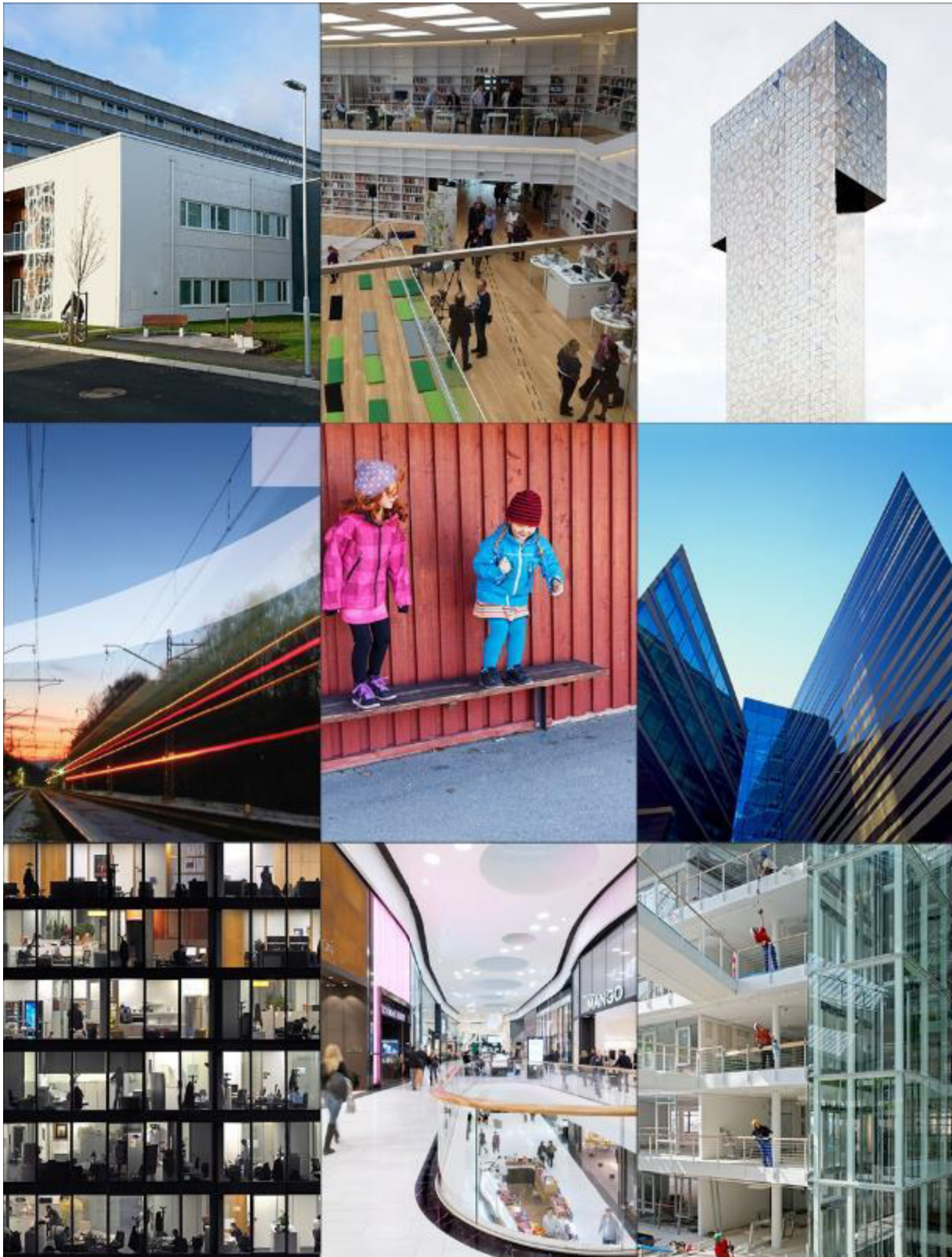


Risikanalys

Paradiset 23 och 27

Underlag för detaljplanearbete

2024-07-05



Dokumenttyp: Riskanalys
Uppdragsnamn: Paradiset 23 och 27
Stockholms stad
Uppdragsnummer: 505538
Datum: 2024-07-05
Status: Underlag för detaljplanearbete
Uppdragsledare: Rosie Kvål
Handläggare: Rosie Kvål
Tel: 08-588 188 84
E-post: rosie.kval@bsl.se
Uppdragsgivare: Fabege

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Version
2018-09-04	RKL	PWT	Första versionen
2018-11-16	RKL	-	Andra versionen
2018-11-22	RKL	-	Tredje versionen
2019-04-12	RKL	-	Fjärde versionen
2022-04-13	RKL	EMM	Femte versionen
2022-04-29	RKL	EMM	Sjätte versionen
2022-05-17	RKL	EMM	Sjunde versionen
2022-10-14	RKL	EMM	Åttonde versionen
2022-10-19	RKL	-	Nionde versionen
2022-11-04	RKL	-	Tionde versionen
2022-11-11	RKL	-	Elfte versionen
2022-11-24	RKL	EMM	Tolfte versionen
2023-10-03	RKL	-	Trettonde versionen
2024-07-05	RKL	-	Fjortonde versionen

Revideringar sedan föregående version är markerade med streck i marginalen och omfattar kompletteringar och tydliggöranden för att svara på erhållna granskningssynpunkter.

Sammanfattning

Fastigheterna Paradiset 23 och 27 i stadsdelen Stadshagen på Kungsholmen i Stockholm används idag huvudsakligen för kontorsändamål. Enligt gällande detaljplan ska fastigheterna användas för industriellt ändamål. För den östra delen av Paradiset 23 har bygglov erhållits för att genomföra en påbyggnad med ytterligare en våning för kontorsändamål. Fabege vill nu även utveckla resterande del av Paradiset 23 samt Paradiset 27 och komplettera kontoren med bland annat bostäder. Utbyggnaden kommer att ske i etapper. Den önskade ombyggnaden har medfört att en ny detaljplan för området har tagits fram.

I anslutning till planområdets östra gräns går Essingeleden på bro. Vägen är klassad som en transportled för farligt gods vilket innebär att krav ställs på att riskerna från trafiken med farligt gods på vägen utreds. Med anledning av detta genomförs denna riskanalys. Riskanalysen syftar till att klargöra om planerad förändring inom de aktuella fastigheterna kan accepteras ur risksynpunkt.

I närområdet finns ett antal verksamheter som hanterar farliga ämnen och som skulle kunna innebära påverkan mot omgivningen. I analysen konstateras dock att dessa inte har någon påverkan på risknivån inom aktuellt planområde.

Avståndet mellan Essingeleden och befintliga kontorsbyggnader är som minst ca 10-15 meter och understiger därmed det av Länsstyrelsen rekommenderade skyddsavståndet på 40 meter. Avståndet mellan Essingeleden och de planerade bostäderna är ca 50-60 meter. Det rekommenderade skyddsavståndet till sammanhängande bostadsbebyggelse är 75 meter.

För det aktuella projektet har samhällsrisknivån beräknats för planförslaget samt för ett nollalternativ utan realiserad detaljplan. Jämförelsen med nollalternativet visar att risknivån i området är hög och att planförslaget innebär en liten ökning jämfört med nollalternativet. Ökningen beror på den ökade persontätheten i och med ändrad markanvändning samt ökade byggnadsvolymer. Den beräknade risknivån är så hög att säkerhetshöjande åtgärder ska vidtas. Ett förslag på åtgärder har därför tagits fram. Detta redovisas nedan.

I närområdet har ett antal andra riskanalyser genomförts där samhällsrisken har beräknats. Även dessa visar att risknivån är så hög att åtgärder bör vidtas. Risknivån ligger dock inte på oacceptabla nivåer.

Rekommenderade åtgärder

- Området utomhus mellan byggnader och Essingeleden, inom 25 meter från närmaste vägkant, ska utformas så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Huvudentréer ska planeras mot trygg sida, d.v.s. mot sida som ej vetter mot Essingeleden.
- Byggnader utmed Essingeleden utformas så att fortskridande ras undviks samt med tät fasad för att motstå karakteristiska tryck och impulstätheter vid de aktuella lastfallen som redovisas i bilaga C (se bl.a. figur 14).

Med "tät" fasad syftas här på en fasad som är utformad på ett sådant sätt att den förhindrar stötvågslasten från att tränga in i byggnaden. Detta innebär att såväl fasadelement som eventuella fönsterrutor klarar av att motstå de laster som en explosion medför utan att kollapsa, dvs. dessa sitter fortfarande kvar i fasaden efter avslutad explosion. Ett visst tryckgenomsläpp och lokala splitterutkast från fönster bedöms vara acceptabelt.

- Fasaddelar mot Essingeleden, inom 30 meter från närmaste vägkant på Essingeleden, ska utföras i obrännbart material motsvarande minst lägst brandteknisk klass EI 30.

- Fönster och glaspartier i fasad mot Essingeleden inom 30 meter från närmaste vägkant ska utformas i brandteknisk klass EW 30. Exponerade fönster och glaspartier på 30-75 meters avstånd ska utföras för att klara en temperatur om 300 grader C under minst 30 minuters tid
- Utrymning ska vara möjligt mot en trygg sida, dvs. bort från Essingeleden.
- Alternativa utrymningsvägar får planeras mot Essingeleden.
- Bebyggelsen intill Essingeleden ska utformas med friskluftsintag på sida bort från Essingeleden. För bebyggelse bakom den skyddande bebyggelsen utmed Essingeleden får springventiler/uteluftdon och likvärdiga lösningar i fasad mot Essingeleden finnas.

Observera att åtgärderna endast utgör ett förslag och att det är upp till kommunen att ta beslut om åtgärder. Befintliga byggnadsdelar uppfyller ovanstående till stor del och kommer där så behövs kompletteras med bland annat nya fönster för att ovanstående krav ska uppfyllas.

Om föreslagna åtgärder vidtas kommer risknivån i området att sänkas. Med vidtagna åtgärder fås en lägre risknivå för planförslaget än för nollalternativet. En genomförd detaljplan innebär således att människor inom området utsätts för lägre risk än med nu gällande detaljplan. Det beror uteslutande på den möjlighet att ställa krav på att åtgärder ska vidtas som möjliggörs i och med den nya detaljplanen.

Förutsatt att föreslagna åtgärder vidtas bedöms risknivån för den aktuella detaljplanen kunna accepteras utan att människor utsätts för oacceptabla risker.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte	6
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Internkontroll.....	6
1.5 Föresättningar	7
2. OMRÅDESBESKRIVNING	9
2.1 Förändringar inom planområdet	10
2.2 Omgivande planer	13
3. RISKINVENTERING	15
3.1 Allmänt.....	15
3.2 Identifiering av riskkällor	16
4. INLEDANDE RISKANALYS.....	21
4.1 Metodik.....	21
4.2 Identifiering av olycksrisker	21
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk	21
4.4 Slutsats inledande riskanalys	24
5. FÖRBJUPAD ANALYS.....	25
5.1 Allmänt.....	25
5.2 Del A – Relativ risk med fokus på planområdet.....	25
5.3 Del B – Total samhällsrisk	26
5.4 Del C – Jämförelse med andra projekt.....	28
5.5 Känslighetsanalys.....	31
5.6 Värdering av risk	34
6. FÖRSLAG PÅ SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	35
6.1 Allmänt.....	35
6.2 Diskussion kring åtgärder	35
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning	39
7. SLUTSATSER	43
8. BILAGOR	44
9. REFERENSER	44

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Byggnaderna inom fastigheten Paradiset 23 och 27 i stadsdelen Stadshagen på Kungsholmen i Stockholm används idag huvudsakligen som kontor. Enligt gällande plan ska fastigheterna användas för industriellt ändamål. För den östra delen av Paradiset 23 har bygglov erhållits för att bygga på byggnaden med ytterligare en våning för kontorsändamål. Det innebär att hela byggnaden kommer att innehålla kontorsverksamhet.

Fabege vill nu även utveckla den västra delen av Paradiset 23 samt Paradiset 27 och komplettera kontorsverksamheten med bostäder i den västra delen. Utbyggnaden kommer att ske i etapper.

Utmed planområdet ligger Essingeleden som är klassad som en primär transportled för farligt gods. Med hänsyn till närheten till Essingeleden görs en övergripande utredning av möjliga risker kopplade till transporter med farligt gods på vägen. Utredningen är tänkt att ligga till grund för den fortsatta utvecklingen av de båda fastigheterna.

Risakanalysen utgår från det underlag och de strategier som redovisas i den PM som staden tagit fram kring hantering av samhällsrisk för aktuellt planområde /1/. En tydlig inriktning i denna PM har varit att i huvudsak hantera konsekvenserna av olyckor med brandfarliga vätskor samt brandfarliga gaser. Dessa olyckshändelser har identifierats ha störst påverkan på risknivån och genom att minimera riskbidraget från dessa säkerställs att tillkommande exploatering inte medför oacceptabla samhällsrisknivåer.

1.2 Syfte

Syftet med risakanalysen 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 kvarteren Paradiset 23 och 27 som avgränsas av Nordenflychtsvägen i väster, Franzéngatan i norr, Strandbergsgatan (Essingeleden) i öster och av Paradiset 21 m.fl. i söder (se även figur 2.1).

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

Trafikanter på Essingeleden och människor i angränsande områden omfattas inte heller av analysen.

1.4 Internkontroll

Risakanalysen 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 på interkontrollanten som bekräftar kontrollen redovisas i kolumnen för internkontroll på sidan 2.

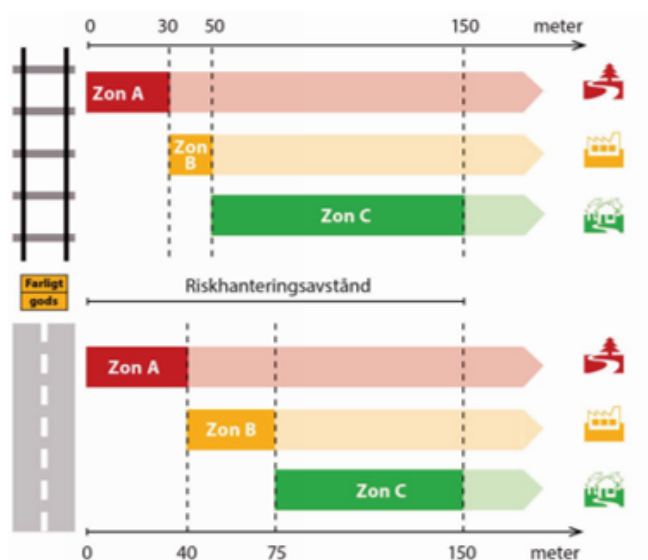
1.5 Föresättningar

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 /2/. 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 skyddsavstånd till olika verksamheter. Dessa rekommendationer redovisas i figur 1.1.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

Zon A	Zon B	Zon C
G Drivmedelsförsörjning (obemannad)	E Tekniska anläggningar	B Bostäder
L Odling och djurhållning	G Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C Centrum
P Parkering (ytparkering)	J Industri	D Vård
T Trafik	K Kontor	H Detaljhandel
	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 /2/.

Avstånden i figuren mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt.

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 inom 30 meter från vägen.

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

För ny bebyggelse intill bensinstationer gäller Länsstyrelsens riktlinjer från 2000 /3/. Dessa innebär att 25 meter närmast bensinstationen bör lämnas bebyggelsefritt. Tät kontorsbebyggelse kan placeras på 25 meters avstånd och sammanhållen bostadsbebyggelse eller personintensiv verksamhet kan tillåtas på 50 meters avstånd.

1.5.2 Övrig lagstiftning

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

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

2. Områdesbeskrivning

Planområdet omfattar fastigheterna Paradiset 23 och 27 som ligger i stadsdelen Stadshagen på Kungsholmen i Stockholm, se figur 2.1. Hela Kungsholmen är ett av stadens utvecklingsområden som för närvarande byggs ut. Omvandlingen av tidigare verksamhetsområden innebär att innerstadens front flyttas ut från Fridhemsplan till Ulvsundasjön.

För de aktuella fastigheterna gäller en stadsplan från 1933 samt en tilläggsplan från 1967. Gällande detaljplan medger industriändamål. Inom båda fastigheterna finns befintliga byggnader med pågående verksamheter, huvudsakligen bestående av kontorsverksamhet. Den nya detaljplanen avser att bekräfta pågående verksamhet samt komplettera med bostäder.



Figur 2.1. Karta över området med fastigheterna Paradiset 23 och 27 rödmarkerade.

Öster om fastigheterna går Strandbergsgatan och Essingeleden. I norr gränsar Paradiset 23 och 27 mot Franzégatan och i väster gränsar fastigheterna mot Nordenflychtsvägen och Nelly Sachs Park, se figur 2.2. I söder avgränsas planområdet av fastigheten Paradiset 21 m fl. Essingeleden är ett mycket dominerande inslag i det omgivande stadsrummet och leden passerar fastigheterna på bro ungefär 5 meter över marknivå och avståndet till fastigheterna är ungefär 10-15 meter.

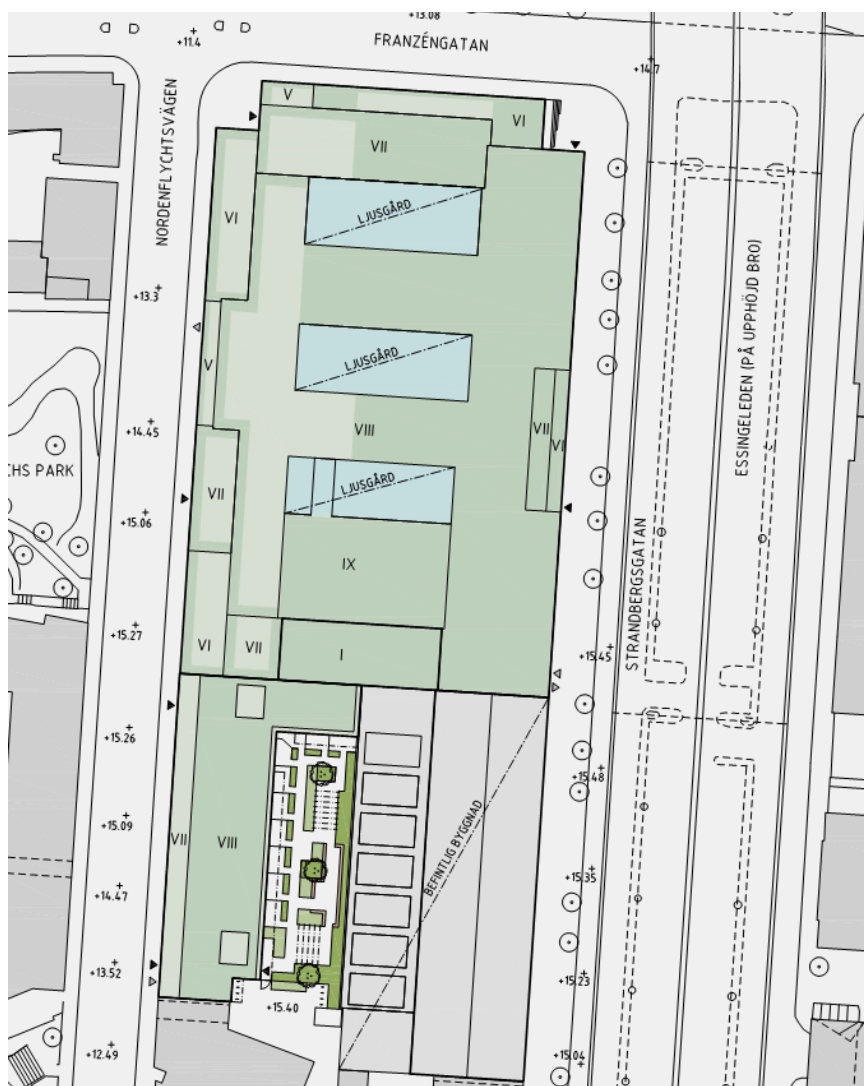


Figur 2.2. Flygfoto över fastigheterna (källa satellitbild: eniro.se).

2.1 Förändringar inom planområdet

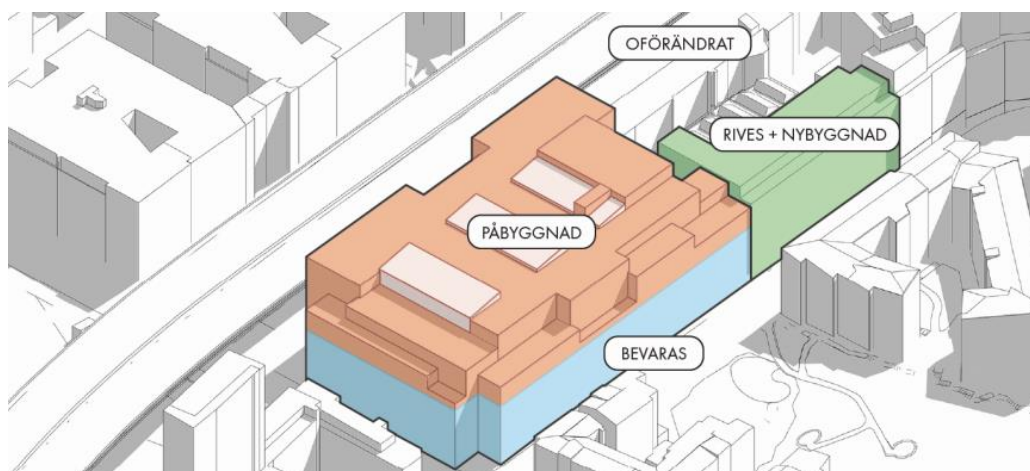
Bebyggelsen inom fastigheterna Paradiset 23 och 27 (se figur 2.2) uppfördes på 1950-talet och används idag huvudsakligen som kontor. Gällande detaljplan anger industriändamål för de båda fastigheterna. Fabege vill nu utveckla fastigheterna, vilket planeras ske i tre etapper. Utbyggnadsetapperna redovisas i följande avsnitt.

Den huvudsakliga användningen kommer att utgöras av kontorsverksamhet och bostäder men önskemål finns om att i viss utsträckning även tillåta vuxenskola samt vård (t.ex. vårdcentral eller liknande med kontorsliknande verksamhet, det vill säga tillfällig vård utan sövda eller sovande patienter). I figur 2.4 redovisas planförslaget.



Figur 2.3. Situationsplan för Paradiset 23 och 27 (Wingårdhs, 2022-09-30).

Delar av bebyggelsen kommer att bevaras och delar kommer att rivras. Detta illustreras i figur 2.4.



Figur 2.4. Illustration över vilka byggnadsdelar som bevaras respektive byggs nya.

2.1.1 Etapp 1

Fabege har genomfört på- och ombyggnad av kontorsbyggnaden i den östra delen av Paradiset 23. Projektet har inneburit att den del av fastigheten som ligger utmed Essingeleden (se figur 2.5) har renoverats och byggts om invändigt för att få till mer funktionella kontorslokaler samt att ytterligare en våning byggts ovanpå befintlig byggnad. Det innebär att den totala byggnadsarean ökat inom den aktuella delen av fastigheten. Fabeges bedömning är att antalet personer i byggnaden inte ökat i någon större omfattning i och med påbyggnaden jämfört med tidigare utförande.

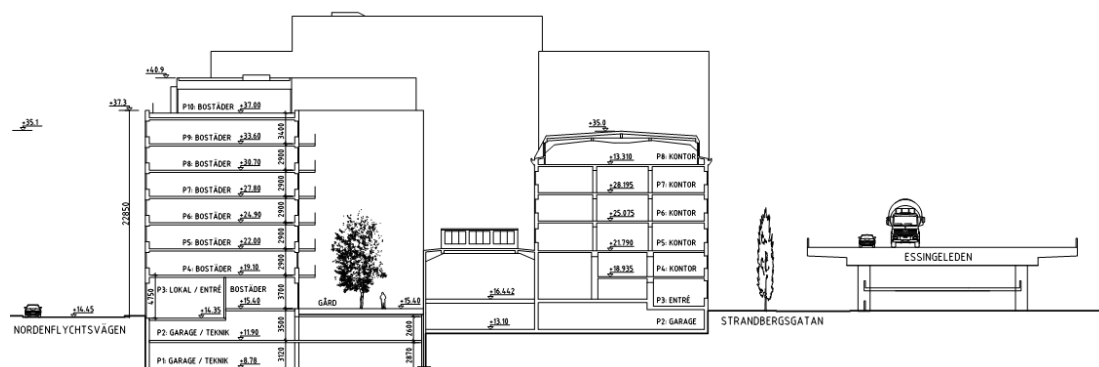
I och med på- och ombyggnadsarbetet i etapp 1 öppnades en passage upp genom fasaden mot Essingeleden.

Byggnaden har en befintlig tegelfasad som bevarats (se figur 2.5). Fönster mot Essingeleden har bytts och ersatts med brandglas samt explosionsresistenta glas enligt följande specifikation:

- Yttre ruta: 6 mm Vetrolam EW30
- Mittruta: min 4 mm Planitherm Ultra N
- Innerruta: 10 mm Vetrogard Blast ER1-S med Planitherm Ultra N



Figur 2.5. Fasad mot Essingeleden inom Paradiset 23, före ombyggnation.



Figur 2.6. Sektion genom Paradiset 23. Essingeleden t.h. i figuren (Wingårdhs, 2022-09-30). Byggnaden till vänster ingår i etapp 2.

2.1.2 Etapp 2

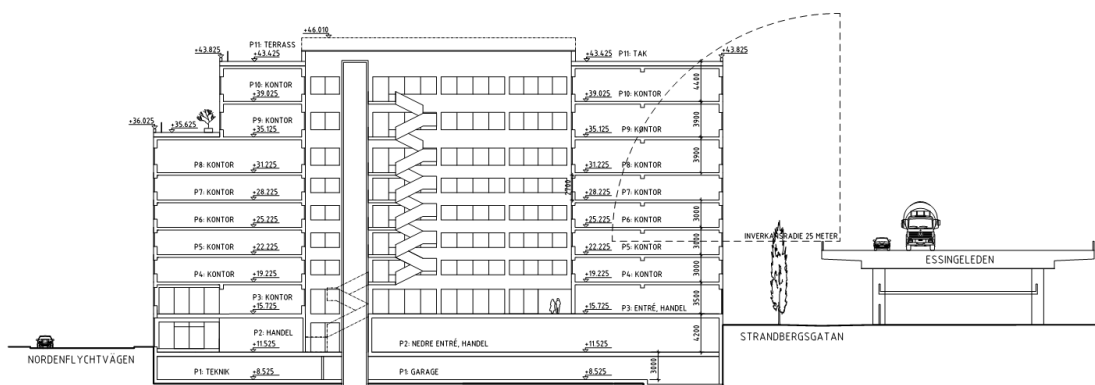
Den andra etappen omfattar den del av Paradiset 23 som vetter mot Nordenflychtsvägen (se figur 2.6). Befintlig byggnad planeras att rivas och ersättas med ett bostadshus. Den nya byggnaden kommer att bli högre än framförliggande byggnad.

Avståndet till Essingeleden från den bakre byggnaden blir ca 50-60 meter.

Etapp 1 och 2 kan genomföras inom ramen för nu gällande detaljplan.

2.1.3 Etapp 3

Den tredje etappen omfattar Paradiset 27 där befintlig bebyggelse planeras att byggas på med 3-4 våningar. Etappen omfattar i huvudsak kontor. I figur 2.7 redovisas en sektion genom den norra delen av kvarteret.

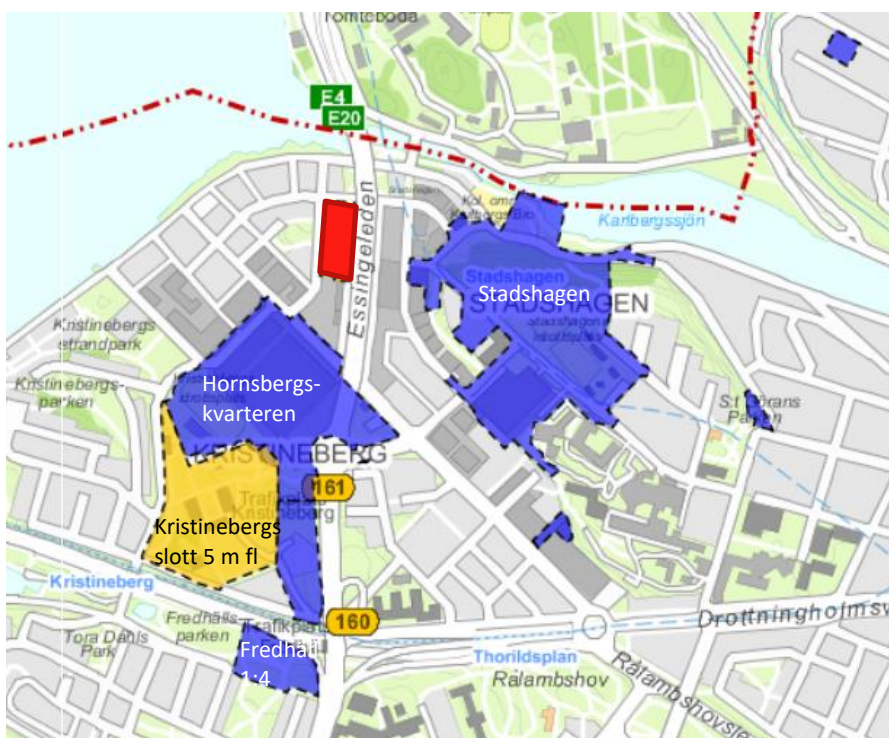


Figur 2.7. Sektion genom Paradiset 27 (Wingårdhs, 2022-09-30).

Etapp 3 innebär att en ny detaljplan behöver tas fram som medger planerad bebyggelse, dvs. kontor.

2.2 Omgivande planer

På nordvästra Kungsholmen har en omfattande förtätning samt omvandling från industri till stadskvarter genomförts de senaste åren. I figur 2.8 redovisas pågående detaljplaner, vilka till stor del omfattar ny bostadsbebyggelse.



Figur 2.8. Pågående planprojekt i närheten av aktuellt planområde (rödmarkerat) (källa: stockholm.se).

Stadshagen: Förtätning av befintlig bebyggelse med 1 900 lägenheter, ytor för idrott, skola, förskola, vård, kontor, park m.

Hornsbergs-kvarteren: Omvandling av befintlig bussdepå till stadskvarter med bostäder, kontor och förskola. Totalt 750 lägenheter.

Kristinebergs slott 5: Förtätning med nya bostäder, totalt 230 lägenheter.

Fredhäll 1:4: Ny bollplan med tillhörande omklädningsrum, serviceytor m.

Pågående planer innebär inte att några riskkällor tillförs i närområdet utan snarare tvärtom genom att exempelvis bussdepån flyttas och andra mindre verksamheter som kan hantera brandfarlig vara flyttar från området. Utbyggnaden innebär dock en ökad persontäthet inom området, vilket innebär att fler människor kan komma att påverkas vid en olycka på Essingeleden. Det innebär att samhällsrisken i området ökar.

3. Riskinventering

3.1 Allmänt

Inledningsvis görs en inventering av riskkällor i anslutning till det studerade området. Riskinventeringen omfattar de riskkällor (transportleder för farligt gods, järnvägar, verksamheter som hanterar farligt gods) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området. Utifrån gällande riktlinjer (se avsnitt 1.5.1) avgränsas inventeringen till riskkällor inom 150 meter från planområdet.

Riskkällorna beskrivs och förekommande hantering/transport av farliga ämnen kartläggs och redovisas. Inventeringen utgör grunden för den fortsatta analysen.

3.1.1 Farligt gods

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

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

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

Tabell 3.1. Farligt gods indelat i olika klasser enligt ADR-S.

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 eldningsolja, 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.

3.2 Identifiering av riskkällor

I planområdets närhet har Essingeleden identifierats som möjlig riskkälla att påverka aktuellt planområde. I området finns även andra mindre verksamheter som eventuellt kan påverka risknivån inom området.

3.2.1 Essingeleden

Essingeleden är en av Sveriges mest trafikerade vägar med ca 114 000 fordon per dygn förbi aktuellt planområde /4/. Vägen har motorvägsstandard med tre filer i vardera riktningen samt ytterligare ett körfält per körriktning som utgör två avfarter. De båda körriktningarna är åtskilda av en barriär. Den skyltade hastigheten förbi aktuellt område är 70 km/h.

Transport av farligt gods på Essingeleden

Essingeleden samt av- och påfartsramper är klassade som primär transportled för farligt gods. Detta innebär att Länsstyrelsen i Stockholms län rekommenderar att farligt gods transporteras på vägen. Det finns inga restriktioner för olika farligt godsklasser. Teoretiskt sett kan därför transporter av samtliga farligt godsklasser passera på vägen förbi det aktuella området. Dock finns restriktioner avseende farligt godstransporter längre norrut på E4. Länsstyrelsen har beslutat om att ge Norra länken, delen under Hagastaden, tunnelkategori B med ett undantag om transporter av ADR - klass 2 klassificeringskoderna F, TF och TFC /5, 6/. Detta innebär att samtliga transporter, förutom transporter av brandfarlig gas, som vid olycka kan generera en mycket stor explosion förbjuds genom Hagatunnlarna. Det innebär att dessa transporter inte kommer att passera studerat område på Essingeleden utan istället köra via Bromma och Ulvsunda.

Det finns ingen exakt bild över hur stora mängder farligt gods som transporteras på den aktuella vägsträckan. Det har dock genomförts ett antal kartläggningar som ger information om vad som har transporterats/transporteras under vissa perioder. Den senaste kartläggningen genomfördes 2015 och innebar en kartläggning via kameradetektion på ett antal vägar i Stockholmsområdet under två månader (maj och oktober) /7/. En av mätningarna omfattar Essingeleden. Mätningen genomfördes via detektion med hjälp av trafikkameror. Mätningarna visar bland annat att merparten av trafiken med farligt gods sker utanför rusningstrafik. 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.

