personer normalt är vakna, samt att verksamheterna huvudsakligen nyttjas dagtid. För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, accepteras normalt en risknivå som överstiger angivna riskkriterier.
2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Risker inom övre delarna av ALARP bör enbart tolereras om det bedöms vara praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. För risker i de lägre delarna av ALARP bör kraven på riskreduktion inte vara lika hårda, men möjliga åtgärder ska dock fortfarande beaktas. I de flesta fall anses risknivån vara acceptabel även om den hamnar inom ALARP-området, förutsatt att de åtgärder som bedöms vara rimliga ur ett kostnads-/nyttoperspektiv vidtas.
3. Slutligen bör riskvärderingen beakta hur stor påverkan som den aktuella förändringen har på den totala risknivån. Detta avser främst samhällsrisk där det studerade planområdet normalt utgör en mycket liten del. Värderingen av samhällsrisk utgår därför inte enbart från de angivna riskkriterierna utan även från en jämförelse mot risknivån om den planerade ändringen inte genomförs.

#### 5.2.4 Hantering av osäkerheter

Det finns stora osäkerheter när det gäller indata och underlag i den här typen av analyser. För att hantera vissa av dessa osäkerheter görs en känslighetsanalys där indata varierar på olika sätt. Genom känslighetsanalysen skapas en så fullständig bild av risknivån som möjligt.

### 5.3 Resultat av riskberäkningar

#### 5.3.1 Individrisk

##### Beräkning

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

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

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

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

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

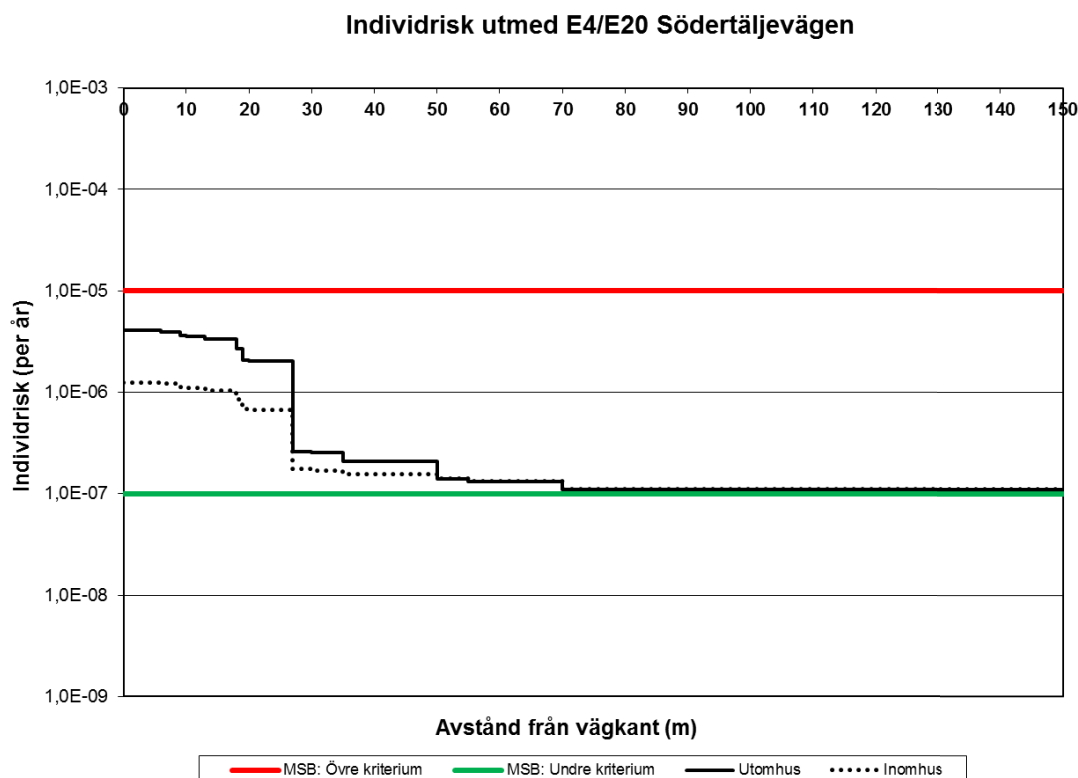
3. För vissa olycksscenarier förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) blir skadeområdet inte cirkulärt. Detta innebär i sin tur att det inte är givet att en person som befinner sig inom det kritiska området omkommer. För dessa scenarier reduceras frekvensen ytterligare med avseende på gasplymens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

##### Resultat

Nedan redovisas beräknade risknivåer. Individrisken har beräknats utmed E4/20 Södertäljevägen. Samhällsriskens beräknas för båda de studerade riskkällorna.

Avståndet i figurerna utgår från närmaste väggkant respektive spårmittpunkt.

Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed E4/20 Södertäljevägen samt tunnelbanans röda linje. Individrisken presenteras dels för oskyddade personer utomhus och dels för personer inomhus (se figur 5.1).



Figur 5.1. Individrisk utmed E4/20 Södertäljevägen.  
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

### 5.3.2 Samhällsrisk

Beräkning av samhällsrisk

Samhällsrisknivån presenteras som en F/N-kurva, vilket anger den kumulativa frekvensen för N, eller fler än N, antal omkomna inom det studerade området till följd av olycka vid de aktuella riskkällorna. I bilaga B redovisas omfattningen av det studerade området, vilket omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Samhällsriskens beräknas för planerad markanvändning inom det aktuella området, vilken också motsvarar nuläget markanvändning.

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

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

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

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

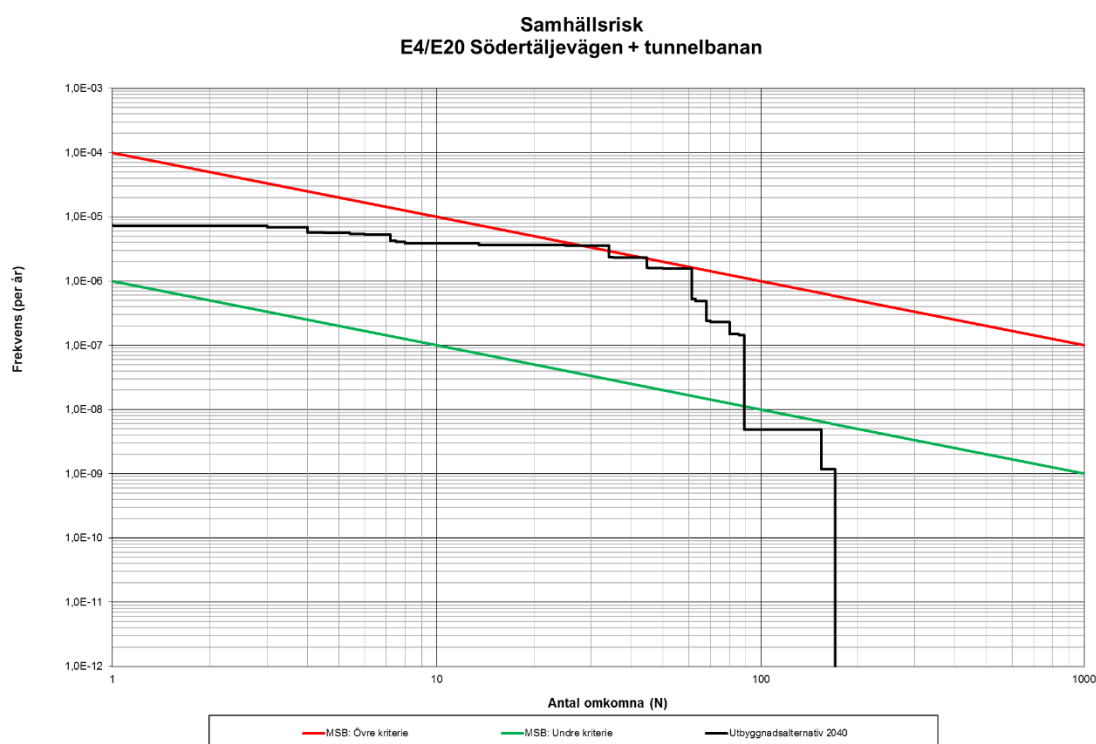
Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden på motstående sida om de studerade riskkällorna kan konsekvenserna bli annorlunda om olyckan riktas åt motsatt håll. Vid sammanställningen av samhällsrisk för de studerade riskkällorna antas dock att konsekvenserna kan inträffa oavsett åt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

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

## Resultat

I figur 5.2 redovisas den beräknade samhällsrisk utmed E4/20 Södertäljevägen samt tunnelbanan. Beräkningarna har gjorts för en uppskattad framtida trafiksituation år 2040.

*Observera att beräkningarna är genomförda så att alla olyckor förväntas ske på körbanan närmast planområdet, dvs. att all trafik går på närmaste körbanan. Hälften av trafiken (och olyckorna) sker på den norra körbanan som ligger ytterligare 20 meter från planområdet.*



Figur 5.2. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med studerade riskkällor. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)

## 5.4 Värdering av risk

### 5.4.1 Individrisk

Avståndet mellan planområdet och E4/E20 Södertäljevägen är som minst ca 50 meter. På detta avstånd är individrisken låg och ligger längst ner i ALARP både avseende individrisk inomhus och utomhus. Risknivåer inom ALARP ska man sträva efter att sänka. Det kan således föranleda behov av säkerhetshöjande åtgärder. Ett resonemang och förslag på åtgärder redovisas i avsnitt 6.

Ingen beräkning av individrisken utmed tunnelbanan har gjorts. Detta beror bland annat på att det inte finns statistiskt underlag och modeller för att redovisa risken på olika avstånd. Utifrån beräkningar och bedömningar i bilaga A och B konstateras att individrisken inom planområdet är mycket låg. Ingen bedöms omkomma inom planområdet till följd av urspärning eller brand.

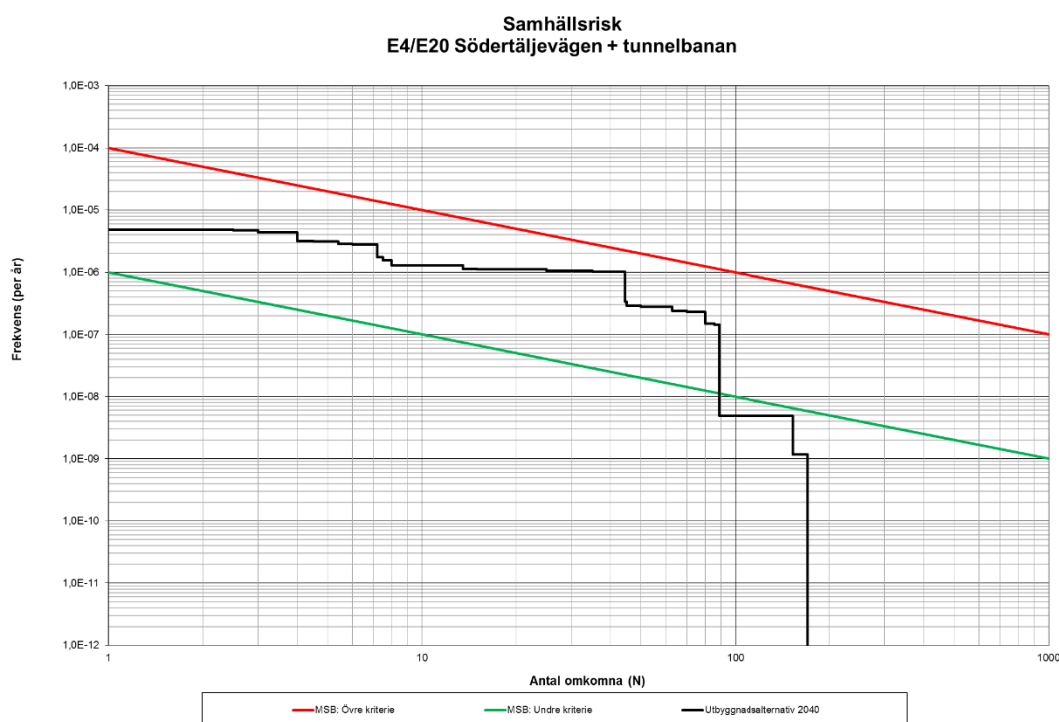
### 5.4.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk utmed E4/E20 Södertäljevägen är hög och tangerar den övre gränsen för när risker anses oacceptabla. Eftersom detaljplanen inte medför några förändringar inom området redovisar samhällsrisknivån i området med prognostiserad trafik 2040. Med avseende på **samhällsrisk** föreligger därför ett behov av åtgärder för att sänka risknivån. Det är främst olyckor som leder till gasmolnexplosion som bidrar till den höga risknivån.

Påverkan på risknivån från tunnelbanan är mycket liten, framförallt med hänsyn till den låga sannolikheten för olyckshändelse. Behov och omfattning av åtgärder utreds ändå i avsnitt 6.

I figur 5.3 redovisas samhällsrisknivån med scenariot stor gasmolnexplosion borttaget. Åtgärder som minimerar påverkan från en gasmolnexplosion bör således undersökas.





Figur 5.3. Samhällsrisken med scenariot stor gasolnsexplosion borttaget.

## 5.5 Hantering av osäkerheter

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

- Frekvensberäkningarna har utförts med schablonmetoder.
- Uppskattad mängd och antal transporter med farligt gods förbi planområdet är osäkert och utgår från nationell statistik.
- Val av olycksscenarier
- Uppskattat personantal

För att ta hänsyn till de osäkerheter som förenklingar och antaganden innebär används överlag konservativa uppskattningar. Sammantaget kan sägas att de uppskattningar och förenklingar som görs vid beräkning av risken med stor sannolikhet ger en överskattning av risknivån. Utförda antaganden innebär att hänsyn tas till ingående osäkerheter i analysen.

## 5.6 Risknivå – utvecklat resonemang

I detta avsnitt redovisas ett utvecklat resonemang kring beräknad risknivå samt risknivån i området. Detta resonemang finns sedan tidigare redovisat i ett separat PM som togs fram som svar på inkomna yttranden /12/.

### 5.6.1 Förutsättningar

Minsta avstånd mellan E4 och aktuell byggnad är 48 meter och endast ca en tredjedel av byggnaden ligger inom 75 meter från närmaste väggkant på E4 (se figur 5.4). Det innebär att ca två tredjedelar av byggnaden inklusive huvudentré och skolgård ligger på mer än 75 meters avstånd, vilket är i enlighet med Länsstyrelsens rekommendationer.



Figur 5.4. Avstånd mellan E4 och Kunskapsskolan.

Mellan E4 och planområdet finns ett avåkningsräcke, ett dike, en vall med bullerplank samt en lokalgata. Vall plus plank har tillsammans en höjd av ca fyra meter. På båda sidor om bullerplanket växer träd som är ca två meter högre än bullerplanket (se figur 5.5).



