



Riskutredning vid fysisk planering



Del av Triangeln m.fl., Bergshamra
Solna Stad

2021-04-09



Projektinformation

Projektnamn: Del av Triangeln m.fl., Bergshamra – Riskutredning
Fastighet: Triangeln S:1 m.fl.
Kommun: Solna Stad
Ärende: Riskutredning vid fysisk planering
Uppdragsgivare: Stena Fastigheter AB

Kontaktperson: Elin Cederholm
elin.cederholm@stena.com
telefon: 075-241 55 21

Uppdragsansvarig: Jens Bengtsson
jens.bengtsson@briab.se
telefon: 0721-89 99 88

Handläggare: Sofia Månsson
sofia.mansson@briab.se
telefon: 010-2038203



Datum	Typ av handling	Upprättad av	Kontrollerad av
2017-06-20	Riskutredning, Version 1	Magnus Nordgren	Erol Ceylan
2017-06-29	Riskutredning, Version 2	Magnus Nordgren	Jens Bengtsson
2018-03-12	Riskutredning, Version 3	Jens Bengtsson	Jens Bengtsson
2018-03-23	Riskutredning, Version 4	Jens Bengtsson	Jens Bengtsson
2018-04-12	Riskutredning, Version 5	Jens Bengtsson	Jens Bengtsson
2018-04-17	Riskutredning, Version 6	Jens Bengtsson	Jens Bengtsson
2018-05-21	Riskutredning, Version 7	Jens Bengtsson	Jens Bengtsson
2018-06-05	Riskutredning, Version 8	Jens Bengtsson	Jens Bengtsson
2020-03-31	Riskutredning, Version 9	Sofia Månsson	Jens Bengtsson
2020-04-24	Riskutredning, Version 10	Sofia Månsson	Jens Bengtsson
2021-03-22	Riskutredning, Version 11	Jens Bengtsson	Jens Bengtsson
2021-04-09	Riskutredning, Version 12	Jens Bengtsson	Jens Bengtsson



Innehåll

Sammanfattning	5
1 Inledning	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte och mål	6
1.3 Omfattning och avgränsningar	6
1.4 Underlag	6
1.5 Kvalitetssystem	6
1.6 Revideringar	7
2 Riskhänsyn vid fysisk planering	8
2.1 Risk	8
2.2 Styrande dokument	8
2.3 Acceptanskriterier	9
2.4 Metodik för riskhantering	10
2.5 Nyttjad metod	11
3 Områdets förutsättningar	12
3.1 Planerad bebyggelse och omgivning	12
3.2 Transportleder	13
3.3 Befolkningstäthet	14
4 Riskidentifiering	15
5 Fördjupad analys	16
5.1 Farligt gods-klassning och risker med farligt gods	16
5.2 Transporter på Roslagsvägen	16
5.3 Farligt gods-olyckor på Roslagsvägen	17
5.4 Olycksfrekvenser	17
5.5 Konsekvenser	18
6 Resultat	19
6.1 Individ- och samhällsrisk	19
7 Riskvärdering	21
7.1 Verifiering av åtgärd	21
7.2 Känslighetsanalys med fördelning av farligt gods 2019	22
8 Diskussion	24
8.1 Övriga utredningsbehov ej kopplade till olycksrisker	24
9 Slutsatser	25



10Referenser	26
Bilaga 1 – Olycksfrekvensberäkningar för farligt gods	29
Olycksfrekvens	29
Frekvenser för utsläpp och antändning	30
Bilaga 2 – Konsekvensberäkningar för farligt gods	37
Gränsvärden för påverkan	37
Konsekvensberäkningar	38
Bilaga 3 – Riskberäkningar för farligt gods	43
Individrisk	43
Samhällsrisk	43



Sammanfattning

Briab har på uppdrag av Stena Fastigheter AB utrett risknivån för ett planområde omfattande Triangeln S:1 i Solna Kommun. Utredningen har gjorts utifrån plan- och bygglagens (2010:900) krav på att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet, och risken för olyckor. Målet med utredningen har varit att ta fram ett underlag i pågående planprocess.

Utifrån genomförd identifiering och översiktlig bedömning av riskkällor i planområdets omgivning framgår att olyckor som sker vid transport av farligt gods på Roslagsvägen ger upphov till förhöjd individ- och samhällsrisk. Övriga riskkällor som har identifierats har kunnat avskrivas då deras bidrag till planområdets risknivå har bedömts vara acceptabelt låga.

För att reducera risknivåerna (till följd av farligt gods-transporter på Roslagsvägen) till acceptabla nivåer och möjliggöra planerad bebyggelse har följande riskreducerande åtgärder föreslagits och deras effekt verifierats. Åtgärderna återges i det följande:

1. Bostäder bör uppföras minst 28 meter från Roslagsvägens närmaste väggkant (motsvarar 25 meter från eventuellt nytt framtida körfält på Roslagsvägen (E18)). Bibehållen markanvändning inom 28 meter, i form av parkering, bedöms acceptabel givet nedanstående skyddsåtgärder.