Den studerade informationen är inte heltäckande, men ger ändå en indikation på hur situationen ser ut. Mätningen genomfördes innan restriktionerna avseende transporter med last som kan leda till stor explosion i Norra Länken (se ovan) infördes. Restriktionerna påverkar klass 1, 2 och 5 och dagens trafikering bör till följd av restriktionerna vara lägre för dessa klasser än vad som redovisas i tabell 3.2.

Mätningarna är genomförda efter det att LNG (naturgas) började transporteras till Frihamnen till det bunkringsfartyg som används för att tanka Viking Grace. Dessa transporter är således inkluderade i underlaget från kameradetektion. Den automatiska registreringen via övervakningskameror innebär att transporter registreras både när de är på väg till sin målpunkt fullastade samt på väg tillbaka till sin startpunkt tomma. Många leveranser, exempelvis drivmedel, har flera målpunkter och kan eventuellt passera kamerorna vid flera tillfällen, beroende på vilka vägar de kör. När det gäller LNG-transporterna så kör dessa en "fast" sträcka mellan Nynäshamn och Frihamnen och har således registrerats vid två tillfällen av respektive kamera som passerar.

I riskanalysen för Hornsbergskvarteren har underlaget från kameradetektion kompletterats med underlag från Riskanalysen för Norra Stationsområdet /9/. I tabell 3.2 redovisas en sammanställning av det underlaget. Tabellen redovisar uppskattat antal transporter per farligt godsklass idag och har räknats om till årsbasis, vilket utgör ett grovt antagande.

Tabell 3.2. Antal transporter med farligt gods på Essingeleden utifrån underlag från detaljplan för Hornsbergskvarteren /9/.

Klass	Ämne	Antal trp/år	Andel exkl. styckegods
1	Explosiva ämnen		3,4%
	< 60 kg (50 %)	843	
	60-500 kg (35 %)	590	
	500-1 000 kg (10 %)	169	
	> 1 000 kg (5 %) – förbjudna	-	
2	Brandfarliga gaser		16,1%
	- Bulktransport	2 449	
	- Växelflak	2 758	
	Icke brandfarliga, icke giftiga	2 250	
	Giftiga gaser	46	
3	Brandfarliga vätskor	31 643	68,0%
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	237	0,5%
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	267	0,6%
6	Giftiga ämnen	148	0,3%
7	Radioaktiva ämnen	0	0,0%
8	Frätande ämnen	1 453	3,1%
9	Övriga farliga ämnen	3 707	8,0%
1-9	styckegods	14 782	
Totalt	Inkl. styckegods	61 342	
	Exkl. styckegods	46 560	

Underlaget i tabell 3.2 kommer att utgöra underlag till genomförda beräkningar.

Framtid

Hur trafiksituationen på Essingeleden kommer att se ut i framtiden är svår att bedöma eftersom transportstrukturen kan komma att förändras i och med nya trafiklösningar, politiska beslut, klimatomställningar etc. Det är sannolikt att idrifttagandet av Förbifart Stockholm samt omställning från fossila drivmedel kommer att påverka transportsituationen på Essingeleden. En trolig framtida situation är att antalet fordon på aktuell vägsträcka kommer att minska till följd av framtida förändringar. Redovisat trafikunderlag bedöms därför vara relevant även för ett framtidsscenario.

När det gäller farligt gods är det svårt att veta hur den framtida situationen ser ut men även denna typ av transporter kommer sannolikt påverkas av Förbifart Stockholm. En minskning av dessa transporter är troligt till följd av Förbifarten. Det är också troligt att antalet fordon lastade med fossila drivmedel kommer att minska till följd av lokala, nationella och internationella miljö- och klimatmål. Jämfört med redovisningen i tabell 3.2 medför kategoriseringen av Norra Länkens tunnlar att inga (eller åtminstone mycket färre) transporter som kan leda till stora explosioner kommer att passera planområdet. Ett troligt scenario är att LNG-transporterna kan komma att öka i framtiden. I vilken omfattning är dock osäkert. Genom att utgå från de mätningar som är genomförda och som även registrerar tomma transporter så tas viss höjd för en eventuell framtida ökning av transporter med farligt gods.

3.2.2 Övriga verksamheter

I närområdet finns ett antal verksamheter som hanterar varierande mängder med farliga ämnen och därmed genererar transporter med farligt gods. Uppmärksammade verksamheter är SL:s bussdepå och företag med läkemedelstillverkning.

SL:s bussdepå

Storstockholms lokaltrafik har en bussdepå placerad utmed Lindhagensgatan, cirka 180 meter från fastigheterna Paradiset 23 och 27. Den befintliga bussdepån ska flytta från området. På platsen där garaget finns idag planeras kontor och bostäder (se avsnitt 2.1.1).

I dagsläget, med ca 150 bussar i depån, erhålls leveranser av etanol tre gånger i veckan. Etanolen förvaras i tre cisterner om totalt 150 m³ förlagda i mark. En till två gånger i veckan kommer leveranser med diesel som lagras i två cisterner om totalt 70 m³. Även mindre mängder brandfarliga ämnen som t.ex. spolarvätska förvaras inom området.

Transporterna av farligt gods sker idag från Essingeleden via trafikplats Lindhagensgatan. Transporterna är således aldrig närmare kvarteren Paradiset 23 och 27 än avståndet till bussdepåns placering idag.

Bussdepån är markerad med siffran 1 i figur 3.1.

Läkemedelsföretag

I Hornsberg har flera företag med medicinsk anknytning bedrivit verksamhet varav en del av dessa nu flyttat från området. Idag kvarstår huvudsakligen företaget Octapharma och Sobi som bedriver forskning, utveckling och tillverkning av läkemedel i området.

Vid Elersvägen (350-400 meter från Paradiset) bedriver Octapharma tillverkning av läkemedel. I verksamheten förbrukas bland annat eldningsolja och etanol. En stor del av etanolen återanvänds lokalt, efter att ha passerat återvinningsanläggningen. När etanolens kvalitet är för dålig för att kunna återanvändas köps ny etanol in. År 2013 förbrukades 511 ton etanol /4/. Eftersom den förbrukade etanolen transporteras iväg utgör de årliga transporterna av etanol till och från anläggningen av ca 1 000 ton. Octapharma fick tillstånd för utökad verksamhet 2008. Den utökade verksamheten innebär att lossning av etanol och eldningsolja sker på gården och inte utmed Elersvägen /8/. Transporterna till och från Octapharma går via Lindhagensgatan minst 180 meter från Paradiset 23 och 27. Octapharma är markerat med 2 i figur 3.1.

Biovitrum bedriver sin verksamhet (kontor- och laborativverksamhet) i flera olika lokaler på Kungsholmen. Den lokalen som är aktuell att ta hänsyn till i denna riskanalys är belägen på södra delen av Strandbergsgatan, ungefär 90 meter från Paradiset 23. Lokalen används som laboratorieförråd och år 2009 hanterades totalt 2 m³ etanol. Endast mindre mängder etanol levereras vid varje tillfälle och leveranserna sker i dunkform. Biovitrum är markerat med 3 i figur 3.1.

3.2.3 Sammanställning

Den genomförda riskinventeringen identifierade fyra olika riskkällor. Riskkällornas placering i förhållande till Paradiset 23 och 27 framgår av figur 3.1.



Figur 3.1. Översiktsbild med identifierade riskobjekt numrerade och fastigheterna Paradiset 23 och 27 inringade med blå ring.

I tabell 3.3 framgår det kortaste avståndet mellan riskkällan och fastigheterna, samt avståndet mellan riskkällan och de delar av fastigheterna som ämnas för bostäder.

Tabell 3.3. Avstånd mellan riskkällor och Paradiset 23 och 27.

Riskälla (numrering enl. figur 3.1)	Kortaste avstånd till Paradiset 23 och 27	Avstånd till del av byggnad där bostäder planeras
Essingeleden	10-15 meter	50-70 meter
SL:s bussdepå (1)	180 meter	180 meter
Octapharma (2)	180 meter	180 meter
Biovitrum (3)	90 meter	100 meter

Utifrån ovanstående inventering konstateras att det endast är Essingeleden som ligger så nära planområdet att påverkan på risknivån behöver studeras. Transporter till och från verksamheter i närområdet kan gå förbi planområdet på Essingeleden, de finns då inräknade i underlaget avseende transporter på Essingeleden. Transporternas väg på lokalgator i området ligger på tillräckligt stort avstånd för att inte påverka risknivån inom planområdet. I den fortsatta analysen kommer därför enbart Essingeleden studeras.

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 transporter av farligt gods på Essingeleden som kan innebära olyckshändelser med möjlig konsekvens för det aktuella planområdet och som är relevanta att beakta vad gäller risknivån för området. De andra riskkällorna bedöms befinna sig på tillräckligt avstånd från fastigheterna alternativt hanterar verksamheterna så begränsade mängder farligt gods att de inte påverkar riskbilden för Paradiset 23 och 27.

Mellan de övriga riskkällorna och fastigheterna finns det dessutom fysiska barriärer, så som byggnader och själva Essingeleden som kan verka förmildrande. Mellan Essingeleden och de delar av fastigheten som ska användas som kontor finns emellertid ingen barriär och mellan Essingeleden och de planerade bostäderna ses kontorsbyggnaderna som en barriär till viss del eftersom kontorsbyggnaderna är lägre.

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Olycka vid transport av farligt gods

Allmänt

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

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

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

Klass	Konsekvensbeskrivning
1. Explosiva ämnen	Riskgrupp 1.1: Risk för massexplosion. Konsekvensområden kan vid stora mängder (≥ 2 ton) överstiga 50-200 meter. Begränsade områden vid mängder under 1 ton. Riskgrupp 1.2-1.6: Ingen risk för massexplosion. Risk för splitter och kaststycken. Konsekvenserna normalt begränsade till närområdet.
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnexplosion, BLEVE. Konsekvensområden mellan ca 20-200 meter. Klass 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 väteperoxidslösningar med konc. > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Skadeområde ca 70 m radie.
6. Giftiga ämnen	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8. Frätande ämnen	Utsläpp av frätande ämne. Konsekvenser begränsade till närområdet.
9. Övriga farliga ämnen	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

Utifrån beskrivningen ovan bedöms det vara ämnen ur följande klasser som kan vara relevanta att beakta vid bedömning av risknivån för det aktuella planområdet:

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

Konsekvenserna av olycka med övriga klasser är begränsade till det absoluta närområdet och bedöms därför inte påverka risknivån inom planområdet.

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

Enligt tabell 3.3 förekommer transporter med explosiva ämnen på den aktuella vägsträckan. På väg är det tillåtet att transportera ämnen i så stora mängder som 16 ton. Till följd av restriktioner i Norra Länken tillåts dock endast transporter med mindre än 1 ton på aktuell vägsträcka. Lasten kan detonera till följd av stötar vid exempelvis en krock eller vid brand i fordonet. Trycket som uppstår kan medföra att människor skadas eller att hus raseras.

Människor klarar tryck relativt bra och skadas bara allvarligt om de vistas i direkt närhet till explosionen. Byggnader klarar tryck sämre och kan rasa, vilket kan skada människor inuti byggnaden. Vid detonation av 2 ton explosivämne kan nyare betongbyggnader rasa på upp till ca 50 meter från explosionscentrum. Äldre och sämre byggnader kan raseras på upp till 100 meter. Framförliggande byggnader fungerar som skydd för att dämpa verkan av explosionen. Sannolikheten för detta scenario bedöms som mycket liten.

Sannolikheten för en olycka med klass 1 ämne är låg, men konsekvenser kan förväntas inom aktuellt område vid en olycka mitt för området. Scenariots bidrag till risknivån bedöms vara låg, och bedöms inte föranleda behov av åtgärder.

Klass 2.1. Brännbara gaser

Brännbara gaser, exempelvis gasol, transporteras både i flaska och med tankbil. På Essingeleden är förekomsten av transporter med brännbara gaser stor, både i tankbil och i flaska.

Om en olycka sker kan konsekvenserna bli stora. Gasen kan antändas och orsaka hög värmestrålning mot omgivningen. I värsta fall kan också gasen utvidgas så snabbt att en explosion uppstår. Vid mindre utsläpp bedöms skadan endast bli lokal, vid stora utsläpp kan människor och byggnader påverkas på 100 meter eller mer från olyckan. På stora avstånd är det huvudsakligen människor utomhus som skadas. Byggnader nära olyckan skärmar av effekten från olyckan vilket innebär att konsekvenserna för bakomliggande bebyggelse minskar. Sannolikheten för detta scenario bedöms som mycket liten.

Scenariot bedöms utgöra ett betydande bidrag till risknivån och åtgärder för att lindra konsekvenserna kan vara nödvändiga.

Klass 2.3. Giftiga gaser

Giftig gas utgör en mycket liten andel av de gaser som transporteras på Essingeleden (se tabell 3.2). Gasen behöver inte aktiveras för att bli farlig, den är farlig så snart den läcker ut. Beroende på vind och topografi kan gasen spridas långa sträckor utan att tunnas ut. Människor både utomhus och inomhus kan skadas eller omkomma på upp till flera hundra meters avstånd i värsta fall. Sannolikheten för detta scenario bedöms dock om mycket liten.

Påverkan på risknivån i området bedöms vara begränsad, men scenariot kan föranleda behov av åtgärder.

Klass 3. Brandfarliga vätskor

När det gäller brännbara vätskor förekommer transporter av bland annat bensin, diesel, etanol och eldningsolja med tanktransport.

Ett stort utsläpp av exempelvis bensin kan, om det antänds, innebära att hög värmestrålning drabbar omgivningen och kan orsaka brännskador på oskyddade människor eller antända byggnader. Allvarliga konsekvenser kan uppkomma inom cirka 30-40 meter från branden. Byggnader nära olyckan fungerar som skydd för bakomliggande bebyggelse. Sannolikheten för ett utsläpp bedöms som förhållandevis hög. Anledningen till att sannolikheten för dessa scenarion bedöms som högre än de andra är att majoriteten av de transporter med farligt gods som passerar det aktuella området är just transporter av klass 3 gods.

Scenariot bedöms föranleda behov av säkerhetshöjande åtgärder.

Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Om ämnen ur klass 5, underklass 1, blandas med brännbar vätska kan en blandning uppstå som kan orsaka explosion motsvarande den för klass 1. Sannolikheten för detta scenario bedöms som mycket låg och bedöms inte innebära behov av säkerhetshöjande åtgärder.

4.4 Slutsats inledande riskanalys

Scenarierna beskrivna ovan är starkt beroende av vilka mängder som läckt ut vid olyckan, där ett större läckage kan medföra större konsekvenser för omgivningen och ett mindre läckage påverkar omgivningen i mindre utsträckning. Även andra faktorer som vind och omgivande temperatur, men också topografi och bebyggelsestruktur kan påverka konsekvenserna av ett utsläpp. Risknivån är högre inom ca 30-35 meter från Essingeleden på grund av risken för en olycka som innebär utsläpp av gods tillhörande klass 3.

Bedömningen utifrån den inledande analysen är att risknivån är relativt hög närmast Essingeleden. I den delen av fastigheterna planeras ingen förändring av nuvarande verksamhet dock innebär det en ändrad användning jämfört med gällande detaljplan. Byggnadsvolymen planeras öka något, men ingen betydande förändring sker. Risknivån minskar med avståndet vilket innebär att de planerade bostäderna utsätts för en betydligt lägre risk. Det är främst olyckor som leder till explosion och utsläpp av giftig gas som kan medföra konsekvenser på detta avstånd. Dessa olyckshändelser bedöms inträffa med mycket låg sannolikhet. Risknivån närmast Essingeleden bedöms dock vara av den storleken att säkerhetshöjande åtgärder är nödvändiga. Även för bostäderna erfordras vissa åtgärder för att minska påverkan vid en olycka på Essingeleden.

Eftersom risker kopplade till transporter med farligt gods på Essingeleden bedöms innebära en betydande påverkan på risknivån inom planområdet behöver en fördjupad analys göras av ovan redovisade risker. En fördjupad analys redovisas därför i avsnitt 5.

5. Fördjupad analys

5.1 Allmänt

I den inledande analysen konstateras att vissa risker kan innebära så stor påverkan på risknivån inom planområdet att åtgärder kan behöva vidtas. Med syfte att klargöra behovet av åtgärder görs en fördjupad analys av studerade risker. Den fördjupade analysen består av tre delar där den ena delen omfattar en fördjupning kring det aktuella planområdet där en jämförelse mellan planförslag och nollalternativ görs (del A). Den andra delen omfattar en analys av den totala samhällsrisk i området, dvs. en olyckas påverkan även utanför planområdet studeras (del B). Den tredje delen omfattar en värdering av risknivån utifrån beräkningar av samhällsrisk genomförda för andra projekt (del C).

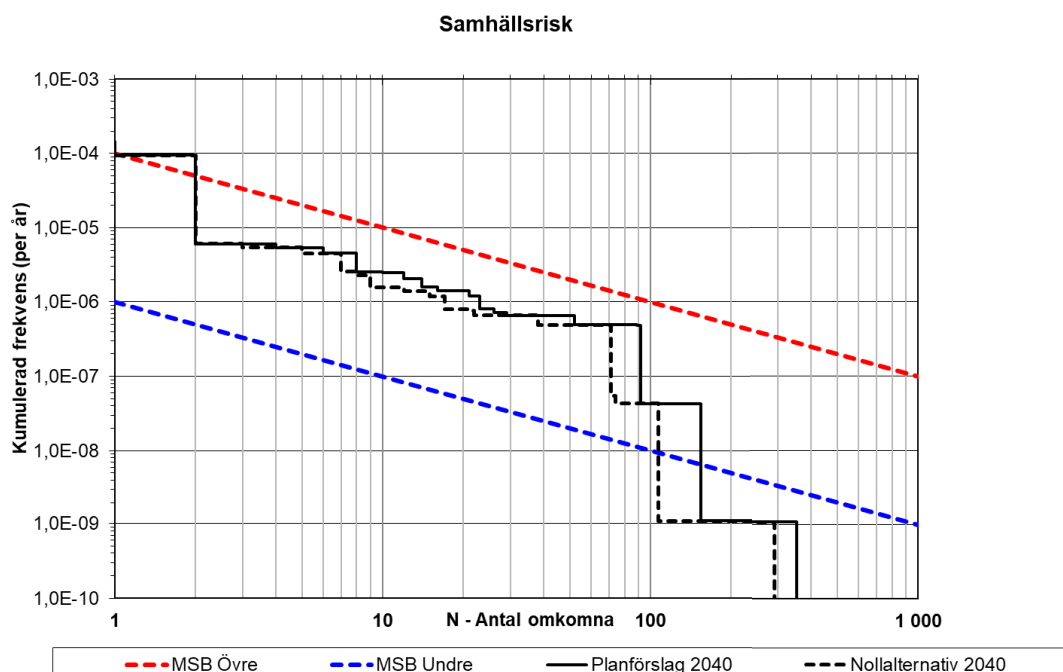
5.2 Del A – Relativ risk med fokus på planområdet ("grupprisk")

Beräkningar har genomförts där konsekvenser har beräknats enbart för det aktuella planområdet med planerat utförande samt för ett nollalternativ. Eventuella delar av olyckors skadeområden som hamnar utanför planområdet har således inte beaktats. Beräkningarna syftar till att jämföra risknivån mellan planförslag och nollalternativ för de aktuella fastigheterna. Eftersom inga konsekvenser beräknas för omgivande områden visar inte riskberäkningarna samhällsrisk i området. Kringliggande bebyggelses bidrag till risknivån är lika stor för både planförslaget och nollalternativet, vilket innebär att de skillnader i risknivå som föreligger framkommer även vid studie av enbart planområdet. Skillnaderna blir till och med tydligare med denna metod varför den kan vara lämplig att använda just vid jämförelse mellan två risknivåer.

Nollalternativet definieras i detta fall som aktuellt planområde med bibehållen och aktualiserad detaljplan. Nu gällande detaljplan vann laga kraft 1933/1967 och medger för fastigheterna Paradiset 23 och 27 byggnader för industriellt ändamål, vilket har utgjort förutsättning för beräkningarna. Utgångspunkten för nollalternativet har således inte varit nuvarande användning (kontor).

I figur 5.1 redovisas genomförda riskberäkningar som enligt ovan utgör en förenklad variant av samhällsrisk. Denna består i att frekvensen har beräknats på samma sätt som vid beräkning av samhällsrisk för respektive olycka. Konsekvensberäkningarna har dock avgränsats till att enbart studera konsekvenser inom planområdet.

Frekvensberäkningar redovisas i bilaga A och konsekvensberäkningar i bilaga B.



Figur 5.1. "Grupprisk" för aktuellt planområde. I grafen redovisas både risknivån för planförslaget och nollalternativet.

5.3 Del B – Total samhällsrisk

Som komplement till den undersökning av relativ risk för planområdet (se avsnitt 5.2) har även beräkningar av den totala samhällsrisk genomförts, där hänsyn även tas till påverkan inom kringliggande områden. Beräkningarna har förenklats något genom att uppskatta det totala antalet omkomna utifrån en dubbling av det beräknade antalet omkomna från den relativa risken. Detta gäller dock endast de olycksscenarier som har påverkan utanför planområdet, dvs. för scenarier med små skadeområden eller ej cirkulär (riktad) skadeverkan har ingen dubbling gjorts. En vidare beskrivning av hur beräkningarna har genomförts redovisas i bilaga B.

För vissa olycksscenarier, exempelvis med giftig gas som inte har en cirkulär spridning, kommer beräkningen av samhällsrisk skilja sig mycket lite från beräkning av grupprisen (se avsnitt 5.2). Det beror på att scenarier med riktad spridning förutsätts riktas mot planområdet. Eftersom planområdet är relativt brett och djupt och bebyggelsen hög kommer dödliga koncentrationer av giftig gas i huvudsak påverka planområdet eftersom vidare spridning förhindras av bebyggelsen inom planområdet. Det innebär att dödliga koncentrationer endast beräknats drabba planområdet. Detta gör att skillnaden blir liten mellan den beräknade grupprisen och samhällsrisk.

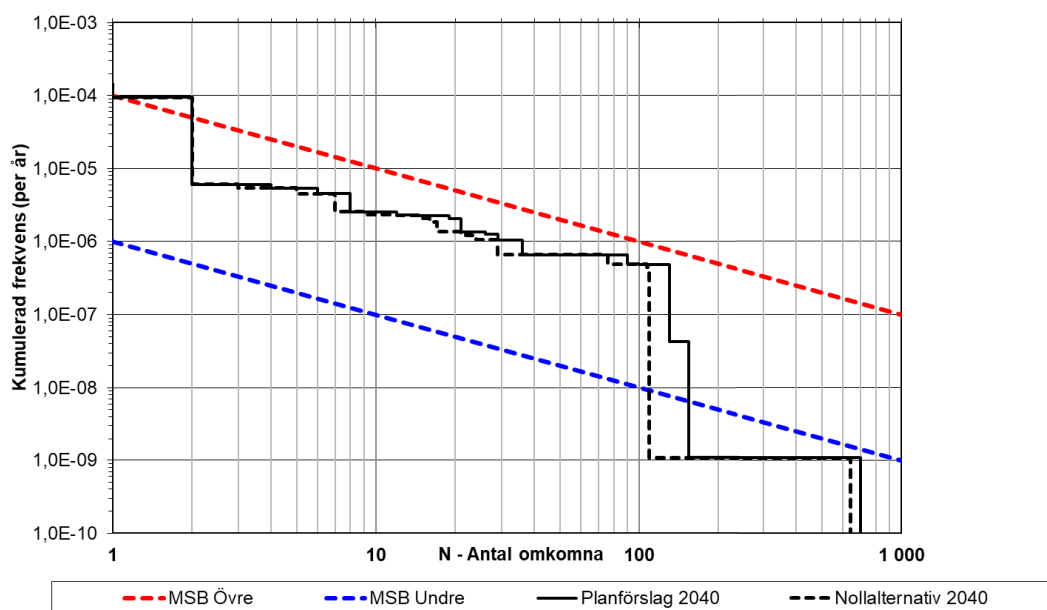
Den förenklade metoden för konsekvensberäkningar bedöms ge ett likvärdigt resultat som om risknivån beräknats mer detaljerat. En del av övrig bebyggelse utmed Essingeleden har uppförts med hänsyn till risker med transporter av farligt gods. Detta har dock inte beaktats i beräkningarna av den totala samhällsrisk. I figur 5.2 redovisas de byggnader som uppförts med krav på riskhänsyn. Kraven omfattar bland annat fasader i brännbart material alternativt brandklassade, brandglas i fönster, robust stomsystem, placering av utrymningsvägar etc.

I figur 5.3 redovisas den totala samhällsrisk i området.



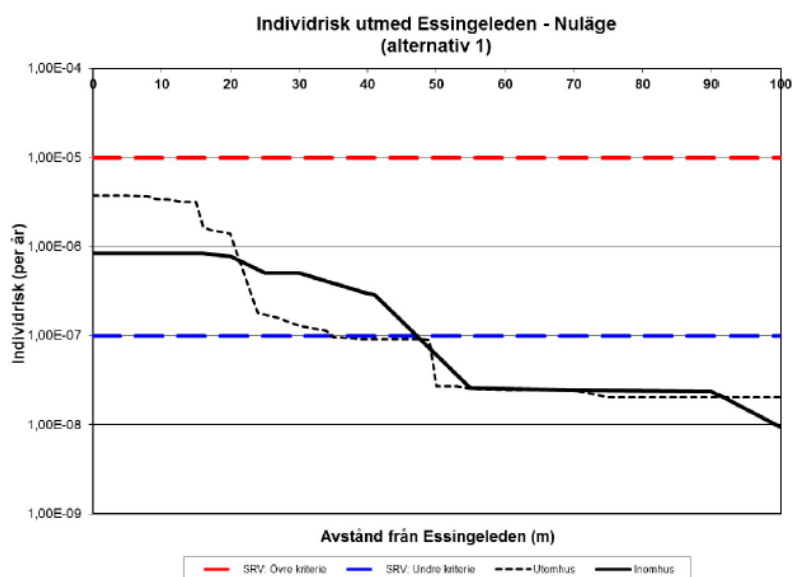
Figur 5.2. Aktuellt planområde (inringat med rött) samt byggnader uppförda med krav avseende olycka med farligt gods (gulmarkerade).

Samhällsrisk



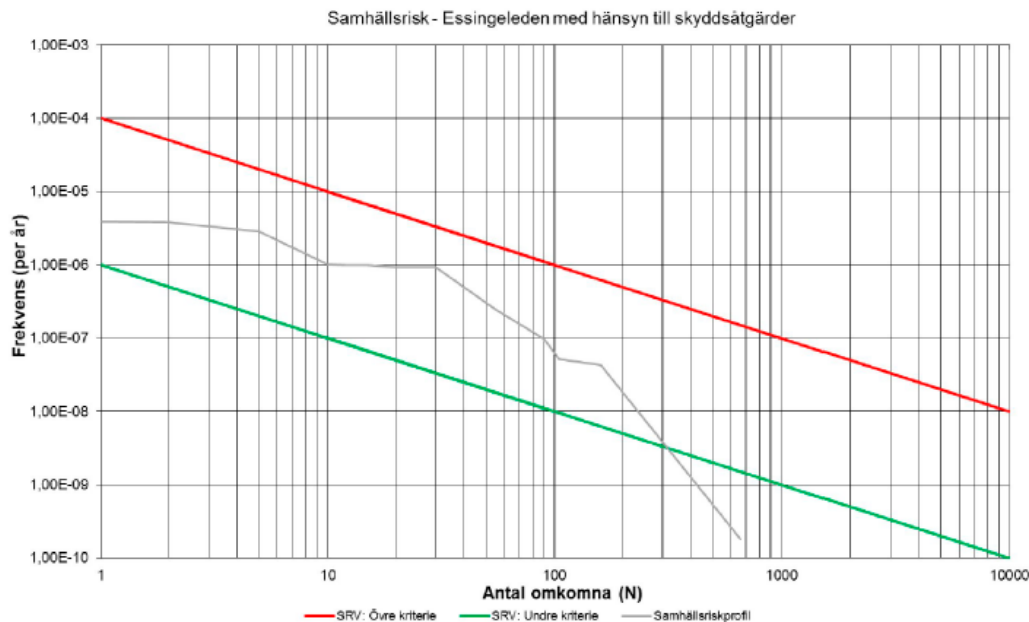
Figur 5.3. Samhällsrisk (detaljplan + omgivning) exklusive åtgärder utöver redan installerade brand- och explosionsglas inom delar av planområdet.

Uppdragsnamn: **Paradiset 23 och 27** Datum: **2024-07-05** Uppdragsnummer **505538** Sida: **28** av 44



Figur 5.5. Individrisk utmed Essingeleden beräknad för Hornsbergskvarteren.

I figur 5.6 redovisas samhällsriskerna beräknad för Hornsbergskvarteren. I samhällsriskberäkningarna inkluderas konsekvenser för planområdet samt kringliggande områden. Samhällsriskerna från olycksriskerna förknippade med trafiken på Essingeleden bedöms hamna inom ALARP-området för olyckor med både enstaka och stort antal omkomna.



Figur 5.6. Samhällsrisk beräknad för Dp Hornsbergskvarteren.

För att hantera risknivån tog projektet fram följande förslag på säkerhetshöjande åtgärder:

- Området utomhus mellan Essingeleden (med tillhörande av- och påfartsramper) och byggnader intill Essingeleden ska utformas så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Fasader mot Essingeleden, av- och påfartsramper mot Lindhagensgatan och Nordenflychtsvägen ska utföras i obrännbart material. Glaspartier i fasad som vetter mot Essingeleden inom 40 meter ska utformas för att klara en temperatur om 300 grader C under minst 10 minuters tid.
- För bebyggelse intill Essingeleden ska huvudentréer placeras mot sida som inte vetter mot Essingeleden.
- Byggnaders fasader som vetter mot Essingeleden ska utformas täta¹ för att motstå karakteristiska tryck och impulstätheter enligt figur 14 i planbeskrivningen [för Hornsbergskvarteren].
- Kontorshusens globala stabiliserande stomme ska utgöras av platsgjuten betong och/eller av prefabricerade betongelement med armering av klass C
- Bebyggelsen intill Essingeleden ska utformas med friskluftsintag på sida bort från Essingeleden. För bebyggelse bakom den skyddande bebyggelsen utmed Essingeleden får springventiler/uteluftdon och likvärdiga lösningar i fasad mot Essingeleden finnas.

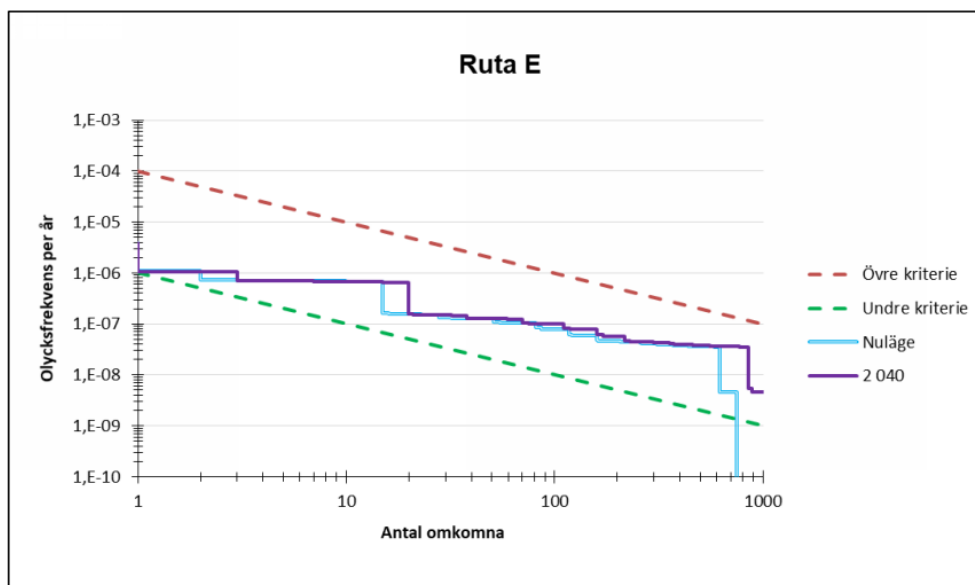
5.4.2 Övergripande riskanalys E4/E20 Södertäljevägen

Stockholms stad har låtit ta fram en utredning där risknivån utmed en längre sträcka av E4/E20 Södertäljevägen har genomförts /10/. En samlad bedömning har gjorts av individrisk och samhällsrisk längs med E4/E20 Södertäljevägen och Essingeleden. Analysen omfattar sträckan mellan Bredäng och Gröndalsbron och omfattar således inte den del av vägen som ligger utmed aktuellt planområde. Det kan ändå vara relevant att beakta genomförda samhällsriskberäkningar eftersom risknivån bör vara relativt likartad. Transportsituationen avseende trafikflöde och transporter med farligt gods är likartad och skiljer sig i huvudsak avseende transporter med ämnen som kan leda till stora explosioner eftersom dessa inte får gå i Norra Länkens huvudtunnlar och därför leds om via Ulvsundavägen och Drottningholmsvägen.