Figur 5.5. Körbanan närmast planområdet på E4. Vyn är söderut. Planområdet ligger ca 40 meter vänster om bullerplanket. (källa: Google Maps)

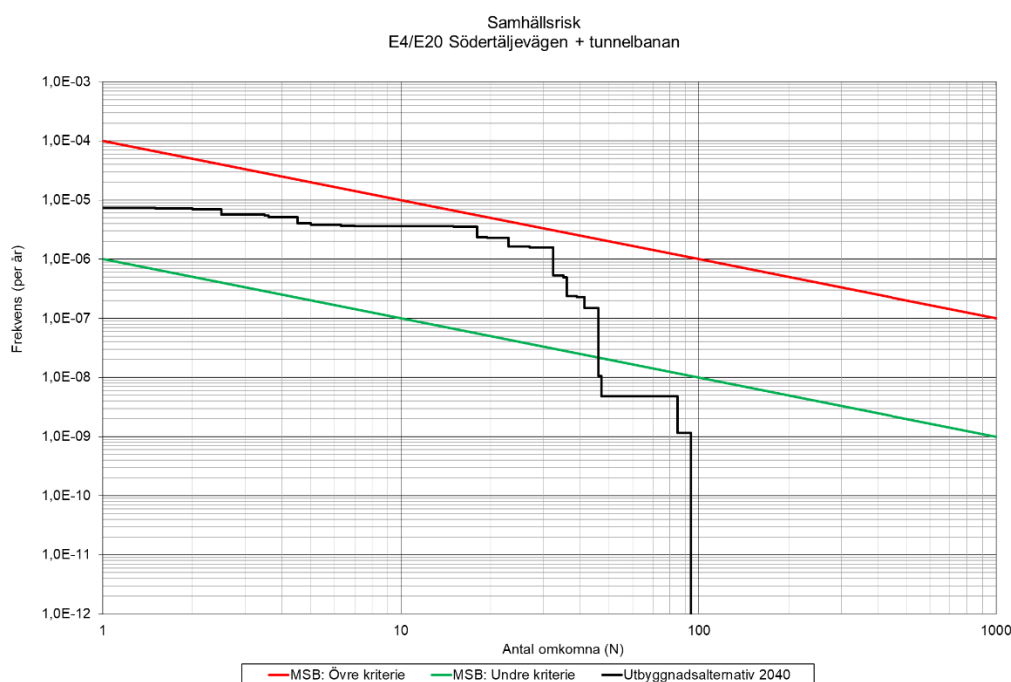
Topografi och utförande närmast vägen innebär bland annat följande riskreducerande effekt vid olycka på E4:

- Varken fordon eller vätskeläckage kan hamna närmare planområdet än dikets placering
  - Det innebär t.ex. att ett antänt läckage av brännbara vätskor inte kommer att påverka planområdet.
- Tunga gaser (t.ex. gasol) kommer till stor del hålla sig inom vägområdet då spridning i höjddled försvåras av topografi och träd.
- Spridning av lätta gaser (t.ex. biogas) kommer att dämpas till följd av både topografi och träd. Gasmolnet kommer till viss del att splittras.
- Vallen kommer att innebära en viss, om än liten, dämpande effekt på spridning av en tryckvåg

Den aktuella byggnaden är huvudsakligen i två plan men i hörnet närmast E4 och tunnelbanan finns ytterligare en till två våningar. Denna del har tidigare använts av en extern verksamhet, men står nu oanvänd. Kunskapsskolan vill gärna integrera lokalen i deras verksamhet. Detta kommer öka möjligheten att uppfylla kravet på trygg utrymning från hela byggnaden vid olycka på tunnelbanan eller E4.

#### 5.6.2 Samhällsrisk

I avsnitt 5.4.2 redovisas beräknad risknivå för en framtida trafiksituation 2040. Vid genomgång av beräkningsmodellen i samband med arbetet med separat PM /12/ identifierades en felaktig länkning som innebär att antalet personer fördubblats inom planområdet (900 personer istället för 450 personer). Den justerade riskkurvan redovisas i figur 5.6.

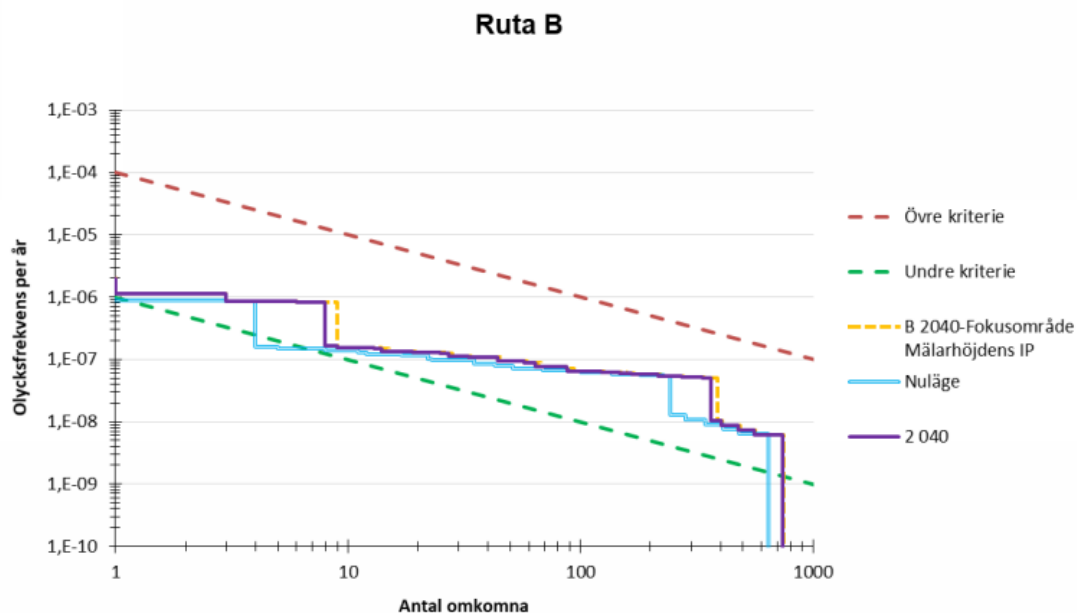


Figur 5.6. Justerad samhällsrisk med rätt personantal (450 personer) inom planområdet.

Stockholms stad har låtit ta fram en riskanalys för Södertäljevägen från trafikplats Bredäng till Gröndal, Essingeleden och Södra länken /13/. Analysen har tagits fram med syfte att belysa risksituationen utmed aktuella vägsträckor som underlag till framtida exploateringar. I analysen redovisas och tas hänsyn till samtliga kända framtida och pågående exploateringar. Det innebär bland annat att pågående verksamhet inom planområdet är beaktad i Stockholms stads analys. I analysen har risknivå räknats fram för olika delsträckor, däribland sträckan utmed aktuellt planområde.

Beräknad samhällsrisknivå för den aktuella delsträckan redovisas i figur 5.7. Beräknade risknivåer förutsätter inte några säkerhetshöjande åtgärder.

Samhällsrisken är lägre än ovan redovisade (se figur 5.6) trots att det är samma vägsträcka som har analyserats. Skillnaderna beror bland annat på olika antaganden kring persontäthet, beräknade skadeområden samt effekt av barriärer (skyddsvall + bullerplank, avskärmande bebyggelse).



Figur 5.7. Beräknad samhällrisk i höjd med aktuellt planområde utifrån Stockholms stads riskanalys /13/. Utan åtgärder.

Att de båda riskkurvorna skiljer sig beror bland annat på att olika antaganden gjorts, bland annat har betydligt lägre skadeområden för olycka med brännbar gas använts i Stockholms stads analys än den för kv Barnfröken. Antalet omkomna varierar också och beror på vart på den aktuella sträckan en tänkt olycksplats förutsatts samt vilken sida av vägen "riktade" olyckor antagits påverka. I analysen för kv Barnfröken har en olycka antagits ske mitt för planområdet samt att alla riktade olyckor drabbat planområdet. Ingen dämpande effekt har förutsatts av bullervall, bullerplank eller vegetation.

## 6. Säkerhetshöjande åtgärder

Enligt genomförd analys konstateras att risknivån utmed E4/E20 Södertäljevägen är så hög att det finns behov av riskreducerande åtgärder.

Endast olyckor med större skadeavstånd än ca 45 meter kan påverka planområdet. Det innebär att olyckor med brännbara vätskor samt små utsläpp av gas och mindre explosioner inte kommer att påverka risknivån inom planområdet. Olyckor som kan påverka risknivån är:

- Explosion: innebär tryckpåverkan som kan skada konstruktioner och glas. Människor dör framförallt till följd av skada på byggnad eller att byggnadsdelar slungas iväg.
- Gasmolnexplosion: innebär mycket kortvarig brandpåverkan i kombination med visst tryck (lägre än vid explosion)
- Jetflamma: innebär en eldkvast från den skadade delen av tankbilen. bullervallen och planket kommer till stor del att skärma av påverkan från en jetflamma.
- BLEVE: olyckan kan medföra både värmepåverkan och tryck (lägre än vid explosion)
- Giftig gas: spridningen av gasen kommer försvåras, men inte hindras helt, till följd av bullervall, bullerplank samt vegetation.

Enligt genomförda beräkningar konstateras att det är olyckor med läckage och antändning av brännbar gas (klass 2.1) som har störst påverkan på risknivån. Övriga olyckor innebär var för sig ett litet, men begränsat, bidrag till risknivån. Det inkluderar även olycka på tunnelbanan.

Behov finns även av att undersöka möjliga åtgärder med hänsyn till urspårning och brand i tunnelbanan även om dessa scenarier medför en mycket begränsad påverkan på risknivån.

I detta avsnitt redovisas en sammanställning och en bedömning över möjliga åtgärder.

### 6.1 Allmänna åtgärder

#### 6.1.1 Placering av verksamheter

Vid lokalisering i ett utsatt område bör man alltid sträva efter att lokalisera bebyggelsen på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se 1.5.1) bör användas som riktvärden för placering av verksamheter. I centrala områden där det är ont om mark kan detta dock vara svårt.

#### E4/E20 Södertäljevägen

*Ingen förändring planeras i bebyggelsen inom planområdet. Avståndet till E4/E20 Södertäljevägen är som minst ca 50 meter, vilket innebär ett avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd på 75 meter. Någon justering av placering av bebyggelsen är inte aktuell. För att hantera avsteget rekommenderas därför att byggnadstekniska åtgärder undersöks.*

#### Tunnelbanan

*Det kortaste avståndet mellan spår och byggnad är 7-7,5 meter. Det finns inga rekommenderade skyddsavstånd till tunnelbanespår. Beräkningarna visar att skada på byggnaden till följd av urspårning kan ske. Möjliga åtgärder bör därför undersökas.*

#### 6.1.2 Utformning av obebyggda ytor

Utformningen av obebyggda områden i anslutning till riskkällor bör göras med hänsyn tagen till den förhöjda risknivån. Detta gäller främst för områden mellan ny bebyggelse och riskkällan. Detta område bör inte utformas så att de uppmuntrar till stadigvarande vistelse.



E4/E20 Södertäljevägen

Områden utomhus utgörs framförallt av skolgården som ligger skyddad bakom skolbyggnaden. Avståndet till skolgården från vägen är som minst 95 meter. Markområden utomhus mot E4 är inte utformade för att människor ska upprätthålla sig där. Det rör sig dessutom om en begränsad yta som ligger inom planområdet.

Ovanpå byggnadsdelen närmast E4 mot Ellen Keys gata finns idag en ca 100 m<sup>2</sup> stor terrass. Terrassen kan antingen utrymmas in i byggnaden eller via spiraltrappa utmed fasad mot E4. Generellt är sannolikt persontätheten på terrassen begränsad under mertiden av ett år, men kan säkerligen vara relativt tät befolkad vid särskilda tillfällen. Sannolikheten för att det ska ske en olycka när det är mycket människor på terrassen är låg. Uppskattningsvis är det fler än bara enstaka rökare på terrassen maximalt vid ca 20 tillfällen per år (skolan har stängt på sommaren) och då i samband med raster. Barriären närmast E4 kommer också innebära ett visst skydd mot flera av de olyckor som har stora skadeområden. Möjlighet att ta sig in i byggnaden finns, avståndet är aldrig längre än maximalt 10 meter. För att skydda terrassen kan exempelvis ett plank mot E4 uppföras. Det ger dock en begränsad effekt när det gäller att skydda människor mot brännbara gaser. Andra åtgärder kan vara att enbart låta personal ha tillgång till terrassen eller inte låta någon ha tillgång till den. Att begränsa användningen av terrassen har en begränsad effekt på samhällsriskerna.

Utifrån ovanstående görs bedömningen att några ytterligare åtgärder för att förhindra att människor vistas mot E4 bedöms inte är nödvändiga. Det är dock viktigt att åtgärder som lockar dit folk inte vidtas. När det gäller terrassen så bedöms dess placering eller användning ha en mycket begränsad påverkan på risknivån. En åtgärd som eventuellt skulle kunna vara rimlig är att endast ge personal tillgång till terrassen. Några andra åtgärder för att hindra människor att vistas nära vägen än de som planförslaget redan avser införa är inte nödvändiga.

Tunnelbanan

Avstånd mellan spår och ytor för vistelse utomhus inom planområdet är som minst ca 16 meter. Detta bedöms utifrån genomförda beräkningar vara ett tillräckligt stort skyddsavstånd. Ytterligare åtgärder eller skyddsavstånd till ytor utomhus inom planområdet är inte nödvändiga att vidta.

## 6.1.3 Utformning av byggnader

Utrymningsstrategin för ny bebyggelse i anslutning till riskkällan kan behöva utformas med beaktande av möjliga olyckor. Detta innebär att utrymningsvägar ska dimensioneras och utformas så att utrymning kan ske tillfredställande även vid en olycka på E4/E20 Södertäljevägen eller tunnelbanan.

E4/E20 Södertäljevägen och tunnelbanan

Byggnaden är utformad så att det finns utrymningsmöjlighet i samtliga väderstreck vilket möjliggör för utrymning bort både från E4/E20 Södertäljevägen och tunnelbanan. Ytterligare åtgärder avseende utrymning bedöms inte vara nödvändiga.

*Den uthyrbara delen har två utrymningsvägar som båda ligger i den västra fasaden, dvs. mot tunnelbanan. Dessa ligger dock med avstånd från varandra. Utrymning bör därför kunna ske i trygghet även vid en olycka på tunnelbanespåren. Den uthyrbara delen har idag huvudentré mot E4 (se figur 2.3). Om lokalen integreras i skolans verksamhet kommer den huvudentrén omvandlas till att enbart utgöra utrymningsväg. Om lokalerna hyrs ut till kontorsändamål bedöms det vara acceptabelt med en huvudentré mot E4. Bedömningen baseras på att verksamheten då uppfyller Länsstyrelsens riktlinjer avseende skyddsavstånd samt att den befintliga bullervallen ger ett skydd.*

*Andra sätt att hindra människor att vistas nära vägen är att planera byggnaden så att ytor närmast vägen utgörs av exempelvis förråd. Enligt resonemang ovan är det brandspridning in via fönster eller gasspridning in via ventilationssystemet som kan skada människor till följd av olycka med brännbar gas (övriga olyckor har begränsad påverkan på risknivån). Om åtgärder för fönster och ventilationen vidtas (se nedan) kommer påverkan på människor inomhus vara begränsad. Effekten av att uppföra "buffertzoner" inomhus blir därmed liten.*

## 6.2 Byggnadstekniska åtgärder:

Enligt ovan innebär detaljplanen en bebyggelsestruktur inom planområdet som innebär att Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd mellan E4/E20 Södertäljevägen och skolbyggnaden underskrids. För att acceptera detta kan kompletterande byggnadstekniska åtgärder behöva vidtas. Åtgärder kan också vara nödvändiga med hänsyn till närheten till tunnelbanan. Påverkan på risknivån från denna är dock mycket begränsad.

Nedan redovisas diskussioner kring behovet av åtgärder utifrån respektive olycksrisk:

### 6.2.1 Skydd mot explosion

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

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

*För att kunna reducera konsekvenserna av en explosion utan byggnadstekniska åtgärder krävs stora skyddsavstånd mellan bebyggelse och riskkälla. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd bedöms innebära ett begränsat skydd mot stora explosioner (> 1-2 ton massexplosion).*

*Konsekvenserna kan även reduceras genom att konstruera byggnaderna med hänsyn till höga infallande tryck. Exempelvis kan man dimensionera stommen för en ökad horisontallast samt bygga en rasdämpande stomme. Detta ställer krav på seghet/deformationsförmåga i stommen samt att stommen klarar bortfall av delar av bärningen. Att dimensionera byggnaders stommar innebär bland annat begränsning i byggmetod och materialval för ny bebyggelse samt är osäkert om det ens går att lösa i befintliga byggnader. Att enbart dimensionera stommen med hänsyn till explosion innebär också en begränsad påverkan på konsekvenserna vid en explosion eftersom åtgärden tillåter att icke bärande väggar och*



fasadelement får gå sönder. Vid en explosion är det troligt att dessa kommer att skada människor som är inuti byggnaderna och i anslutning till dessa utomhus.

Ytterligare säkerhetshöjande åtgärder är att utföra fönster med härdat och/eller laminerat glas alternativt trycktåligt glas. Detta förhindrar att människor innanför fönster skadas till följd av att glas trycks in i byggnaden till följd av tryckvågen. Att dimensionera fönster så att de tål tryck kan innebära höga kostnader. Fönster som utförs med härdat och laminerat glas kostar ungefär lika mycket som vanliga glas och ger en viss skyddande effekt vid explosioner.