För beräkningarna av individrisk och samhällsrisk har i Stockholms stads analys en övergripande modell skapats. Modellen delar in sträckorna E4/E20 Södertäljevägen och Essingeleden i områden på 1 km², områdena i analysen kallas Ruta A till Ruta H. För varje ruta används sedan zoner för att dela upp befolkningstätheterna i rutorna. Data som används i analysen handlar om bland annat befintliga verksamheter, trafikmängd, befintliga bostäder, planerad exploatering samt transport av farligt gods. För trafikflödet har data om nuläge och förväntad trafikmängd 2040 från Trafikverket använts. I analysen har frekvens- och konsekvensberäkningarna vägts samman och dessa redovisas i form av individrisk och samhällsrisk.

¹ Med "tät" fasad syftas här på en fasad som är utformad på ett sådant sätt att den förhindrar stötvågslasten från att tränga in i byggnaden. Detta innebär att såväl fasadelement som eventuell fönsterrutor klarar av att motstå de laster som en explosion innebär utan att gå sönder

Den delsträcka som ligger närmast aktuellt planområde (delsträcka H) ligger söder om Gröndalsbron och kan i stora delar förväntas ha samma trafik med tunga transporter som sträckan förbi planområdet. Skillnaden är att fordon som transporterar ämnen som kan leda till stora explosioner passerar delsträcka H men inte aktuellt planområde till följd av begränsningar i Norra Länkens tunnlar. Bebyggelsen utmed delsträcka H är däremot betydligt glesare än i anslutning till Paradiset 23 och 27. Som underlag till jämförelse väljs därför en annan delsträcka, delsträcka E (Västberga). Bebyggelsen utmed denna delsträcka är både tät och i delar mycket personintensiv liksom är fallet vid det aktuella planområdet. I figur 5.7 redovisas samhällsrisken för den aktuella delsträckan (E).



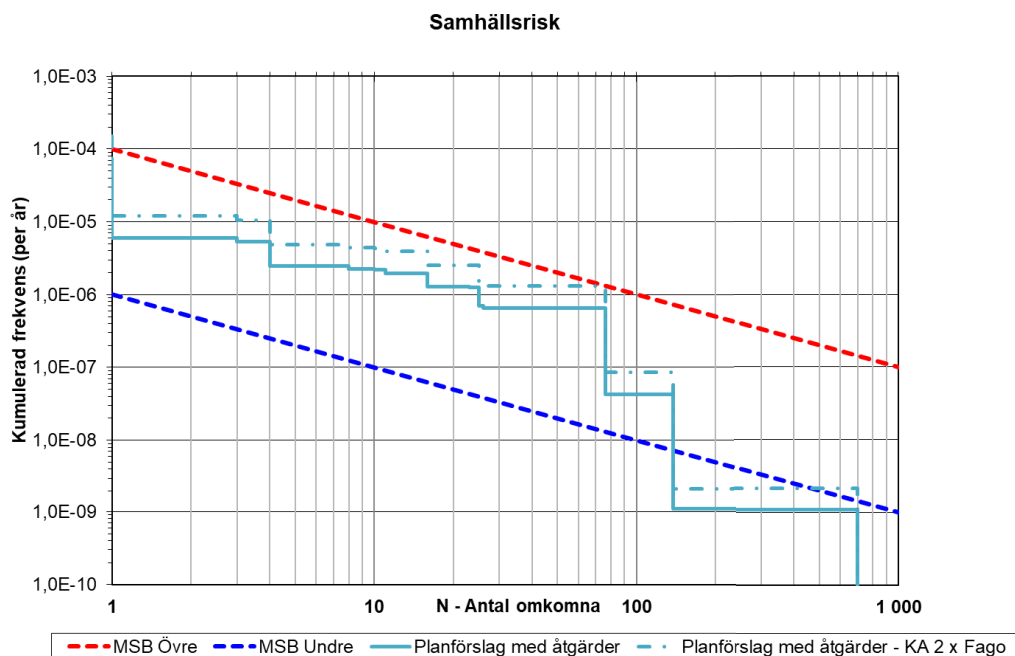
Figur 5.7. Samhällsrisk för delsträcka E (Västberga) av E4/Södertäljevägen /10/.

5.5 Känslighetsanalys

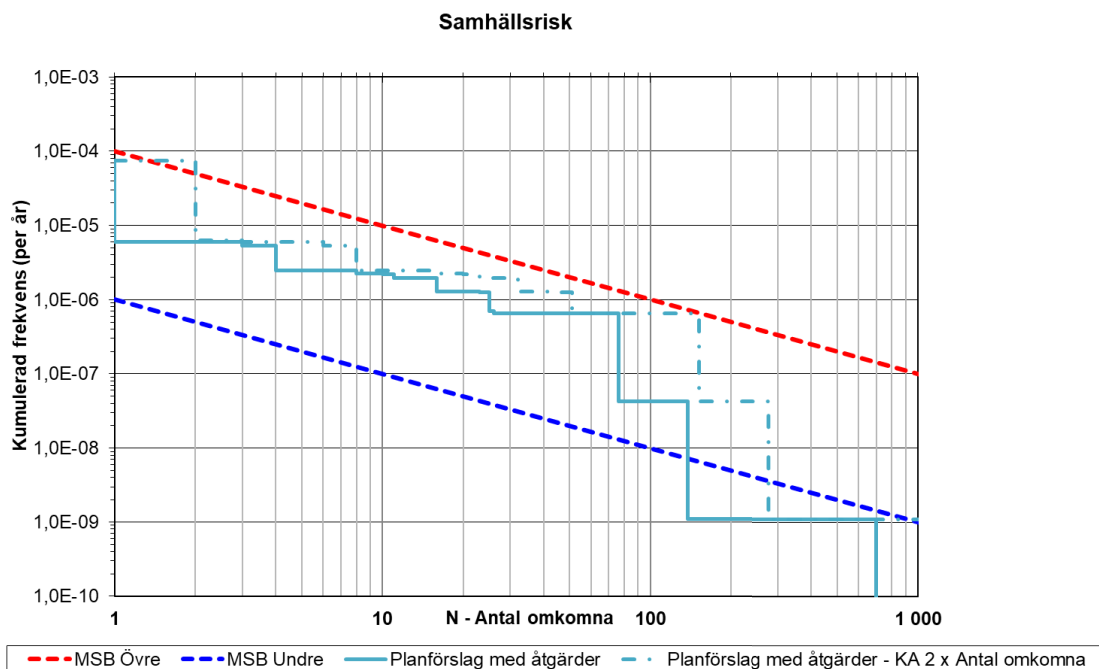
Med syfte att undersöka hur några av de osäkerheter som finns i genomförda beräkningar har tre känslighetsanalyser genomförts:

- Ökat antal transporter med farligt gods**
 Osäkerheten när det gäller framtida transportsituation på Essingeleden är stor när det gäller transporter med farligt gods. Samhällsrisken (den totala) har därför även beräknats för ett scenario där antalet transporter har dubblats. Resultatet redovisas i figur 5.8.
- Ökat antal omkomna till följd av studerade olyckor**
 Persontätheten i området är osäker samt varierar stort under dygnet. Samhällsrisken (den totala) har därför även beräknats för ett scenario där antalet omkomna vid studerade scenarier har dubblats. Resultatet redovisas i figur 5.9.
- Olycka med explosiva ämnen sker närmare planområdet**
 I grundberäkningarna förutsätts en olycka med explosivämne sker på 25 meters avstånd vilket motsvarar att den sker på vägbanan närmast planområdet men invid mittbarriären. I denna känslighetsanalys förutsätts olyckan ske så nära planområdet som möjligt dvs. på 12 meters avstånd.

I de två första känslighetsanalyserna har de åtgärder som föreslås i avsnitt 6.3 beaktats. I den tredje (avstånd till explosion) har inte effekter av åtgärder beaktats. Detta för att det så tydligt som möjligt ska framgå effekten av att förutsätta olycka på olika avstånd.



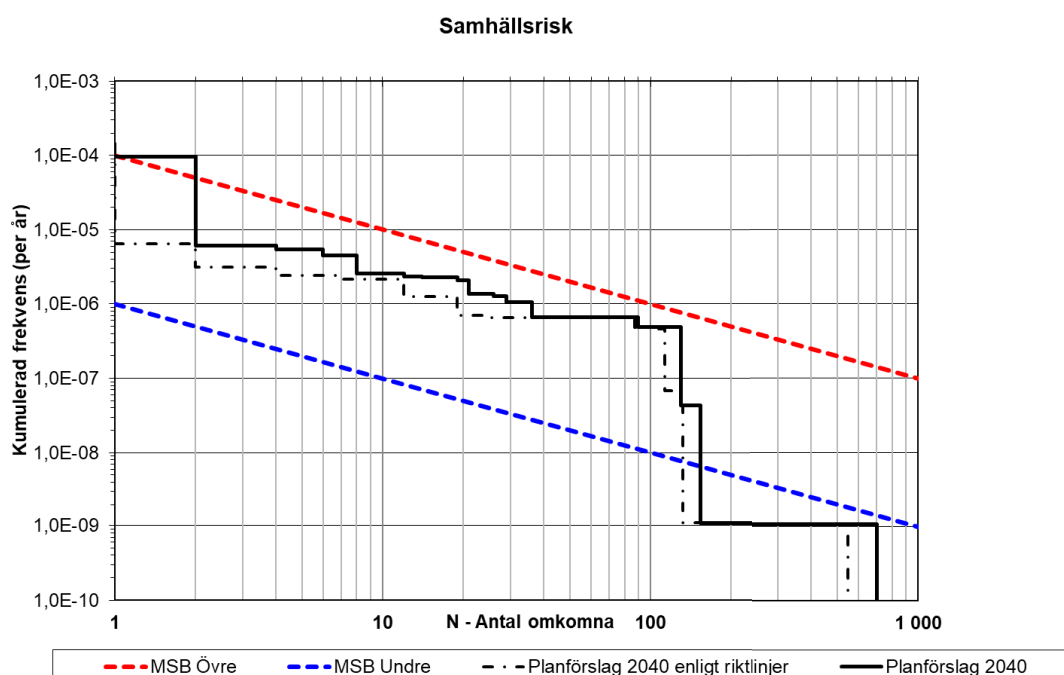
Figur 5.8. Känslighetsanalys – dubblerat antal **transporter med farligt gods**. Samhällsrisk inklusive omgivningen samt beaktat förslag på åtgärder (se avsnitt 6.3).



Figur 5.9. Känslighetsanalys – dubblerat antal **omkomna** med farligt gods. Samhällsrisk inklusive omgivningen samt beaktat förslag på åtgärder (se avsnitt 6.3).

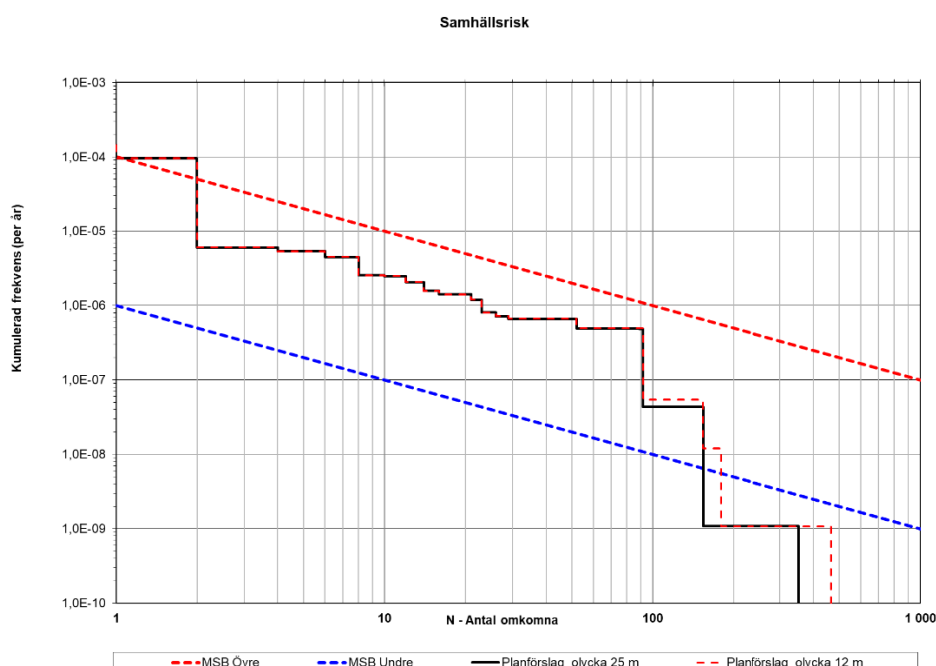
Känslighetsanalyserna som redovisas ovan visar att risknivån ökar markant med en dubbling av antalet transporter med farligt gods samt med dubblat antal omkomna. Risknivån blir dock inte oacceptabel för något av dessa fall.

Som en jämförelse har även beräkningar av den totala samhällsrisk genomförts utifrån att markanvändningen inom planområdet följer de av Länsstyrelsen rekommenderade skyddsavstånden (se avsnitt 1.5.1). Om bebyggelsen förutsätts vara placerad 40 meter från Essingeleden fås en mycket liten påverkan på risknivån, vilket beror på att bebyggelsen i närområdet är så pass tät och placerad mycket nära Essingeleden. I figur 5.10 redovisas den "totala" risknivån vid placering av bebyggelse 40 meter från Essingeleden inom planområdet. Endast redan vidtagna åtgärder avseende fönster inom delar av planområdet har förutsatts.



Figur 5.10. Samhällsrisknivån (inkl omgivningen) vid placering av bebyggelse inom planområdet på 40 meters avstånd från Essingeleden. exklusive åtgärder utöver redan installerade brand- och explosionsglas inom delar av planområdet.

I figur 5.11 redovisas effekten av den tredje känslighetsanalysen där en explosionsolycka antagits ske på 12 meters avstånd från aktuell bebyggelse.



Figur 5.11. Samhällsriskenivå för planområdet med antagen plats för olycka med explosiva ämnen 12 respektive 25 meter från aktuell bebyggelse.

5.6 Värdering av risk

När det gäller genomförda beräkningar för den totala samhällsrisken visar denna på en oacceptabel risknivå för få omkomna (1 personer). Detta gäller både planförslag och nollalternativ. Den oacceptabla risknivån beror på olycka med brännbar vätska där det inte kan uteslutas att någon utomhus omkommer i samband med en olycka. För olycksrisker med fler än en omkommen ligger risknivån inom ALARP. Den totala risknivån är något högre än den samhällsrisk som enbart beräknats för aktuellt planområde. Anledningen till den höga risknivån är den relativt omfattande byggnadsvolymen som redan idag finns på platsen i kombination med ett kort avstånd till Essingeleden för byggnader inom planområdet.

Riskenivån med genomfört planförslag blir lite högre jämfört med nollalternativet eftersom användningen *Kontor* förutsatts innebära en högre persontäthet än *Industri* samt att byggnaderna ska byggas på med ytterligare volymer även om det rör sig om en relativt begränsad omfattning.

Genomförda beräkningar i Hornsbergskvarteren och den övergripande analysen av E4/E20 Södertäljevägen visar på likartade risknivåer, där risknivån huvudsakligen ligger inom ALARP. Olycka som leder till utsläpp och antändning av brännbar vätska och brännbar gas bedöms påverka risknivån i störst omfattning. Viss skillnad föreligger mellan de olika riskkurvorna. Skillnaden beror till stor del på att olika konsulter genomfört beräkningarna vilket innebär att lite olika metoder för framförallt spridningsberäkningar har använts samt att olika antaganden som underlag till konsekvensberäkningar genomförts.

Utifrån genomförd analys konstateras att risknivån i området är så hög att säkerhetshöjande åtgärder behöver vidtas. Omfattning av åtgärder diskuteras i avsnitt 6.

6. Förslag på säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

Utifrån genomförd analys görs bedömningen att risknivån för det aktuella planområdet är så hög att riskreducerande åtgärder är nödvändiga att vidta.

Enligt beskrivning av planerad utbyggnad i avsnitt 2.1 innebär etapp 1 och 2 inte att någon ny detaljplan kommer att göras. För etapp 3 kommer en ny detaljplan att göras. Förslag på åtgärder omfattar samtlig bebyggelse, även den inom etapp 1 och 2.

En stor del av bebyggelsen inom planområdet omfattar befintlig bebyggelse. Det innebär att möjligheten att vidta åtgärder begränsas jämfört med om bebyggelsen skulle rivas. Exempelvis kan inte ett ökat skyddsavstånd tillämpas. Vissa byggnadstekniska åtgärder kan också vara svåra eller till och med omöjliga att genomföra. Detta har beaktats och värderats vid förslag på åtgärder. En grund för detaljplanens utformning har varit att placera mindre känslig verksamhet (kontor) närmast Essingeleden.

6.2 Diskussion kring åtgärder

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

6.2.1 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.

Befintlig bebyggelse ligger som minst ca 10-12 meter från Essingeleden. Eftersom byggnaderna inte ska rivas finns ingen möjlighet att öka skyddsavståndet. Den känslighetsanalys som redovisas i avsnitt 5.5 visar dessutom att ett ökat skyddsavstånd endast påverkar samhällsrisknivån i begränsad utsträckning. I delen närmast Essingeleden planeras också endast en begränsad volymökning. Användningen planeras till kontor vilket är den verksamhet som bedrivs i byggnaden idag, vilket är ett avsteg från gällande detaljplan. Detaljplanen tillåter även viss andel av ytan för vård (ej inneliggande patienter) och vuxenskola. Dessa innebär kontorsliknande verksamhet både avseende persontäthet och tider på dygnet när lokalerna används.

Bostäder planeras mot Nordenflychtsvägen. Avståndet till dessa är minst ca 50-60 meter från Essingeleden. I närområdet har ny kontorsbebyggelse på senare år uppförts och planlagts på som minst 25 meter från Essingeleden (t.ex. Hornsbergskvarteren). Ny bostadsbebyggelse har uppförts 35 meter från vägen (t.ex. kv Brovakten/Glädjen). För 15-20 år sedan uppfördes flertalet kontorsbyggnader på den östra sidan av Essingeleden med fasad 8-10 meter från väggkant.

Avsteget från rekommenderade skyddsavstånd när det gäller nya bostäder bedöms vara acceptabelt ur risksynpunkt med kompletterande byggnadstekniska åtgärder (se avsnitt 6.2.3). Bedömningen baseras på att avsteget inte är så stort, bostäderna ligger skyddade bakom annan bebyggelse samt att bostäder har fastställts i detaljplaner på betydligt närmare avstånd i närområdet (med krav på byggnadstekniska åtgärder). När det gäller användningen kontor, vård och vuxenskola är avståndet kort till Essingeleden. Ingen större förändring av verksamheten görs dock jämfört med nuvarande användning (även om detaljplanen medger industriändamål). Den planerade volymökningen är inte så omfattande och innebär inte att personantalet närmast vägen ökar i någon betydande omfattning. Avsteget bör därför kunna accepteras förutsatt att byggnadstekniska åtgärder vidtas för att minska påverkan vid möjliga olyckor på Essingeleden. Med byggnadstekniska åtgärder bedöms att riskpåverkan kan reduceras både för nuvarande markanvändning och markanvändning enligt planförslag.

6.2.2 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.

Mellan bebyggelsen och Essingeleden bör inga ytor utforma så att de uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Det innebär att uteplatser, uteserveringar o dyl inte ska finnas inom detta område.

6.2.3 Utformning av byggnader

Utrymning

Utrymningsstrategin för bebyggelse i anslutning till riskkällan behöver 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 Essingeleden.

Ovanstående innebär att bebyggelse inom de aktuella fastigheterna ska utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från riskkällan. Det rekommenderas att denna utrymningsväg utgörs av "normal" entré för att på så sätt ta hänsyn till personers benägenhet att utrymma samma väg som de kom in. Även vid ombyggnad av befintlig bebyggelse ska möjligheten till utrymning mot en trygg sida möjliggöras.

Det ska observeras att utrymning via fönster eller balkong med räddningstjänstens stegutrustning inte uppfyller syftet med åtgärdsförslaget. Vidare ska det beaktas att om utrymningsstrategin från byggnader utformas med tillgång till enbart en utrymningsväg, som utgörs av trapphus som vetter mot riskkällan ska trapphuset utformas så att strålningsnivån på utrymmande inte överstiger 3 kW/m² vid en olycka på Essingeleden. Detta rör sig dock om detaljprojektering som inte bör anges som krav i detaljplanen utan kan istället härledas till övriga lagkrav enligt Plan- och bygglagen avseende säker utrymning.

Byggnadstekniska åtgärder

Enligt ovan innebär föreslagen bebyggelsestruktur inom planområdet att Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till kontor och bostadsbebyggelse underskrids. För att acceptera detta behöver kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas. Nedan redovisas diskussioner kring behovet av åtgärder utifrån respektive olycksrisk.

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.

En separat bedömning av behov och utformning av eventuella åtgärder avseende explosion har gjorts för Paradiset 23 och 27. Utredningen redovisas i bilaga C till denna riskanalys och omfattar en fördjupad studie avseende olycka som ledet till gasexplosion, BLEVE och explosion från sprängämne. De laster som utgör utgångspunkt för beräkningarna redovisas nedan. I bilaga C redovisas ett mer utförligt resonemang kring valet av dimensionerande laster.

- Gasexplosion: 1 000 m³ stökiometriskt blandad volym
- BLEVE: omräknat till att motsvara ca 50 kg TNT
- Explosion med explosivämne: 100 kg dynamit (motsvarar 60 kg TNT)

Avståndet mellan väggkant och byggnad är 11 meter. Närmast planområdet ligger en avfart. Avståndet till närmaste huvudkörbana är 15 meter. Generellt så används konservativa antaganden i riskanalyser vilket innebär att en olycka ofta antas ske så nära det aktuella planområdet som möjligt. Utifrån den förutsättningen blir det svårt att klara ovan redovisade dimensionerande laster för befintlig bebyggelse. Ett mer troligt scenario har därför använts som utgångspunkt. Det innebär att en olycka antagits ske mitt på Essingeleden, mellan de båda körriktningarna. Avståndet mellan en olycka och planerad bebyggelse har utifrån detta satts till 26 meter. För nya byggnadsdelar kan ett mer konservativt angreppssätt vara lämpligt, vilket också tillämpats. För mer utvecklat resonemang hänvisas till bilaga C.

Tilläggas bör att befintlig bebyggelse inte har uppförts med hänsyn till identifierade risker och att de åtgärder projektet vidtar kommer att medföra ett bättre skydd än vad som finns på platsen i dag.

Slutsatsen av genomförd explosionsutredning är att riskerna från en explosion kan hanteras tillfredsställande förutsatt nedanstående åtgärder med dimensionerande lastfall enligt bilaga C. Åtgärderna syftar till att reducera antalet omkomna till en "acceptabel" nivå utifrån befintlig och planerad bebyggelses förutsättningar.

- Byggnader utmed Essingeleden utformas så att fortskridande ras undviks vid de aktuella lastfallen.
- Byggnader utmed Essingeleden utformas med "tät" fasad.

Med "tät" fasad syftas här på en fasad som är utformad på ett sådant sätt att den förhindrar stötvågslasten från att tränga in i byggnaden. Detta innebär att såväl fasadelement som eventuella fönsterrutor klarar av att motstå de laster som en explosion medför utan att kollapsa, dvs. dessa sitter fortfarande kvar i fasaden efter avslutad explosion. Ett visst tryckgenomsläpp och lokala splitterutkast från fönster bedöms vara acceptabelt.

Befintliga byggnadsdelar uppfyller ovanstående krav förutsatt angivet angreppssätt avseende placering av olycksplats.

Skydd mot gasspridning: 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 för ny bebyggelse men kan vara svårare att genomföra fullt ut för befintliga byggnadsdelar.

Åtgärderna bedöms relevanta att genomföra i nya byggnadsdelar som är exponerade mot Essingeleden, men kan vara svåra att vidta för befintlig bebyggelse. Nödavstängning av ventilationen rekommenderas inte då effekten av åtgärden är osäker pga. osäkert vem som ska aktivera funktionen och när.

Som komplement till placering av ventilationsintag kan gasdetektorer placeras i fasad som vid larm automatiskt stänger av ventilationen. Denna åtgärd används huvudsakligen inom industrier som hanterar enskilda gaser för vilka detektorerna är anpassade. Detektorer behöver anpassas utifrån den gas som ska detekteras, exempelvis är vissa gaser lätta och andra tunga vilket påverkar placeringen av detektorerna. För att hantera olika gaser måste därför flertalet detektorer placeras på respektive mätplats. Dessa behöver servas och underhållas regelbundet. Effekten av att placera detektorer bedöms därmed inte vara motiverad med hänsyn till den risk som transporterna på Essingeleden utgör.

Åtgärder avseende gasmolnsexplosion och BLEVE redovisas under "Skydd mot explosion".

Skydd mot brand: Närmast Essingeleden bör fasader på byggnader som vetter mot vägen utföras i material som förhindrar brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma (uppskattningsvis minst 30 minuter). Exempelvis kan väggar utföras i obrännbart material eller med konstruktioner som uppfyller brandteknisk avskiljning avseende täthet och isolering. Krav på att förhindra brandspridning gäller även fönster. Exempelvis kan fönster utföras så att de är intakta och sitter kvar under hela brandförloppet genom att använda brandklassade, härdade eller laminerade glas.

I detaljplanen för Hornsbergskvarteren anges följande planbestämmelse:

- Nya fasader mot Essingeleden ska utföras i obrännbart material som minst uppfyller brandteknisk klass EI 30. Glaspartier i fasad som vetter mot Essingeleden inom 30 meter ska utföras i brandteknisk klass EW 30. Fönster och glaspartier som är exponerade mot Essingeleden inom 30-75 meter ska utformas för att klara en temperatur om 300 grader C under minst 30 minuters tid.

Åtgärden bedöms relevant att vidta även för Paradiset 23 och 27. Dock ligger byggnaderna närmast Essingeleden närmare vägen än inom Hornsbergskvarteren och det föreslås därför att glaspartier inom 30 meter utförs med brandteknisk klass EW 30.

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

Nedan anges förslag på säkerhetshöjande åtgärder för ny bebyggelsen inom Paradiset 23 och 27. Befintliga byggnadsdelar uppfyller nedanstående förutsatt vissa kompletteringar som kommer att genomföras (t.ex. byte av fönster).

- Området utomhus mellan byggnader och Essingeleden, inom 25 meter från närmaste väggkant, ska utformas så att det inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.
- Huvudentréer ska planeras mot trygg sida, d.v.s. mot sida som ej vetter mot Essingeleden.
- Byggnader utmed Essingeleden utformas så att fortskridande ras undviks samt med tät fasad för att motstå karakteristiska tryck och impulstäthet vid de aktuella lastfallen som redovisas i bilaga C (se bl.a. figur 14).

Med "tät" fasad syftas här på en fasad som är utformad på ett sådant sätt att den förhindrar stötvågslasten från att tränga in i byggnaden. Detta innebär att såväl fasadelement som eventuella fönsterrutor klarar av att motstå de laster som en explosion medför utan att kollapsa, dvs. dessa sitter fortfarande kvar i fasaden efter avslutad explosion. Ett visst tryckgenomsläpp och lokala splitterutkast från fönster bedöms vara acceptabelt.

- Fasaddelar mot Essingeleden, inom 30 meter från närmaste väggkant på Essingeleden, ska utföras i obrännbart material motsvarande minst lägst brandteknisk klass EI 30.
- Fönster och glaspartier i fasad mot Essingeleden inom 30 meter från närmaste väggkant ska utformas i brandteknisk klass EW 30. Exponerade fönster och glaspartier på 30-75 meters avstånd ska utföras för att klara en temperatur om 300 grader C under minst 30 minuters tid
- Utrymning ska vara möjligt mot en trygg sida, dvs. bort från Essingeleden.
- Alternativa utrymningsvägar får planeras mot Essingeleden.
- Bebyggelsen intill Essingeleden ska utformas med friskluftsintag på sida bort från Essingeleden För bebyggelse bakom den skyddande bebyggelsen utmed Essingeleden får springventiler/uteluftdon och likvärdiga lösningar i fasad mot Essingeleden finnas.

Observera att ovanstående åtgärder endast utgör förslag och det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärder.

6.3.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

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

- Begränsning av sannolikheten för att personer utsätts för en förhöjd risknivå under längre tidsperioder genom att tillgodose skyddsavstånd till ny bebyggelse samt områden med stadigvarande vistelse utomhus.
- Begränsning av möjligheten för att oskyddade personer skadas utomhus inom områden med förhöjd risknivå genom att tillgodose skyddsavstånd till områden med stadigvarande vistelse.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av eventuella gasutsläpp genom skyddsavstånd i kombination med ventilationstekniska åtgärder.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av en större utvändig brand genom skyddsavstånd och brandskyddstekniska åtgärder.

- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på Essingeleden genom att tillgodose utrymningsmöjligheter mot en trygg sida

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:

- **Ingen stadigvarande vistelse närmast Essingeleden**

Åtgärdsförslaget har delvis beaktats i riskberäkningarna genom att persontätheten inom de obebyggda ytorna närmast Essingeleden har ansatts som låg med hänsyn till aktuell situationsplan. Konsekvensberäkningarna beaktar dock inte i detalj placering av ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse eftersom dessa förutsättningar kan förändras. Att reglera åtgärden genom en planbestämmelse bedöms ytterligare reducera sannolikheten för att personer vistas inom området mellan järnväg och ny bebyggelse.

Det antas grovt att åtgärderna, i kombination med den planerade utformningen av ytorna närmast Essingeleden reducerar antalet omkomna utomhus i planområdet med minst 25 % vid olycka med skadeavstånd < 50 m.

För skadescenarier med stora skadeavstånd uppskattas den reducerande effekten bli mindre, högst 10 %.

- **Skydd mot brand och explosion**

Reducerar antalet omkomna inomhus med 100 % vid olycka med brännbar gas samt olycka med < 500 kg massexplosiva ämnen respektive oxiderande ämnen och organiska peroxider .

Reducerar antalet omkomna inomhus med 10 % vid olycka med 500-1 000 kg explosivämne.

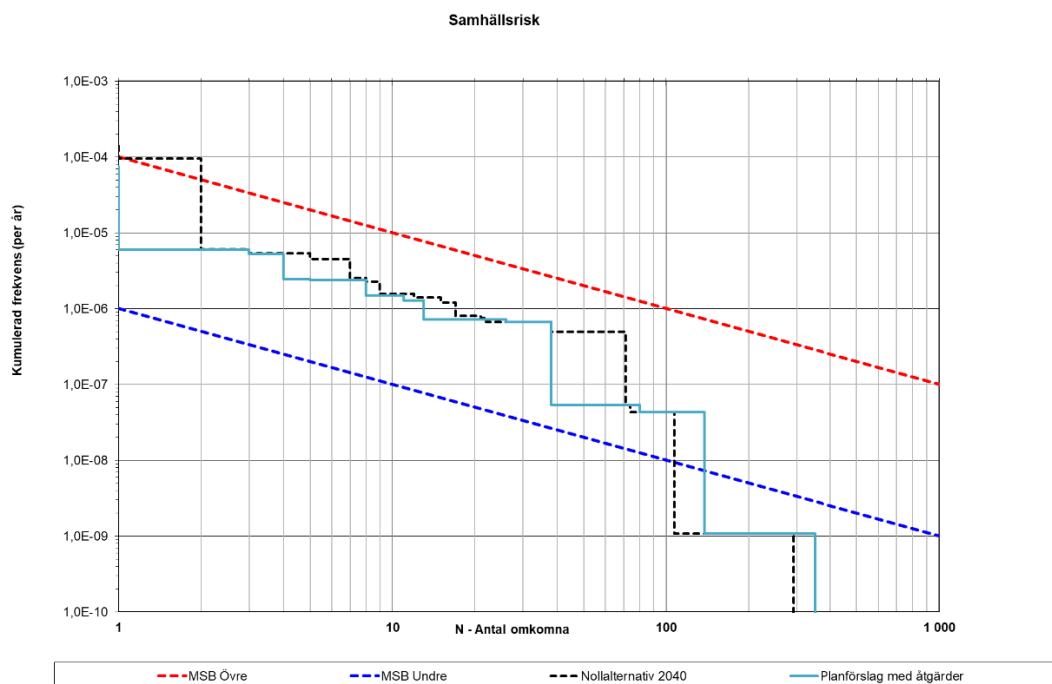
- **Skydd mot gas**

Reducerar antalet omkomna inomhus med 10 % vid olycka med giftig gas.

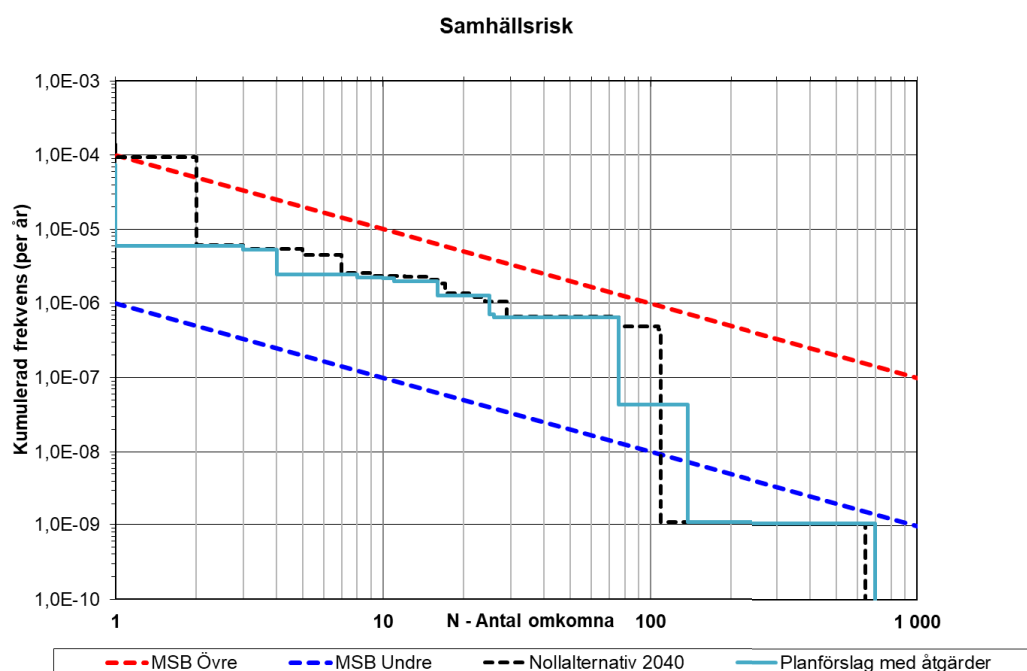
- **Skydd mot brand**

Reducerar antalet omkomna inomhus med 100 % vid olycka med brännbar vätska. Utomhus vidtas åtgärder för att inte locka människor att vistas stadigvarande. Det är mycket personrörelser i området och det går inte att utesluta att någon enskild ändå omkommer vid olycka. I beräkningarna har det därför antagits att en person omkommer utomhus. Vidtagna åtgärder har dock beaktats genom att reducera frekvensen med 50 % för omkomna utomhus till följd av olycka som leder till brand.

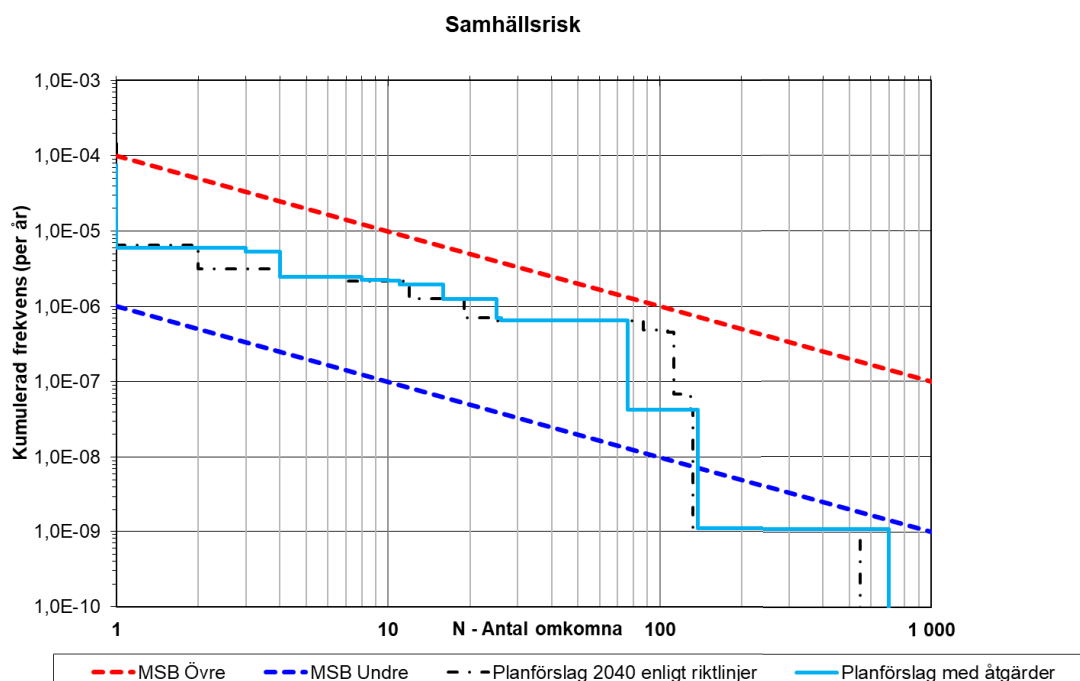
I figur 6.1 och 6.2 redovisas risknivån för planområdet ("grupprisk") respektive hela närområdet med vidtagna åtgärder utifrån uppskattning av reduktion av konsekvenser ovan. I figur 6.3 redovisas risknivån med åtgärder i förhållande till risknivån med placering av bebyggelse i enlighet med Länsstyrelsens rekommendationer (40 meter).



Figur 6.1. Grupp risk (enbart planområdet) med föreslagna åtgärder.



Figur 6.2. Samhälls risk (inklusive omgivningen) med föreslagna åtgärder.



Figur 6.3. Samhällsrisk (inklusive omgivningen) med åtgärder samt med planerad bebyggelse placerad i enlighet med Länsstyrelsens rekommendationer.

Föreslagna åtgärder medför att risknivån i stora delar förväntas ligga i nivå med nollalternativet. Störst effekt fås för olyckor med få omkomna där de åtgärder som föreslås avseende framförallt brand och stadigvarande vistelse utomhus får en stor positiv effekt jämfört med nollalternativet. Risknivån ligger fortsatt högt inom ALARP. Med de föreslagna åtgärderna erhålls en större riskreducerande effekt än vad rekommenderade skyddsavstånd innebär. Med hänsyn till den täta bebyggelsen i området kommer risknivån oavsett omfattning av åtgärder inte hamna på acceptabla nivåer. Det är heller inget krav utifrån tillämpad värderingsmetodik. Bedömningen utifrån genomförd analys och utredning av möjliga åtgärder och deras riskreducerande effekt samt rimligheten i att vidta olika åtgärder, är att föreslagna åtgärder har en tillräcklig riskreducerande effekt. Mer omfattande åtgärder, exempelvis ökat skyddsavstånd eller kraftigare åtgärder avseende explosion, har studerats och bedöms inte ge tillräckligt stor riskreducerande effekt för att påverka på projektet eller kostnaden av att vidta åtgärderna ska anses vara motiverade. Risknivån bedöms därmed vara tolerabel.

Utifrån genomförd känslighetsanalys konstateras att även med en dubblerad trafik med farligt gods eller ett dubblerat antal omkomna blir inte risknivån med åtgärder oacceptabel. Höjd tas därmed för framtida förändringar och genomförda bedömningar bedöms vara robusta.

7. Slutsatser

Utifrån genomförd analys konstateras att Essingeleden utgör den huvudsakliga riskkällan i området som kan påverka risknivån inom planområdet. Genomförda beräkningar visar att risknivån i området är så hög att åtgärder behöver vidtas för att sänka risknivån. Den höga risknivån beror till stor del på att bebyggelsen ligger nära Essingeleden (11 meter) samt att persontätheten i närområdet är hög med en stor andel befintlig bebyggelse nära Essingeleden. Risknivån har beräknats både för planförslaget och nollalternativet med respektive utan hänsyn tagen till kringliggande bebyggelse. Risknivån för samtliga alternativ är hög men inte oacceptabel. Risknivån med genomfört planförslag innebär en något högre risknivå till följd av en verksamhet med högre persontäthet samt en något ökad byggnadsvolym jämfört med nu gällande detaljplan. Större konsekvenser fås framförallt för scenarier med större skadeområden som exempelvis explosion och gasutsläpp. Det är också konsekvenserna för dessa scenarier som föreslagna åtgärder syftar till att reducera.

Utöver föreslagna åtgärder har planförslaget i tidigt skede utformats för att minska riskpåverkan. Det gäller bland annat att verksamheten närmast Essingeleden består av mindre känslig verksamhet (kontor) och att bostäder planeras längre från vägen skyddad bakom kontorsbyggnaderna. Planförslaget innebär en förändring jämfört med gällande detaljplan som medger industri även om pågående verksamhet utgörs av kontor.

Med syfte att reducera risknivån har ett förslag på åtgärder tagits fram. Om dessa åtgärder vidtas kommer risknivån i området sänkas. Med vidtagna åtgärder fås en risknivå som i stora delar är lika med eller lägre än risknivån för nollalternativet. Detta gäller för samtliga scenarier utom stort läckage av giftig gas som leder till många omkomna utomhus. Det innebär att det studerade planförslaget över lag och för merparten av studerade olycksscenarier innebär en ökad robusthet mot olycka med farligt gods på Essingeleden jämfört med nu gällande detaljplan. En genomförd detaljplan innebär således att människor inom området utsätts för lägre risk än med nu gällande detaljplan. Det beror uteslutande på den möjlighet att ställa krav på att åtgärder ska vidtas som möjliggörs med den nya detaljplanen.

Bedömningen utifrån genomförd analys och utredning av möjliga åtgärder och deras riskreducerande effekt samt rimligheten i att vidta olika åtgärder, är att föreslagna åtgärder har en tillräcklig riskreducerande effekt. Mer omfattande åtgärder, exempelvis ökat skyddsavstånd eller kraftigare åtgärder avseende explosion, har studerats och bedöms inte ge tillräckligt stor riskreducerande effekt för att påverka på projektet eller kostnaden av att vidta åtgärderna ska anses vara motiverade. Risknivån bedöms därmed vara tolerabel.

Slutsatsen utifrån genomförd analys är att risknivån för den aktuella detaljplanen kan accepteras utan att människor utsätts för onödiga risker förutsatt att föreslagna åtgärder vidtas.

8. Bilagor

BILAGA A – Frekvensberäkningar

BILAGA B – Konsekvensberäkningar

BILAGA C – Fördjupning explosionsscenarier

9. Referenser

-
- /1/ PM – Strategier för hantering av samhällsrisk i samband med utveckling av fastigheterna Paradiset 23 & 27 längs med Essingeleden inom Nordvästra Kungsholmen, Stockholms stad, 2021-11-24
 - /2/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
 - /3/ Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer, Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 2000:01
 - /4/ Årsmeldygnstrafik, Vägtrafikflödeskartan, www.trafikverket.se, besökt: 2022-04-08
 - /5/ (01TFS 2016:28) Länsstyrelsen i Stockholms läns lokala trafikföreskrifter om transport av farligt gods i del av Norra länken (tunnelkategorisering), Stockholms och Solnas kommuner.
 - /6/ Bestämmelser för transport av farligt gods genom vägtunnlar, msb.se
 - /7/ Analyser av transporter med farligt gods, mätningar utförda i Stockholm under maj och oktober 2015, WSP, 2016-0427
 - /8/ Hornsberg 10, Stockholm, etapp 2, Beskrivning av inverkan på miljön, Structor, 2009-04-02
 - /9/ Riskutredning avseende människors säkerhet och hälsa, detaljplan Hornsbergskvarteren, Projektstaben, 2019-10-25
 - /10/ Samhällsrisk utmed Södertäljevägen (E4/E20) -Sträckan Trafikplats Bredäng till Gröndalsbron, Structor, 2019-09-06

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Paradiset 23 och 27

Uppdragsgivare

Fabège

Uppdragsnummer

505538

Datum

2024-07-05

Handläggare

Rosie Kvål

Egenkontroll

RKL

2024-07-05

Internkontroll

EMM

2022-10-14

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:

Essingeleden

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

2. Essingeleden

2.1 Metodik

Frekvensberäkningarna utförs utifrån den metodik som presenteras i Vägverkets (numera Trafikverket) rapport "Fördjupning – Riskanalys vald vägsträcka" /1/.

2.1.1 Trafikolycka med farligt gods

Metodiken som redovisas i /1/ avser beräkning av olycksfrekvensen för att en olycka med ett stort eller medelstort utsläpp av farligt gods. Metodiken är uppbyggd för att beräkna olycksfrekvensen för respektive farligt godsklass utifrån en olyckskvot för trafikolycka på aktuell vägtyp samt ingångsvärden avseende sannolikhet för utsläpp som varierar mellan klasserna.

I denna bilaga så kommer först den totala förväntade frekvensen för en trafikolycka där farligt godstransport är inblandad att beräknas utifrån följande ekvation (vilket utgår från ekvationen som redovisas i /1/):

$$O_{FaGo} = N \times L \times Q \times F \times 365 \times 10^{-6}$$

där

O_{fago} = Olycksfrekvens för trafikolycka med farligt godstransport inblandad per år

N = Antal transporter skyltade med farligt gods per dygn

L = Aktuell vägsträcka (1 km)

/1/ Fördjupning – Riskanalys vald vägsträcka. Vägverket publikation 2005:55, datum 2005-05

Q = Olyckskvot (antal trafikolyckor per 10^6 fordonskm)

F = Antal fordon inblandade per olycka

2.1.2 Fordonsbrand

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

I en fördjupad analys om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5 som FOI utförde i samband med intunnlingen av Norra stationsområdet i Stockholm /2/ redovisas en sammanställning av orsaker till fordonsbränder och olyckskvoter för fordonsbrand p.g.a. trafikolycka utifrån en kartläggning av olika utredningar.

Kartläggningen visar på att ca 1,5-2 % av bränder i fordon sker på grund av trafikolycka (uppgifter hämtade från Räddningsverkets sammanställningar av svensk statistik över räddningsinsatser).

Vidare kan antal bränder av betydelse för lastbilar med farligt gods kartläggningen (uppgifter hämtade från Räddningsverkets rapport "Räddningsinsatser i vägtunnlar") är 0,2 bränder per 10 miljoner fordonskm. Olyckskvoten för bränder där farligt gods varit involverat är 0,03 bränder per 10 miljoner fordonskm, d.v.s. ca 15 % av fallen.

Enligt tabell A.1 i avsnitt 2.2 är olyckskvoten för trafikolycka för aktuell vägsträcka 0,6 olyckor per miljon fordonskm.

Utifrån ovanstående värden så uppskattas sannolikheten för brand i fordon p.g.a. kollision givet en trafikolycka med farligt gods till:

$$\frac{2,0 \% \times 0,2 \times 10^{-7}}{0,6 \times 10^{-6}} = 0,00067 = 0,067 \%$$

2.2 Indata

Det studerade planområdet ligger utmed Essingeleden som utgör en del av E4/E20 Södertäljevägen längs ca 200 meter. På den aktuella sträckan utgörs vägen av fyra filer i södergående riktning samt tre filer och en bussfil i norrgående riktning. Olycksfrekvenserna kommer att beräknas för en 1 km lång vägsträcka.

I tabell A.1 redovisas indata som använts i frekvensberäkningarna.

Tabell A.1. Förutsättningar för Essingeleden – Indata till frekvensberäkningar.

Faktor	Beskrivning
Vägsträcka (km):	1
Bebyggelsemiljö:	Tätort (stad)
Hastighetsbegränsning (km/h):	70
Gatu-/Vägtyp:	Motorväg

/2/ FOI Memo 2774 – Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI, 2009-04-20

Faktor	Beskrivning
Årsmedeldygnstrafik (per dygn):	Idag: 114 000 /3/ 2040: 139 000 /4/
Andel tung trafik (%):	För prognosår (%)
Farligt godsled:	Primär
Antal farligt godstransporter (per dygn):	128 (exkl. styckegods)
O = Olyckskvot (trafikolycka per 10 ⁶ fkm):	0,6 /1/
F = Antal fordon per olycka:	1,8 /1/
Sannolikhet för medelstort eller stort utsläpp givet olycka – tunnväggig tank:	0,13 /1/
Sannolikhet för medelstort eller stort utsläpp givet olycka – tjockväggig vagn	0,0019 /1/

I tabell 3.2 i huvudrapporten redovisas fördelningen mellan respektive farligt godsklasser på den studerade vägsträckan.

2.3 Beräkningar trafikolycka med farligt gods – total olycksfrekvens

Utifrån ekvationen i avsnitt 2.1.1 beräknas den förväntade olycksfrekvensen för trafikolycka med farligt godstransport inblandad på den studerade sträckan till:

$$O_{FaGo} = 126 \times 1,0 \times 0,6 \times 1,8 \times 365 \times 10^{-6} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ per år}$$

Tabell A.2. Beräknade olycksfrekvenser per år på studerad vägsträcka (1 km).

	Olycka med farligt gods (per år) Nuläge samt 2040	
	Andel	Frekvens
klass 1	3,4%	1,7E-03
Klass 2	16,1%	8,1E-03
klass 3	68,0%	3,4E-02
klass 4	0,5%	2,6E-04
klass 5	0,6%	2,9E-04
klass 6	0,3%	1,6E-04
klass 7	0,0%	0,0E+00
klass 8	3,1%	1,6E-03
klass 9	8,0%	4,0E-03
Totalt		5,0E-02

/3/ Årsmedeldygnstrafik, Vägtrafikflödeskartan, www.trafikverket.se, besökt: 2022-04-08

/4/ Samhällsrisk utmed Södertäljevägen (E4/E20) -Sträckan Trafikplats Bredäng till Gröndalsbron, Structor, 2019-09-06

2.4 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 /5/. 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 transporter 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 /6/. 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 transporter med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. transitttransporter (genomfart) medan resterande transporter till avnämare inom länet. Transitttransporterna 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 tidigare följande fördelning antagits mellan olika transportmängder på E4/E20 Södertäljevägen:

○ < 500 kg/transport:	ca 85 %
○ 500 – 2 000 kg /transport:	ca 10 %
○ > 4 000 kg / transport:	ca 5 %
○ 16 000 kg / transport:	ca 0,3 %

Kategoriseringen av Norra länkens tunnlar innebär att transporter med ämnen som kan leda till mycket stora explosioner (> 1 ton) inte får köra i tunneln. Scenarier som leder till stora explosioner är således inte aktuella förbi planområdet. Av redovisade scenarier ovan så är således inte de två största aktuella att studera eftersom dessa transportmängder går annan väg.

/5/ ADR-S 2021 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBF5 2020:9, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2021

/6/ Samrådsunderlag avseende omledningsvägnät för explosiva ADR-S transporter – Intunnling av Norra Station, WSP, 2008-11-14

I riskanalysen för Hornsbergskvarteren /7/ redovisas fördelning och antal transporter av explosivämnen beaktat ovanstående förbud mot mycket stora explosioner (> 1 ton), vilket kommer att utgöra underlag för de fortsatta frekvensberäkningarna, se även tabell 3.2 i huvudrapporten. I beräkningarna används följande fördelning mellan transportmängder:

- < 60 kg/transport: 843 / 1 602 = 52,6 %
- 50 – 500 kg/transport: 590 / 1 602 = 36,8 %
- 500 – 1 000 kg /transport: 169 / 1 602 = 10,5 %
- > 1 000 kg / transport: 0 / 1 602 = 0,0 %

Sannolikhet för massexplosion

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, 5/. Det finns även regler för förpackning etc. Detta bedöms medföra en mycket låg sannolikhet för detonation.

I Bilaga 102 till Trafikverkets "TRVINFRA-00233 – Tunnelbyggande" [9] redovisas ingångsvärden som kan användas för frekvensberäkning av bl.a. massexplosion i vägtransport med ADR-klass 1.

Olyckskvoten för en stor massexplosion (> 100 kg) i samband med olycka i en vägtransport av ADR-klass 1 anges till 2×10^{-10} per tonkm.

Olyckskvoten utgår från de mängder explosivämnen som transporteras på järnväg inom EU under en 15 årsperiod utan att det har dokumenterats någon stor explosion. Mellan 1995 och 2010 har det inom Europa transporterats 6 miljarder tonkm klass 1 utan att stor explosion har inträffat. Detta innebär en lägre risk än $1/6 \times 10^9 = 1,67 \times 10^{-10}$ per tonkm. Olyckskvoten avrundas i /9/ till 2×10^{-10} per tonkm.

Det förväntade antalet farligt godstransporter (128 transporter per dygn) och andelen explosivämnen (ca 3,4 %) på den aktuella sträckan samt ovanstående fördelning mellan mängder per transport skulle innebära följande totala mängd ADR-klass 1 som transporteras:

$$128 \times 365 \times 3,4\% \times (0,060 \times 52,6\% + 0,500 \times 36,8\% + 1,0 \times 10,5\%) = 514,6 \text{ ton per år}$$

För en studerad sträcka på 1 km ger detta följande transportarbete ADR-klass 1:

$$514,6 \text{ ton per år} \times 1,0 \text{ km} = 514,6 \text{ tonkm per år}$$

Den sammanlagda olycksfrekvensen för stor massexplosion blir då:

$$514,6 \text{ tonkm/år} \times 2 \times 10^{-10} \text{ olyckor /tonkm} = 1,0 \times 10^{-7} \text{ per år}$$

Enligt tabell A.2 i avsnitt 2.3 är den totala frekvensen för trafikolycka med transporter av farligt gods klass 1 utmed aktuell sträcka $1,73 \times 10^{-3}$ per år.

Givet trafikolycka med transport av farligt gods klass 1 är sannolikheten för en stor massexplosion då:

$$\frac{1,0 \times 10^{-7}}{1,73 \times 10^{-3}} = 0,00006 = 0,06 \%$$

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

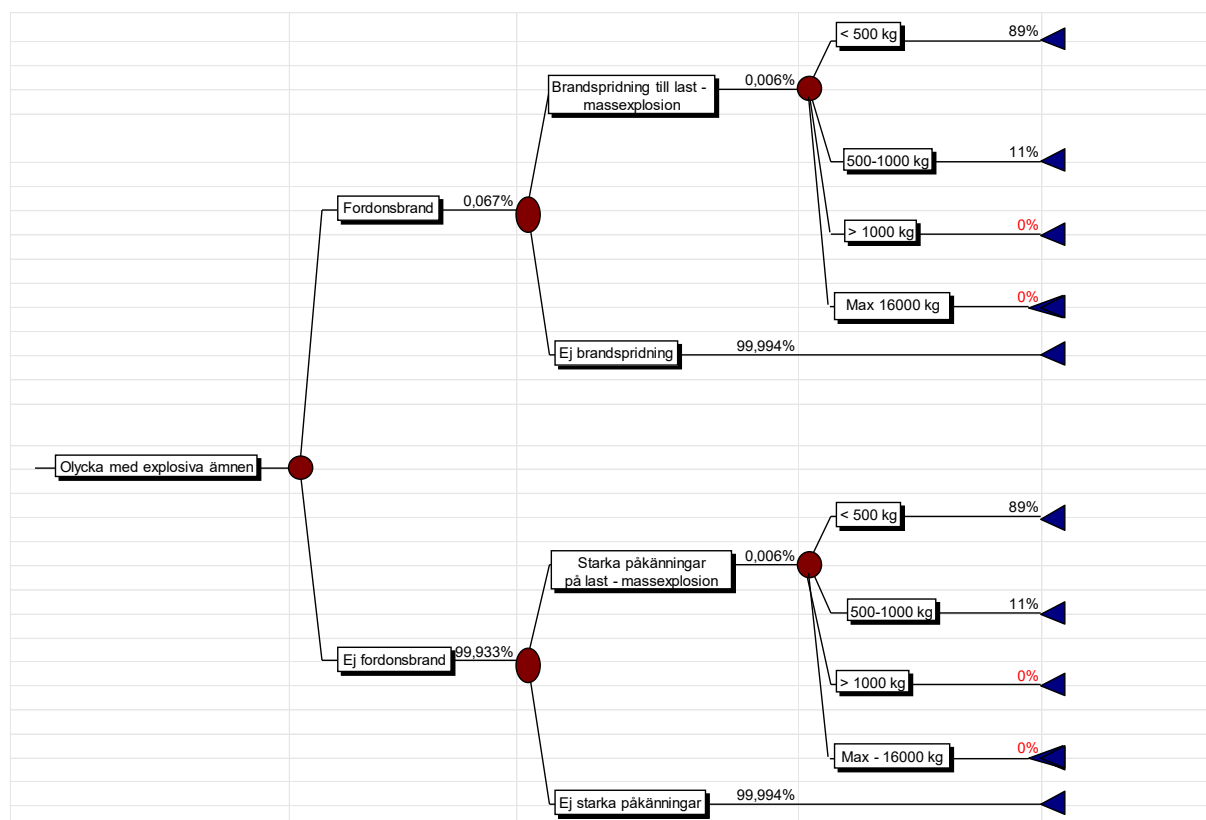
/8/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)

/9/ TRVINFRA-00233 Krav med rådtext Tunnelbyggande version 1.0, Trafikverket 2021-01-11

Det antas att sannolikheten för stor massexplosion är jämnt fördelad över de två orsakerna stora påkänningar respektive fordonsbrand som sprids till lasten. Det som skiljer dessa händelseförlopp är tidsintervallet. En massexplosion p.g.a. starka påkänningar uppskattas ske momentant eller mycket kort efter själva starthändelsen. En massexplosion p.g.a. fordonsbrand antas däremot vara fördröjd eftersom det kommer att krävas en omfattande brand för att påverka lasten så den exploderar. Tidsintervallet innebär att konsekvenserna av olycksscenarioet bedöms variera.

Enligt avsnitt 2.1.2 uppskattas sannolikheten för brand i fordon p.g.a. kollision givet en trafikolycka med farligt godstransport till 0,067 %.

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.3.



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

Observera att fördelningen mellan olika transportmängder inte summerar till 100 %. Detta beror på att de rödmarkerade transportmängderna p.g.a. lokala transportregler inte passerar den aktuella sträckan utan går annan väg.

Tabell A.3. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Scenario	Frekvens (per år)
	Idag / 2040
Trafikolycka med explosivämne (klass 1)	1,7E-03
Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)	
< 500 kg	
- P.g.a. fordonsbrand	6,1E-11
- P.g.a. starka påkänningar	9,2E-08
- Totalt	9,2E-08
500-1000 kg	

Scenario	Frekvens (per år)
	Idag / 2040
- P.g.a. fordonsbrand	7,2E-12
- P.g.a. starka påkänningar	1,1E-08
- Totalt	1,1E-08
> 1000 kg (förbud)	
- P.g.a. fordonsbrand	
- P.g.a. starka påkänningar	
- Totalt	0,0E+00
Max tillåten mängd - 16000 kg (förbud)	
- P.g.a. fordonsbrand	0,0E+00
- P.g.a. starka påkänningar	
- Totalt	

2.5 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).

Underlaget från kameradetektionen /10/ redovisar fördelningen mellan undergrupperna. Enligt denna kartläggning består ca 69,4 % av brännbara gaser (32,6 % bulktransporter + 36,8 % växelflak) och 30 % icke giftiga och icke brännbara gaser på E4/E20. Giftiga gaser utgör < 1 % av transportererna med gaser (0,6 %).

Transportsättet påverkar följdscenarierna vid olycka med gas. I de fortsatta beräkningarna så kommer denna fördelning 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.

2.5.1 Brännbara gaser i bulktransporter

Transportsättet påverkar följdscenarierna vid olycka med brännbar gas. Följdscenarier och potentiella konsekvenser kan skilja relativt mycket mellan om tankbilarna rymmer kondenserad gas (LNG) eller komprimerad gas (övriga brännbara gaser). Konsekvensberäkningarna i bilaga B delas upp i olycka med LNG (kondenserad gas) respektive olycka med övriga brännbara gaser (komprimerad gas). LNG utgör en betydande andel av det totala antalet transporter av brännbara gaser och är de transporter som förväntas öka relativt kraftigt. Det antas grovt att LNG utgör minst 50 % av alla bulktransporter med brännbar gas.

Gaser transporteras i regel i tankar med större tjocklek, vilket innebär hög tålighet. Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för medelstort eller stort utsläpp till följd av en trafikolycka med farligt godstransport vid tjockväggig behållare är 0,19 %, se tabell A.1 /1/.

I MSB:s rapport "Farligt gods – riskbedömning vid transport" /11/ anges en fördelning mellan olika läckagestorlekar enligt nedan:

/10/ Analyser av transporter med farligt gods, mätningar utförda i Stockholm under maj och oktober 2015, WSP, 2016-0427

/11/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

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

Givet ovanstående fördelning så blir den totala sannolikheten för utsläpp från tjockväggig vagn givet olycka $0,0019 / (0,208+0,167) = 0,0051$. Skadeområdet vid litet utsläpp (oavsett antändning) begränsas till närområdet runt olycksplatsen och har därmed ingen påverkan på risknivån inom planområdet. Litet utsläpp omfattas därför inte av frekvensberäkningarna. Fördelningen mellan medelstort och stort läckage antas utifrån ovanstående siffror:

- Medelstort läckage: $20,8 \% / (20,8\%+16,7\%) = 55,5 \%$
- Stort läckage: $16,7 \% / (20,8\%+16,7\%) = 44,5 \%$

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

- Omedelbar antändning av läckande gas (jetflamma/pölbrand)
- Fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck (gasmolnexplosion/gasmolnsbrand)
- Tank utsätts för en utbredd brand under en längre tid (*BLEVE = Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion*)

Fördelningen mellan antändningstyper och följdscenarier enligt ovan är beroende av utsläppsstorleken. Fördelningen varierar mellan olika riskkällor. För utsläpp vid trafikolycka används följande fördelningar som utgör en sammanvägning av olika riskkällor som redovisas i /12/:

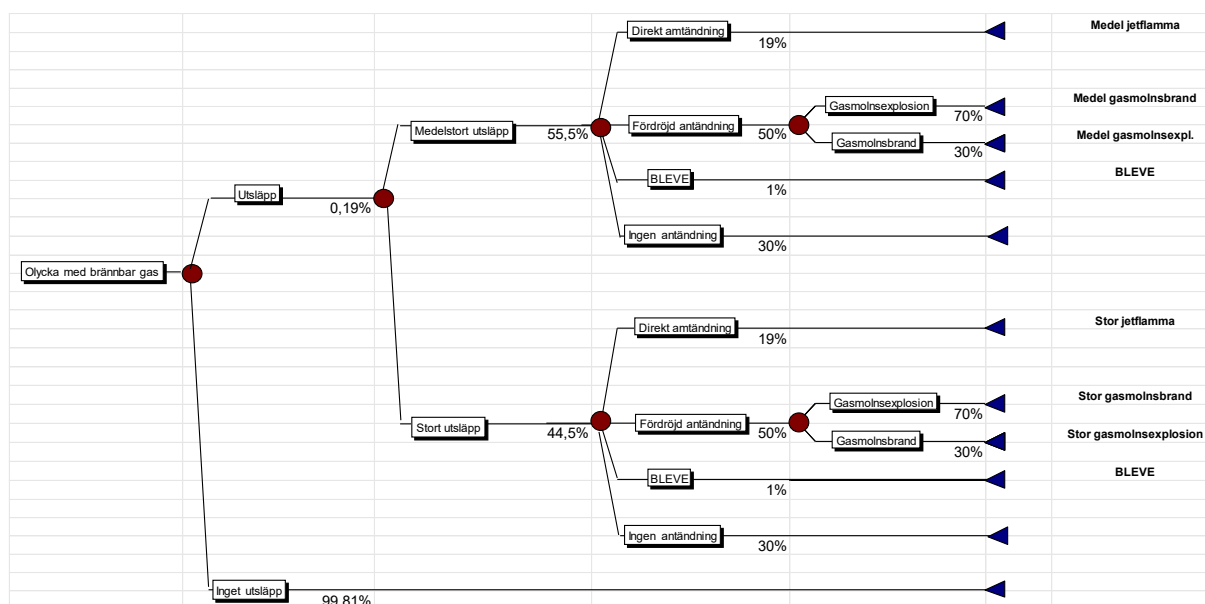
- ingen antändning: 30 %
- omedelbar antändning: 19 %
- fördröjd antändning: 50 %
- BLEVE: 1 %

Enligt *VROM – Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book" /13/* kan vidare fördelningen mellan gasmolnsbrand och gasmolnexplosion givet en fördröjd antändning ansättas till 30 respektive 70 %.

Figur A.2 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara gaser i bulktransporter. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.4.

/12/ Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods – Översiktlig riskanalys av transporter med farligt gods på väg och järnväg i Borås stad, Wuz risk consultancy AB, daterad 2016-12-19

/13/ Guideline for Quantitative Risk Assessment, "Purple book". Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VROM), Nederländerna, 2005



Figur A.2. Händelseträd olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1). Bulktransporter.

Tabell A.4. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbar gas (klass 2.1). Bulktransporter.

Scenario	Frekvens (per år)
	Idag / 2040
Trafikolycka med gas	8,1E-03
Olycka med klass 2.1 – bulktransporter (32,6 % av gaser)	2,6E-03
Medelstort jetflamma	5,3E-07
Medelstort gasmolnsexplosion	9,8E-07
Medelstort gasmolnsbrand	4,2E-07
Stort jetflamma	4,3E-07
Stort gasmolnsexplosion	7,8E-07
Stort gasmolnsbrand	3,4E-07
BLEVE	5,0E-08

2.5.2 Brännbara gaser i gasflak

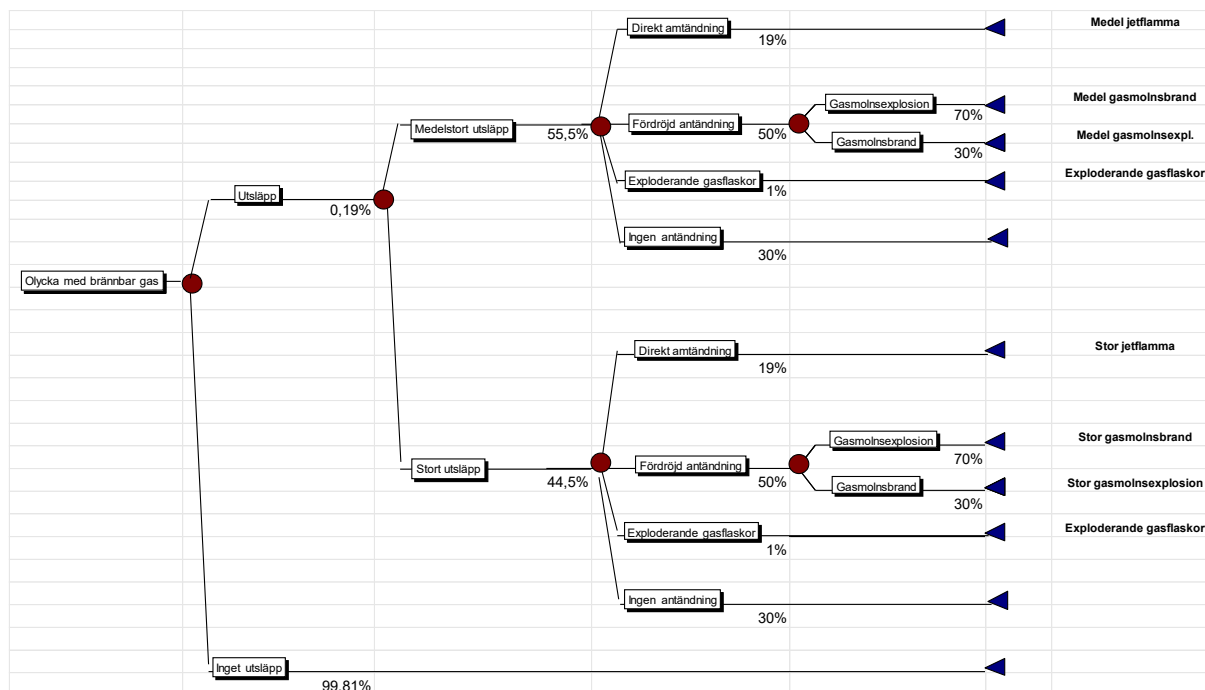
Gaser som transporteras i gasflaskor/gasflak är generellt tryckkomprimerade, t.ex. gasol. Enligt ovan så påverkar transportsättet följdscenarierna vid olycka med brännbar gas.