Andelen transporter med explosivämnen är mycket begränsade och olycka med dessa ämnen innebär en begränsad påverkan på risknivån. Sannolikheten för en större explosion bedöms därför vara extremt låg, vilket dels beror på mycket begränsade transportmängder av explosiva ämnen och dels de hårda regler som gäller för transporter av dessa ämnen.

Ovanstående åtgärdsförslag är mycket svåra att vidta i befintlig bebyggelse och innebär mycket stora kostnader. Med hänsyn till den mycket låga påverkan på risknivån bedöms det inte vara rimligt att vidta byggnadstekniska åtgärder för explosioner vid olycka med klass 1 och 5 inom aktuellt område.

Enligt genomförda riskberäkningar så innebär olycka som leder till stor gasmolnsexplosion ett betydande bidrag till samhällsriskerna inom det studerade området. Med hänsyn till detta rekommenderas att åtgärder vidtas som begränsar konsekvenserna av stor gasmolnsexplosion. För att skydda mot skador inomhus ska därför glaspartier och fönster i fasad som vetter mot E4/E20 Södertäljevägen utgöras av glas som förhindrar omfattande splitterverkan vid stor gasmolnsexplosion. Den dynamiska lasten mot fasad som vetter mot vägen vid en stor gasmolnsexplosion på den aktuella sträckan kan uppnå ett övertryck på upp till 2,5 kPa och en impulstäthet på ca 300 Pas (dynamisk last). Hänsyn ska tas till den dämpande effekten av bullervall och bullerplank. Grovt innebär kravet (utan hänsyn tagen till den dämpande effekten av bullervall och plank) att fönster utförs i explosionsresistent klass ER1 enligt EN 13541 upp till 50 meter och med härdade och laminerade glas över 50 meter.

### 6.3 Skydd mot gaser

För att reducera sannolikheten för att brandgaser samt brännbara och giftiga gaser tar sig in i byggnader kan ventilationssystemet utformas så att:

- friskluftsintag för lokaler där personer vistas stadigvarande placeras mot en trygg sida, det vill säga bort från riskkällan.
- det på ett enkelt sätt kan stängas, av t.ex. fastighetsskötare genom exempelvis central nödavstängning

Åtgärden innebär normalt en låg kostnad vid nyproduktion men är svårare att genomföra i befintlig bebyggelse.

Eftersom det finns mycket begränsat med yta utomhus inom planområdet mot E4 är åtgärder för att skydda människor utomhus verkningslösa. Åtgärder bör därför syfta till att hindra inläckage av gas. Detta kan göras genom att inte ha öppningar som exponeras mot vägen inom möjligt spridningsområde (ca 200 meter). Länsstyrelsen anger dock i sina rekommendationer att skola generellt kan lokaliseras 75 meter från en transportled för farligt gods. Inga lokala förutsättningar har identifierats som medför ett ökat behov av skyddsavstånd. Tvärtom innebär bullervallen, planket och vegetationen ett visst skydd vilket skulle kunna tala för en möjlighet att minska behovet av skyddsavstånd. Vi utgår dock från att risknivån bör kunna accepteras på avstånd över 75 meter från vägen.

*Inom 75 meter bör inga öppningar som exponeras mot vägen finnas. Öppningar omfattar främst ventilationsintag men kan även utgöras av öppna fönster. Fönster står dock öppna under en liten andel av ett år och spridning in via fönster medför enbart en lokal påverkan medan spridning via ventilationssystemet kommer att kunna påverka hela byggnaden.*

*I aktuellt fall är ventilationsintaget placerat på tak 58 meter från E4, vilket innebär att det utifrån ovanstående resonemang är placerat 17 meter närmare E4 än rekommenderat skyddsavstånd. I och med att byggnaden är befintlig går det inte att flytta ventilationsintaget. En förlängning av intaget skulle kunna göras så att luft tas längre bort på taket eller från någon av långsidorna. Kostnaden för detta är 150 000-200 000 kr.*

*I ventilationsintaget finns rökdetektorer som innebär att ventilationsintaget kommer att stängas av vid en detekterad brand.*

*Det finns också möjlighet att placera en nödbrytare till ventilationen i skolans reception som är bemannad när det är elever i byggnaden.*

*I och med att ingen nyproduktion genomförs är möjligheten att utforma ventilationen utifrån eventuella risker med gasutsläpp begränsad. Med tanke på den dämpande effekt som bullervall, plank och vegetation medför bör ett kortare avstånd än 75 meter kunna accepteras. Placeringen av ventilationsintaget 58 meter från vägen innebär ingen omfattande ökning av skador till följd av inläckage av gas. Placering av en nödbrytare i skolans reception i kombination med befintlig rökdetektion bör vara en rimlig åtgärd att vidta i förhållande till riskbidraget från händelsen.*

*Detaljplanen kommer enbart vara giltig under 10 år. Sannolikheten för att en stor gasolycka sker under denna period är extremt låg.*

#### **6.4 Skydd mot brand**

För att minska sannolikheten att en brand på intilliggande väg (olycka med brännbar gas) eller tunnelbanan sprider sig in i byggnad inom planområdet innan människor i byggnaden har hunnit utrymma kan behov av åtgärder föreligga. Som ett riktvärde bör brandspridning begränsas i åtminstone 30 minuter. Krav på att förhindra brandspridning gäller normalt fasad, fönster och glaspartier. Exempelvis kan fönster utföras så att de är intakta och sitter kvar under hela brandförloppet genom att använda brandklassade, härdade eller laminerade glas.

##### E4/E20 Södertäljevägen

*En olycka med brandfarlig vätska påverkar inte planområdet på grund av det stora avståndet. Olycka som kan påverka omfattar framförallt brännbara gaser.*

*Vid utvändig brand kan spridning ske via fasad, fönster och ventilationsöppningar. Vid olycka med brännbar gas är brandförloppet mycket kortvarigt förutom för jetflamma vars påverkan starkt kommer att begränsas av bullervallen och bullerplanket.*

*Befintlig fasad består av obrännbart material. En brand kommer därför inte att spridas via fasaden. Fasaden kommer också att hindra en brand att spridas in med hänsyn till brandens korta varaktighet.*

*Fönster är utförda med vanligt fönsterglas. Fönsterytan mot vägen utgör en liten andel av den totala fasadytan. Även en kortvarig brand kan dock innebära risk för brandspridning in via fönster. Fönster och glaspartier i den norra fasaden mot E4/E20 Södertäljevägen rekommenderas därför att utföras med hänsyn till risken för olycka med brännbar gas. Normalt rekommenderas brandglas i brandteknisk klass EW 30. Brandglas klarar dock inte tryck vidare*

bra, vilket innebär en konflikt med kravet på åtgärd med hänsyn till tryck från en gasmolnexplosion (se avsnittet om explosion).

Brandglas (EW 30) innebär en kostnad på ca 4 000 kr/m<sup>2</sup>. Vanligt fönsterglas kostar ca 300 kr/m<sup>2</sup>. Grovt uppskattat rör det sig om ca 25-30 m<sup>2</sup> glas i fasaden mot E4, vilket skulle innebära en extra kostnad på ca 100 000-120 000 kr enbart för glaset.

Utifrån ovanstående görs bedömningen att någon form av skydd mot brandspridning via fönster är lämplig i fasaden mot E4. Utifrån beräkningar av värmestrålning är det tillräckligt att glaset klarar 300 grader i minst 10 minuter för att människor ska hinna sätta sig i säkerhet. Eftersom både gasmolnexplosion och BLEVE förutom värmestrålning även innebär visst tryck är risken att trycket krossar glaset och att skyddet mot brand därmed försvinner. Glaset bör därför även utföras så att de är intakta vid tryck motsvarande en stor gasmolnexplosion på E4.

Aktuella fönster får vara öppningsbara om inte krav på brandglas ställs enligt Boverkets byggregler.

## Tunnelbanan

Sannolikheten för att en fullt utvecklad brand inträffar i höjd med planområdet är extremt låg. Påverkan på risknivån från scenariot är mycket begränsad då både frekvensen av scenariot är låg och ingen människa bedöms omkomma inom planområdet. Nyttan av att införa brandglas bedöms vara mycket begränsad och är inte motiverat med hänsyn till den begränsade riskreducerande effekten.

### 6.4.1 Skydd mot urspårning

Ett urspårat tåg kan enligt bilaga B orsaka skada på byggnadsdelar närmast spåret (inom ca 8,5 meter). Enligt bilaga A är sannolikheten för att ett urspårat tåg hamnar utanför spårområdet extremt låg.

Vid en urspårning kommer hjulen att "hoppa av" rälen och gräva ner sig i makadammet som bygger upp spåret. Stödmurens överkant som ligger ca 30-40 cm över makadammet kommer dämpa farten på ett urspårat tåg. Hastigheten vid urspårningsögonblicket är maximalt 50 km/tim. Om tåget hamnar utanför spårområdet kommer det att åka ner på gång- och cykelvägen vilket ytterligare kommer att dämpa hastigheten. Observeras bör att ingen urspårning där tåget har lämnat spårområdet har skett under de 70 år som tunnelbanan har varit i drift i Sverige.

Urspårningsräler kan inte placeras i växlar vilket innebär att det endast är en kort sträcka där sådana är möjliga utmed planområdet. Enligt Trafikförvaltningen fungerar dessutom växlar som urspårningsräler.

Ett urspårningsskydd i form av högre kantbalk med rätt dimensionering kan förhindra en urspårad vagn att lämna spårområdet. Den typen av åtgärder kan dels medföra ökade risker för resenärer och är dels svåra att vidta i anslutning till befintligt spår eftersom spåruppbyggnadens stabilitet riskerar att försämrats. Det finns inget utrymme utanför spårområdet där ett urspårningsskydd kan uppföras. Åtgärder kan också vidtas i byggnadens konstruktion för att förhindra omfattande skador till följd av påkörning. Bedömningen är dock att eventuella skador kommer bli begränsade (se resonemang under förutsättningar). Eftersom byggnaden är befintlig är det också svårt att vidta åtgärder i byggnadens konstruktion.

Någon åtgärd för att ytterligare hantera risken bedöms inte nödvändig utifrån ovanstående resonemang.

## 6.5 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder

Enligt tidigare visar genomförda beräkningar att det är olyckor med läckage och antändning av brännbar gas (klass 2.1) som har störst påverkan på risknivån. Åtgärder som minskar konsekvensen av olycka med brännbar gas medför därför störst påverkan på risknivån.

För att hantera identifierade risker och sänka risknivån i området rekommenderas att nedanstående åtgärder vidtas.

### E4/E20 Södertäljevägen

- Det ska finnas möjlighet att utrymma mot en sida som inte vetter mot E4/E20 Södertäljevägen.
- Fönster och glaspartier i fasad mot E4/E20 Södertäljevägen ska utformas för att förhindra splitterverkan vid explosion med karakteristiska tryck och impulstäthet motsvarande stor gasmolnsexplosion 50 m från fasaden. Aktuella fönster får vara öppningsbara.
- Fönster och glaspartier i fasad mot vägen inom 50 meter utförs så att de klarar en temperatur på 300°C under ca 30 minuter.

### Tunnelbanan

- Det ska finnas möjlighet att utrymma mot en sida som inte vetter mot tunnelbanan.

#### 6.5.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

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

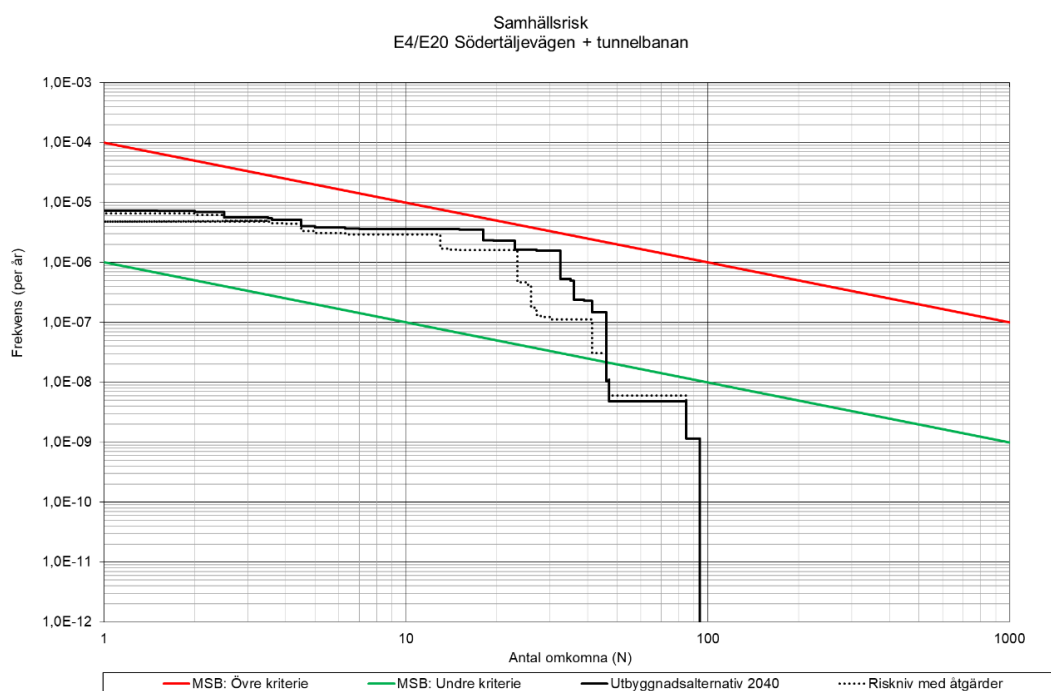
- Begränsning av sannolikheten för att personer utsätts för en förhöjd risknivå under längre tidsperioder genom att tillgodose skyddsavstånd till bebyggelse samt områden med stadigvarande vistelse utomhus.
- Ökat skydd mot olyckor som leder till gasmolnsexplosion genom åtgärder i fönster.

Åtgärdernas påverkan är dock liten eftersom planområdets inverkan på risknivån är begränsad och endast utgör en mycket liten andel av det område som påverkas.

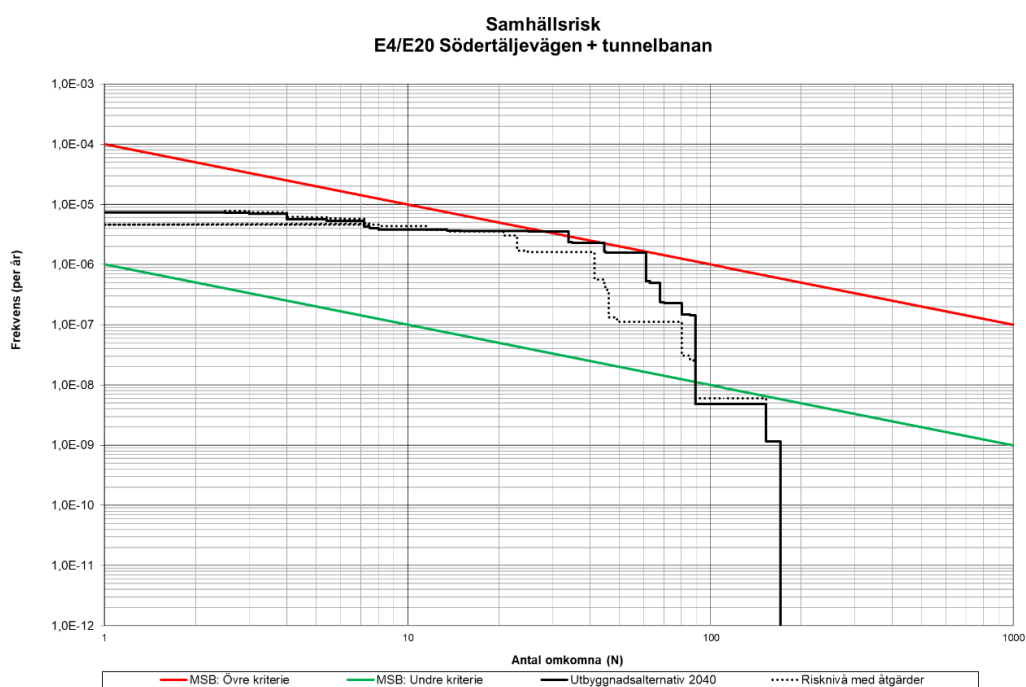
Att beräkna effekten av åtgärder innebär många antaganden, men för att ge en bild av föreslagna åtgärders effekt görs en grov uppskattning. Som underlag till den uppskattningen används följande grova antaganden avseende åtgärdernas effekt:

- Minskad andel omkomna inomhus till följd av
  - o ventilationstekniska åtgärder – 50 %  
*medför även motsvarande effekt på läckage av giftig gas*
  - o fönster utförda med hänsyn till gasmolnsexplosion – 25 %  
*medför även motsvarande effekt på små explosioner (500 kg)*

I figur 6.1 och 6.2 redovisas risknivån med riskreducerande åtgärder enligt ovan (ventilation och fönster) inom planområdet.