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

- Omedelbar antändning av läckande gas (jetflamma)
- Fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck (gasmolnsexplosion/gasmolnsbrand)
- Gasflaskor/gasflak utsätts för en utbredd brand under en längre tid vilket leder till att gasflaskorna exploderar.

Sannolikhet för utsläpp och olika typer av antändning motsvarar förutsättningarna som redovisas i avsnitt 2.5.1. Sannolikheten för scenariot exploderande gasflaskor givet utsläpp motsvarar sannolikheten för BLEVE.

Figur A.3 redovisar ett händelseträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara gaser i gasflaskor/gasflak. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.5.



Figur A.3. Händelseträd olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1). Gasflaskor/gasflak.

Tabell A.5. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbar gas (klass 2.1). Gasflaskor/gasflak.

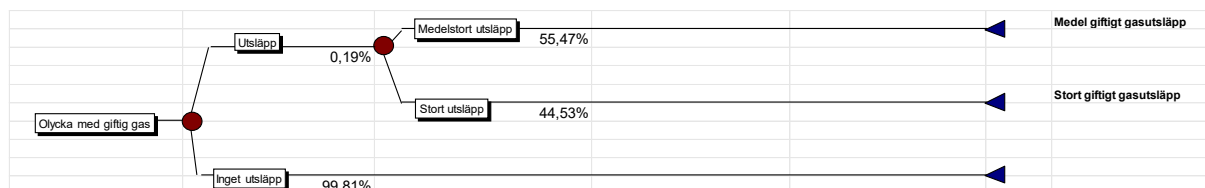
Scenario	Frekvens (per år)
	Idag / 2040
Trafikolycka med gas	8,1E-03
Olycka med klass 2.1 - gasflak (36,8 %)	3,0E-03
Medelstor jetflamma	6,0E-07
Medelstor gasmolnsexplosion	1,1E-06
Medelstor gasmolnsbrand	4,7E-07
Stor jetflamma	4,8E-07
Stor gasmolnsexplosion	8,8E-07
Stor gasmolnsbrand	3,8E-07
Exploderande gasflaskor	5,7E-08

2.5.3 Giftiga gaser

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

Skadeområdet vid litet utsläpp begränsas till närområdet runt olycksplatsen och har därmed ingen påverkan på risknivån inom planområdet. Litet utsläpp omfattas därför inte av frekvensberäkningarna.

Sannolikhet för utsläpp och fördelning mellan utsläppsstorlek motsvarar förutsättningarna som redovisas i avsnitt 2.5.1. Figur A.4 redovisar ett händelseträd över följdscenarier vid en olycka med transport av giftiga gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.6.



Figur A.4. Händelsesträd olycka med transport av giftig gas (klass 2.3).

Tabell A.6. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av giftig gas.

Scenario	Frekvens (per år)
	Idag / 2040
Trafikolycka med gas	8,1E-03
Olycka med klass 2.3 (0,6 %)	5,0E-05
Medelstort utsläpp giftig gas	5,2E-08
Stort utsläpp giftig gas	4,2E-08

2.6 Klass 3. Brandfarliga vätskor

En mycket hög andel av de brandfarliga vätskor som transporteras uppskattas vara petroleumprodukter, d.v.s. transporter av bensin och diesel till bl.a. bensinstationer. I de fortsatta beräkningarna så antas det konservativt att samtliga vätsketransporter rymmer klass 1-vätskor, d.v.s. vätskorna har en låg flampunkt som innebär en hög sannolikhet för antändning.

Brandfarliga vätskor transporteras i regel i tunnväggiga tankbilar. Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för medelstort eller stort utsläpp till följd av en trafikolycka med farligt godstransport vid tunnväggig tank är 13 %, se tabell A.1 /1/.

I "Farligt gods – riskbedömning vid transport" /11/ anges en fördelning mellan olika läckagestorlekar enligt nedan för tankbilar med släp:

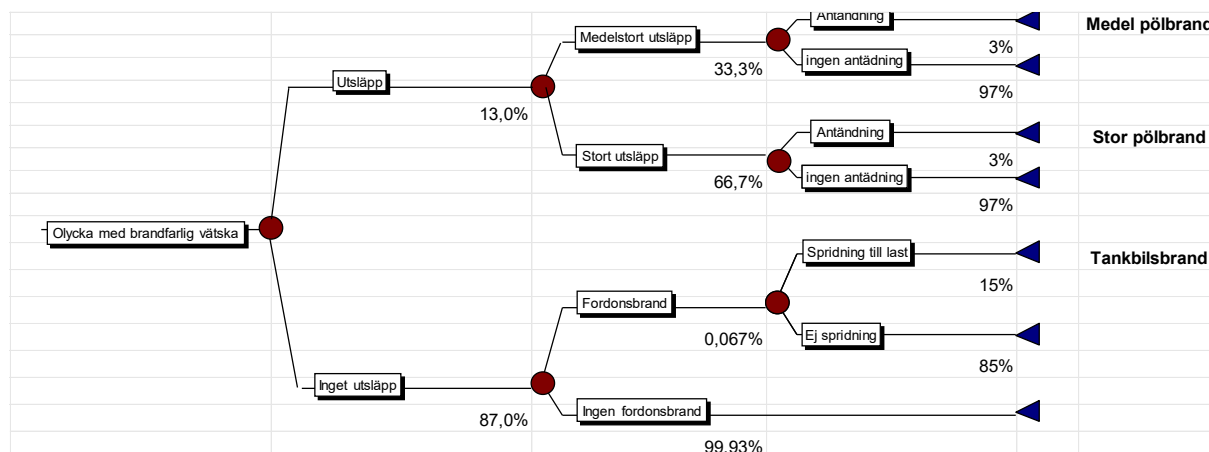
- Litet läckage: 25 %
- Medelstort läckage: 25 %
- Stort läckage: 50 %

Skadeområdet vid ett litet utsläpp begränsas normalt till närområdet runt olycksplatsen och har därmed ingen påverkan på risknivån inom planområdet. Litet utsläpp omfattas därför inte av frekvensberäkningarna. Fördelningen mellan medelstort och stort läckage antas utifrån ovanstående siffror:

- Medelstort läckage: $25 \% / (25 \% + 50 \%) = 33,3 \%$
- Stort läckage: $50 / (25 \% + 50 \%) = 66,7 \%$

Sannolikheten klass 1-vätskor antänds vid utsläpp till följd av en trafikolycka antas vara ca 3 % /11, 14/ oberoende av utsläppsstorleken.

Omfattande brand kan även uppstå om t.ex. en motorbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Enligt avsnitt 2.1.2 uppskattas sannolikheten för brand i fordon p.g.a. kollision givet en trafikolycka med farligt godstransport till 0,067 %. Vidare så är andelen av fordonsbränder i fordon med farligt gods där farligt gods varit involverat ca 15 %. Figur A.5 redovisar ett händelseträd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.7.



Figur A.5. Händelseträd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3).

Tabell A.7. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brännbara vätskor.

Scenario	Frekvens [per år]
	Idag / 2040
Trafikolycka med brandfarlig vätska (klass 3)	3,4E-02
Medelstor pölbrand	4,4E-05
Stor pölbrand	8,9E-05
Tankbilsbrand	3,0E-06

2.7 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Olyckor med oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till allvarliga personskador. Om det blir involverat i en brand kommer dock brandens intensitet att öka. En brand kan då motsvara ett kraftigt och snabbt brandförlopp vid olycka med brandfarlig vätska (se avsnitt 3.6). Vissa oxiderande ämnen kan även ge explosionsartade brandförlopp eller våldsamma reaktioner tillsammans med något bränsle, eller själva sönderfalla våldsamt om de hettas upp.

Ämnen ur klass 5 som i ren form kan sönderfalla explosivt utan blandning med bränsle utgörs enligt /2/ av ammoniumdikromat, ammoniumnitrat, ammoniumperklorat samt väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid. Dessa ämnen och föreningar är termiskt stabila upp till relativt höga temperaturer, vilket innebär att ett explosivt sönderfall vid en transportolycka med dessa ämnen främst kan inträffa som följd av en omfattande brand. Ett explosionsscenario med dessa ämnen utan blandning av bränsle har en explosionslast som är ca 20-30 % av massexplosion med motsvarande mängd trotyl.

/14/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993

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

För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten.

Enligt regelverket ADR-S /5/ 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 kolekvivalent), utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen). Andelen av de organiska peroxiderna som bedöms kunna självantända explosionsartat vid brand eller vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad.

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

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

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

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

Händelseträdsanalysen för olycka med klass 5 kommer att följa den metodik som redovisas i den analys om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5 som FOI utförde i samband med intunnlingen av Norra stationsområdet i Stockholm /2/.

I avsnitt 2.1.2 anges att sannolikheten för brand i fordon p.g.a. kollision givet en trafikolycka med farligt godstransport är 0,067 %.

Oxiderande ämnen transporteras i regel i tunnväggiga tankbilar. Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för medelstort eller stort utsläpp till följd av en trafikolycka med farligt godstransport vid tunnväggig tank är 13 %, se tabell A.1 /1/. Detta värde motsvarar ungefär andelen av fordonsbränder i fordon med farligt gods där farligt gods varit involverat ca 15 %.

Sannolikheten för utsläpp av klass 5 och/eller brandspridning till lasten ansätts utifrån ovan till 13 %.

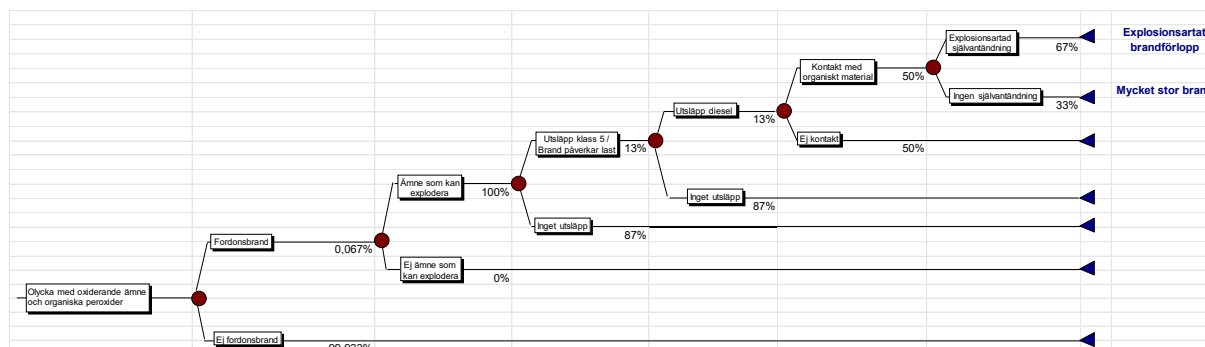
För att en stor mängd explosiv blandning ska uppstå krävs dock blandning med relativt omfattande mängd brännbart material, vilket exempelvis kan uppstå p.g.a. utsläpp av diesel. Det finns inga tillgänglig data för hur ofta bränsletankar går sönder vid en trafikolycka. Sannolikheten för ett betydande utsläpp diesel p.g.a. trafikolyckan ansätts också till 13 % utifrån ovanstående uppgifter.

Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska förorenas med brännbart material så att det bildas en omfattande blandning antas konservativt till 50 % givet att det skett utsläpp av diesel.

Förbränningen antas kunna leda till explosionsartade brandförlopp alternativt till en kraftig brand där det utläckta godset fungerar brandunderstödande. Sannolikheten för att förbränningen leder till explosionsartat brandförlopp uppskattas till högst 2/3 och i övriga fall antas det utläckta godset fungera brandunderstödande så att brandförloppet motsvarar en mycket stor brand.

Skadeområdet vid en fordonsbrand begränsas normalt till närområdet runt olycksplatsen och har därmed ingen påverkan på risknivån inom planområdet. En olycka med klass 5 som leder till en mycket stor brand omfattas därför inte av frekvensberäkningarna.

Figur A.6 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.8.



Figur A.6. Händelsetråd olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Tabell A.8. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Frekvens [per år]
	Idag / 2040
Trafikolycka med oxiderande ämne (klass 5)	2,9E-04
Explosionsartat brandförlopp vid självantändning	1,1E-09

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn

Paradiset 23 och 27

Uppdragsgivare

Fabège

Uppdragsnummer

505538

Datum

2024-07-05

Handläggare

Rosie Kvål

Egenkontroll

RKL

2024-07-05

Internkontroll

EMM

2022-10-14

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:

Essingeleden

- Olycka med farligt gods
 - Explosion vid transport av massexplodivt 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)

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

I riskanalysen används riskmått **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.

Beräkningarna av antal omkomna som redovisas i avsnitt 2 (baserat på förutsättningar enligt avsnitt 1.2) avgränsas till att studera konsekvenser inom själva planområdet som underlag till beräkning av den relativa samhällsrisk med fokus på planområdet, se vidare resonemang i huvudrapporten. Riskanalysen har kompletterats med en övergripande beräkning av den totala samhällsrisk där hänsyn även tas till konsekvenser inom kringliggande områden.

Beräkningarna av det totala antal omkomna inom planområdet och omgivning redovisas i avsnitt 3.

I avsnitt 4 redovisas beräkningar av antal omkomna inom planområdet givet föreslagna åtgärder enligt huvudrapporten.

1.2 Förutsättningar

Analysen omfattar planområdet som är beläget väster om Essingeleden på nordvästra Kungsholmen i Stockholm. Inom planområdet finns idag bebyggelse som huvudsakligen inrymmer kontorsverksamhet. Gällande detaljplan anger industri. Den nya detaljplanen syftar till att ändra markanvändningen till kontor och bostäder.

I figur B.1 redovisas det aktuella området.



Figur B.1. Aktuellt planområde.

En olycka har antagits ske mitt för det aktuella planområdet.

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

- Konsekvenserna kommer att beräknas för alternativet med en genomförd detaljplan samt för ett nollalternativ.
- Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka, men konsekvensberäkningarna avgränsas till att studera påverkan endast inom planområdet.
- Konsekvensberäkningarna utgår från verksamheten inom planområdet i enlighet med beskrivning i huvudrapporten.
- Vid en renovering av Paradiset 23 byttes alla fönster mot Essingeleden mot explosionsresistent glas (se avsnitt 2.1.1 i huvudrapporten).
- Den östra delen av befintlig kontorsbyggnad inom Paradiset 23 har försetts med nya fönster efter det att arbetet med att utreda riskerna från Essingeleden påbörjats. Det innebär att val av fönster har gjorts med hänsyn till risken och de är därför utförda med brandglas i klass EW 30. Befintlig tegelfasad behålls. Hänsyn till genomförda förändringar har tagits vid beräkning av skada på aktuell byggnad.

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 m² BTA (1 person per 30 m²).
2. Kontor antas ha en persontäthet på 0,05 personer per m² (1 person per 20 m²). Persontätheten beräknas utifrån byggnadens totala yta, vilket även inkluderar trapphus, hisschakt, teknikutrymmen etc. Uppskattningen baseras på uppgifter dimensionerande personantal i flertalet projekt.
3. Genomsnittlig persontäthet utomhus uppskattas grovt till ca 0,005 personer per m² (50 person per hektar).
4. Planförslag: Föreslagen bebyggelsestruktur och -volym inom planområdet med ca 20 400 m² bostäder och 20 200 m² kontor ger med ovanstående persontätheter ett personantal på 680 + 1 010 = 1 690 personer vid full beläggning i all bebyggelse.

Persontätheten i den aktuella bebyggelsen varierar dock över dygnet där högst beläggning i kontor kan förväntas uppnås dagtid medan det för bostäder är högst persontäthet kvällar och nätter. Under nattetid är kontor däremot i princip tomma. Konsekvensberäkningarna har utgått från att en olycka sker dagtid med full beläggning i kontorsdelarna (90 % inomhus + 10 % utomhus), som också ligger närmast riskkällan, samt 60% beläggning i bostadsbebyggelsen (50 % inomhus + 10 % utomhus). Detta ger ett sammanlagt personantal på ca 1 420 personer (60 % x 680 + 100 % x 1 010). Av dessa antas 170 personer vistas utomhus.

5. Nollalternativ: Bebyggelsestruktur och -volym inom planområdet för nollalternativet är ca 35 000 m². Med gällande markanvisning industri uppskattas persontätheten inom bebyggelsen grovt motsvara persontätheten inom flerbostadshus. Detta ger då med ovanstående persontätheter ett personantal på ca 1 165 personer. Även för nollalternativet utförs konsekvensberäkningarna utifrån olycka dagtid och beläggningen inom bebyggelsen antas till 100 %, varav 10 % utomhus.

Konsekvenserna för respektive skadescenario kommer att beräknas utifrån en sammanvägning av hur stor andel som skadeområdet för respektive skadescenario utgör av det totala studerade området, d.v.s. planområdet. Denna andel multipliceras sedan med det förväntade personantalet inomhus respektive utomhus, samt sannolikheten att omkomma, för att på så sätt få ut förväntat antal omkomna.

Avståndet mellan närmaste väggkant och byggnad inom planområdet är 11 meter. Närmast planområdet ligger dock en avfart och avståndet till närmaste huvudkörbana är 15 meter. Generellt så används antagandet i riskanalyser som innebär att en olycka ofta antas inträffa så nära det studerade området som möjligt. Sett till Essingeledens totala bredd och fördelningen av farligt godstransporter mellan körbanorna så bedöms detta vara ett mycket konservativt antagande för det aktuella planområdet. Påverkan på planområdet och konsekvenserna av respektive skadescenario kan skilja sig relativt mycket beroende på om olyckan inträffar på södergående eller norrgående körbanor. För skadescenarier med mindre skadeområden (≤ 30 meter) kommer konsekvensberäkningarna att utgå från att olyckan inträffar på närmaste huvudkörbana, d.v.s. 15 m från byggnad inom planområdet. Dessa konsekvensberäkningar gäller dock endast olycka i södergående riktning. För olycka i norrgående riktning förväntas då inga omkomna inom planområdet.

För skadescenarier med större skadeområden bedöms konsekvenserna inte vara lika beroende av om olyckan inträffar på södergående eller norrgående körbanor. Scenarierna kan påverka planområdet även om olyckan inträffar på norrgående körbanor. För scenarier med skadeområde > 30 meter beräknas därför konsekvenserna utifrån ett genomsnittligt avstånd mellan olycksplats och bebyggelse. Det innebär att olyckan antagits inträffa mitt på Essingeleden, mellan de båda körriktningarna. Avståndet mellan en olycka och bebyggelse har utifrån detta satts till 26 meter.

Konsekvenserna utomhus har beräknats utifrån förutsättningen att det kan vistas oskyddade personer mellan riskkälla och bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeområden (≤ 30 meter) kommer konsekvensberäkningarna utomhus därför att utgå från att olyckan kan inträffa i princip 0 m från obebyggda ytor.

För scenarier med skadeområde > 30 meter beräknas konsekvenserna utomhus utifrån att olyckan inträffar ca 10 meter från obebyggda ytor (= 26-15 m).

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. Vid val av scenarier har hänsyn tagits till gällande restriktioner kring transporter som kan leda till stora explosioner genom Norra Länkens tunnlar. Konsekvensberäkningarna omfattar utifrån detta två skadescenarier utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A:

500 kg

1000 kg

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i MSB:s rapport *Luftstötståg* /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:

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

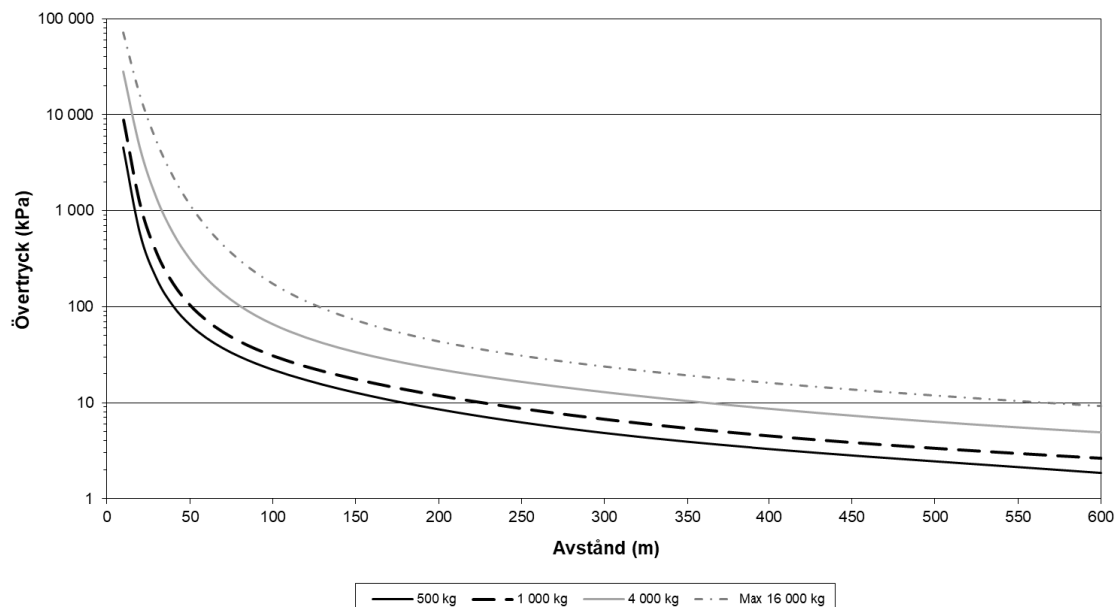
Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenarierna. I figur B.2 och B.3 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen (diagrammen redovisar också resultatet för större massexplosioner vilket bl.a. används för konsekvensberäkningar för klass 5, se avsnitt 2.5). Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

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

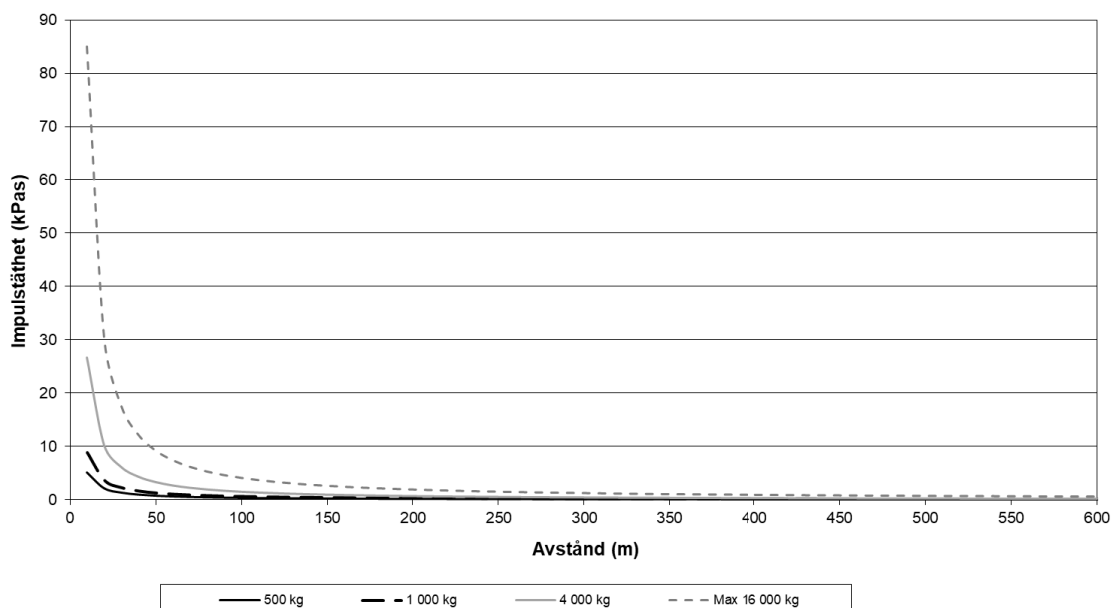
/1/ Luftstötståg, Morgan Johansson (Reinertsen Sverige AB), MSB, senast reviderad 2012

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

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



Figur B.2. Max övertryck som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.



Figur B.3. 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. Karakteristiska tryck (P_c) respektive impuls (I_c) för olika byggnadsdelar.

Byggnadsdel	P_c (kPa)	I_c (kPas)
Bärande konstruktioner		
<i>Stomme i platsgjuten betong</i>		
- Bärande ytterväggar av 20 cm betong (och invändiga pelare)	200	2,5
- Bärande tvärvägg 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
Icke bärande konstruktioner		
- Lätta utfackningsväggar (plåtkassetter) i pelarhus	5	0,5
- Medeltunga utfackningsväggar (regelstomme & fasadtegelskal)	5	1,0

De infallande tryck som redovisas i figur B.2 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 50-75 % i förhållande till vad som anges i figur B.2 respektive B.3. 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.

Fönster i fasad mot Essingeleden inom Paradiset 23 har utförts med explosionsresistenta glas. Åtgärden innebär att människor inomhus skyddas från uppkomst av vasst glassplitter En mycket grov uppskattning är att detta reducerar antalet omkomna inomhus med 20 %.

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 | • 90 % omkomna | 300 kPa |
| • 10 % omkomna | 210 kPa | • 99 % omkomna | 350 kPa |
| • 50 % omkomna | 260 kPa | | |

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

- < 500 kg: 10 %
- 500-1 000 kg: 25 %

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

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 % inomhus	20	10
	15 % inomhus	70	40
	10 % utomhus	20	10
500–1 000 kg massexplosion	80 % inomhus	40	20
	15 % inomhus	100	60
	25 % utomhus	40	20

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 – totalt antal omkomna, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
< 500 kg massexplosion	25	1	26	21	1	22
500–1 000 kg massexplosion	86	3	89	72	2	74

2.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

2.2.1 Metodik

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

- **Jetflamma:** omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- **Gasmolnsexplosion:** fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- **BLEVE:** Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.
- **Exploderande gasflaskor/gasflak** - Gasflaskor/gasflak utsätts för en utbredd brand under en längre tid vilket leder till att gasflaskorna exploderar.

Olycka med tankbil – Tryckkomprimerad gasol

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 gasmolnsexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar som utgår från dimensionerande utsläppsscenarioer enligt /3/. Utsläppsstorlekarna i /3/ redovisas i kg/s, vilket har omvandlats till m³/s utifrån densitet för gasol (gasol: 582 kg/m³):

- Medelstort utsläpp: 0,002 m³/s 0,9 kg/s
- Stort utsläpp: 0,03 m³/s 17,8 kg/s

För gasol så beror skadeområdena för jetflamma och gasmolnsexplosion 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.

Gasmolnsexplosioner är väldigt komplexa förlopp. Sannolikheten för uppkomst av övertryckseffekter styrs av flera faktorer såsom hur reaktiv gasen i fråga är, typ av utsläpp, väder, om det finns risk för inneslutning/delvis inneslutning, etc. 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.

Scenariot kan egentligen delas upp i två förlopp, gasmolnsbrand utan övertryck och gasmolnsbrand med övertryck (explosion). Enligt bilaga A antas en fördelning på 30 % gasmolnsbrand respektive 70 % gasmolnsexplosion.

Olycka med tankbil - LNG

I bilaga A konstateras att en betydande del av bulktransporter med brännbara gaser utgör LNG-transporter (flytande metangas). LNG transporteras i kryotankar, d.v.s. den kondenseras genom kraftig nedkylning, vilket innebär att de vid ett utsläpp beter sig mycket annorlunda än en tryckkondenserad gas. Exempelvis kommer ett kontinuerligt utsläpp av LNG att först bilda en pöl som därefter förångas till ett gasmoln, istället för att en stor del av utsläppet förångas direkt när det kommer ut ur tanken (som gäller för tryckkondenserad gas).

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

För utsläpp av LNG har utsläppssimuleringar genomförts med programmet ALOHA v. 5.4.7. Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil med ca 22 ton LNG. Gasen håller en temperatur på -160°C och ett tryck på högst 10 bar.

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar. Utsläppsstorlekarna baseras på dimensionerande utsläppsscenarioer för gasol enligt /3/, vilket har omvandlats från kg/s till m³/s. Med hänsyn till skillnad i densitet (LNG: 466 kg/m³) har utsläppen sedan omvandlats till motsvarande utsläppsvolymer för LNG:

- Medelstort utsläpp: 0,002 m³/s 0,7 kg/s
- Stort utsläpp: 0,03 m³/s 14,3 kg/s

Olycka med gasflaskor/gasflak

Konsekvenserna av skadescenariot utförs med simuleringsprogrammet ALOHA v. 5.4.7.

Dimensionerande scenario utgörs av utsläpp från ett flaskpaket á 20 flaskor. Den totala volymen är 1 000 liter komprimerad vätgas.

Det görs ett grovt antagande om att gasen är komprimerad till 200 bar.

Följande skadescenarioer har simulerats:

1. Kontinuerligt utsläpp genom cirkulärt hål med diameter ca 50 mm.
Total utsläppsmängd 1 000 liter (motsvarande ett flaskpaket).
 - a. Direkt antändning – jetflamma
 - b. Fördröjd antändning – gasmolnexplosion
2. Momentant utsläpp vid exploderande gasflaskor till följd av fordonsbrand
Total utsläppsmängd 1 000 liter (motsvarande ett flaskpaket)

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, desto högre sannolikhet för skada.

När det gäller gasmolnexplosion 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 2a-3:e gradens brännskada är ca 50 %. För olyckor med stora skadeområden (gasmolnexplosion, BLEVE) fås en stor skyddande effekt för områden längre från vägen, andelen skadade utomhus sätts för dessa scenarier till 25 %.

/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

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 utvändig 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.

Med hänsyn till det mycket kortvariga brandförloppet vid en gasmolnsbrand och den begränsade sannolikheten för brandspridning till byggnader antas sannolikheten för att personer som befinner sig inomhus inom beräknat skadeavstånd ska omkomma till högst 1 %. P.g.a. tryckpåverkan vid en gasmolnsexplosion antas att 5 % av personer som befinner sig inomhus inom beräknat skadeavstånd förväntas omkomma.

Fönster i fasad mot Essingeleden inom Paradiset 23 har utförts med explosionsresistenta glas. Åtgärden innebär att fönster hålls intakta vid gasmolnsexplosion och BLEVE och att ett visst skydd därmed erhålls även avseende brand. En mycket grov uppskattning är att detta reducerar antalet omkomna inomhus med 20 %.

2.2.3 Resultat

I tabell B.5-B.7 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-B.7.

Tabell B.5. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser. Olycka med tankbil – Tryckkomprimerad gas.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Medelstor jetflamma	5 % <u>inomhus</u>	15	15	15	15
	50 % <u>utomhus</u>				
Medelstor gasmolnsexplosion / gasmolnsbrand	5 % <u>inomhus</u>	50	70	50	35
	50 % <u>utomhus</u>				
Stor jetflamma	5 % <u>inomhus</u>	60	55	60	30
	50 % <u>utomhus</u>				
Stor gasmolnsexplosion / gasmolnsbrand	5 % <u>inomhus</u>	215	185	215	95
	50 % <u>utomhus</u>				
BLEVE	5 % <u>inomhus</u>	440	220	440	110
	50 % <u>utomhus</u>				

Tabell B.6. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.
Olycka med tankbil – LNG.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Medelstor jetflamma	5 % inomhus	15	15	15	15
	50 % utomhus				
Medelstor gasmolnsexplosion / gasmolnsbrand	5 % inomhus	30	15	30	15
	50 % utomhus				
Stor jetflamma	5 % inomhus	60	55	60	40
	50 % utomhus				
Stor gasmolnsexplosion / gasmolnsbrand	5 % inomhus	110	55	110	40
	50 % utomhus				
BLEVE	5 % inomhus	700	350	700	210
	50 % utomhus				

Tabell B.7. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.
Olycka med gasflaskor/gasflak (1 m³).