Figur 6.1. Risknivå (rätt personantal inom DP) med och utan åtgärder inom planområdet.



Figur 6.2. Risknivå (fel personantal inom DP) med och utan åtgärder inom planområdet.

## 7. Slutsatser

Utifrån genomförd analys konstateras att risknivån utmed E4/E20 Södertäljevägen är hög och att riskreducerande åtgärder är nödvändiga. Störst bidrag till risknivån har scenarier som leder till gasmolnsexplosion.

Tunnelbanans bidrag till risknivån är mycket begränsad.

Genomförandet av aktuell detaljplan påverkar inte risknivån i området eftersom verksamheten finns på platsen idag. Planprocessen innebär dock en möjlighet att bygga in skydd i viss utsträckning varför risknivån inom området kommer att bli något lägre jämfört med nuläget.

Ett förslag på åtgärder som bedöms relevanta att genomföra redovisas i avsnitt 6.3. Observera att detta utgör ett förslag och att det är upp till kommunen att väga olika intressen mot varandra och ta beslut om vilka åtgärder som ska vidtas.

Brandskyddslagets bedömning är att detaljplanen kan genomföras enligt studerat förslag om föreslagna åtgärder vidtas.



## 8. Bilagor

**BILAGA A – Frekvensberäkningar**

**BILAGA B – Konsekvensberäkningar**

## 9. Referenser

---

- /1/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /2/ ADR-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2018:5, 2018För järnväg:
- /3/ Årsmedelsdygnstrafik från stickprov och helårsmätning, i form av tabeller, med hjälp av klickbar karta, Statistik från Trafikverkets hemsida [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)
- /4/ Kv Pucken Västertorp – Trafikbulerutredning, Structor, granskningsversion 2017-09-01
- /5/ 01FS 2014:12 – Länsstyrelsens i Stockholms län sammanställning över vägar och vissa lokala trafikföreskrifter inom Stockholms län; (dnr 2581-1962-2014), mars 2014
- /6/ Analyser av transporter med farligt gods, mätningar utförda i Stockholm under maj och oktober 2015, WSP, 2016-0427
- /7/ Statistikrapporter från Trafikanalys: Lastbilstrafik 2014 (Rapportnr. 2015:21), Lastbilstrafik 2015 (Rapportnr. 2016:27), Lastbilstrafik 2016 (Rapportnr. 2017:14), Lastbilstrafik 2017 (Rapportnr. 2018:13), Lastbilstrafik 2018 (Rapportnr. 2019:13)
- /8/ Kartläggning av farligt godstransporter september 2006, Statens Räddningsverket, 2007 ([www.msb.se](http://www.msb.se))
- /9/ Information från Hans Höwits, säkerhetsstrateg på Trafikförvaltningen i Region Stockholm, 2019-09-06
- /10/ Information från Faegh Adel Pour, teknisk systemstrateg, Trafikförvaltningen i Region Stockholm, 2020-09-02
- /11/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /12/ Kompletterande PM Riskfrågor – Barnfröken 1, Brandskyddslaget, 2020-09-23
- /13/ Samhällsrisk utmed Södertäljevägen (E4/E20) Sträckan trafikplats Bredäng till Gröndalsbron, Stockholm stad, Structor, 2019-09-06

## Bilaga A - Frekvensberäkningar

## Uppdragsnamn

Barnfröken 1

## Uppdragsgivare

Equator arkitekter

## Uppdragsnummer

112597

## Datum

2022-01-07

## Handläggare

Rosie Kvål

## Egenkontroll

RKL

2022-01-07

## Internkontroll

LSS

2019-09-16

## 1. Inledning

I denna bilaga beräknas frekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom studerade områden.

Beräkningarna beaktar följande olycksrisker:

### E4/E20 Södertäljevägen

- Olycka med farligt gods
  - Explosion vid transport av massexplosivt ämne (klass 1.1.)
  - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
  - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
  - Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

### Tunnelbanan

- Urspårning
- Brand

## 2. E4/E20 Södertäljevägen

### 2.1 Indata

Det studerade planområdet ligger utmed E4/E20 Södertäljevägen längs ca 40 meter. På den aktuella sträckan utgörs vägen av fyra filer i södergående riktning samt tre filer och en bussfil i norrgående riktning.

Tillåten maxhastighet är 80 km/h.

### 2.1.1 Trafik

Enligt underlag från trafikbulerutredningen för ett annat planområde i närområdet var årsmedeldygnstrafiken på den aktuella vägsträckan ca 125 000 fordon per dygn summerat i båda körriktningar 2016 /1/. Andelen tung trafik utgjorde då ca 8 % av det totala trafikflödet. En prognos har i bulerutredningen gjorts för trafikflödet 2040. Den innebär ett totalt trafikflöde på aktuell vägsträcka på 176 200 fordon per dygn. Andelen tung trafik är 9 %. Prognosen har genomförts utifrån Trafikverkets EVA-metod.

### 2.1.2 Transport av farligt gods

E4/E20 Södertäljevägen utgör en rekommenderad primär transportled för farligt gods.

De primära vägarna bildar stommen i det rekommenderade vägnätet och ska användas för genomfartstransporter. Normalt finns inga restriktioner kring vilka farligt godsklasser som är tillåtna att transporteras på vägen. Frekvensberäkningarna kommer att utgå från nationell statistik där antalet transporter samt fördelningen mellan olika klasser på den aktuella vägen uppskattas utifrån den genomsnittliga andelen av tung trafik i Sverige som transporterar farligt gods.

Information har hämtats från Trafikanalys (tidigare SIKa) som bland annat ansvarar för statistik inom området vägtrafik. Utifrån statistik över antal transporter per farligt godsklass under perioden 2014-2018 /2/ uppskattas det totala antalet farlig godstransporter respektive antalet transporter av respektive farligt godsklass på den aktuella sträckan.

Enligt statistiken för den studerade perioden utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 1,5 % av det totala antalet lastbilstransporter. För den aktuella vägen motsvarar detta ca 59 000 transporter med farligt gods per år i nuläget och ca 93 000 transporter med farligt gods per år 2040. I tabell A.1 redovisas fördelningen på respektive farligt godsklass.

Tabell A. 1. Antal transporter av farligt gods per år på E4/E20 Södertäljevägen.

Klass	Andel	Uppskattat antal farligt godstransporter	
		Idag	2040
1. Explosiva ämnen och föremål	1,3%	547	866
2. Gaser	21,7%	9 258	14 646
3. Brandfarliga vätskor	49,9%	21 272	33 653
4. Brandfarliga fasta ämnen	2,0%	862	1 364
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	2,6%	1 116	1 765
6. Giftiga ämnen	6,5%	2 757	4 361
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	0	0
8. Frätande ämnen	10,8%	4 618	7 306
9. Övriga farliga ämnen och föremål	5,1%	2 179	3 447
<b>Totalt</b>		<b>42 609</b>	<b>67 408</b>

/1/ Kv Pucken Västertorp – Trafikbulerutredning, Structor, granskningsversion 2017-09-01

/2/ Statistikrapporter från Trafikanalys: Lastbilstrafik 2014 (Rapportnr. 2015:21), Lastbilstrafik 2015 (Rapportnr. 2016:27), Lastbilstrafik 2016 (Rapportnr. 2017:14), Lastbilstrafik 2017 (Rapportnr. 2018:13), Lastbilstrafik 2018 (Rapportnr. 2019:13)

## 2.2 Beräkningar Trafikolycka

I detta avsnitt beräknas frekvensen för trafikolycka på den aktuella vägsträckan där denna passerar planområdet. Avsnittet behandlar först skadescenariot trafikolycka, där resultatet sedan nyttjas för frekvensberäkningar för scenarier förknippade med transporter av farligt gods. Frekvensberäkningarna utförs utifrån den metodik som presenteras i MSB:s rapport "Farligt gods – riskbedömning vid transport" /3/.

Beräkningarna utgår från den indata som redovisas i avsnitt 2.1 avseende faktorerna:

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

### 2.2.1 Trafikolycka allmänt

Vid beräkning av frekvensen för en trafikolycka på den aktuella vägsträckan används schablon-olyckskvot för aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning vilket ger en olyckskvot på 0,6 trafikolyckor per 10<sup>6</sup> fordonskilometer /3/.

Vid beräkning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

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

Där det totala trafikarbetet per år beräknas enligt följande:

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

Frekvensen för trafikolycka har beräknats utifrån ovanstående indata och sammanställs i *Tabell A. 2. Frekvensen beräknas för total trafik respektive godstrafik på en 1 km vägsträcka i anslutning till det aktuella området.*

*Tabell A. 2. Beräknad frekvens för trafikolycka. Dagens trafik.*

Scenario	Olycksfrekvens (per år)	
	idag	2040
Trafikolycka totalt	27,8	38,6

### Fordonsbrand

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

/3/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Under åren 1994-1999 rapporterades årligen i genomsnitt 64,7 fordonsbränder i Sverige vid polisrapporterade vägtrafikolyckor till Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS) /4/. Under motsvarande år rapporterades ca 15 700 trafikolyckor med personskada per år /5/. Utifrån detta så uppskattas sannolikheten för brand i fordon vid olycka till ca 0,4 % (64,7 / 15 700). Detta bedöms vara ett konservativt antagande då de polisrapporterade olyckorna med personskador inte utgör samtliga olyckor som kan leda till fordonsbrand.

## 2.2.2 Trafikolycka med farligt gods

Den förväntade frekvensen för en trafikolycka där farligt godstransport är inblandad beräknas utifrån följande ekvation /3/:

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

där

X = Andelen transporter skyltade med farligt gods (antal farligt godstransporter delat med totalt antal fordon)

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen (antaget 30 % för aktuell vägsträcka /3/)

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

I tabell A.3 redovisas den förväntade frekvensen för trafikolycka med farligt gods.

Tabell A. 3. Beräknad olycksfrekvens per farligt godsklass på studerad vägsträcka.

Scenario	Andel	Olycka med farligt godstransport (per år)	
		Idag	2040
klass 1	1,3%	5,6E-04	8,8E-04
Klass 2	21,7%	9,4E-03	1,5E-02
klass 3	49,9%	2,2E-02	3,4E-02
klass 4	2,0%	8,8E-04	1,4E-03
klass 5	2,6%	1,1E-03	1,8E-03
klass 6	6,5%	2,8E-03	4,4E-03
klass 7	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
klass 8	10,8%	4,7E-03	7,4E-03
klass 9	5,1%	2,2E-03	3,5E-03
<b>Totalt</b>		<b>4,3E-02</b>	<b>6,9E-02</b>

/4/ Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27

/5/ Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005

### Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Enligt ADR-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexplosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt /6/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera. Det antas dock konservativt att alla transporter med klass 1 utgörs av riskgrupp 1.1.

Konsekvenserna av en massexplosion är kraftigt beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. Enligt ADR-S är det tillåtet att transportera massexplosiva ämnen i så stora mängder som 16 ton vid transporter i EX/III-fordon. Hur stor andel av transporterna som rymmer maxmängd är dock oklart.

Transportmängden och antalet transporter av massexplosiva ämnen har uppskattats utifrån en separat utredning som upprättades inom projektet med överdäckningen av Norra Stationsområdet /7/. Denna kartläggning beaktar uppgifter från bl.a. Räddningsverket (numera MSB), Polisen samt transportörer i Stockholms län.

- Enligt uppgifter från MSB utgörs ca 80-90 % av transporter med explosivämnen av ämnen ur klass 1.1. Klass 1.3 och 1.4 står för ca 5-10 % och övriga klasser transporteras i stort sett inte alls. I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att samtliga transporter rymmer klass 1.1.
- Enligt uppgifter från MSB utgör enbart 0,5 % av transporterna med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. transittransporter (genomfart) medan resterande transporter till avnämare inom länet. Transittransporterna rymmer troligtvis maximala transportmängder, d.v.s. 16 ton massexplosivämnen per transport. Resterande transporter transporteras till avnämare inom länet och rymmer troligtvis mindre mängder explosivämnen.
- Utifrån de uppgifter som erhållits i kartläggningen som utförts i projektet Norra Stationsområdet har följande fördelning antagits mellan olika transportmängder på E4/E20 Södertäljevägen:
 

○ < 500 kg/transport:	ca 85 %
○ 500 – 2 000 kg /transport:	ca 10 %
○ > 2 000 kg / transport:	ca 5 %
○ 16 000 kg / transport:	ca 0,3 %

---

/6/ ADR-S – Statens räddningsverks föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2012:6, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2012

/7/ Samrådsunderlag avseende omledningsvägnät för explosiva ADR-S transporter – Intunnling av Norra Station, WSP, 2008-11-14



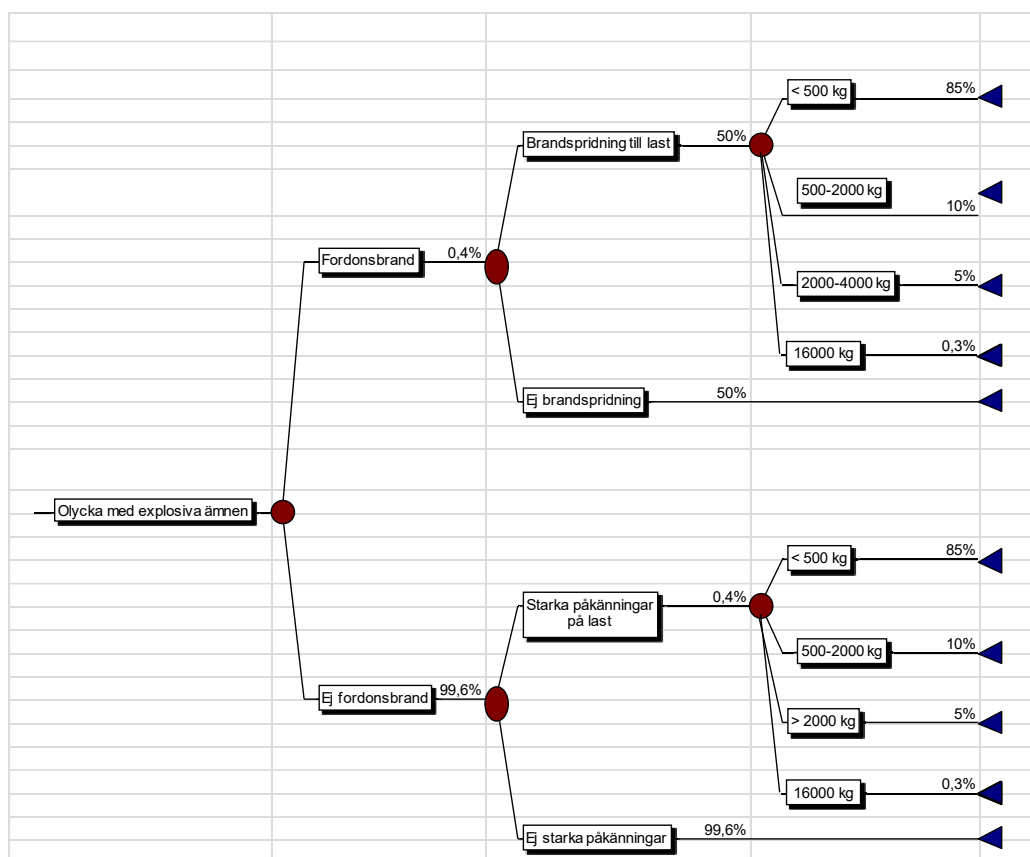
Vid en olycka med transport av ämnen ur riskgrupp 1.1. kan en massexplosion uppstå antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten. Ämnen ur riskgrupp 1.1 får enbart transporteras i fordon som uppfyller krav för s.k. EX/II- eller EX/III-fordon, vilket innebär krav på utförandet av elektronik, bromsar och förebyggande åtgärder mot brandrisker/8, 6/. Det finns även regler för förpackning etc. Detta bedöms medföra en mycket låg sannolikhet för detonation:

- Sannolikheten för att fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna uppskattas enligt tidigare till ca 0,4 % (se avsnitt 0). Krav på utförandet av EX/II- och EX/III-fordon innebär att sannolikheten för brandspridning till det explosiva ämnet bedöms vara låg. Sannolikheten för detonation (och mycket grovt massexplosion) till följd av fordonsbrand som sprider sig till lasten uppskattas grovt till 50 %.
- Sannolikheten för detonation till följd av stora påkänningar vid trafikolycka uppskattas vara mycket låg. Det finns idag ingen känd forskning kring hur stor kraft som behövs för att initiera detonation av det fraktade godset vid en trafikolycka. Med hänsyn till kraven på transportfordon för massexplosivämnen som bl.a. avser utformning som innebär att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner så bedöms sannolikheten för att en trafikolycka innebär så omfattande krafter på lasten att det leder till detonation inte vara större än sannolikheten för att ett fordon börjar brinna vid en trafikolycka, d.v.s. 0,4 %.

Figur A.1 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexplosion ska antas inträffa. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.4.

---

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



Figur A. 1. Händelseträd olycka med transport av explosiva ämnen (klass 1).

Tabell A. 4. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Scenario	Frekvens (per år)	
	Idag	2040
<b>Trafikolycka med explosivämne (klass 1)</b>	<b>5,6E-04</b>	<b>8,8E-04</b>
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)		
<b>&lt; 500 kg</b>		
- P.g.a. fordonsbrand	1,9E-07	3,0E-07
- P.g.a. starka påkänningar	1,9E-06	3,0E-06
- Totalt	2,1E-06	3,3E-06
<b>500-2000 kg</b>		
- P.g.a. fordonsbrand	2,2E-08	3,5E-08
- P.g.a. starka påkänningar	2,2E-07	3,5E-07
- Totalt	2,4E-07	3,9E-07
<b>2000-4000 kg</b>		
- P.g.a. fordonsbrand	1,1E-08	1,8E-08
- P.g.a. starka påkänningar	1,1E-07	1,8E-07
- Totalt	1,2E-07	1,9E-07
<b>16000 kg</b>		
- P.g.a. fordonsbrand	6,7E-10	1,1E-09
- P.g.a. starka påkänningar	6,7E-09	1,1E-08
- Totalt	7,3E-09	1,2E-08

## Klass 2. Gaser

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

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

Studerad statistik från Trafikanalys /2/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. I MSB:s kartläggning från september månad 2006 redovisas däremot klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna /9/. Enligt denna kartläggning består den största andelen (71 %) av icke giftiga och icke brännbara gaser (klass 2.2) på E4/E20, ca 30 % utgjordes av brännbara gaser (klass 2.1). Giftiga gaser (klass 2.3) transporteras i < 1 % av transportererna med gaser. Denna fördelning gäller relativt generellt för vägar i Stockholmsregionen. I de fortsatta beräkningarna så kommer denna fördelning för att antas för gastransporterna på det studerade vägnätet.

Gaser ur klass 2.2 utgör sådana gaser som normalt inte orsakar personskador vid utsläpp mer än i det direkta närområdet. Därför beaktas inte transporter av dessa gaser vidare i riskanalysen.

Det antas grovt att samtliga gastransporter på den aktuella vägsträckan utgörs av tankbilar. Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 13 % (Index för farligt godsolyckor) /3/. Gaser transporteras dock i regel under tryck i tankar med större tjocklek, vilket innebär högre tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks till 1/30 /3/. Sannolikheten för läckage av gas blir då  $13\% \cdot 1/30 = 0,4\%$ .

Givet läckage antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /3/:

- Litet läckage: 62,5 %
- Medelstort läckage: 20,8 %
- Stort läckage: 16,7 %

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

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

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För utsläpp vid trafikolycka finns fördelningsstatistik /10/:

/9/ Kartläggning av farligt gods på väg under september månad 2006, Räddningsverket 2007 ([www.msb.se](http://www.msb.se))

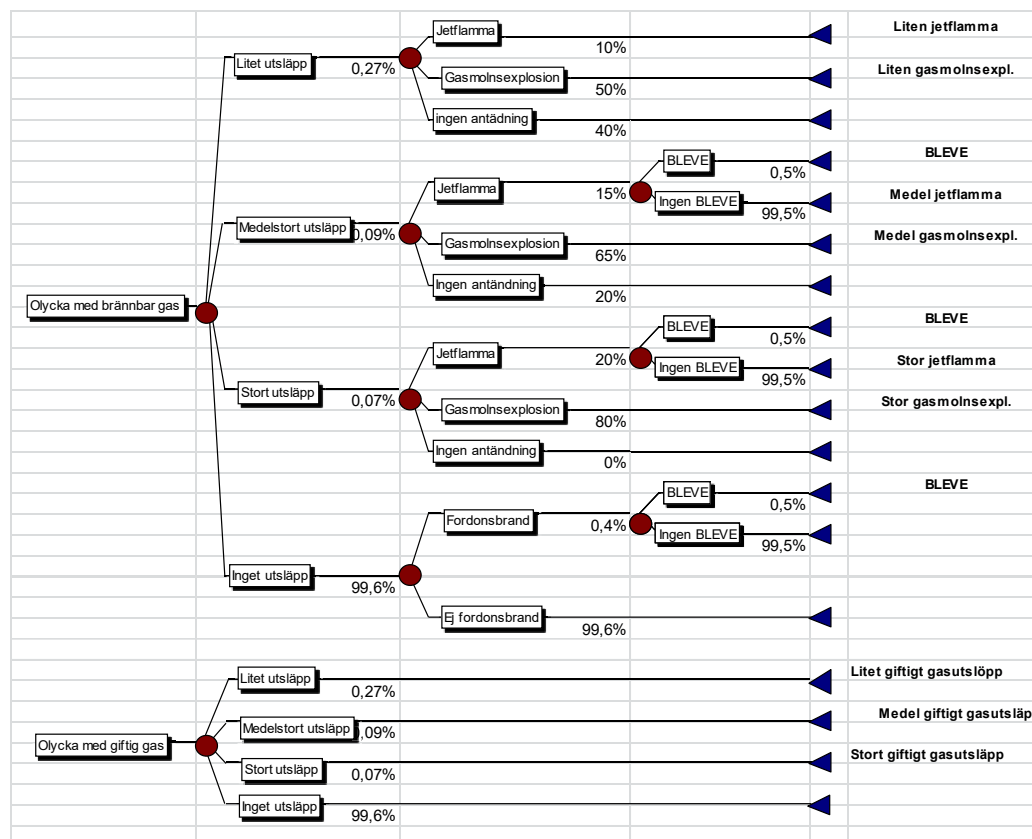
/10/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993

	Litet utsläpp	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
• omedelbar antändning (jetflamma):	10 %	15 %	20 %
• fördröjd antändning (gasmolnexplosion):	50 %	65 %	80 %
• ingen antändning:	40 %	20 %	0 %

En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank utan fungerande säkerhetsventil antingen om en medelstor eller stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om trafikolycka leder till fordonsbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att förhållandena kring något av ovanstående scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms dock vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 0,5 % för respektive scenario.

För **giftiga gaser** studeras följande scenarier beroende av läckagestorlek: litet, medelstort och stort.

Figur A.2 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.5.



Figur A. 2. Händelsetråd olycka med transport av gas (klass 2).

Överst: Klass 2.1. Brännbar gas

Underst: Klass 2.3. Giftig gas

Tabell A. 5. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av gaser.

Scenario	Frekvens (per år)	
	Idag	2040
<b>Trafikolycka med gas</b>	<b>9,4E-03</b>	<b>1,5E-02</b>
<b>Olycka med klass 2.1</b>	<b>6,5E-03</b>	<b>4,3E-03</b>
Liten jetflamma	1,8E-06	1,2E-06
Liten gasmolnsexplosion	8,8E-06	5,9E-06
Medelstor jetflamma	8,8E-07	5,8E-07
Medelstor gasmolnsexplosion	3,8E-06	2,5E-06
Stor jetflamma	9,4E-07	6,2E-07
Stor gasmolnsexplosion	3,8E-06	2,5E-06
BLEVE		
- P.g.a. jetflamma riktad mot oskadad tank	9,1E-09	6,1E-09
- P.g.a. fordonsbrand under oskadad tank	1,3E-07	8,6E-08
- Totalt	1,4E-07	9,2E-08
<b>Olycka med klass 2.3</b>	<b>1,9E-05</b>	<b>1,5E-04</b>
Litet utsläpp giftig gas	5,1E-08	4,0E-07
Medelstort utsläpp giftig gas	1,7E-08	1,3E-07
Stort utsläpp giftig gas	1,4E-08	1,1E-07

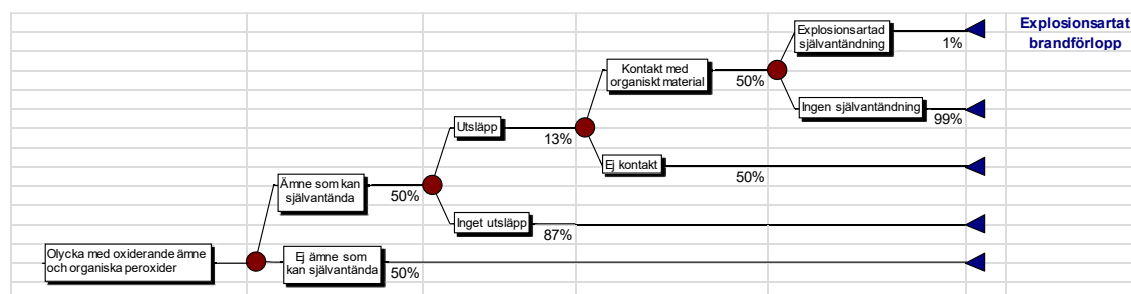
#### Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Vissa ämnen kan dock, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.), leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. De ämnen inom klassen som bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider och vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion. För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten.

Enligt ADR-S /6/ är det inte tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på väg. Det är inte heller tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolekivalent), utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen).

Det antas grovt att 50 % av den totala mängden klass 5 som transporteras på vägen utgör ämnen som kan självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 13 % /3/. Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med brännbart material bedöms vara relativt hög (antaget 50 %). Ovanstående resonemang kring förbud och stabilisering innebär dock att sannolikheten för ett explosionsartat brandförlopp bedöms vara lägre än 1 %. Detta antagande gäller både för oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Figur A.3 redovisar ett händelseträd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Frekvensen för olika utsläppsscenarioer har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.6.



Figur A.3. Händelseträd olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Tabell A.6. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Frekvens [per år]	
	Idag	År 2040
<b>Trafikolycka med oxiderande ämne (klass 5)</b>	<b>1,1E-03</b>	<b>1,8E-03</b>
Explosionsartad brandförlopp vid självantändning		
Totalt	7,6E-07	1,2E-06
- P.g.a. fordonbrand	2,3E-08	3,6E-08
- P.g.a. förorening av brännbart material	7,4E-07	1,2E-06

### 3. Tunnelbanan

#### 3.1 Indata

På tunnelbanespåren förekommer enligt tidigare enbart persontrafik. Olyckshändelse som kan påverka planområdet utgörs därför av att ett urspårat tåg lämnar spårområdet och kolliderar med människor eller byggnader eller att ett tåg börjar brinna.

Det kortaste avståndet mellan närmaste spår och byggnad inom planområdet är 7-7,5 meter.

#### 3.2 Beräkningar

##### 3.2.1 Urspårning

Tunnelbanans tåg består av lite äldre tågset (Cx) samt nyare tågset (C20). De äldre vagnarna är sammankopplade till åttavagnståg där varje vagn är 17,6 meter lång. De nya vagnarna är 46,5 meter långa och är sammankopplade till två- eller trevagnståg.



Spåret ligger i en svag sväng med stor radie där planområdet ligger i innerkurva. Tågen håller låg hastighet på grund av stationen ca 55 meter söder om planområdet. Maximal hastighet är 50 km/tim /11/. Förbi området består banan av dubbelspår vilket minskar sannolikheten för kollision. Utmed planområdet finns ett par växlar, norr och söder om planområdet finns ytterligare växlar.

Norr om planområdet går tunnelbanan på bro över E4/E20 Södertäljevägen. Över bron är banan försedd med urspårningsräler. Förbi planområdet finns dock inga urspårningsräler.

Enligt SL:s säkerhetsstrateg har ingen urspårning inträffat i tunnelbanan där tåget har lämnat spårområdet sedan tunnelbanetrafiken startades på 1950-talet /12/. Sedan 1999 samlas statistik över olika händelser in. Under den perioden registrerades 21 urspårningar i tunnelbanan, samtliga inträffade i mycket låg fart och merparten var med spårgående arbetsfordon nattetid. Det har även hänt att tunnelbanetåg har spårat ur i samband med växling på depåer. Detta har då skett i mycket låg hastighet (5 km/tim).

Tågvikten i tunnelbanetågen är lägre än för gods- och persontåg som trafikerar vanliga järnvägssträckor. Ett urspårat tåg bedöms därför inte hamna lika långt från spåret samt medföra mindre påverkan vid en eventuell kollision än för motsvarande händelse på "vanliga" järnvägssträckor.

Tunnelbanespåren ligger ca 5-6 meter över marknivån inom planområdet, vilket innebär att en urspårad vagn kan förväntas hamna längre från spårområdet än om marknivån hade varit plan, förutsatt att tåget hamnar utanför spårområdet.

En urspårning kan medföra att en eller flera spårvagnar hamnar en bit från spåret. Urspårningen kan leda till skador inom kringliggande område. Huruvida personer skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. Skadeavståndet är bl.a. beroende på spårvagnens hastighet vid urspårningstillfället samt omgivningens utformning.

Frekvensberäkningarna för urspårning utförs utifrån den metodik som redovisas i Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone /13/ avseende beräkning av följande faktorer:

**1. Frekvensen för urspårning i anslutning till bebyggelsen (F<sub>1</sub>)** beräknas med följande ekvation:

$$F_1 = e_r \times d \times Z_d \times 365 \times 10^{-3}$$

där

$e_r$  = urspårningsfrekvens per tågkm för persontåg

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

$Z_d$  = antal tåg per dygn

/11/ Muntlig information från SL på möte

/12/ Information från Hans Höwits, säkerhetsstrateg på Trafikförvaltningen i Region Stockholm, 2019-09-06

/13/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

Hastighetsbegränsningen på aktuell sträcka är 50 km/tim vilket ger att d maximalt kan bli ca 30 meter.

Utifrån statistik från Trafikanalys över bantrafikskador /14/ respektive bantrafik /15/ under åren 2009-2018 så görs en grov bedömning av urspårningsfrekvensen för tunnelbanan (se tabell A.7)

Tabell A.7. Uppskattning av urspårningsfrekvens i tunnelbanan utifrån svensk statistik.

<b>Antal urspårningar i snitt under perioden 2009-2018</b>	0,6 urspårningar/år
<b>Antal tågkm 2017</b>	13 111 000
<b>Uppskattad urspårningsfrekvens</b>	$4,6 \cdot 10^{-8}$ urspårningar/tågkm

Under ett vardagsdygn passerar 156 tunnelbanetåg på sträckan i vardera riktningen, av dessa passerar ca 90 under tider när det kan finnas elever och personal i skolan (07.30-19.00).