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Jetflamma – 0,28 kg/s	5 % inomhus	15	15	15	15
	50 % utomhus				
Gasmolnsexplosion / gasmolnsbrand – 0,28 kg/s	5 % inomhus	40	40	40	40
	50 % utomhus				
Momentant utsläpp / Exploderande gasflaskor	5 % inomhus	80	40	80	40
	50 % utomhus				

I tabell B.8 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

Tabell B.8. Beräknade konsekvenser – totalt antal omkomna, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadesscenario	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Olycka med tankbil – tryckkomprimerad gas						
Medelstor jetflamma	0	2	2	0	1	1
Medelstor gasmolnexplosion	3	11	14	2	7	9
Medelstor gasmolnsbrand	1	11	12	1	7	8
Stor jetflamma	2	10	12	2	7	9
Stor gasmolnexplosion	50	42	92	42	29	71
Stor gasmolnsbrand	10	42	52	9	29	38
BLEVE	50	42	92	42	29	71
Olycka med tankbil - LNG						
Medelstor jetflamma	0	2	2	0	1	1
Medelstor gasmolnexplosion	0	4	4	0	3	3
Medelstor gasmolnsbrand	0	4	4	0	3	3
Stor jetflamma	6	16	21	4	1	15
Stor gasmolnexplosion	9	14	23	7	10	17
Stor gasmolnsbrand	2	14	16	2	10	12
BLEVE	50	42	92	42	29	71
Olycka med gasflaskor/gasflak						
Jetflamma	0	1	1	0	1	1
Gasmolnexplosion	3	5	8	3	4	7
Gasmolnsbrand	1	5	6	1	4	5
Exploderande gasflaskor	3	7	10	3	5	8

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

Tabell B.9. 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, utsläppsscenarioer har simulerats för utsläpp av giftig gas:

	Ammoniak	Svaveldioxid
• 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.10.

Tabell B.10. 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
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.11 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

Tabell B.11. Beräknade konsekvenser – totalt antal omkomna, för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Medelstort utsläpp (brott på rör)	6	24	29	5	16	21
Stort utsläpp (stor punktering)	8	145	154	7	100	107

2.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

2.4.1 Metodik

För denna farligt godsklass utgörs skadescenarierna av att tanken skadas så allvarligt att vätska läcker ut och sedan antänds. Vid beräkning av konsekvensen av en farligt godsolycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensin. Beroende på utsläppstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning. Konsekvensberäkningar utförs för följande pölbrandscenarier:

- Medelstor pölbrand: 200 m²
- Stor pölbrand: 400 m²
- Tankbilsbrand ca 300 MW /5/ (antas grovt motsvara stor pölbrand, exkl. pölradie)

Beräkningarna av den infallande värmestrålning som analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar:

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /6/.

Flamhöjd (H_F) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /7/: $H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D$

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 6$.

Utfallande strålning (I₀) – Den utfallande strålningen (kW/m²) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flamman, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /8/: $I_0 = 58 \cdot 10^{-0,00823 \cdot D}$

/5/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

/6/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/7/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

/8/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

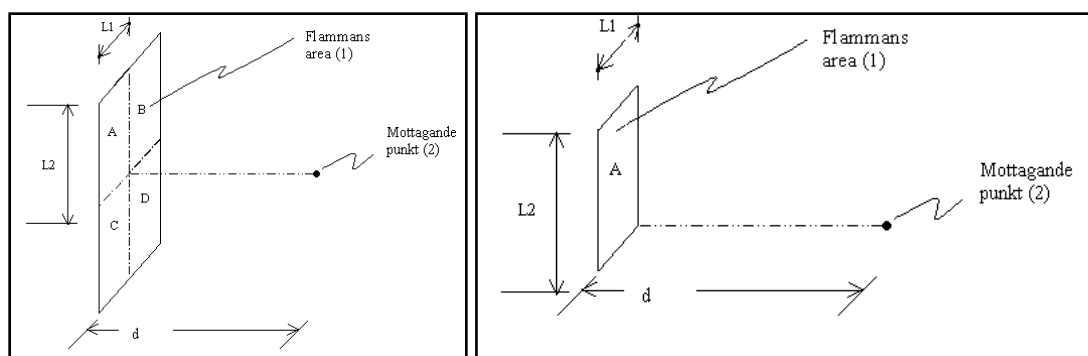
Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.4). Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /9/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

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

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

$\Theta_1 = \Theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.4.



Figur B.4. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /10/:

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

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt figur B.4.}$$

Infallande strålning (I) – Den från branden infallande värmestrålningen (kW/m^2) som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom: $I = F \times I_0$

Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden beräknats för de olika pölbrandscenarierna (se tabell B.12).

/9/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999

/10/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992

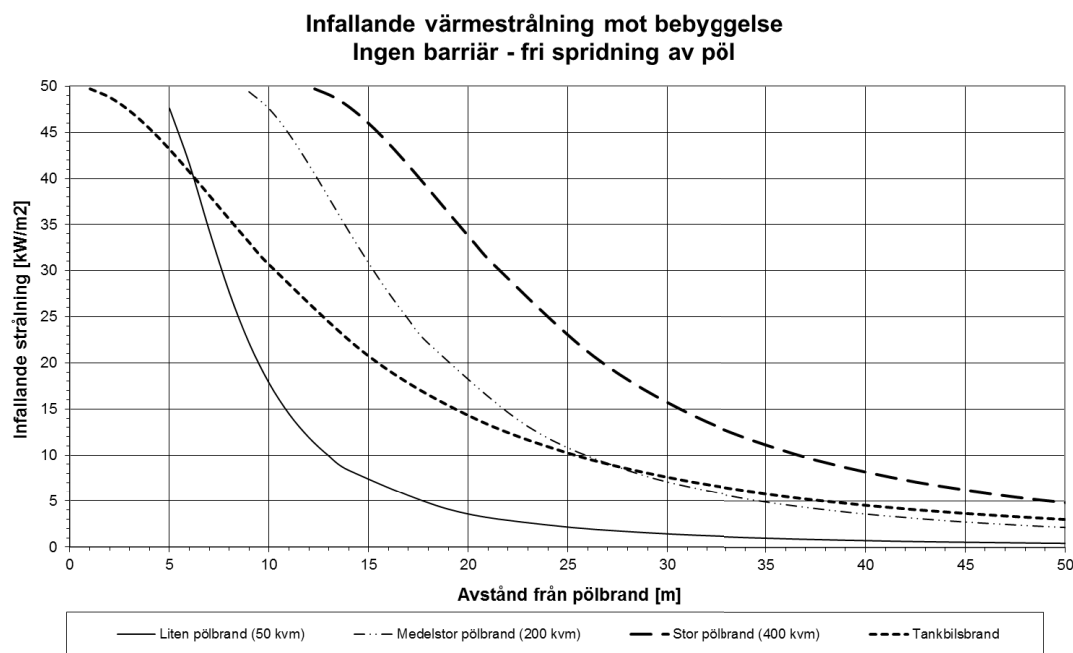
Tabell B.12. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta A_F (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D_f (m)	Flammhöjd H_f (m)	Utfallande strålning I_o (kW/m ²)
Medelstor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Stor pölbrand / Tankbilsbrand	400	400 000	22,6	22,6	37,7

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.5 (cirkulär brand utan barriär). Strålningen har beräknats på halva flammans höjd.

Enligt tabell B.10 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större pölbränder. Soten och röken döljer själva flaman och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmestrålningen. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.

I figur B.5 beaktas även pölarnas radie (ej för scenariot tankbilsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.



Figur B.5. Infallande strålning som funktion av avståndet från cirkulär pölbrand respektive tankbilsbrand vid fri spridning utan avskärmande barriär.

2.4.2 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, desto högre sannolikhet för skada.

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmestrålningen ansätts till 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /11/ avseende brandspridning mellan byggnader. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändig brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring pölbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

En oskyddad person **utomhus** som upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan hen reagerar. Sannolikheten för att oskyddade personer utomhus omkommer bedöms utifrån uppgifter avseende effekten av olika strålningsnivåer beroende på varaktighet /2, 6/. Outhärdlig smärta kan uppnås vid mycket kortvarig bestrålning (< 5-10 sekunder) med strålningsnivåer över 20 kW/m². Vid bestrålning under 1 minut innebär denna strålningsnivå även mycket hög sannolikhet för andra gradens brännskada. Nedan redovisas uppskattad andel omkomna beroende på strålningsnivå för personer som befinner sig utomhus:

10 kW/m²: < 5 % sannolikhet att omkomma
 15-20 kW/m²: 50 % sannolikhet att omkomma
 > 40 kW/m²: 100 % sannolikhet att omkomma

Fönster i fasad mot Essingeleden inom Paradiset 23 har utförts med glas i brandklass EW 30. Åtgärden innebär att fönster reducerar infallande värmestrålning och skyddar därmed mot brandspridning in i byggnaden. En mycket grov uppskattning är att detta reducerar antalet omkomna inomhus med minst 75 %.

2.4.3 Resultat

I tabell B.13 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario utifrån figur B.7.

Tabell B.13. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
Medelstor pölbrand	5 % <u>inomhus</u>	22	8-11
	100 % <u>utomhus</u>	13	< 5
	50 % <u>utomhus</u>	22	8-11
	5 % <u>utomhus</u>	25	12-15
Stor pölbrand	5 % <u>inomhus</u>	30	15-17
	100 % <u>utomhus</u>	18	< 5
	50 % <u>utomhus</u>	30	15-17
	5 % <u>utomhus</u>	36	20-23
Tankbilsbrand	5 % <u>inomhus</u>	20	12-15
	100 % <u>utomhus</u>	7	< 5
	50 % <u>utomhus</u>	20	12-15
	5 % <u>utomhus</u>	25	17-20

I tabell B.14 redovisas uppskattat antal omkomna inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

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

Tabell B.14. Beräknade konsekvenser – totalt antal omkomna, för skadescenarier vid transport av brännbara vätskor.

Skadesscenario	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Medelstor pölbrand	0	1	1	0	1	1
Stor pölbrand	1	1	2	1	1	2
Tankbilsbrand	0	1	1	0	1	1

2.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

2.5.1 Metodik

En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till något följdscenario som innebär allvarliga personskador. Det finns dock ämnen inom denna farligt godsklass som, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensen, motorolja etc.), kan leda till självantändning 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). Enligt den analys om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5 som FOI utförde i samband med intunningen av Norra stationsområdet i Stockholm /12/ kan en optimal blandning motsvara en massexplosion på upp till ca 4 ton trotyl.

Konsekvensberäkningarna för detta skadesscenario följer den metodik som redovisas i avsnitt 2.1.

2.5.2 Bedömningskriterier

Se avsnitt 2.1.2.

2.5.3 Resultat

I tabell B.15 redovisas skadeavstånden för skadesscenario med ämne ur klass 5.

Tabell B.15. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadesscenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
Dimensionerande scenario (motsvarar 4 000 kg massexplosion)	80 % inomhus	50	30
	15 % inomhus	200	80
	50 % utomhus	50	40

I tabell B.16 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 1) inom det studerade området med ny bebyggelse inom planområdet.

/12/ FOI Memo 2774 – Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI, 2009-04-20

Tabell B.16. Beräknade konsekvenser – totalt antal omkomna, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadesscenario	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Dimensionerande scenario (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	330	22	352	277	15	292

3. Konsekvensberäkningar till Del B – Total samhällsrisk

Som komplement till undersökningen av relativ samhällsrisk för planområdet (se avsnitt 5.2 i huvudrapporten) genomförs också beräkningar av den totala samhällsrisk, där hänsyn även tas till påverkan inom kringliggande områden.

Det har inte utförts några fördjupade konsekvensberäkningar avseende kringliggande områden, utan istället görs en uppskattning av potentiella totala konsekvenser utifrån beräkningarna som gjorts för planområdet. Med hänsyn till att bebyggelsestrukturen i anslutning till planområdet är relativt likartad så antas att konsekvenserna inom kringliggande områden motsvarar konsekvenserna inom planområdet.

En stor del av övrig bebyggelse utmed Essingeleden har dock uppförts med hänsyn till risker med transporter av farligt gods, se figur B.6. Detta innebär att konsekvenserna reduceras för denna bebyggelse i förhållande till de grundläggande förutsättningarna för planområdet.

De totala konsekvenserna uppskattas utifrån antagandet att konsekvenserna inom kringliggande områden motsvarar konsekvenserna inom planområdet givet föreslagna åtgärder enligt avsnitt 6 i huvudrapporten (se även avsnitt 4 nedan).

Detta gäller dock endast de olycksscenarier som har påverkan utanför planområdet, d.v.s. för scenarier med mindre skadeområden eller ej cirkulär (riktad) skadeverkan bedöms konsekvenserna fortfarande begränsas till planområdet. Den förenklade metoden för konsekvensberäkningar bedöms ge ett likvärdigt resultat som om risknivån beräknats mer detaljerat.



Figur B.6. Aktuellt planområde (inringat med rött) samt byggnader uppförda med krav avseende olycka med farligt gods (gulmarkerade).

I tabell B.17 – B.21 görs en sammanställning av de totala konsekvenserna vid olycka på den studerade sträckan i höjd med planområdet. I respektive tabell markeras de scenarier som förväntas ha konsekvenser både inom planområde och dess omgivning med röd text.

Tabell B.17. Beräknade konsekvenser – totalt antal omkomna inom planområde samt dess omgivning för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
< 500 kg massexplosion	25	1	26	21	1	22
500–1 000 kg massexplosion	94	6	100	80	5	85

Tabell B.18. Beräknade konsekvenser – totalt antal omkomna, givet föreslagna åtgärder enligt avsnitt 6 i huvudrapporten för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Olycka med tankbil – tryckkomprimerad gas						
Medelstor jetflamma	0	2	2	0	1	1
Medelstor gasmolnsexplosion	3	18	21	2	15	17
Medelstor gasmolnsbrand	1	18	19	1	15	16
Stor jetflamma	2	10	12	2	7	9
Stor gasmolnsexplosion	50	80	130	42	67	109
Stor gasmolnsbrand	10	80	90	9	67	76
BLEVE	50	80	130	42	67	109
Olycka med tankbil - LNG						
Medelstor jetflamma	0	2	2	0	1	1
Medelstor gasmolnsexplosion	0	4	4	0	3	3
Medelstor gasmolnsbrand	0	4	4	0	3	3
Stor jetflamma	6	16	21	4	1	15
Stor gasmolnsexplosion	9	27	36	7	22	29
Stor gasmolnsbrand	2	27	29	2	22	24
BLEVE	50	80	130	42	67	109
Olycka med gasflaskor/gasflak						
Jetflamma	0	1	1	0	1	1
Gasmolnsexplosion	3	5	8	3	4	7
Gasmolnsbrand	1	5	6	1	4	5
Exploderande gasflaskor	3	11	14	3	9	12

Tabell B.19. Beräknade konsekvenser – totalt antal omkomna, givet föreslagna åtgärder enligt avsnitt 6 i huvudrapporten för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.*

Skadescenario	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Medelstort utsläpp (brott på rör)	6	24	29	5	16	21
Stort utsläpp (stor punktering)	8	145	154	7	100	107

* Eftersom gasspridning inte sker cirkulärt har spridningen förutsatts ske mot planområdet. Storleken på planområdet samt höjden på bebyggelsen gör att gaskoncentrationen utanför planområdet bedömts vara så låg att inga människor utanför planområdet omkommer.

Tabell B.20. Beräknade konsekvenser – totalt antal omkomna, givet föreslagna åtgärder enligt avsnitt 6 i huvudrapporten för skadescenarier vid transport av brännbara vätskor.

Skadescenario	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Medelstor pölbrand	0	1	1	0	1	1
Stor pölbrand	1	1	2	1	1	2
Tankbilsbrand	0	1	1	0	1	1

Tabell B.21. Beräknade konsekvenser – totalt antal omkomna, givet föreslagna åtgärder enligt avsnitt 6 i huvudrapporten för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Planförslag			Nollalternativ		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Dimensionerande scenario (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	659	42	702	607	36	642

4. Konsekvensberäkningar med åtgärder

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

De rekommenderade åtgärderna innebär att samhällsrisken minskar genom att reducera konsekvenserna av de studerade olycksscenarierna. I tabell B.22 – B.26 görs en sammanställning av konsekvenser inom planområdet givet föreslagna åtgärder.

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:

- **Ingen stadigvarande vistelse närmast Essingeleden**

Åtgärdsförslaget har delvis beaktats i riskberäkningarna genom att persontätheten inom de obebyggda ytorna närmast Essingeleden har ansatts som låg med hänsyn till aktuell situationsplan. Konsekvensberäkningarna beaktar dock inte i detalj placering av ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse eftersom dessa förutsättningar kan förändras. Att reglera åtgärden genom en planbestämmelse bedöms ytterligare reducera sannolikheten för att personer vistas inom området mellan järnväg och ny bebyggelse.

Det antas grovt att åtgärderna, i kombination med den planerade utformningen av ytorna närmast Essingeleden reducerar antalet omkomna utomhus i planområdet med minst 25 % vid olycka med skadeavstånd < 50 m.

För skadescenarier med stora skadeavstånd uppskattas den reducerande effekten bli mindre, högst 10 %.

- **Skydd mot brand och explosion**

Reducerar antalet omkomna inomhus med 100 % vid olycka med brännbar gas.
 Reducerar antal omkomna inomhus med 100 % vid olycka < 500 kg explosivämne.
 Reducerar antal omkomna inomhus med 10 % vid olycka med 500-1 000 kg explosivämne.

- **Skydd mot gas**

Reducerar antalet omkomna inomhus med 10 % vid olycka med giftig gas.

- **Skydd mot brand**

Reducerar antalet omkomna inomhus med 100 % vid olycka med brännbar vätska.

Tabell B.22. Beräknade konsekvenser inom planområdet – totalt antal omkomna, givet föreslagna åtgärder enligt avsnitt 6 i huvudrapporten för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	Planförslag			Planförslag med åtgärder		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
< 500 kg massexplosion	25	1	26	0 (-100%)	< 1 (-25%)	1 (-97,3%)
500–1 000 kg massexplosion	86	3	89	77 (-10%)	2-3 (-10%)	80 (-10,0%)

Tabell B.23. Beräknade konsekvenser inom planområdet – totalt antal omkomna, givet föreslagna åtgärder enligt avsnitt 6 i huvudrapporten för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Planförslag			Planförslag med åtgärder		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Olycka med tankbil – tryckkomprimerad gas						
Medelstor jetflamma	0	2	2	0 (-100%)	1 (-25%)	1 (-25%)
Medelstor gasmolnsexplosion	3	11	14	0 (-100%)	8 (-25%)	8 (-42%)
Medelstor gasmolnsbrand	1	11	12	0 (-100%)	8 (-25%)	8 (-31%)
Stor jetflamma	2	10	12	0 (-100%)	8 (-25%)	8 (-37%)
Stor gasmolnsexplosion	50	42	92	0 (-100%)	38 (-10%)	38 (-59%)
Stor gasmolnsbrand	10	42	52	0 (-100%)	38 (-10%)	38 (-27%)
BLEVE	50	42	92	0 (-100%)	38 (-10%)	38 (59%)

Skadescenario	Planförslag			Planförslag med åtgärder		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Olycka med tankbil - LNG						
Medelstor jetflamma	0	2	2	0 (-100%)	1 (-25%)	1 (-25%)
Medelstor gasmolnsexplosion	0	4	4	0 (-100%)	3 (-25%)	3 (-25%)
Medelstor gasmolnsbrand	0	4	4	0 (-100%)	3 (-25%)	3 (-25%)
Stor jetflamma	6	16	21	0 (-100%)	11 (-25%)	11 (-46%)
Stor gasmolnsexplosion	9	14	23	0 (-100%)	13	13 (-45%)
Stor gasmolnsbrand	2	14	16	0 (-100%)	13	13 (-21%)
BLEVE	50	42	92	0 (-100%)	38	38 (-59%)
Olycka med gasflaskor/gasflak						
Jetflamma	0	1	1	0 (-100%)	1 (-25%)	1 (-25%)
Gasmolnsexplosion	3	5	8	0 (-100%)	4 (-25%)	4 (-53%)
Gasmolnsbrand	1	5	6	0 (-100%)	4 (-25%)	4 (37%)
Exploderande gasflaskor	3	7	10	0 (-100%)	5 (-25%)	5 (-49%)

Tabell B.24. Beräknade konsekvenser inom planområdet – totalt antal omkomna, givet föreslagna åtgärder enligt avsnitt 6 i huvudrapporten för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Planförslag			Planförslag med åtgärder		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Medelstort utsläpp (brott på rör)	6	24	29	5 (-10%)	21 (-10%)	26 (-10%)
Stort utsläpp (stor punktering)	8	145	154	7-8 (-10%)	131 (-10%)	138 (-10%)

Tabell B.25. Beräknade konsekvenser inom planområdet – totalt antal omkomna, givet föreslagna åtgärder enligt avsnitt 6 i huvudrapporten för skadescenarier vid transport av brännbara vätskor.

Skadescenario	Planförslag			Planförslag med åtgärder		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Medelstor pölbrand	0	1	1	0 (-100%)	< 1 (-25%)	< 1 (-25%)
Stor pölbrand	1	1	2	0 (-100%)	< 1 (-25%)	< 1 (-62,5%)
Tankbilsbrand	0	1	1	0 (-100%)	< 1 (-25%)	< 1 (-25%)

Tabell B.26. Beräknade konsekvenser inom planområdet – totalt antal omkomna, givet föreslagna åtgärder enligt avsnitt 6 i huvudrapporten för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Planförslag			Planförslag med åtgärder		
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Inomhus	Utomhus	Totalt
Dimensionerande scenario (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	330	22	352	277	20 (-10%)	350 (-0,6%)

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 1(23)	Sign. MJ

Kv Paradiset – Explosion mot byggnad invid Essingeleden

Innehållsförteckning

Bakgrund	2
Orientering	2
Paradiset 23 & 27	2
Last	4
Orientering	4
Gasexplosion	4
Beräkningsmetod	4
Lastkälla	5
Gasvolym	5
Styrkefaktor	6
Avstånd	7
Explosion från BLEVE	9
Explosion från massexplosivt sprängämne	10
Beräkningsmetod	10
Förutsättningar	10
Last mot byggnad	11
Orientering	11
Inverkan av avstånd	11
Last mot tak	13
Kravbild	13
Effekt av explosionslast	14
Effekt av en "tät" fasad	15
Rekommendation	16
Lastfall att beakta vid dimensionering	16
Övriga krav på fasad	16
Information i eventuell detaljplan	17
Allmänt	17
Resultterande tryck och impulstäthet på olika avstånd	17
Krav på fönster	18
Konsekvens för fasad i Kv Paradiset	19
Orientering	19
Fönster	20
Bärande fasadpelare och tegelfasad	22
Referenser	23

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 2(23)	Sign. MJ

Bakgrund

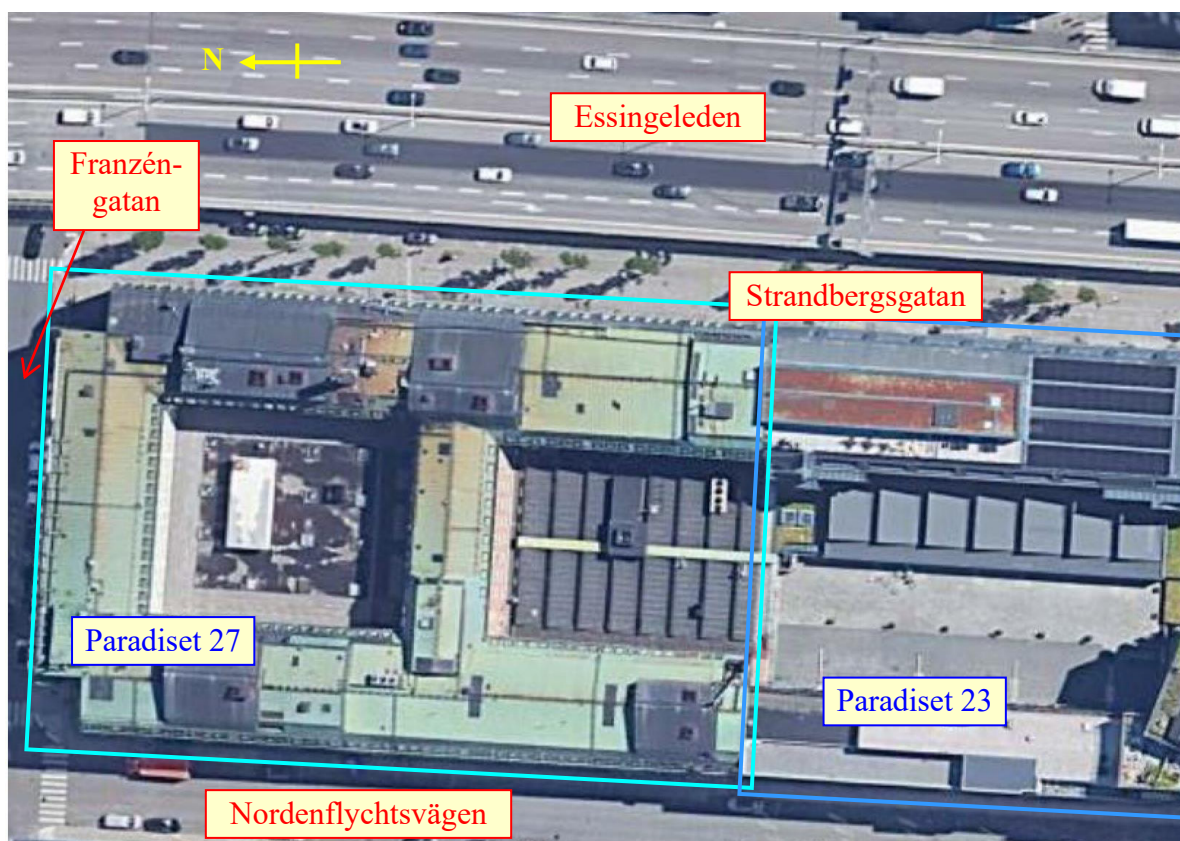
Orientering

Fabege har gett Morgan Johansson, Norconsult, i uppdrag att identifiera vilka laster som kan uppstå mot Paradiset 23 & 27, ett byggnadskomplex på Kungsholmen i Stockholm, vid händelse av en explosion på den närliggande Essingeleden.

Detta PM är en uppdaterad version av ett PM som skrevs för Fabege 2018-11-16 i samband med att man lät Brandskyddslaget ta fram en riskanalys med hänsyn till bland annat explosion.

Paradiset 23 & 27

I Figur 1 visas en vy från ovan av Paradiset 23 och 27 samt den närmaste omgivningen i form av Essingeleden, Strandbergsgatan och Nordenflychtsvägen. Paradiset 23 och 27 utgör den södra respektive den norra delen av byggnaden. I gällande detaljplan anges att båda fastigheterna har industriändamål men idag används de huvudsakligen som kontor. Fabege har dock som avsikt att via renovering, ombyggnad, tillbyggnad och påbyggnad utveckla fastigheterna ytterligare, se Figur 2 till Figur 4. Närheten till Essingeleden, på vilken transport av farligt gods är tillåten, medför dock att hänsyn till explosionsrisk behöver tas i detta utvecklingsarbete.



Figur 1 Vy från ovan av Paradiset 23 och 27 i förhållande till sin närmaste omgivning. Nord är riktat åt vänster i bilden.

Objekt

Paradiset 23 & 27

PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden

Uppdragsnr.

108 17 31

Datum

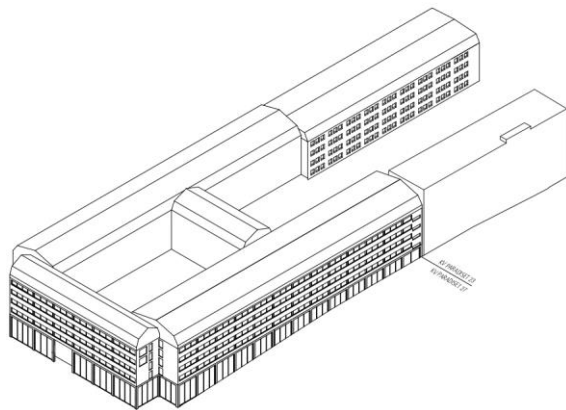
2022-03-21

Sidnr.

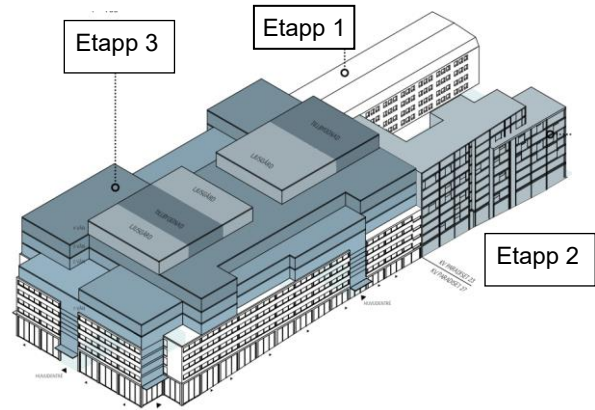
3(23)

Sign.

MJ



(a)

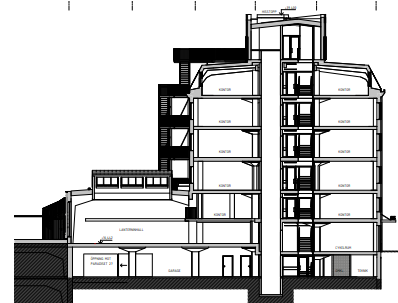


(b)

Figur 2 Jämförelse mellan (a) nuvarande utformning och (b) planerad framtida utformning hos Paradiset 23 och 27. Vy mot sydost.

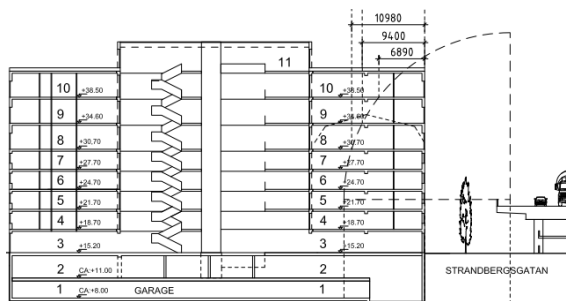
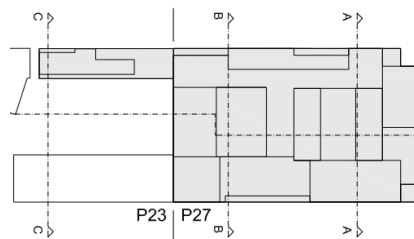


(a)

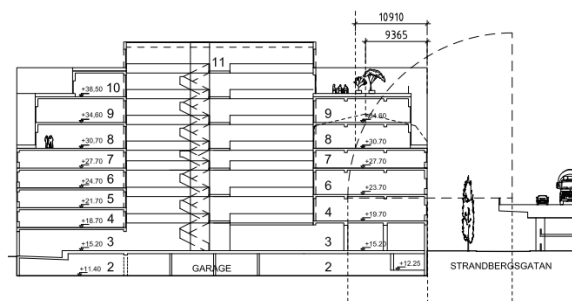


(b)

Figur 3 Etapp 1 – Ombyggnad Paradiset 23: (a) Fasad mot Essingeleden, (b) Tvärsektion.



(a)



(b)

Figur 4 Etapp 3 – Påbyggnad Paradiset 27 med 3 till 4 våningar: (a) Vy för orientering, (b) Tvärsektion i snitt A-A, (c) Tvärsektion i snitt B-B.

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 4(23)	Sign. MJ

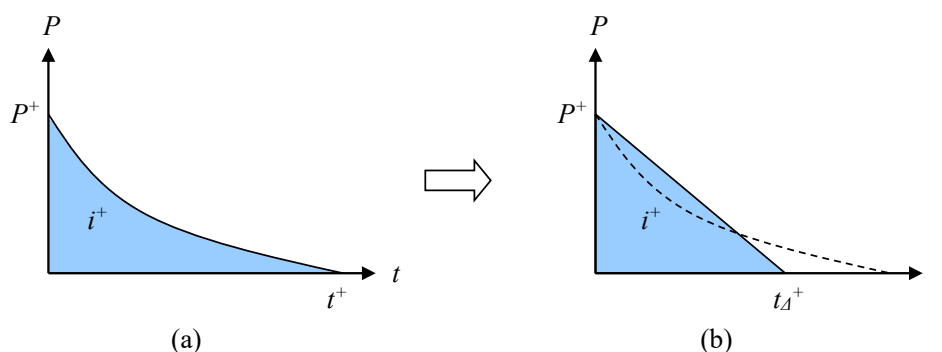
Last

Orientering

Här presenterat synsätt utgår från resonemang som tidigare har förts för riskanalys av Hornbergs-kvarteren på Kungsholmen för explosionslast från Essingeleden. Följande lastsituationer bedöms kunna uppkomma och behandlas i detta dokument:

- Gasexplosion
- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)
- Explosion från sprängämne

Konservativt kan en hemisfärisk (halvsfärisk) utbredning antas för den luftstötuvåg som fås från en explosion som inträffar nära mark. Vid bestämning av resulterande last från en explosion är det viktigt att skilja på last från en oreflekterad (index s) och en reflekterad stötuvåg (index r). Det senare fallet ger en märkbart högre last (minst en faktor två högre tryck än för oreflekterad stötuvåg) och är aktuellt för t.ex. fasad som vetter mot explosionskällan. Som jämförelse är last från en oreflekterad stötuvåg aktuellt för t.ex. taket på en byggnad eller för en fasad som inte syns från explosionskällan. Om inget annat explicit anges så utgås fortsättningsvis från ett värsta lastfall, dvs. reflekterat tryck mot fasad som vetter mot Essingeleden. Utgående från reflekterade lastvärden kan oreflekterade lastvärden konservativt beräknas genom att dividera det reflekterade värdet med en faktor 2 – för en mer noggrann metod hänvisas till Johansson (2017).



Figur 5 Schematisk jämförelse av (a) exponentiell och (b) linjärt tryck-tidssamband för en stötuvåg.

Tryck-tidssambandet för en stötuvåg från en explosion är olinjärt men approximeras ofta med ett triangulärt samband, dvs. linjärt avtagande tryck, utgående från aktuellt övertryck och impulstäthet i enlighet med Figur 5. Stötuvågens varaktighet t_{Δ}^{+} beräknas då utgående från övertrycket P^{+} och impulstätheten i^{+} som

$$t_{\Delta}^{+} = \frac{2i^{+}}{P^{+}} \quad (1)$$

Gasexplosion

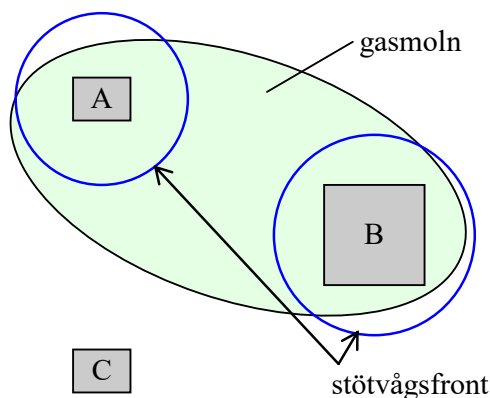
Beräkningsmetod

I litteraturen finns olika anvisningar om hur last från en gasexplosion kan beräknas. I det här dokumentet utgås från den så kallade TNO Multienergimetoden, van den Berg (1985), för att beräkna resulterande last och närmare beskrivning samt beräkningsgång är hämtad från Johansson (2017).

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

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 5(23)	Sign. MJ

Övergripande gäller att resulterande explosionslast beror på aktuell gasvolym, avstånd mellan explosionscentrum och byggnad samt en så kallad styrkefaktor som beskriver hur stark explosionen kan bli. Styrkefaktorn anges i en gradering av 1–10 där ett högt värde innebär en kraftfull explosion. Bestämning av det senare värdet påverkas av gasens reaktivitet och antändningsenergi samt den grad av blockering och inneslutning som uppstår på grund av omgivningen. Vid bestämning av last från en gasexplosion enligt denna beräkningsmetod kan olika gasvolym ha olika styrkefaktorer. Storleken på gasvolymen för olika styrkefaktorer beror på volymen hos blockerade och inneslutna områden så som schematiskt illustreras i Figur 6.



Figur 6 Schematisk illustration av TNO multienergimetod. Område A och B innesluts av ett gasmoln och kan båda ge upphov till varsin explosion med förhöjd styrkefaktor. Resterande del av gasmolnet kan även det ge upphov till en gasexplosion men med en låg styrkefaktor.

Lastkälla

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

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

Nedan presenteras det resonemang som har använts här för att bedöma aktuellt värde på dessa parametrar.

Gasvolym

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

Hur storleken på en blockerad gasvolym, som kan ge upphov till en kraftig gasexplosion, ska bestämmas är inte självklart. För en gasexplosion med sitt centrum på väg E6 finns det inga fasta naturliga områden som kan ge upphov till en kraftig explosion. Vid händelse av en olycka kommer det dock finnas ett antal fordon i området som kan ge upphov till en sådan blockerad volym.

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

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 6(23)	Sign. MJ

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

Det kan även argumenteras att utrymmet mellan bilar till viss del ska innefattas i en sådan volym. Detta kan göras genom att approximativt öka längden med 2·0,5 m i horisontalled, vilket då ger en volym på

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

Av detta resonemang fås att omkring 5 - 10 m³ gas/fordon kan vara rimligt att utgå från vid uppskattning av en blockerad volym. Om det antas att 10 - 20 bilar innefattas i det utsläppta gasmolnet fås då 50 - 200 m³ gas, beroende på vilket grundvärde som väljs. Vidare bedöms det vara rimligt att ta höjd för en stökiometriskt blandad gasvolym på totalt 1 000 m³.

Styrkefaktor

Val av explosionsstyrka är en viktig parameter som har stor inverkan på storleken hos den förväntade explosionslasten. Det är dock svårt att bedöma vilken styrka som ska användas i en given situation och här utgås från förenklade riktlinjer som ges i Johansson (2017), se Tabell 1.

Följande styrkefaktorer utgås från i här utförda beräkningar:

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

I TNO Multienergimetoden ansätts en energimängd $E'_{gas} = 3,5 \text{ MJ/m}^3$, oberoende av vilken typ av gas som utgås från. Resulterande energimängd i exploderande gasmoln beräknas därefter som

$$E_{gas} = E'_{gas} \cdot V_{gas} \quad (4)$$

Inverkan av olika typer av gaser kan istället beaktas genom val av styrkefaktor – en reaktiv gas så som vätgas medför en högre styrkefaktor än vad som är fallet för en gas som inte är så reaktiv, t.ex. metan eller propan. Baserat på ovanstående kan det argumenteras för att $s = 5$ samt $s = 7$ är högt valda värden för det aktuella fallet när vi har låg- och mellanreaktiva gaser. Ett resonemang enligt ovan har av författaren dock använts i andra liknande sammanhang och medför en konservatism i bedömningen som har ansetts vara rimlig att ha med. En överskattning av styrkefaktorn får i de flesta fall också större effekt på den resulterande lasten än en överskattning av ingående gasvolym.

I Tabell 2 sammanställs resulterande volym, energimängd samt styrkefaktor för ovan identifierade situationer. För ett öppet område kan det argumenteras att den aktuella volymen ska minskas med den blockerade volymen, dvs. att en volym på $1000 - 100 = 900 \text{ m}^3$ istället ska användas i kombination med $s = 2$. Här har dock konservativt valts att utgå från den totala, oreducerade gasvolymen.

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 7(23)	Sign. MJ

Tabell 1 Riktlinjer för val av styrkefaktorer som har utgått ifrån i detta dokument. Baserad på Johansson (2017).

Antändningsenergi		Grad av blockering			Inneslutning		Styrkefaktor, s
Hög	Låg	Hög	Låg	Ingen	Ja	Nej	
	•	•			•		7
	•	•				•	7
	•		•		•		5
	•		•			•	3
	•			•	•		3
	•			•		•	3 ¹⁾

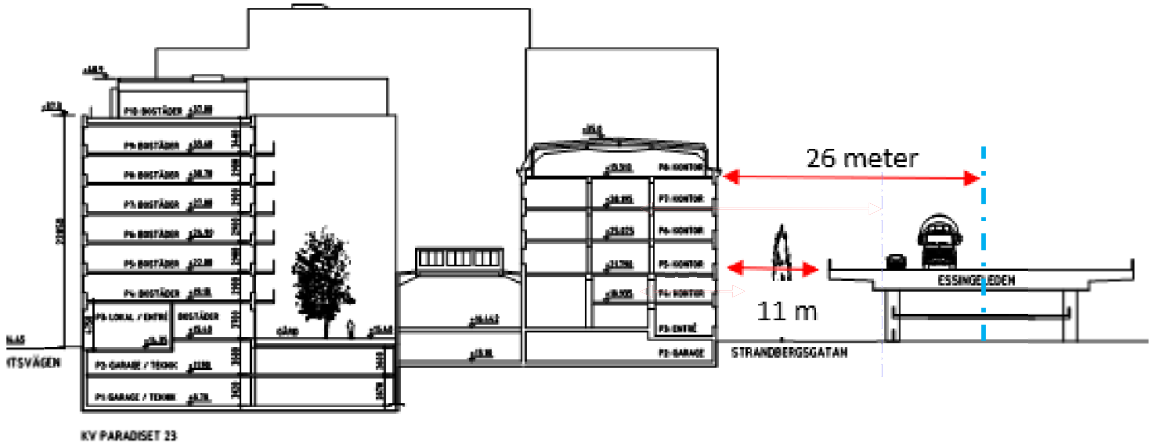
1) Om den exploderande gasens reaktivitet inte är "Hög" (motsvarar t.ex. vätgas eller acetylen) kan $s = 2$ användas.

Tabell 2 Gasvolym, resulterande energimängd samt styrkefaktor för identifierade lastkällor.

Område	V [m ³]	E _{gas} [MJ]	s [-]
Öppet	1 000	3 500	2
Blockerat	200	700	5
Starkt blockerat	100	350	7

Avstånd

Det horisontella avståndet mellan Essingeleden och Kv Paradiset uppgår till omkring 11 m, mätt från vägkant, se Figur 7. Med hänvisning till ovanstående resonemang om explosionskällans placering kan det ändå poängteras att det dock bedöms vara rimligt att vid en blockerad eller starkt blockerad gas-explosion låta explosionscentrum placeras en bit in på Essingeleden, exempelvis genom att placera explosionscentrum i transportledens mitt. Görs detta framgår av Figur 7 att avståndet till Essingeledens mitt uppgår till omkring 26 m.



Figur 7 Överblick av Kv Paradiset 23 i förhållande till Essingeleden.

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 8(23)	Sign. MJ

Det resulterande avståndet r till önskad punkt på en närliggande byggnad kan beräknas som

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (5)$$

där x och y anger horisontellt avstånd vinkelrätt mot respektive parallellt med Essingeleden, och z anger vertikalt avstånd, från explosionscentrum. Det är också detta avstånd r som sedan används för att bedöma lasten som verkar mot en given byggnadsdel. För beräkning av last mot fasaden på olika våningsplan kan även det vertikala avståndet z , definierat som avståndet mellan överkant vägbana och centrum för aktuellt våningsplan, användas. För ett sådant fall antas dock att $y = 0$ för att beakta den farligaste placeringen av laddningscentrum. Vid en global lastanalys mot aktuell byggnad är det dock möjligt att även beakta ökat avstånd till byggnadens olika delar i Essingeledens längsriktning (dvs. $y \neq 0$) – något som skulle medföra en ytterligare reduktion av resulterande explosionslast.

För en konservativ betraktelse bör det utgå från att horisontellt avstånd x motsvarar sträckan mellan väggkant och byggnadsfasad. Ett sådant synsätt är dock mer motiverat i ett fall med nybyggnation. I här aktuellt fall utgörs Kv Paradiset dock av en befintlig byggnad som byggs om eller får en påbyggnad och där åtgärder kommer att tas för att beakta inverkan av en möjlig explosion på Essingeleden, något som i befintlig fastighet inte är beaktat på samma sätt. Dvs. den planerade ombyggnationen kommer medföra en förbättring av nuvarande situation och för ett sådant fall synes det därför vara rimligt att anta en mer liberal hållning. Med utgångspunkt av detta föreslås därför att, för befintlig byggnad, istället utgå från avstånd mellan fasad och Essingeledens mitt, dvs. en sträcka på 26 m som i det fortsatta resonemanget har justerats ner till 25 m. För de delar av Kv Paradiset som ingår i en påbyggnad är det dock rimligt att högre krav än detta ställs och för dessa används därför ett mer konservativt resonemang.

I det aktuella området består Essingeleden av fyra körfält i båda körriktningarna. I södergående riktning (Essingeleden närmast Kv Paradiset) utgörs det högra körfältet dock av en fil som leder till en avfart, se Figur 8. Vid transport med farligt gods är det inte tillåtet att nyttja denna avfart och med hänsyn till detta antas därför att en eventuell godstransport, som närmast, befinner sig i filen till vänster om denna avfartsfil, dvs. i den andra filen räknat från höger. Essingeledens totala bredd är omkring 29 m, vilket medför att det södergående körfältet kan uppskattas ha en bredd på cirka 14 m. Detta gör att horisontellt avstånd mellan fasad och närmaste sida hos aktuellt körfält uppgår till cirka 15 m, se Figur 9.



(a)

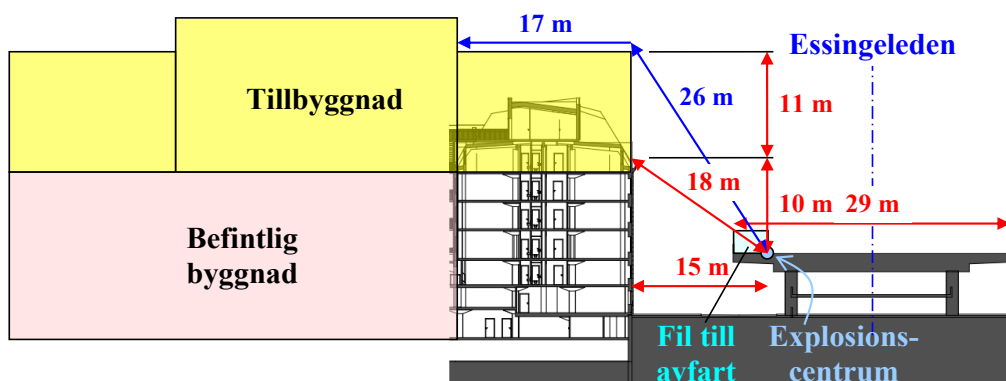


(b)

Figur 8 Foton (Google maps) från Essingeleden (a) före Kv Paradiset samt (b) i höjd med Paradiset 23, vilka visar att den högra filen leder till en avfart.

Vid påbyggnad av befintlig byggnad görs detta genom att tak och översta våningen rivs. Vertikalt avstånd från Essingeleden till centrum för första påbyggda våningsplanet uppgår till omkring 10 m och med användning av ekvation (5) medför detta att ett resulterande avstånd $r = 18$ m fås till tänkt explosionscentrum, se schematisk illustration i Figur 9.

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 9(23)	Sign. MJ



Figur 9 Schematisk illustration av minsta resulterande avstånd r mellan explosionscentrum och centrum på byggt våningsplan (18 m) och till baksida tak av påbyggnad ($26 + 17 = 43$ m).

Explosion från BLEVE

En explosion från en så kallad BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) är ett fenomen som kan uppstå i en behållare med gas som har trycksats på ett sådant sätt att gasen övergått till vätska. Om behållaren brister sjunker dock trycket plötsligt varvid vätskan kokar och övergår till ånga. Detta genererar en snabbt expanderande blandning av ånga och vätska, vilket kan ge upphov till ett explosionsliknande förlopp som genererar en luftstöt våg som breder ut sig i omgivningen.

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

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

Den vanligaste orsaken till att en BLEVE uppstår är kopplad till upphettning av behållaren på grund av en brand. Värmen från branden bidrar dels till att öka trycket inne i tanken, dels medför det en försvagning av behållarens mekaniska styrka (hållfastheten hos stål halveras vid en temperatur av omkring 500 °C). Ovanstående förutsättningar innebär att en BLEVE har lättare att uppstå i en LNG-behållare (*Liquidified Natural Gas*) än i t.ex. en tank med bensen eller diesel. Hos den förra typen är konceptet att naturgas i flytande form transporteras nedkyld under atmosfärstryck i dubbla vakuumisolerade tankar vars säkerhetsventiler aktiveras vid en tryckhöjning om cirka 7 - 9 bar. LNG-behållare är således utformade för att klara stora tryck och om en närliggande brand resulterar i en snabb förångning av den nedkylda naturgasen finns det också risk att en BLEVE kan uppstå. För Bensen eller diesel, som redan befinner sig i vätskefas och därför har behållare som inte är dimensionerade för att klara höga tryck, är risken för en BLEVE låg. Baserat på detta kan konstateras att BLEVE är relevant för LNG-behållare medan riskerna för att en BLEVE ska uppstå i samband med en olycka involverande bensen eller dieseltank är liten.

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

- Stötvåg
- Splitterutkast
- Eldklot

Att teoretiskt bestämma vilken stötvågsbelastning som genereras av en BLEVE är svårt. De beräkningsmodeller som finns för att uppskatta explosionslasten från BLEVE kan vara mycket konservativa och i det här dokumentet utgår därför från observationer om last som har gjorts för inträffade olyckor. I Planas-Cuchi *et al.* (2004) och Planas *et al.* (2015) beskrivs två explosionsolyckor i Spanien, kopplade till BLEVE, som inträffade 2002 respektive 2011. I båda fallen härrörde explosionen från tankbilar som transporterade LNG, där lastvolymen uppgick till cirka 56 m³ med ett dimensionerat tryck på 7 bar, något som bedöms vara representativt även för svenska förhållanden. Baserat på observationer från olycksplatsen presenteras, i ovanstående referenser, en konservativ baklängesräkning, där en uppskattning görs av den ekvivalenta mängden TNT som krävs för att generera samma explosionslast.

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 10(23)	Sign. MJ

som bedöms ha erhållits i BLEVE-olyckorna. Dessa beräkningar ger ekvivalenta TNT-mängder på 30-75 kg samt 41-52 kg TNT för olyckan 2002 respektive 2011, dvs. ett medelvärde på 53 kg respektive 47 kg.

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

Ett eldklot från en BLEVE kan sträcka sig långt ut från explosionscentrum och utgör också ett dödligt hot mot de människor som hamnar inom dess utbredning. För att minimera risken för omgivningen är det därför väsentligt att eldklotet i så hög grad som möjligt förhindras att komma i kontakt med människor. En BLEVE utgår från en gasbehållare och explosionscentrum antas här vara placerad på samma sätt som ovan har antagits för en gasexplosion.

Explosion från massexplсивt sprängämne

Beräkningsmetod

I litteraturen finns det tydliga anvisningar om hur den resulterande lasten från en explosion av sprängämne kan beräknas och för här framtagna lastvärden utgås från anvisningar i Johansson (2012).

Förutsättningar

Till skillnad mot en gasexplosion så kommer en explosion av sprängämnen alltid utgöras av en detonation. Detta medför att explosionen alltid blir kraftig samt att osäkerheten i bestämningen av resulterande last minskar betänkligt jämfört med vad som gäller vid en gasexplosion. Vid beräkning av explosionslast från sprängämne avgör följande faktorer vilken last som fås:

- Mängd och typ av sprängämne (explosionskällans energimängd)
- Avstånd mellan explosionscentrum och studerad punkt

De empiriska samband som sedan används för att beräkna lasten utgår normalt från sprängämnet TNT (Trotyl). Olika typer av sprängämnen karakteriseras därför ofta med en så kallad ekvivalent TNT-vikt, dvs. en dimensionslös faktor med vilken den aktuella vikten ska multipliceras för att få samma last som 1 kg TNT. I detta dokument utgås dels från TNT men också från dynamit, där den senare bedöms ha en faktor på 0,6 (1 kg dynamit motsvarar sprängverkan hos 0,6 kg TNT). En explosion från sprängämne antas här ha sitt explosionscentrum i vägmitt.

Vilken mängd sprängmedel som ska användas för dimensionering av närliggande bebyggelse till transportled för farligt god är en fråga som blir väldigt central för den resulterande last som slutligen används för detta. Det kan argumenteras för att man här bör ta höjd för en förhållandevis stor mängd sprängmedel, för att därigenom säkerställa att dimensionering görs på säker sida. Som bakgrund till val av mängd sprängämne kan nämnas att flertalet av de terroristattentat som riktats mot västvärldens intressen under de senaste 25 åren har understigit en laddningsmängd av i storleksordningen 1000 kg TNT – i Breiviks attentat i Oslo 2011 användes exempelvis en laddning på motsvarande omkring 700 kg TNT. Att dimensionera bebyggelsen för en olyckslast motsvarande den från en terroristattentat har dock inte bedömts vara befogat. Här har det istället ansetts vara rimligare att utgå från en måttligare mängd sprängämne – en explosion orsakad av 100 kg dynamit (motsvarar 60 kg TNT). Bakgrunden till detta val är att 100 kg av ett sprängämne bedömts vara en rimlig övre mängd för mer "vardagliga" transporter till och från byggarbetsplatser via Essingeleden. Detta lastfall anses således även täcka in last från BLEVE, som bedöms motsvara en explosion från omkring 50 kg TNT, se avsnitt Explosion från BLEVE.

Objekt Paradiset 23 & 27	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 11(23)	Sign. MJ

I detta dokument beaktas sålunda inte mer extrema lastfall som teoretiskt skulle kunna uppstå vid större transporter av massexplosiva ämnen. Att begränsa mängden sprängämnen till 100 kg dynamit är således ett högst medvetet val och bedöms vara både ett rimligt och ett mer praktiskt anpassat förhållningssätt än att ta höjd för större laddningar på exempelvis 500 - 1000 kg.

Last mot byggnad

Orientering

Vilken last som uppstår mot en byggnad beror till stor del på dess avstånd till explosionscentrum – för de laster som diskuteras i detta dokument är det en betydande skillnad om detta avstånd uppgår till exempelvis 11 eller 26 m. I en riskutredning antas ofta att explosionscentrum är placerad i ett givet läge, vilket bedöms ge en representativ bild av den sammantagna riskbilden mot studerat område. Dvs. olika möjliga lägen på explosionscentrum beaktas normalt sett inte i den totala risksammanställningen. Orsaken till en sådan förenkling är att många olika typer av komplicerade aspekter behöver vägas in för att få fram en övergripande riskbild och för att göra detta arbete praktiskt hanterbart blir en sådan läsning av lastplaceringen nödvändig.

Vid kontroll av enskilda byggnadsdelar för last från en potentiell explosionslast utgås dock fortfarande från ett konservativt antagande att explosionscentrum är det värsta tänkbara utgående från de riktlinjer som satts upp. Dvs. för kontroll av en godtycklig del av Kv Paradiset antas lastplaceringen vara rörlig längs en linje motsvarande Essingeledens mitt. Ett sådant angreppssätt medför också att ett robust skydd skapas, som är okänslig mot var längs trafikleden som en olycka uppstår.

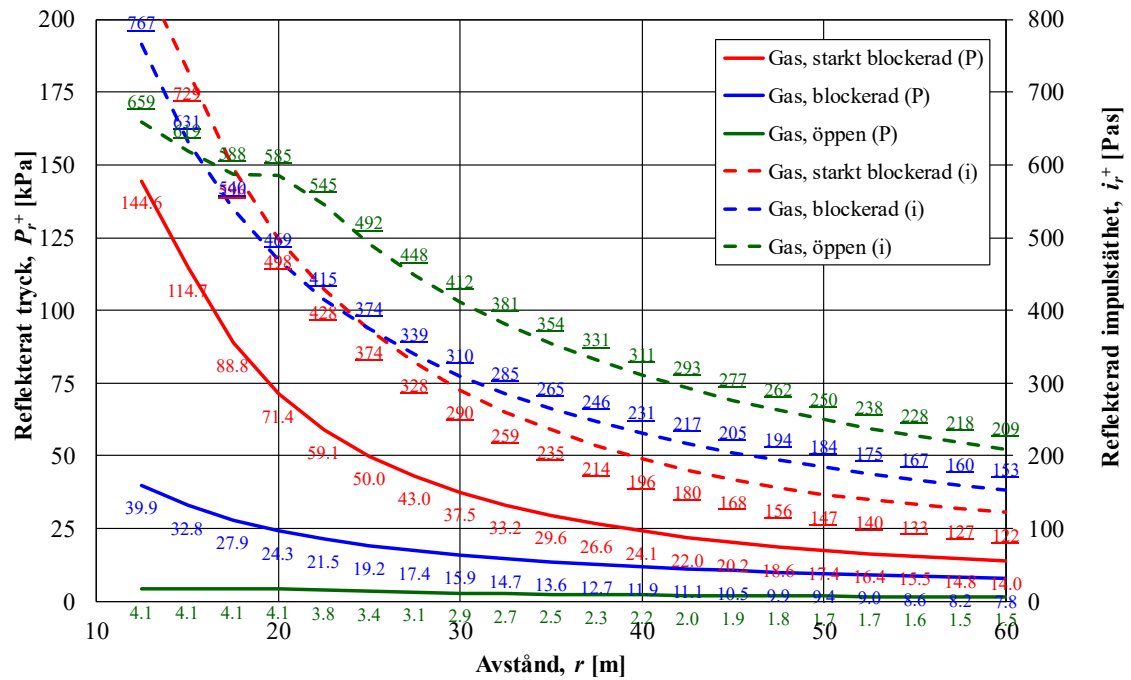
Inverkan av avstånd

Baserat på den information som ges ovan har beräkningar utförts för att få fram lastvärden, uttryckta som reflekterat övertryck och impulstäthet, som kan jämföras mellan olika lastsituationer när explosionen antas inträffa på ett avstånd om 12,5 – 60 m, se Figur 10 till Figur 12.

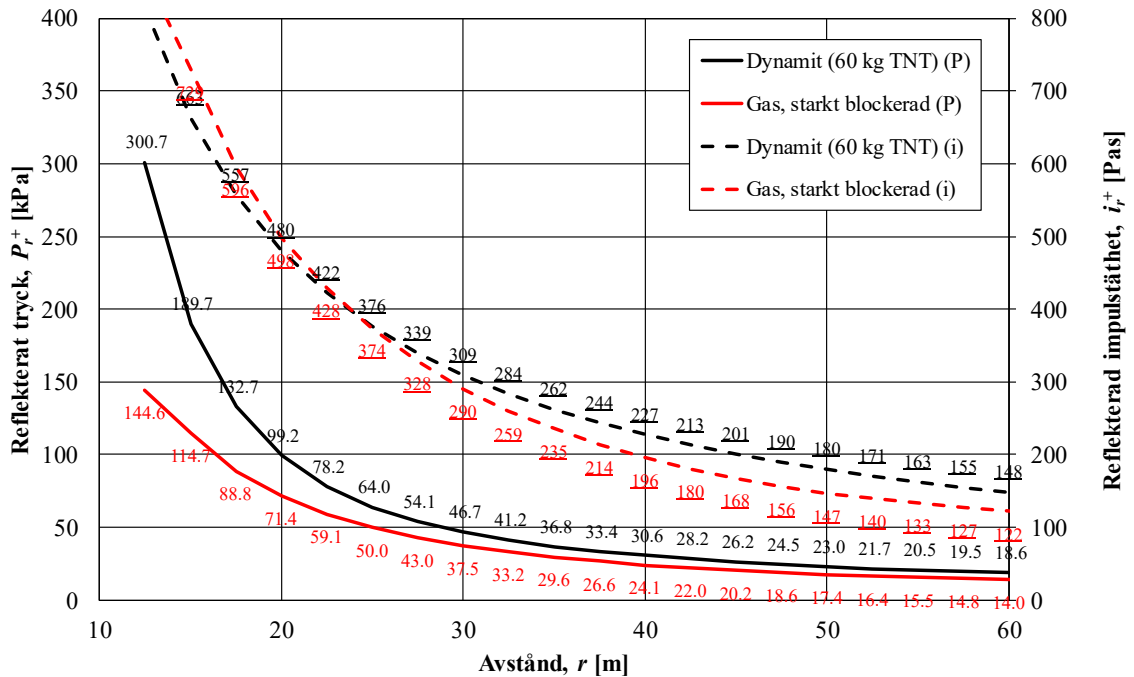
I Figur 10. jämförs last från olika typer av gasexplosioner definierade ovan. Av detta framgår att trycket sjunker betänkligt med minskande styrkefaktor. För impulstätheten är sambandet inte lika tydligt även om det är klart att en gasexplosion med stor volym och låg styrkefaktor (explosion på öppen yta) ger högst impulstäthet för avstånd $r > 17,5$ m och att en liten volym med hög styrkefaktor (explosion vid en starkt blockerad yta) ger högst impulstäthet för kortare avstånd än så.

I Figur 11 jämförs en starkt blockerad gasexplosion (den gasexplosion som är mest likt en detonation) med explosion från 100 kg dynamit (60 kg TNT). Av detta kan det konstateras att det resulterande trycket samt impulstätheten från dynamit är större än vid den aktuella gasexplosionen – undantaget är på korta avstånd, $r \leq 25$ m, där impulstätheten blir större för den jämförda gasexplosionen. Detta innebär att för avstånd $r > 25$ m så kommer last som fås från en starkt blockerad gasexplosion helt innefattas av den last som fås från en explosion på 100 kg dynamit. I Figur 12 görs motsvarande jämförelse av reflekterande stötvåg mellan gasexplosion och BLEVE (motsvarar 50 kg TNT). Av detta kan konstateras att det resulterande trycket är större vid en BLEVE men att impulstätheten är lägre för avstånd $r \leq 37,5$ m och ungefär densamma för större avstånd än så.

Från redovisade lastsamband kan det konstateras att det är stor skillnad i last beroende på om avståndet är t.ex. 12,5, 25 eller 50 m. Konsekvensen av att utgå från ett lastvärde baserat på konservativt (lågt) valt avstånd kan därför bli stora. Vilket lastfall som är kritisk för en given byggnad eller konstruktionsdel beror på den belastade strukturens dynamiska egenskaper. Som en vägledning kan dock anges att ett högt tryck (starkt blockerad gasexplosion eller explosion från dynamit eller BLEVE) i regel är kritisk för lokal respons i enskilda konstruktionsdelar så som fasad, pelare, fönster och bjälklag medan en hög impulstäthet (öppen explosion) eventuellt kan vara kritisk för byggnadsstommens globala respons.

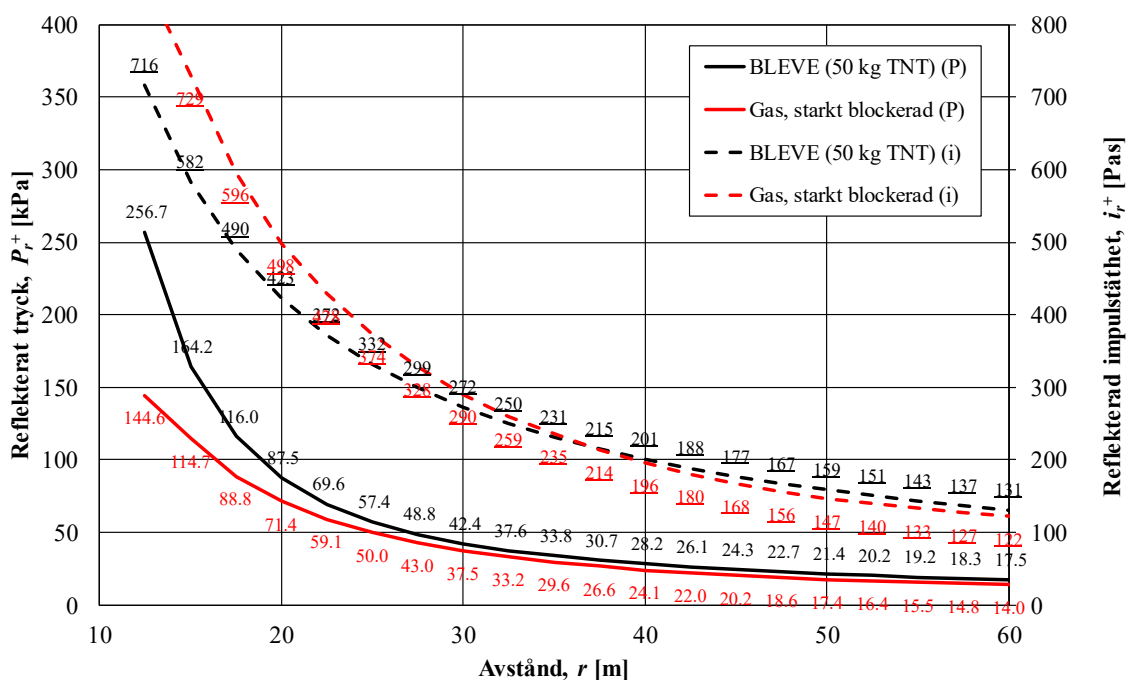


Figur 10 Jämförelse av last från olika typer av gasexplosioner enligt Tabell 2 för avstånd $r = 12,5 - 60$ m.



Figur 11 Resultande last från reflekterad luftstöt våg orsakad av starkt blockerad gasexplosion samt explosion från 100 kg dynamit (motsvarar 60 kg TNT) för avstånd $r = 12,5 - 60$ m.

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 13(23)	Sign. MJ



Figur 12 Resultande last från reflekterad luftstöt våg orsakad av starkt blockerad gasexplosion samt explosion från BLEVE (motsvarar 50 kg TNT) för avstånd $r = 12,5 - 60$ m.

Last mot tak

I Figur 9 indikeras schematiskt hur en luftstöt våg från en explosion tar sig upp mot byggnadens tak och därefter följer takets horisontella utformning till dess att den når fram till upphöjningen i tillbyggnadens tak. Den horisontella delen av taket kommer att utsättas för ett oreflekterat tryck, vilket förutom ökat avstånd även har reducerats ytterligare av att stöt vågen tvingas ta sig runt ett hörn med en vinkel på omkring 60° .

Konservativt kan det oreflekterade trycket och impulstätheten uppskattas genom att halvera det reflekterade trycket respektive impulstätheten, se Johansson(2012). I Dalenius och Johansson (2019) visas att tryck och impulstäthet hos en stöt våg som passerar ett hörn med 60° vinkel har ett värde på omkring 50-60 % av motsvarande stöt våg som inte passerat ett hörn. Denna studie utgår från en studie med ett mindre skalat avstånd och det är därför troligt att den reduktion som indikeras skulle bli mindre i ett fall motsvarande det som råder i

Figur 9. Med hänsyn till detta bedöms det dock vara rimligt att här använda en reduktionsfaktor 0,8 för att beakta inverkan av att stöt våg tar sig runt ett hörn. Sammantaget medför detta att oreflekterat tryck P_s och impulstäthet i_s som verkar mot tak approximativt kan beräknas via en faktor

$$\eta_s = \frac{P_s}{P_r} = \frac{i_s}{i_r} \approx 0,4 \quad (6)$$

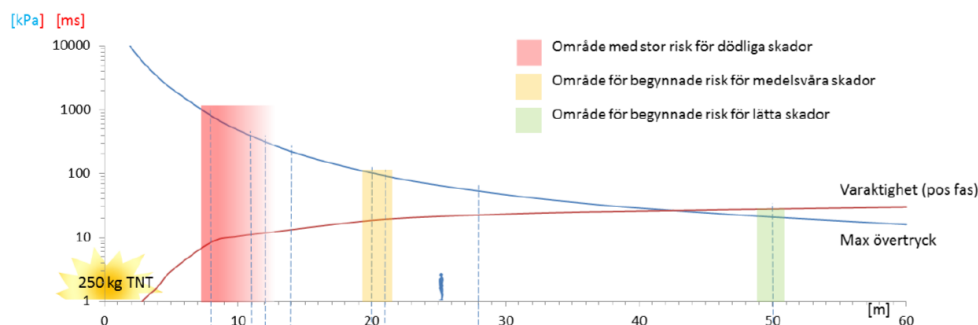
där P_r och i_r fås från Figur 10 till Figur 12.