**2. Sannolikheten att urspårat tåg kolliderar med byggnad ( $P_2$ )** är beroende av tågets hastighet vid urspårningstillfället samt avståndet mellan spår och byggnad. Sannolikheten beräknas med följande ekvation:

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

där

d = se ovan

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

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmitt och byggnad

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

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

Frekvensen för urspårning beräknas för 90 tunnelbanevagnar per dygn enligt förutsättningarna ovan och innebär  $4,7 \cdot 10^{-5}$  urspårningar per år och km utmed planområdet. Det innebär ungefär en urspårning på 20 000 år. I tabell A.8 redovisas urspårningsfrekvens ( $F_1$ ) samt sannolikhet ( $P_2$ ) och frekvens ( $F_2$ ) för att en urspårad vagn kolliderar med byggnad. Samtliga dessa faktorer är enligt ovan beroende av tågets hastighet vid urspårningstillfället. Hastighetsbegränsningen på den aktuella sträckan är 50 km/h. Med den hastigheten blir  $b=8,6$  meter. Avståndet (a) mellan byggnad och spår är som minst 7 meter.

/14/ Bantrafikskador 2018 (Statistikrapport 2019:16), Trafikanalys

/15/ Bantrafik 2018 (Statistikrapport 2018:17), Trafikanalys

Tabell A.8. Beräknad frekvens för att urspårad vagn kolliderar med byggnad vid hastigheten 50 km/tim.

a (avstånd i meter från spåret)	c	P <sub>2</sub>	Frekvens kollision (F1 x P2)
0	31	50,0%	1,1E-04
1	28	34,5%	7,9E-05
2	24	22,6%	5,2E-05
3	20	13,8%	3,2E-05
4	17	7,6%	1,8E-05
5	13	3,7%	8,4E-06
6	9	1,4%	3,2E-06
7	6	0,3%	7,4E-07
8	2	0,0%	3,9E-08
9	0	0,0%	0,0E+00
10	0	0,0%	0,0E+00
11	0	0,0%	0,0E+00
12	0	0,0%	0,0E+00
13	0	0,0%	0,0E+00
14	0	0,0%	0,0E+00
15	0	0,0%	0,0E+00

Enligt tabell A.8 är det potentiella konsekvensområdet vid en urspårning beroende av vagnens hastighet vid urspårningsögonblicket. Vid maximal hastighet 50 km/h kan urspårningen leda till konsekvenser inom maximalt 7-8 meter från spåret. Sannolikheten för att spårvagnen hamnar så långt från spåret är dock mycket låg, se tabell A.8. Skadeavståndet minskar kraftigt med en minskad hastighet. Det kortaste avstånd mellan byggnad inom planområdet och närmaste spår är 7-7,5 meter. Det kortaste avståndet till område utomhus inom planområdet och närmaste spår är 16 meter.

Beräkningarna i tabell A.8 förutsätter dock att urspårning sker på plan mark. Urspårningsavståndet kan förväntas bli längre vid urspårning från vall. Avståndet till stödmur mot gång- och cykelvägen är ca 2-2,5 meter. Sannolikt stoppar både stödmur och gång- och cykelväg upp det urspårade tågets framfart.

I /13/ redovisas även ekvation för beräkning av **Sannolikheten att byggnad kollapsar till följd av kollision**. Denna ekvation förutsätter att en urspårning endast riskerar att leda till byggnadskollaps om tåget har en hastighet som överstiger 60 km/h vid urspårningstillfället. Ekvationen är baserad på järnvägsvagnar med avseende på vikt m.m. och bedöms inte vara applicerbar på tunnelbana (lättare konstruktioner). Troligtvis skulle det krävas en ännu högre hastighet för byggnadskollaps vid urspårning av en tunnelbanevagn. Med hänsyn till vagnens vikt bedöms dock kollisionskraften vara så stor att lokala byggnadsskador kan inträffa inom det maximala skadeavståndet (b). För riskberäkningarna bedöms det därför vara tillräckligt att beräkna sannolikheten att en spårvagn kolliderar med byggnad.

### 3.2.2 Tågbrand

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

Med hänsyn till resenärernas säkerhet så följer utformningen av tunnelbanevagnar strikta regler för att reducera risken för omfattande bränder. Reglerna omfattar brandkrav som syftar till att förhindra både antändning och brandspridning i spårvagnen. Detta innebär att sannolikheten för en fullt utvecklad brand är mycket låg.

Enligt information från SL /16/ finns inget statistiskt underlag när det gäller brand. Den rapportering som görs skiljer dessutom inte mellan en fimp i en papperskorg eller en fullt utvecklad brand. Enligt SL har det endast inträffat en brand i tåg med öppen låga. Den inträffade 2005 i Rinkeby mitt under morgonrusningen och orsakades av ett elfel. Vagnen blev utbränd och 12 människor i tåget rökskadades. Ingen vidare brandspridning till stationen (under mark) inträffade. Ungefär en gång per år inträffar någon form av brand i tunnelbanan. Merparten av bränderna utgörs av brand i el- eller värmekablar i spåranläggningen.

I tidigare utredningar avseende tunnelbanan har en fullt utvecklad tunnelbanevagnsbrand bedömts kunna uppnå en maximal brandeffekt på ca 15 MW. Den maximala brandeffekten baseras på fullskaleförsöken från EUREKA. Detta motsvarar ungefär brand i en buss /17/.

Sannolikheten för en tågbrand på den aktuella sträckan bedöms vara mycket låg. Det rör sig om en begränsad sträcka (ca 40 meter) där ett brinnande tåg ska stå för att bebyggelsen inom planområdet ska riskera att påverkas. Riktlinjerna vid brand i tåg är att köra till närmaste station och där utrymma tåget, vilket ytterligare minskar sannolikheten för att ett brinnande tåg blir stående i höjd med planområdet, särskilt då stationen ligger så nära.

Enligt tidigare finns det inte någon samlad statistik över bränder i tunnelbanan i Stockholm. Frekvensen för brand uppskattas därför grovt utifrån statistik för brand i järnvägsfordon. Enligt statistik från Trafikverket under åren 1997-2006 /18/ avseende olyckskvoten för tågbrand respektive urspårning så bedöms olyckskvoten för tågbrand vara i genomsnitt ca 90 % av olyckskvoten för urspårning. Enligt tidigare antaganden skulle detta innebära ca  $0,9 \cdot 10^{-8}$  per tågkm.

För en 1 km lång sträcka av tunnelbanans röda linje vid Fruängen skulle dessa värden innebära  $1,4 \cdot 10^{-3}$  tågbrand per år.

Det är dock en mycket begränsad andel av bränderna som blir så omfattande att de påverkar kringliggande områden. Statistiken i /18/ bygger på alla anmälda tågbränder, vilket även inkluderar rökutveckling. Givet "brand" enligt dessa förutsättningar bedöms sannolikheten för en utvecklad brand som sprids inom vagnen vara låg. Sannolikheten för att förhållandena är sådana att branden leder till en fullt utvecklad brand som motsvarar det dimensionerande brandscenariot enligt ovan bedöms vara mycket låg, uppskattningsvis  $< 5 \%$  av alla bränder i tunnelbanevagn.

För en 1 km lång sträcka av tunnelbanans röda linje vid Fruängen så uppskattas frekvensen för en fullt utvecklad brand i tunnelbanevagn konservativt till  $6,8 \cdot 10^{-5}$  per år.

---

/16/ Information från Hans Höwits, säkerhetsstrateg på Trafikförvaltningen i Region Stockholm, 2019-09-12

/17/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

/18/ Statistik över olyckor på statens spåranläggningar år 2006, Banverket 2006

## Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn		
Barnfröken 1, Kunskapsskolan		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum
Equator arkitekter	112597	2022-01-07
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll
Rosie Kvål	RKL 2022-01-07	LSS 2019-09-16

## 1. Inledning

### 1.1 Allmänt

I denna bilaga beräknas konsekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom studerade områden.

Beräkningarna beaktar följande olycksrisker:

#### E4/E20 Södertäljevägen

- Olycka med farligt gods
  - Explosion vid transport av massexplosivt ämne (klass 1.1.)
  - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
  - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
  - Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

#### Tunnelbanan

- Ursparning
- Brand

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

I riskanalysen används riskmåten **individerisk** och **samhällsrisk**. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk.

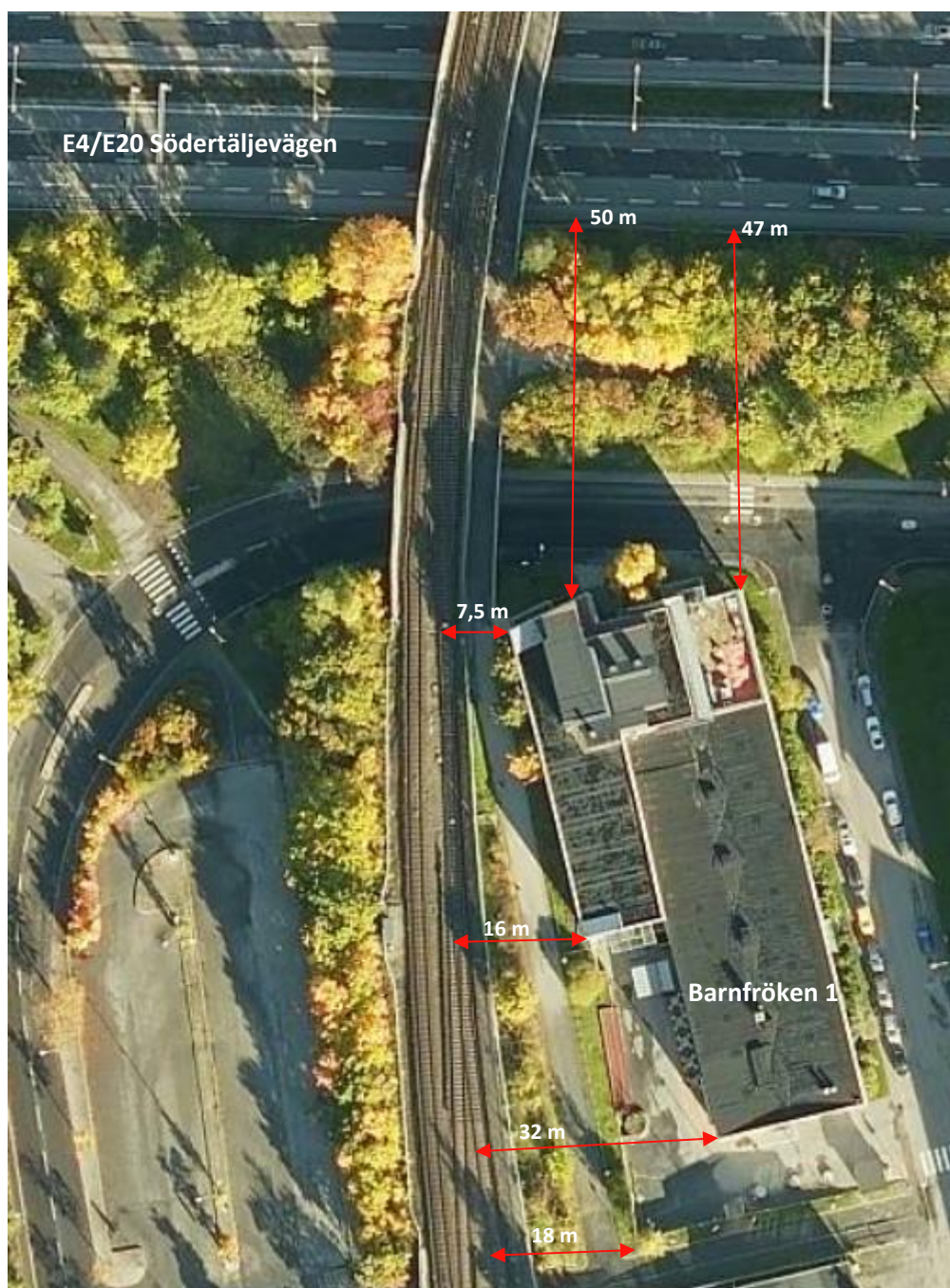
### 1.2 Förutsättningar

Analysen omfattar ett planområde beläget öster om tunnelbanans röda linje mellan Västertorp och Fruängen. Inom planområdet finns idag en skola. Planen syftar till att fastställa verksamheten, dvs. ingen förändring kommer att ske inom planområdet.

Norr om planområdet ligger E4/20 Södertäljevägen.

I figur B.1 redovisas avstånd mellan verksamheten inom planområdet och omgivande riskkällor.

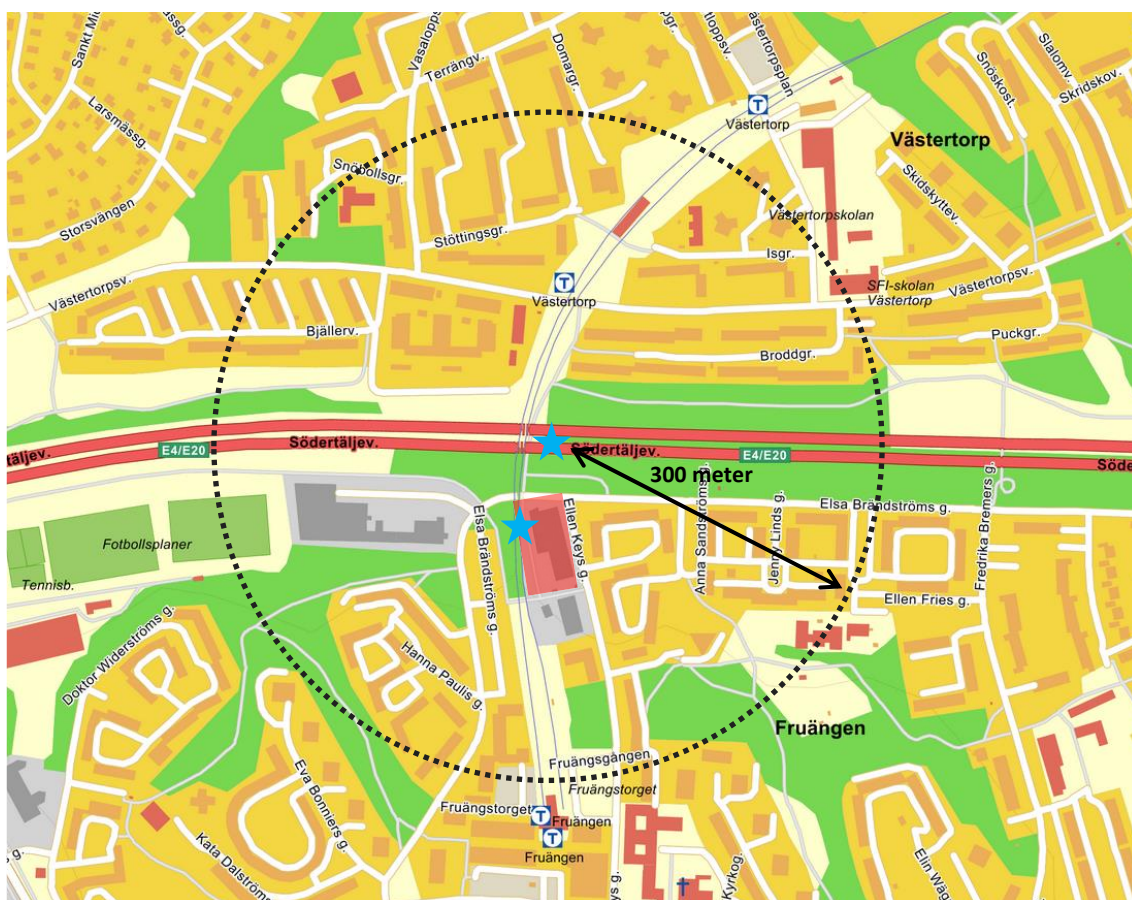




Figur B.1. Avstånd mellan skola och identifierade riskkällor.

Platsen för en olycka väljs därför där den är som mest ogynnsam, dvs. där en olycka bedöms få mest omfattande skador. Valda olycksplatser redovisas i figur B.2. Kortaste avstånd till bebyggelse från vald olycksplats är 50 meter (byggnad inom planområdet).





Figur B.2. Planområdet för Barnfröken 1 (rödmarkerat) inklusive omgivningarna och ungefärligt område inom vilket konsekvenserna vid en olycka på E4/E20 Södertäljevägen kommer att studeras. Konsekvenserna vid en olycka på tunnelbanan är endast lokala och påverkar enbart området närmast olycksplatsen.

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

- Det område som kommer att studeras omfattar både aktuellt planområde samt omgivande områden där mer än lokal skadepåverkan kan förväntas. Konsekvenserna kommer att beräknas för alternativet med en genomförd detaljplan (vilket i detta fall motsvarar nuläget).
- Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka, men konsekvensberäkningarna kommer att avgränsas till att studera en respektive olycksscenario där det innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet, vilket innebär mitt för planområdet.

Konsekvensberäkningarna utgår från verksamheten inom planområdet i enlighet med beskrivning i huvudrapporten, vilket bland annat innebär maximalt ca 400 elever och 50 personal som vistas inom planområdet dagtid.

Som underlag till de fortsatta beräkningarna har antagande om antal personer inom området samt en uppskattning av byggnadsytor samt ytor utomhus varit nödvändiga.

### 1.2.1 Kringliggande bebyggelse

Bebyggelsen i omgivningen består till stor del av flerbostadshus, men även av kontor, verksamheter, idrott och infrastruktur. I figur B.3 redovisas översiktligt omgivande bebyggelse inom möjligt påverkansområde (se figur B.2). En stor del av omgivande yta upptas av infrastruktur och grönyta.



Figur B.3. Verksamheter i omgivningen.

### 1.2.2 Sammanställning

För att kunna bedöma hur stort antal personer som befinner sig inom skadeområde för respektive skadescenario så görs grova uppskattningar inom det studerade området.

Personantalet inom det studerade området uppskattas grovt utifrån följande förutsättningar:

1. Genomsnittlig persontäthet inom flerbostadshus uppskattas grovt till ca 0,033 personer per m<sup>2</sup> BTA (1 person per 30 m<sup>2</sup>).
2. Verksamheter antas ha en persontäthet på 0,05 personer per m<sup>2</sup> (1 person per 20 m<sup>2</sup>).
3. Genomsnittlig persontäthet utomhus uppskattas grovt till ca 0,005 personer per m<sup>2</sup> (50 person per hektar).
4. Persontätheten inom omgivande bebyggelse bedöms vara som störst kvällar, nätter morgnar och helger. Persontätheten inom planområdet är som störst dagtid.

Konsekvensberäkningarna utförs dock konservativt för ett scenario där maximalt personantal förväntas inom området, d.v.s. "beläggningen" ansätts till 100 %.

För de olyckor som har en "riktad" påverkan, dvs. inte en cirkulär utbredning, har påverkan antagits ske mot det område som ska exploateras. Detta val baseras på att bebyggelsen inom det området är som mest tät, vilket innebär att en olycka får som störst konsekvenser.

## 2. Trafikolycka med farligt gods

### 2.1 Klass 1. Explosiva ämnen

#### 2.1.1 Metodik

Enligt bilaga A begränsas den detaljerade riskanalysen till att studera explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 då det endast bedöms vara dessa olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom utredningsområdet. Konsekvensberäkningarna omfattar fyra skadescenarier utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A:

- 500 kg (transporter med < 500 kg)
- 2000 kg (transporter med 500-2000 kg)
- 4000 kg (transporter med > 2000 kg)
- 16000 kg (transporter med 16000 kg)

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner* /1/. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck ( $P_+$ ) och impulstäthet ( $I_+$ ) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck ( $P_c$ ) och impuls ( $I_c$ ). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

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

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck ( $P_+$ ), impulstäthet ( $I_+$ ) samt varaktighet ( $t_+$ ) för de studerade explosionsscenarierna. I *Figur B. 4* och *Figur B.* redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av  $1,8 \cdot X$  kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

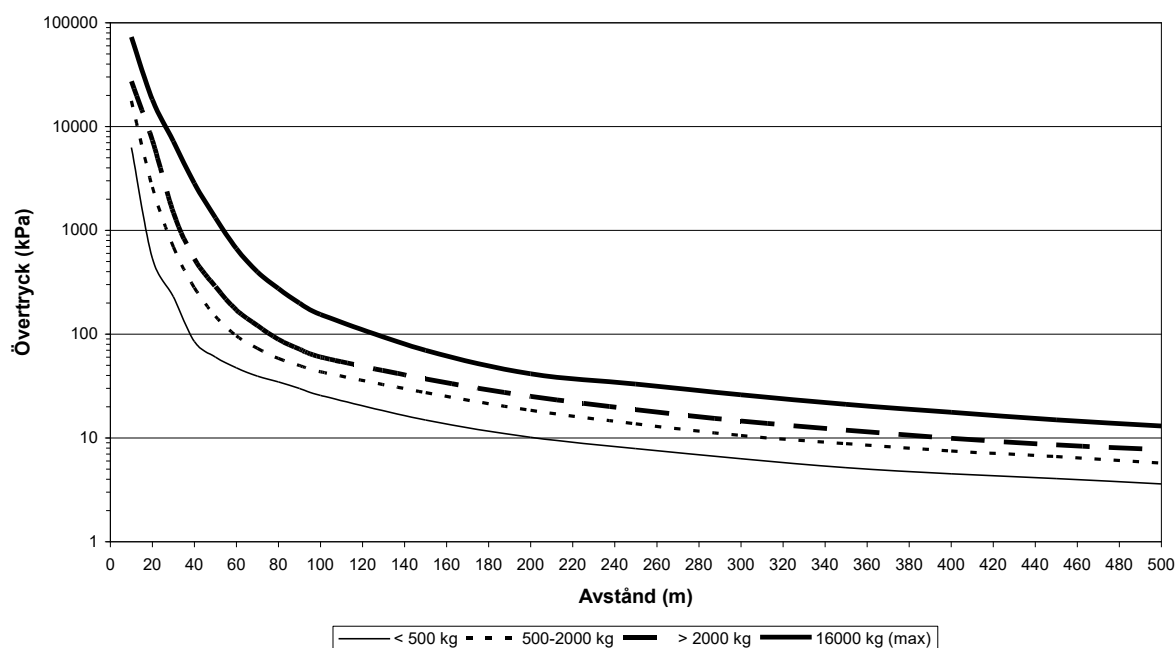
Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck ( $180^\circ$ ).

Explosionens varaktighet  $t_+$  beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel /1/:

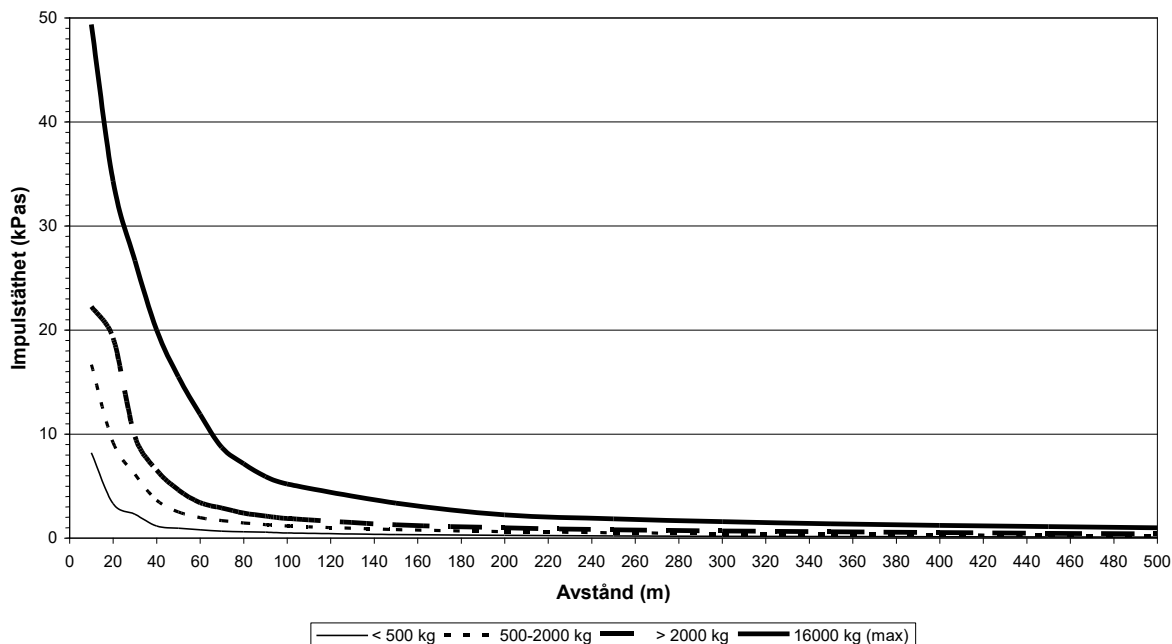
/1/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)



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



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



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

## 2.1.2 Bedömningskriterier

**Inomhus:** Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck ( $P_+$ ) och impulstäthet ( $I_+$ ) i förhållande till byggnadsdelarnas karaktäristiska tryck ( $P_c$ ) och impuls ( $I_c$ ), se ekvationen i avsnitt 2.1.1. I tabell B.1 anges karaktäristiska tryck ( $P_c$ ) respektive impulstäthet ( $I_c$ ) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /1/.

Tabell B. 1. Karaktäristiska tryck ( $P_c$ ) respektive impuls ( $I_c$ ) för olika byggnadsdelar.

Byggnadsdel	$P_c$ (kPa)	$I_c$ (kPas)
<b>Bärande konstruktioner</b>		
<i>Stomme i platsgjuten betong</i>		
- Bärande ytterväggar av 20 cm betong (och invändiga pelare)	200	2,5
- Bärande tvärväggar och utfackade längsgående ytterväggar	200	2,5
<i>Stomme i monterad betong</i>		
- Pelar/balk-stomme	200	3,1
- Bärande väggar i elementhus	200	3,1
<b>Ikke bärande konstruktioner</b>		
- Lätta utfackningsväggar (plåtkassetter) i pelarhus	5	0,5
- Medeltunga utfackningsväggar (regelstomme & fasadtegelskal)	5	1,0

De infallande tryck som redovisas i *Figur B. 4* gäller för en punkt (byggnad eller människa) som är helt oskyddad mot riskkällan. Den första byggnaden reducerar med stor sannolikhet det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att den första byggnaden medför att trycket och impulstätheten mot nästföljande byggnad reduceras med ca 75 % i förhållande till vad som anges i *Figur B. 4* respektive *Figur B.5*. Detta beaktas i de fortsatta konsekvensberäkningarna avseende skadeområden och uppskattat antal omkomna.

Sannolikheten för att omkomma inomhus är beroende av antalet våningsplan i byggnaden och ökar med ökande våningsantal. I konsekvensberäkningarna kommer det uppskattas grovt att ca 80 % av personer som vistas inom totalkollapsade byggnadsdelar omkommer. Inom byggnadsdelar som endast rasar lokalt antas ca 15 % omkomma.

**Utomhus:** En människa tål tryck relativt bra och riskerar i huvudsak att förolyckas p.g.a. kringflygande föremål eller att de trillar omkull av tryckvågen. Med avseende på tryck så går gränsen för dödliga skador vid /2/:

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

Sannolikheten för att omkomma utomhus bedöms vara beroende av explosionslastens storlek. För de beräknade skadeavstånden som redovisas i avsnitt 1 uppskattas innebära följande sannolikhet för att omkomma:

/2/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

- < 500 kg: 10 %
- 500-2 000 kg: 25 %
- > 2 000 kg: 50 %
- > 4 000 kg: 100 %

### 2.1.3 Resultat

Utifrån beräkningarna av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms huruvida olika byggnadsdelar rasar eller ej, som funktion av avståndet. Denna bedömning har resulterat i skadeavstånd för respektive skadescenario. I tabell B.2 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Tabell B. 2. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
< 500 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	20	10
	15 % <u>inomhus</u>	70	30
	10 % <u>utomhus</u>	20	10
500–2 000 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	40	20
	15 % <u>inomhus</u>	200	60
	25 % <u>utomhus</u>	30	20
2 000-4 000 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	50	30
	15 % <u>inomhus</u>	200	80
	50 % <u>utomhus</u>	50	40
> 4 000 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	80	50
	15 % <u>inomhus</u>	300	150
	100 % <u>utomhus</u>	70	50

I tabell B.3 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

Tabell B. 3. Beräknade konsekvenser – antal omkomna, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	Inomhus	Utomhus	Totalt
< 500 kg massexplosion	0	0	0
500–2 000 kg massexplosion	14	1	15
2 000-4 000 kg massexplosion	80	9	89
> 4 000 kg massexplosion	139	32	171

## 2.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

### 2.2.1 Metodik

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

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

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil med ca 25 ton tryckkondenserad gas. Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol. I tabell B.4 redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B. 4. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

Faktor	Tankbil
Lagringstemperatur	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C
Tankdiameter	2,0 m
Tanklängd	18 m
Tankfyllnadsgrad	80 %
Tankens tomma vikt	50 000 kg
Designtryck	15 bar övertryck
Bristningstryck	4 x designtrycket
Luftryck	760 mmHg
Väder	15°C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
Omgivning	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar /3/:

- Litet utsläpp: 0,09 kg/s
- Medelstort utsläpp: 0,9 kg/s
- Stort utsläpp: 17,8 kg/s

---

/3/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996



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

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

### 2.2.2 Bedömningskriterier

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

När det gäller gasmolnsexplosion kan människor skadas till följd av värmestrålning. Skador på byggnader begränsas dock generellt till ytliga skador även om små sprickor har uppträtt i metallkonstruktioner /4/. Enligt samma källa kan 50 % av fönstren inom skadeområdet skadas vid ett övertryck på 50 mbar eller mer. Övertrycket i sig bedöms således inte medföra skador på människor inomhus. Skador till följd av hög värmestrålning genom fönster kan dock inte uteslutas.

**Utomhus:** I tabell B.5 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /2/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. Det uppskattas grovt att motsvarande för de som får 2:a-3:e gradens brännskada är ca 50 %.

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

### 2.2.3 Resultat

I tabell B.5 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

Bebyggelse och topografi minskar skadeområdets utbredning genom att dämpa effekten av påverkan. Detta framgår också av tabell B.5.

---

/4/ Transportation of Dangerous Goods, methods and tools for reducing the risks of accidents and terrorist attack, NATO Science for Peace and Security series – C: Environmental Security, 2010

Tabell B. 5. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Liten jetflamma	5 % <u>inomhus</u>	6	5	6	2,5
	50 % <u>utomhus</u>				
Liten gasmolnexplosion	5 % <u>inomhus</u>	2	5	2	2,5
	50 % <u>utomhus</u>				
Medelstor jetflamma	5 % <u>inomhus</u>	15	15	15	7,5
	50 % <u>utomhus</u>				
Medelstor gasmolnexplosion	5 % <u>inomhus</u>	50	70	50	35
	50 % <u>utomhus</u>				
Stor jetflamma	5 % <u>inomhus</u>	60	55	60	27,5
	50 % <u>utomhus</u>				
Stor gasmolnexplosion	5 % <u>inomhus</u>	215	185	215	92,5
	50 % <u>utomhus</u>				
BLEVE	5 % <u>inomhus</u>	440	220	440	110
	50 % <u>utomhus</u>				

I tabell B.6 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

Tabell B. 6. Beräknade konsekvenser – antal omkomna, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Inomhus	Utomhus	Totalt
Liten jetflamma	0	0	0
Liten gasmolnexplosion	0	0	0
Medelstor jetflamma	0	0	0
Medelstor gasmolnexplosion	0	8	8
Stor jetflamma	0	6	6
Stor gasmolnexplosion	43	25	68
BLEVE	43	27	70

## 2.3 Klass 2.3 Giftiga Gaser

### 2.3.1 Metodik

Den icke brännbara men giftiga gasen antas bestå av **tryckkondenserad ammoniak**, som är en av de giftigaste gaserna som transporteras i större tankar på vägarna i Sverige. Giftigare gaser, som t.ex. klor transporteras normalt i begränsade mängder på väg, medan de större transporterarna går på järnväg. Beräkningar har även utförts för **svaveldioxid** som förväntas bli allt vanligare vid farligt godstransporter på väg.

Med simuleringsprogrammet **Spridning i Luft 1.2** beräknas storleken på det område där koncentrationen ammoniak respektive svaveldioxid antas vara dödlig (inomhus och utomhus). Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil rymmandes ca **24 ton ammoniak** respektive **24 ton svaveldioxid**. I tabell B.7 redovisas den indata som anges i **Spridning i Luft 1.2** med avseende på tankutformning, omgivningsstruktur och väder etc.

Tabell B. 7. Indata till **Spridning i Luft 1.2** för simulering av skadeområden vid utsläpp av giftig gas.