Kravbild

De krav som ställs med hänsyn till en explosion syftar till att reducera antal omkomna personer till en "acceptabelt" låg nivå utifrån att en sådan olycka trots allt skulle inträffa. En människa har egentligen en förhållandevis god motståndsförmåga mot höga tryck, se Figur 13. De lastvärden som kan vara acceptabla för en människa kan dock medföra kollaps av en byggnad. Det är således inte ovanligt att lasten från en explosion är farligare för en byggnad än för en människa och det kan, ur explosionssynpunkt,

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 14(23)	Sign. MJ

därför vara mer farligt för en människa att vara inne i en byggnad med otillräcklig bärlighet än att vara ute i det fria. Om alltför nära avstånd till explosionscentrum undantas så utgörs det primära hotet mot en människa framförallt av att träffas av splitter samt att slungas iväg eller falla omkull av den resulterande stötvågen – om det senare inträffar finns det risk att allvarlig skada uppstår när personen slår i marken. Om en byggnad helt eller delvis rasar samman så finns det dock stor risk att detta resulterar i ett stort antal omkomna personer.



Figur 13 Skaderisker för oskyddad, stående människa på olika avstånd från en markdetonation av 250 kg TNT. Från Svensson (2015).

Den normala kravbilden på en byggnad vid en explosionslast är att undvika fortskridande ras. Med detta menas här att förlusten av en enskild byggnadsdel inte ska få katastrofala följder så som att hela eller stora delar av byggnaden rasar samman. Förutom att stommens bärlighet säkerställs bedöms begreppet "fortskridande ras" här även inbegripa att bjälklag i byggnaden ska förbli intakta vid en explosion. Dvs. bjälklagen, eller pelare/väggar som stöttar dessa, ska inte brytas sönder så att personer på ett plan faller ner en våning, eller att någon på planet nedanför riskerar att ovanpåliggande bjälklag (dvs. taket i den våningen personen befinner sig på) faller ner. I begreppet "fortskridande ras" bedöms dock inte ingå att fasaden ska förbli intakt (undantag gäller om fasaden är bärande – då ingår denna som en del i den bärande stommen och måste därför hålla). Ur bärlighetssynpunkt för byggnaden är det således acceptabelt att en icke bärande fasad, t.ex. fönster, slås ut och helt eller delvis kastas in i byggnaden. Det kan dock finnas andra skäl till varför fasaden bör förbli intakt vid en explosion.

Av brandskäl (pölbrand) finns det ofta krav att fasaden ska utföras med icke brännbart material. Vid gasexplosion eller BLEVE finns också hotet från det resulterande eldklotet som bildas vid sådana händelser. För en person som omfamnas av ett sådant eldklot är det betydande risk att fatala skador uppstår och det är därför av stor vikt att ett sådant scenario förhindras. Vid händelse av en gasexplosion eller BLEVE behöver därför även kombinationen av explosionstryck samt eldklot beaktas tillsammans, dvs. det behöver säkerställas att fönsterrutor i utsatta delar av fasaden är intakta även efter explosionen för att därmed kunna erbjuda fortsatt skydd mot ett verkande eldklot eller en brand. Detta krav kan medföra att särskilda åtgärder behöver göras på fönsterrutor nära Essingeleden.

Effekt av explosionslast

Vilken explosionslast som en given byggnad klarar av att hantera utan extra förstärkande åtgärd är starkt beroende av hur byggnadens bärande system samt fasad ser ut. Om fasaden exempelvis består av armerade betongelement är det förmodligen möjligt att påvisa att effekten på dessa, från en explosionslast motsvarande de som beaktas här, är förhållandevis begränsad. Om fasaden dock istället består av någon form av lättelelement, t.ex. förtillverkade element av stenull med tunna pålimmade stålplåtar på fram- och baksida, så är risken dock stor att dessa inte klarar av aktuella laster lika väl och att någon form av förstärkning kan behövas. Vidare utgör glas i fasaden en potentiell svaghet med hänsyn till explosionslast. Enligt Forsén (1997) kan 10 % av fönsterrutor förväntas krossas vid ett övertryck på 3 kPa och 50 % krossas vid ett övertryck på 10 kPa. Dessa värden bör dock betraktas som riktvärden¹ – lastkapaciteten för ett givet fönster beror på dess geometri samt ingående

¹ Som jämförelse kan nämnas att det vid beräkning av resulterande trycklast vid invändig explosion (där det är konservativt att anta ett högt tryckvärde) är vanligt att anta att ett vanligt fönster klarar ett tryck på 5 kPa.

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 15(23)	Sign. MJ

typ av glas. Det är även möjligt att fönsterrutor i byggnader invid Essingeleden, t.ex. av akustiska skäl, utformas på ett sådant sätt att de även får en icke obetydlig motståndsförmåga mot en explosion, dvs. att där aktuella fönsterrutor tål en explosionslast som är högre än de värden som exemplifieras ovan.

Av Figur 12 framgår att det reflekterade trycket, vid BLEVE, överstiger 10 kPa även på avstånd $r = 60$ m, dvs. ett tryckvärde som bedöms vara så högt att normala fönster brister. Om fönster brister uppstår risk av skador från glassplitter samt inläckande trycklast men framförallt förloras fasadens skyddande effekt mot ett efterföljande eldklot (gasexplosion eller BLEVE) eller brand. Det är därför rimligt att undersöka huruvida det finns ett behov av att förstärka fönstren mot explosion på de delar av fasaden som kan nås av ett sådant eldklot.

Effekt av en "tät" fasad

De vanligast förekommande personskadorna orsakade av en explosion är i regel skador från splitterfragment. Av dessa skador utgörs i sin tur en betydande majoritet av skador från glassplitter från krossade fönster som kastas in i byggnaden. Omfattningen av sådana skador är svårt att bedöma men det förefaller inte orimligt att det även kan medföra ett fåtal dödliga skador. Genom att säkerställa att fasaden blir "tät"² mot explosionslast kan denna osäkerhet dock helt undvikas. En "tät" fasad medför således en säkrare bedömning av antalet omkomna vid händelse av en närliggande allvarlig olycka på Essingeleden.

Förutom ett ökat skydd mot explosionslast så medför en "tät" fasad även ett starkt ökat skydd mot brand samt förekomsten av ett efterföljande eldklot vid händelse av en gasexplosion eller BLEVE. I och med att majoriteten av antalet explosionsrelaterade transporter på Essingeleden är kopplade till brandfarlig gas är det också denna typ av olycka som kan förväntas styra risknivåerna för en explosion. Det bedöms därför också vara rimligt att ett skyddskoncept mot en potentiell explosionslast primärt utformas för att klara mindre, men mer troliga olycksfall, än att ta höjd för alltför extrema olyckshändelser som i princip motsvarar lasten från en aktiv terrorhandling.

En byggnad nära Essingeleden som utformas med en "tät" fasad får flera fördelar:

- Stötvågslasten kommer enbart belasta byggnadens fasad, vilket innebär att potentiella skador på bärande konstruktionsdelar inne i byggnaden effektivt förhindras.
- Glassplitter kastas inte in på människor i byggnaden, ingen risk för invändig omkullvältning eller ras av lättare byggnadsdelar.
- Med intakta fönsterrutor fås ett väsentligt förbättrat skydd mot värmestrålning, från en efterföljande brand eller eldklot.

Avståndet mellan Kv Paradiset och Essingeleden är så pass begränsad att det bedöms vara rimligt att byggnadens fasad ska utformas med en "tät" fasad inom det avstånd från explosionscentrum som det bedöms vara rimligt att beakta eldmolnet från en BLEVE eller gasexplosion. Den förhållandevis låga byggnadshöjden, i förhållande till Essingeledens höjdnivå, gör att samma krav bör ställas på hela byggnadens höjd. Tillsammans bedöms ovanstående krav på en "tät" fasad medföra att några dödsfall inomhus inte är att förvänta för de explosionslastfall som beaktas här.

² Med "tät" fasad syftas här på en fasad som är utformad på ett sådant sätt att den förhindrar stötvågslasten från att tränga in i byggnaden. Detta innebär att såväl fasadelement som eventuella fönsterrutor klarar av att motstå de laster som en explosion medför utan att kollapsa, dvs. dessa sitter fortfarande kvar i fasaden efter avslutad explosion. Ett visst tryckgenomsläpp och lokala splitterutkast från fönster bedöms vara acceptabelt.

Objekt Paradiset 23 & 27	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 16(23)	Sign. MJ

Rekommendation

Lastfall att beakta vid dimensionering

Utgående från resonemang och lastresultat i genomgång ovan rekommenderas det här att last från explosionslast beräknas med följande förutsättningar:

- Gasexplosion
 - Beräkning görs med TNO Multienergimetod, se Johansson (2017), med volym V och styrkefaktor s enligt nedan:
 - Gasexplosion, öppen yta (stark): $V = 1\,000\text{ m}^3$, $s = 2$
 - Gasexplosion, öppen yta (stark): $V = 200\text{ m}^3$, $s = 5$
 - Gasexplosion, starkt blockerad: $V = 100\text{ m}^3$, $s = 7$
- BLEVE
 - Beräkning görs med sprängämne omräknat till ekvivalent mängd TNT, se Johansson (2012), med mängd TNT enligt nedan:
 - BLEVE: $W = 50\text{ kg TNT}$
(speglingsfaktor $1,8 \rightarrow W_{mod} = 90\text{ kg TNT}$)
- Explosion av sprängämne
 - Beräkning görs med sprängämne omräknat till ekvivalent mängd TNT, se Johansson (2012), med mängd TNT enligt nedan:
 - Dynamit, 100 kg : $W = 60\text{ kg TNT}$
(speglingsfaktor $1,8 \rightarrow W_{mod} = 108\text{ kg TNT}$)

Resulterande tryck och impulstäthet för dessa fall sammanställs i Figur 10 till Figur 12 för en reflekterad stötvåg från en explosion på varierande avstånd. Utgående från reflekterade lastvärden kan, vid behov, oreflekterade tryck och impulstäthet konservativt beräknas genom att dividera det reflekterade värdet med en faktor 2 – för en mer noggrann metod hänvisas till Johansson (2017). För att beakta lastreduktion mot tak av att stötvåg passerat ett hörn (möte mellan fasad och tak) rekommenderas att tryck och impulstäthet minskas med ytterligare 20 %.

För befintlig del av Kv Paradiset rekommenderas att laddningscentrum antas vara placerad längs en godtycklig linje på Essingeledens mitt, dvs. omkring 25 m från byggnadens fasad. Denna liberala rekommendation av placering grundar sig i att det är en befintlig byggnad som redan idag är i bruk för olika ändamål. Genom att utgå från de riktlinjer som ges i detta dokument kommer en upprustning av byggnaden fortfarande medföra en förbättring av dagens situation samtidigt som att konsekvenserna från en närliggande explosion inte blir praktiskt ohållbara att genomföra. För påbyggnad rekommenderas dock att kraven skärps och att ett avstånd baseras på att explosion inträffar vid sidan av den näst närmaste körfilen – detta resulterar i avstånd på omkring 18-26 m mellan fasad och explosionscentrum. För dimensionering av byggnad gentemot fortskridande ras rekommenderas att nyttja lastvärden enligt Figur 10 och Figur 11 (gasexplosion av olika typer samt 100 kg dynamit) medan det för "tät" fasad rekommenderas att använda lastvärden enligt Figur 12 (starkt blockerad gasexplosion samt BLEVE). Vid behov kan dessa lastfall förenklas ytterligare, t.ex. för att återge i en detaljplan, varvid lastvärden lämpligen kan väljas konservativt väljs genom att enveloppera relevanta lastvärden.

Övriga krav på fasad

För den aktuella byggnaden är det rimligt att fasaden utförs av eldbeständigt material. Det bedöms dock inte vara nödvändigt att fönster i fasaden, med hänsyn till explosionslast, ska utformas så att de klarar brandklass EI 30. Dvs. för fönster som befinner sig på en sådan nivå i byggnaden att de inte kommer att kritiskt utsättas för t.ex. en pölbrand, kan ur brandsynpunkt rimligen utformas på ett annat sätt än fönster där effekt av en sådan pölbrand kan vara kritiskt.

I ett brandglas används en speciell brandskyddande gel som, när den utsätts för värme, skummar och bildar en ogenomskinlig värmeisolerande sköld. Det tar dock en viss tid för detta skydd att utvecklas och vid händelse av en explosion kommer det aktiva eldklotet enbart verka under en kort tid, räknat i ett fåtal sekunder. Vid en sådan händelse kommer gelen således inte hinna utveckla det värmeskydd

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 17(23)	Sign. MJ

som den är avsedd för och det bedöms därför vara onödigt att anslå ett EI-krav på ett fönster, om syftet med detta är att skydda människor i byggnaden mot ett eldklot från explosion på Essingeleden.

En stor potentiell fara vid en explosion är att det resulterande eldklotet skadar människor inne i byggnaden. Genom att säkerställa en tät fasad, som förhindrar att eldklotet tränger in i byggnaden, kan en stor del av detta hot undanröjas. Om glasrutorna fortfarande är intakta (sprickor och ett begränsat splitterutkast accepteras) så kommer dessa även erbjuda ett gott skydd mot den värmestrålning som ett sådant eldklot ger upphov till. I andra liknande projekt, Hornbergskvarteren i Stockholm samt Gårda Vesta i Göteborg, har det med utgångspunkt från ett sådant resonemang därför bedömts vara tillräckligt att fönstren motsvarar en skyddsklass EW 30.

Information i eventuell detaljplan

Allmänt

Krav bör i en eventuell detaljplan ställas på att närliggande byggnad utformas för att undvika fortskridande ras, se inledande avsnitt över vad som här anses innefattas av denna definition. Vidare rekommenderas att det ställs krav på en "tät" fasad (se fotnot 2 för definition av tät fasad) för de delar av en byggnad som befinner sig inom ett sådant avstånd i horisontalled att det kan utsättas för eldklotet från en gasexplosion eller en BLEVE. Detta krav säkerställer att fasaden är fortsatt intakt efter att ha belastats av den stötvåg som uppstår av en explosion och därmed kan erbjuda erforderligt skydd mot efterföljande eldklot.

Resultaterande tryck och impulstäthet på olika avstånd

En jämförelse av lastvärden i Figur 11 visar att last från en starkt blockerad gasexplosion genererar last som är i ungefär samma storleksordning som en detonation av 100 kg dynamit (motsvarar 60 kg TNT). För andra typer av gasexplosion fås generellt ett lägre tryck medan impulstätheten kan överstiga den som fås från explosion med dynamit. Det är troligt att explosionslast från dynamit i de flesta fall (främst för lokal respons) kommer att utgöra det dimensionerande lastfallet men det finns också situationer där last från en gasexplosion på öppen yta kan ge en mer kritisk lastsituation (avser den belastade byggnadens globala respons). Kontroll av tät fasad bör göras inom ett horisontellt avstånd enligt föregående avsnitt. Denna kontroll kan baseras på det värsta av BLEVE (motsvarar 50 kg TNT) och starkt blockerad gasexplosion. För att förenkla riktlinjerna i detaljplanen är det dock möjligt att kombinera lastvärden för dessa lastfall med de lastvärden som fås för en explosion från 100 kg dynamit. Detta medför en viss konservatism, främst vad gäller kontroll av byggnadsdelar som befinner sig nära explosionscentrum, men bedöms i sammanhanget ändå vara en rimlig väg att gå för att underlätta användandet av framtagna explosionslaster.

Med anledning av detta sammanställs i Figur 14 tryck och impulstäthet för en reflekterad stötvåg orsakad av följande explosionsfall – kontroll ska göras för båda fallen:

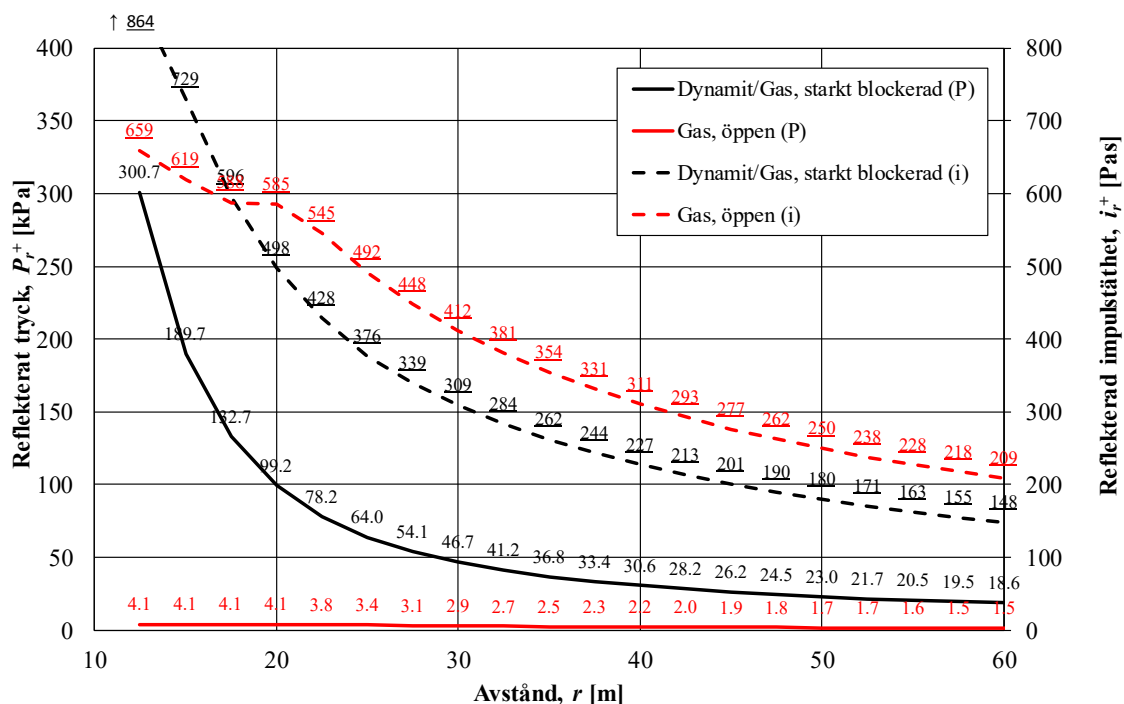
- En konservativ kombination av last från 100 kg dynamit och en starkt blockerad gasexplosion (liten gasvolym, stor styrkefaktor)
- En öppen gasexplosion (stor gasvolym, liten styrkefaktor)

Avståndet r som används i Figur 14 är det totala avståndet och beräknas som

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (7)$$

där x anger horisontellt avstånd mellan explosionscentrum och byggnadsfasad, y anger horisontellt avstånd vinkelrätt till x (ofta är $y = 0$ m) och z anger vertikalt avstånd, mellan explosionscentrum och studerad punkt. För avstånd $r > 60$ m kan värden för $r = 60$ m användas (vid behov kan dock även kompletterande lastvärden bestämmas).

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 18(23)	Sign. MJ



Figur 14 Resultande last från reflekterad luftstöt våg orsakad av 100 kg dynamit, starkt blockerad gasexplosion samt gasexplosion på öppen yta.

Krav på fönster

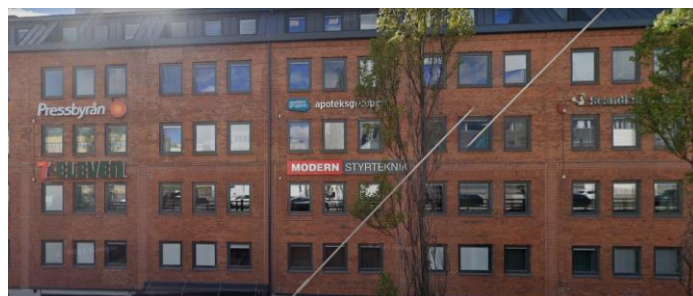
I Figur 14 givna lastvärden medför att särskilda åtgärder sannolikt behövs för framförallt fönster för att uppfylla krav på en "tät" fasad. Fönster utsatta för en sådan last tillåts gå sönder men ska vara så pass intakta att de kan hindra inträngandet av ett efterföljande eldklot samt värmestrålningen från denna. Tillräckligt skydd mot stålning bedöms vara uppfyllt om fönstren, efter att ha blivit utsatt för explosionslast enligt Figur 14, motsvarar EW 30.

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 19(23)	Sign. MJ

Konsekvens för fasad i Kv Paradiset

Orientering

För befintlig del av Kv Paradiset utgörs fasaden som vetter mot Essingeleden av en tegelfasad med fönsterpartier som utgör omkring 30-50 % av den totala fasadytan, se Figur 15. För att förhindra att eldklotet från en BLEVE eller en gasexplosion, vid händelse av en explosion på Essingeleden, ska tränga in i byggnaden så behöver fasaden utformas för att motstå de trycklaster som explosionen genererar – detta gäller såväl tegelfasad som fönster.



(a)



(b)



(c)

Figur 15 Fasad mot Essingeleden för (a) Paradiset 23, (b) Paradiset 27 (Strandbergsgatan 59), (c) Paradiset 27 (Strandbergsgatan 61-65).

Av Figur 16 framgår att den norra gaveln för Paradiset 27 mot Franzéngatan har en fönsterutformning som påminner om den som finns i Figur 15c. Även gaveln kommer att utsättas för explosionslast –, stora delar av den kommer dock befinna sig på mer betryggande avstånd än vad som är fallet för fasad som vetter mot Essingeleden (den fönsterklädda gaveln befinner sig ytterligare 7 m från Essingeleden). Det kan dock noteras att fönster på våning närmast markplan har en annorlunda utformning än högre upp i byggnaden – dessa fönster har också en större fönsterarea.



(a)



(b)

Figur 16 Norra gaveln hos Paradiset 27: (a) fasad mot Essingeleden (vänster) samt mot Franzéngatan (höger), (b) fasad mot Franzéngatan.

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 20(23)	Sign. MJ

Fönster

Fönstren i fasad mot Essingeleden behöver utformas för att klara den påfrestning som uppstår från en explosion. Utmaningen för att uppnå detta är dels att säkerställa att fönstrets glastruta i sig klarar att ta upp applicerad explosionslast, dels att lasten som uppstår mot fönstret kan föras vidare in i den anslutande (bärande) konstruktionen.

För att bestämma erforderlig lösning för glastrutan behöver en enskild kontroll göras utgående från de laster som anges i Figur 12 (Gasexplosion och BLEVE). I Tabell 3 återges klassificering av explosionsresistenta fönsterrutor enligt SIS (2012). Av Figur 12 framgår att den lägsta klassen, ER1, uppfylls för ett avstånd $r \geq$ ca 19 m medan det för ett avstånd $r = 18$ m (det kortaste avståndet som, enligt rekommendationer ovan, bör beaktas för Kv Paradiset) krävs fönsterrutor med Klass ER2.

Tabell 3 Klassificering av explosionsresistenta fönsterrutor enligt SIS (2012) med tillåtna värden på reflekterat tryck P_r och reflekterad impulstäthet i_r angivna.

Klassificering	$P_r^{1)}$ [kPa]	i_r [Pas]
ER1	100	900
ER2	150	1500
ER3	200	2200
ER4	250	3200

¹⁾ Varaktighet $t_r \geq 20$ ms.

I Paradiset 23 har det nyligen (2018) genomförts en renovering, varvid bland annat samtliga fönster i fasad mot Essingeleden byttes ut mot nya. Enligt upprättat förfrågningsunderlag för denna renovering utfördes dessa fönster med explosionsskyddande glas enligt klass ER1-S (S anger att splitteravgång från fönster kan uppstå) och särskilda krav ställdes även på infästning av fönsterram till närliggande fasadpelare. Med hänsyn till vad som anges ovan bedöms det här att de fönster som satts in i Paradiset 23 med god marginal uppfyller de krav som ställs på befintlig byggnad med hänsyn till explosionslast. Det bedöms även vara möjligt för de fasadpelare som fönstren är infästa i, klarar av att stå emot den explosionslast som de utsätts för.

I Paradiset 27 består fasad mot Essingeleden av två olika varianter – en med enskilda fönster placerade mellan tätt sittande fasadpelare och en med sammansatta fönster mellan glest placerade fasadpelare, se Figur 15b respektive Figur 15c. I Figur 17 visas bilder från insida fönster som vetter mot Essingeleden och av dessa framgår att över entrén (Figur 17a – den del som namnet "Paradiset" är skrivet på fasaden i Figur 15) samt byggnadens norra del (Figur 17c) är enskilda fönster placerade tätt intill varandra medan fönstren i byggnadens södra del (Figur 17b) är åtskilda av fasadpelare. Mer detaljerad information om mått på fönster och fasadpelare ges för våning 4 även i Figur 18. Utformningen är inte identisk på samtliga våningsplan men principen är tämligen likvärdig. Det framgår inte tydligt av det ritningsunderlag som har varit tillgängligt men baserat på utformning samt platsbesök bedöms det att fasadpelarna utgörs av armerad betong.

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 21(23)	Sign. MJ



(a)

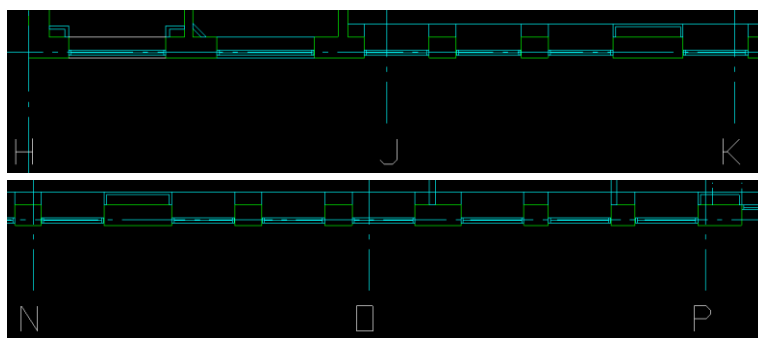


(b)

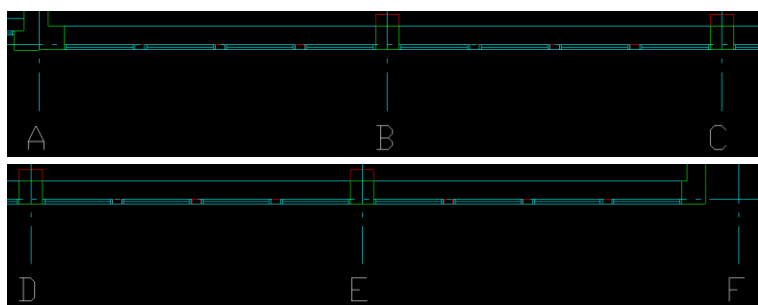


(c)

Figur 17 Bild från insida byggnad på fönster mot Essingeleden för (a) över entrén, (b) Paradiset 27 (Strandbergsgatan 59), (c) Paradiset 27 (Strandbergsgatan 61-65).



(a)



(b)

Linje H-J:

- Fönster = 1970 mm
- Betong = 995 x 415 mm

Linje J-P:

- Fönster = 1300 mm
- Betong = 540 x 415 mm + 1400 x 415 + 1000 x 415 mm

Linje A-F:

- Fönster = 1520 mm
- Stolpe = 200 x 100 mm
- Betong = 500 x 500 mm (s = 7,2 m)

Figur 18 Utformning av fasadvägg mot Essingeleden för våning 4: (a) Paradiset 27 (Strandbergsgatan 59), (b) Paradiset 27 (Strandbergsgatan 61-65).

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 22(23)	Sign. MJ

För fasadutformning enligt Figur 18a bedöms det finnas goda förutsättningar för att ram för explosionsutsatta fönster kommer kunna fästas in i fasadpelare på ömse sidor om fönsteröppning. För fasadutformning enligt Figur 18b kommer detta dock inte vara möjligt och här kommer det därför istället behövas en alternativ lösning. Av Figur 18b framgår att det finns en stolpe med måtten 200 x 100 mm som är placerad mellan respektive fönster. Det är oklart vilket material som denna stolpe har idag men om den utgörs av stål eller aluminium skulle den, via val av materialstyrka och godstjocklek, kunna utformas så att den men nuvarande yttermått klarar av den explosionslast som kan komma att verka mot fönstren.

För påbyggnad saknas information hur fasaden kommer vara utformad och här görs därför inget försök att mer i detalj resonera kring hur fönster bör hanteras. En fasadutformning motsvarande den i Figur 18a bedöms kunna användas utan svårigheter. Det kan dock även kort konstateras att det i andra projekt, med likvärdiga belastningsförutsättningar som för Kv Paradiset, har varit möjligt att hitta fasadlösningar som bestått av prefabricerade lättelelementväggar med stående aluminiumreglar och stålplåt.

Med reservation för att fönsterdimensioner skiljer sig något på olika ställen så borde den fönsterlösning som användes vid renoveringen av Paradiset 23 i de flesta fall även fungera för fönster som vetter mot Essingeleden i såväl renovering som påbyggnad av Paradiset 27. Den första våningen i påbyggnaden utgör dock ett undantag för detta eftersom den utsätts för en explosionslast motsvarande $r = 18$ m. Av Figur 12 framgår att detta avstånd (värdet avlästa för avstånd $r = 17,5$ m) medför en last $P_r = 116$ kPa och $i_r = 596$ Pas, vilket kan jämföras med kraven på klass ER1 (se Tabell 3) som anger att $P_r \leq 100$ kPa och $i_r \leq 900$ Pas. Det tillåtna tryckvärdet överskrider således med 16 kPa medan det för impulstätheten fortfarande finns en marginal på drygt 300 Pas. Det är inte orimligt att det skulle gå att påvisa att den i förfrågningsunderlaget föreslagna fönsterlösningen skulle klara även dessa laster men i värsta fall medför det att kravnivån, för detta våningsplan, behöver höjas till klass ER2 enligt Tabell 3. För övriga våningsplan kommer det dock fortsatt vara möjligt att använda en fönsterlösning motsvarande den för Paradiset 23. Utgående från kostnad för dessa fönster borde det för Fabege även vara möjligt att göra en god uppskattning av fönsterkostnad för renovering samt påbyggnad av Paradiset 27. På den norra gaveln i Paradiset 27 är fönster i befintlig byggnad större än dem som vetter mot Essingeleden. Explosionslasten mot dessa fönster är dock även lägre, vilket möjligen kan vara tillräckligt för att kompensera den ökade ytan – någon närmare studie av detta har inte gjorts i detta PM.

Bärande fasadpelare och tegelfasad

Fasadpelare bedöms här utgöras av armerad betong och utgör en del av byggnadens bärande stomme. Armerad betong har gynnsamma egenskaper mot explosionslast och en grov bedömning är att de har goda förutsättningar att stå emot den explosionslast som kan uppstå på Essingeleden. En kontroll av detta behöver dock göras – en sådan har inte utförts i detta PM.

Det bedöms här att tegelfasaden enbart utgör ett skalskydd mot väder och vind och att teglet således inte har någon bärande funktion för byggnaden. Någon noggrannare kontroll av dess förmåga att motstå en explosionslast har inte gjorts – liksom för fasadpelaren är det dock något som behöver göras.

Generellt gäller att en hög massa hos den skyddande strukturen är gynnsamt när denna utsätts för en explosionslast och ur detta perspektiv har både betong och tegel goda skyddsegenskaper. En annan viktig faktor hos en skyddande struktur utsatt för en explosionslast är dess förmåga att bibehålla sin bärförmåga även vid betydande deformationer, så kallad deformationsförmåga. Detta fungerar bra för armerad betong men är en svag egenskap hos en tegelvägg, vilket gör att potentialen hos den senare att fungera som en skyddande struktur försämras. För att kunna bedöma vilken effekt som fås på fasadpelare och tegelfasad av en explosion på Essingeleden behöver en särskild kontroll göras. Vid behov finns det möjlighet att förstärka en tegelfasad för att öka dess bärförmåga gentemot en explosion – exempelvis genom att bakom tegelväggen sätta upp stålstolpar som fungera som stöd.

Objekt Paradiset 23 & 27 PM: Explosion mot byggnad invid Essingeleden	Uppdragsnr. 108 17 31	Datum 2022-03-21
	Sidnr. 23(23)	Sign. MJ

Referenser

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

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

Johansson M. (2012): Luftstötuvåg. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Publ.nr MSB448, Karlstad.

Johansson M. (2017): Gasexplosion i det fria. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Dokument B06-105, 2017-12-18, Karlstad.

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

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

SIS (2012): Byggnadsglas – Säkerhetsglas – Provning och klassificering av motstånd mot explosivt tryck. Swedish Standards Institute, SS-EN 13541:2012, utgåva 2, Stockholm.

Svensson L. (2015): Människans tålighet mot luftstötuvågor. FOI, FOI-R-2906-SE, Februari 2015, Stockholm.

Samtliga referenser från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap finns att ladda ner gratis på www.msb.se/skyddsrum.