Faktor	Tankbil	
Kemikalie	Ammoniak	Svaveldioxid
Emballage	Tankbil (24 ton)	Tankbil (24 ton)
Bebyggelse	Tät skog/ stad ( $\rho = 1,0$ )	Tät skog/ stad ( $\rho = 1,0$ )
Lagringstemperatur	15°C	15°C
Väder	15°C, vår, dag och klart	15°C, vår, dag och klart

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

	Ammoniak	Svaveldioxid
• Litet utsläpp (packningsläckage):	0,34 kg/s	0,27 kg/s
• Medelstort utsläpp (brott på rör):	10 kg/s	4,6 kg/s
• Stort utsläpp (stor punktering):	85 kg/s	67 kg/s

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

Skadeområdet inomhus är dessutom beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas att ventilationsintagen är placerade ca 3 meter över vägen.

### 2.3.2 Bedömningskriterier

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

### 2.3.3 Resultat

I tabell B.8 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Skadeavstånden utgör en sammanvägning av respektive skadescenario med ammoniak respektive svaveldioxid, där avstånden som redovisas utgör de största enligt simuleringarna.

Bebyggelse och topografi minskar skadeområdets utbredning genom att dämpa effekten av påverkan. Detta framgår också av tabell B.8.

Tabell B. 8. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)							
		Oskyddad bebyggelse				Skyddad bebyggelse			
		Inomhus		Utomhus		Inomhus		Utomhus	
		bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd
Litett utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0	2	5	0	0	2	2,5
	50%	0	0	6	10	0	0	6	5
	5%	0	0	10	20	0	0	10	10
Medelstort utsläpp (brott på rör)	100%	0	0	20	30	0	0	20	15
	50%	10	20	30	60	10	10	30	30
	5%	20	35	50	90	20	17,5	50	45
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	10	10	100	160	10	5	100	80
	50%	25	55	130	225	25	27,5	130	112,5
	5%	40	100	150	275	40	50	150	137,5

I tabell B.9 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

Tabell B. 9. Beräknade konsekvenser - antal omkomna, för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Inomhus	Utomhus	Totalt
Litet utsläpp (packningsläckage)	0	0	0
Medelstort utsläpp (brott på rör)	0	5	5
Stort utsläpp (stor punktering)	0	50	50

## 2.4 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

### 2.4.1 Metodik

En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till något följdscenari som innebär allvarliga personskador. Det finns dock ämnen inom denna farligt godsklass som, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensen, motorolja etc.), kan leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Explosionen kan då liknas vid en explosion av massexplosiva ämnen.

Vid transport på väg kan ett utsläpp innebära att det oxiderande ämnet blandas med fordonets smörj- och drivmedel (organiskt material). Denna blandning kan motsvara ca 3 ton trotyl /5/. Konsekvensberäkningarna för detta skadescenario motsvarar alltså det scenario som redovisas i avsnitt 2.1..

Det genomförs inga detaljerade konsekvensberäkningar för detta skadescenario. De fortsatta riskberäkningarna kommer istället att utgå från resultatet som redovisas i avsnitt 2.1.3 med avseende på explosion med 4 000 kg massexplosivämne. Detta är ett konservativt antagande.

#### 2.4.2 Bedömningskriterier

Se avsnitt 2.1.2.

#### 2.4.3 Resultat

I tabell B.10 redovisas skadeavstånden för skadescenario med ämne ur klass 5.

Tabell B. 10. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
<b>Dimensionerande scenario</b> (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	80 % <u>inomhus</u>	50	30
	15 % <u>inomhus</u>	200	80
	50 % <u>utomhus</u>	50	40

I tabell B.11 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

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

Skadescenario	Inomhus	Utomhus	Totalt
<b>Dimensionerande scenario</b> (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	80	9	89

/5/ Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1996

### 3. Tunnelbanan

#### 3.1 Urspårning

Ett urspårat tåg kan köra på människor på gång- och cykelvägen utmed spåret (ligger utanför planområdet), köra in i skolbyggnad eller skolgård inom planområdet.

Människor som vistas utomhus och som träffas av tåget kan skadas eller omkomma. Byggnader som träffas av ett urspårat tåg kan få byggnadsskador. I värsta fall kan byggnadens bärlighet påverkas.

I det europeiska regelverket för spårnära konstruktioner, UIC-code 777-2 R /6/ redovisas ekvation för beräkning av **sannolikheten att byggnad kollapsar till följd av kollision**. Denna ekvation förutsätter att en urspårning endast riskerar att leda till byggnadskollaps om tåget har en hastighet som överstiger 60 km/h. Ekvationen är baserad på järnvägsvagnar med avseende på vikt m.m. och bedöms inte vara direkt applicerbar på tunnelbanevagnar (lättare konstruktioner). Troligtvis skulle det krävas en ännu högre hastighet för byggnadskollaps vid urspårning av ett tunnelbanetåg.

Med hänsyn till spårvagnens vikt bedöms dock kollisionskraften vara så stor att lokala byggnadsskador kan inträffa inom det maximala skadeavståndet (b). Detta beräknas i bilaga A till 8,5 meter förutsatt att tåget håller 50 km/tim vid urspårningsögonblicket. Med lokala skador avses skada på vägg och utrymme direkt innanför väggen.

Mindre än 10 meter av skolbyggnaden och inget av skolgården ligger inom 8,5 meter från närmaste spår. Höjdskillnaden kan medföra att ett urspårat tåg hamnar länge från banan. Sannolikt kommer dock gång- och cykelvägen dämpa farten och troligen fånga upp det urspårade tåget.

I den delen av byggnaden som ligger inom 8,5 meter finns uthyrningsbar yta som är separerad från skolverksamheten. Ytan är idag inte uthyrd och står tom.

Utifrån detta bedöms ingen inom planområdet omkomma till följd av ett urspårat tåg. Utomhus på gång- och cykelvägen kan det inte uteslutas att någon enstaka omkommer om de vistas där samtidigt som ett tåg spårar ur.

#### 3.2 Tågbrand

##### 3.2.1 Allmänt

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

I tidigare utredningar avseende tunnelbanan bedöms en fullt utvecklad vagnsbrand kunna uppnå en maximal brandeffekt på ca 15 MW. Den maximala brandeffekten baseras på fullskaleförsöken från EUREKA. Detta motsvarar ungefär brand i en buss /7/.

---

/6/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

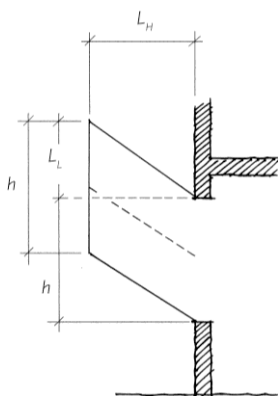
/7/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

## 3.2.2 Metodik

Konsekvenserna för brand i tunnelbanevagn beräknas utifrån nedanstående metodik. Beräkningarna omfattar beräkning av den infallande värmestrålningen mot kringliggande områden och en bedömning av hur detta påverkar bebyggelse och personer.

**1. Flamstorlek**

Samtliga fönster i vagnen antas gå sönder till följd av branden varför flammor ut genom fönstret har beräknats med formel för fönsterflamma (drag) enligt figur B.6 nedan.



Figur B.6. Flamma ut genom fönster vid drag.

Nedanstående formler har använts i beräkningarna /8/:

Flamhöjd (m): 
$$L_L = 1,366 \times \left(\frac{1}{u}\right)^{0,43} \times \left(\frac{\dot{Q}}{\sqrt{A_v}}\right) - h$$

Flammans horisontella projektion (m): 
$$L_H = 0,605 \times \left(\frac{u^2}{h}\right)^{0,22} \times (L_L + h)$$

Flammans bredd (m): 
$$w_f = w + 0,4 \times L_H$$

där

$\dot{Q}$  = utvecklad effekt (MW), max 15 MW enligt ovan.

$u$  = vindhastighet (m/s), antas till 1 m/s, vilket ger en konservativ flamhöjd

$A_v$  = Tågets totala fönsteröppningsarea (m<sup>2</sup>), uppskattat till ca 15 m<sup>2</sup> för tunnelbanevagn (en sida).

$h$  = fönstrets höjd (m), ca 1 m

$w$  = fönstrets bredd (m), ca 1 m per fönster, sammanlagt ca 15 m per vagnssida

Med ovanstående förutsättningar så erhålls följande värden:

$L_L = 4,3 \text{ m}$  mätt från undersida fönster blir höjden på den totala strålande ytan ca 5 m.

$L_H = 3,2 \text{ m}$

$w_f = 2,3 \text{ m}$  per fönster, totalt per vagnssida blir  $w_f = 16,3 \text{ m}$

/8/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005



## 2. Flamtemperatur

Medelflamtemperaturen  $T_f$  antas vara 800°C (1073 K). Detta utgår från uppmätta temperaturer vid fullskaleförsök. Bakgrundsstrålning från tåget har också beaktats.

## 3. Värmestrålning

Den utfallande värmestrålningen,  $E$ , (kW/m<sup>2</sup>) är beroende av flamtemperatur och den brinnande massans emissionstal. Emissionstalet, det vill säga materialets förmåga att avge värmeenergi, är beroende av materialets temperatur och egenskaper, särskilt vid ytan.

Värmestrålningen beräknas enligt följande ekvation:

$$E = \varepsilon \times \sigma \times T_f^4 \quad \text{där:}$$

$\varepsilon$  = Emissionstal [-], ansätts konservativt till 1,0

$\sigma$  = Stefan-Boltzmanns konstant =  $5.67 \times 10^{-11}$  kW/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>

$T_f$  = Flammans temperatur [K], 1073 K enligt ovan.

Med ovanstående förutsättningar så erhålls följande värde:

$$E = 75 \text{ kW/m}^2$$

Den infallande strålningen,  $E_p$  utgår från flammans emitterade strålning samt synfaktorn och beräknas genom:

$$E_p = F \times E \quad \text{där}$$

$F$  = Synfaktorn (-), som anger hur stor andel av den emitterade strålningen som når den mottagande punkten eller ytan (se figur B.7).

Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då flamman i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill. Synfaktorn mellan flamman och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt:

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

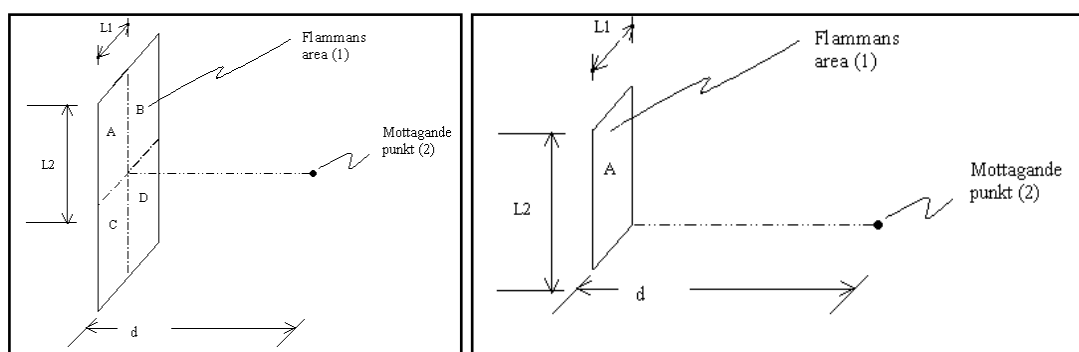
där  $F_{A1,2}$  beräknas enligt följande ekvation:

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

där:

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt figur 2.}$$

$F_{B1,2}$ ,  $F_{C1,2}$  och  $F_{D1,2}$  beräknas på samma sätt för dess mått.



Figur B.7. Synfaktor.

### 3.2.3 Bedömningskriterier

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

En person som befinner sig oskyddad utomhus och upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan hen reagerar. Det krävs en mycket hög strålningsnivå ( $> 40 \text{ kW/m}^2$ ) för att skadorna ska bli så akuta att personen inte har någon möjlighet att ens försöka sätta sig i säkerhet. Outhärdlig smärta uppnås redan vid  $20 \text{ kW/m}^2$  vid kortvarig bestrålning. För att denna strålningsnivå ska leda till omfattande brännskador (2:a graden) så krävs dock längre varaktighet. Vid strålning under  $15 \text{ kW/m}^2$  bedöms sannolikheten för personskador vara relativt låg /8, 9/.

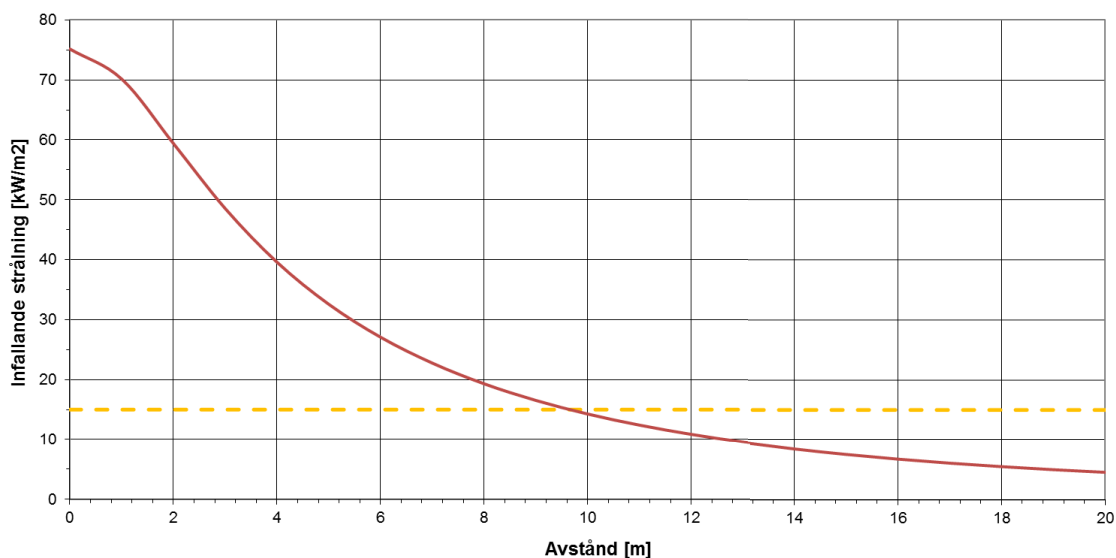
För att branden ska spridas till intilliggande byggnad krävs ett långvarigt brandförlopp med en relativt hög infallande värmestrålning mot byggnaderna. Kritisk strålningsnivå för brandspridning till byggnader ansätts enligt riktlinjer från Boverket /10/ till  $15 \text{ kW/m}^2$  om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas.

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.8. I figuren redovisas även nivån för kritisk värmestrålning.

/9/ Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, September 1997

/10/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

## Brand i spårvagn (15 MW)



Figur B.8. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i tunnelbanevagn (15 MW).

Enligt figur B.8 kan en brand i en tunnelbanevagn (maximal brandeffekt) innebära brandspridning till kringliggande bebyggelse inom ca 10 meter från spåret. Inom detta avstånd riskerar även personer som vistas oskyddade utomhus skadas allvarligt.

Den är endast en liten del av byggnaden som ligger inom 10 meter. Denna del av byggnaden upptas av en uthyrningsbar del som idag står outhyrd. Denna del är brandtekniskt avskild mot skolverksamheten i brandteknisk klass EI 60. Fasaden i denna del, liksom övriga byggnaden, består av betongelement. Risken för brandspridning in i byggnaden är därför mycket liten och bedöms i huvudsak kunna ske genom fönster. Att tåget dessutom sannolikt kör in till stationen vid brand för att resenärer ska kunna genomföra en säker utrymning, innebär sannolikt en mycket kortvarig brandpåverkan.

Ingen människa inom planområdet bedöms omkomma till följd av en brand i en tunnelbanevagn, pga. följande ovan redovisade faktorer:

- Sannolikheten för en fullt utvecklad brand är extremt liten
- Tåget kommer köra fram till stationen 55 meter bort så att resenärer kan utrymma. De är mycket utsatta vid en brand i vagnen
- Endast en liten del av byggnaden ligger inom möjligt påverkansområde

Möjlighet att utrymma mot annan sida finns från samtliga byggnadsdelar mot tunnelbanan.