Inom 33 meter från Roslagsvägens närmaste väggkant (motsvarar 30 meter från eventuellt nytt framtida körfält på Roslagsvägen (E18)):

2. Glas ska utföras i lägst brandteknisk klass EW30.
3. Fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30.
4. Friskluftsintag ska riktas bort från vägen.
5. Varje lägenhet, i de byggnader som ligger i anslutning till Roslagsvägen, ska ha tillgång till en utgång som vetter bort från vägen.

I de planskisser som har utgjort underlag för aktuell riskutredning uppfylls punkt 1, ovan.

De föreslagna åtgärderna medför att förutom att rekommenderat skyddsavstånd med avseende på brand till transformatorstation uppfylls kommer även åtgärder i fasad och ventilation innebära att påverkan från brand och rök minimeras.

Upprättad riskutredningen ska ses som ett underlag för det fortsatta planarbetet.



1 Inledning

1.1 Bakgrund

Briab Brand & Riskingenjörerna AB har, på uppdrag av Stena Fastigheter AB, att utreda risknivån för planerad bebyggelse inom fastigheten Triangeln S:1, Solna. Fastigheten angränsar i väst till Roslagsvägen, vilket är en primär transportled för farligt gods. Utredningen görs i enlighet med plan- och bygglagens (2010:900) krav på att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet, och risken för olyckor.

Önskemålet är att möjliggöra för bostäder och garage inom fastigheten.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskutredning är att redogöra för den riskbild som är förknippad med området och att bedöma om planerad bebyggelse är acceptabel ur risksynpunkt, samt att vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

Målet med utredningen är att ta fram ett underlag i pågående planprocess.

1.3 Omfattning och avgränsningar

Utredningen avgränsas till den påverkan på människors hälsa och säkerhet som kan uppstå till följd av plötsliga olyckor:

- vid transport av farligt gods på väg
- inom farliga verksamheter

Olyckor där långvarig exponering krävs för skadliga konsekvenser eller olyckor som endast ger skador på egendom och miljö ligger utanför utredningens avgränsningar. Den geografiska avgränsningen utgörs av det aktuella planområdet (fastigheten) med omgivning och horisontåret är valt till år 2030, i enlighet med Solna stads översiktsplan.

I utredningen ges, vid behov, endast förslag på skyddsåtgärder kopplat till markanvändning eller funktion.

1.4 Underlag

Utredningen utgår från *Triangeln Samrådshandling Triangeln Bergshamra* [1], samt *Del av Kv Triangeln mfl, Bergshamra – Riskinventering* [2].

1.5 Kvalitetssystem

Handlingen omfattas av kontroll enligt anvisningarna i Briabs ledningssystem, vilket är certifierat enligt ISO 9001.



1.6 Revideringar

Handlingen är version 12, där revideringar från version 10 och 11 har gjorts utifrån kommentarer från kommun och räddningstjänsten. Dessa revideringar utgörs av:

- Ett utökat resonemang av påverkan på samhällsriskerna vid införande av skyddsåtgärder.
- En kompletterande känslighetsanalys gör att visa på hur förändringar i farligt gods flödet påverkar risken har i avsnitt 7.2 där statistik från den senaste tillgängliga sammanställningen av lastbilstrafiken i Sverige har använts.
- Justering av avståndet skyddsåtgärder till att nu gälla 25 respektive 30 meter från eventuellt tillkommande körfält på Roslagsvägen, vilket innebär 28 respektive 33 meter från nuvarande närmaste körfält.
- Uppdaterade figurer i figur 3 och 4.



2 Riskhänsyn vid fysisk planering

I detta avsnitt förklaras begrepp och styrande dokument kopplat till riskhänsyn vid fysisk planering.

2.1 Risk

Begreppet risk kan tolkas på olika sätt. I säkerhetstekniska sammanhang tolkas risk som en händelses sannolikhet multiplicerat med omfattningen av dess konsekvens, vilka kan vara kvalitativt eller kvantitativt bestämda. Ofta kvantifieras risk efter måtten individ- och samhällsrisk.

Med **individrisk**, eller platspecifik risk, avses risken för en enskild individ att omkomma av en specifik händelse under ett år på en specifik plats. Individrisken är oberoende av hur många människor som vistas inom ett specifikt område och används för att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabelt höga risknivåer [3].

Samhällsrisk, eller kollektivrisken, visar den ackumulerade sannolikheten för det minsta antal människor som omkommer till följd av konsekvenser av oönskade händelser. Samhällsrisk presenteras ofta i ett s.k. F/N-diagram. Till skillnad från individrisk tar samhällsrisk hänsyn till den befolkningssituation som råder inom undersökt område [3].

2.2 Styrande dokument

Vid fysisk planering ska ett flertal styrande dokument kopplat till riskhänsyn beaktas.

2.2.1 Plan- och bygglagen

Vid planläggning ska, enligt plan- och bygglagen (2010:900), bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet, och risken för olyckor.

2.2.2 Rekommendationer och riktlinjer

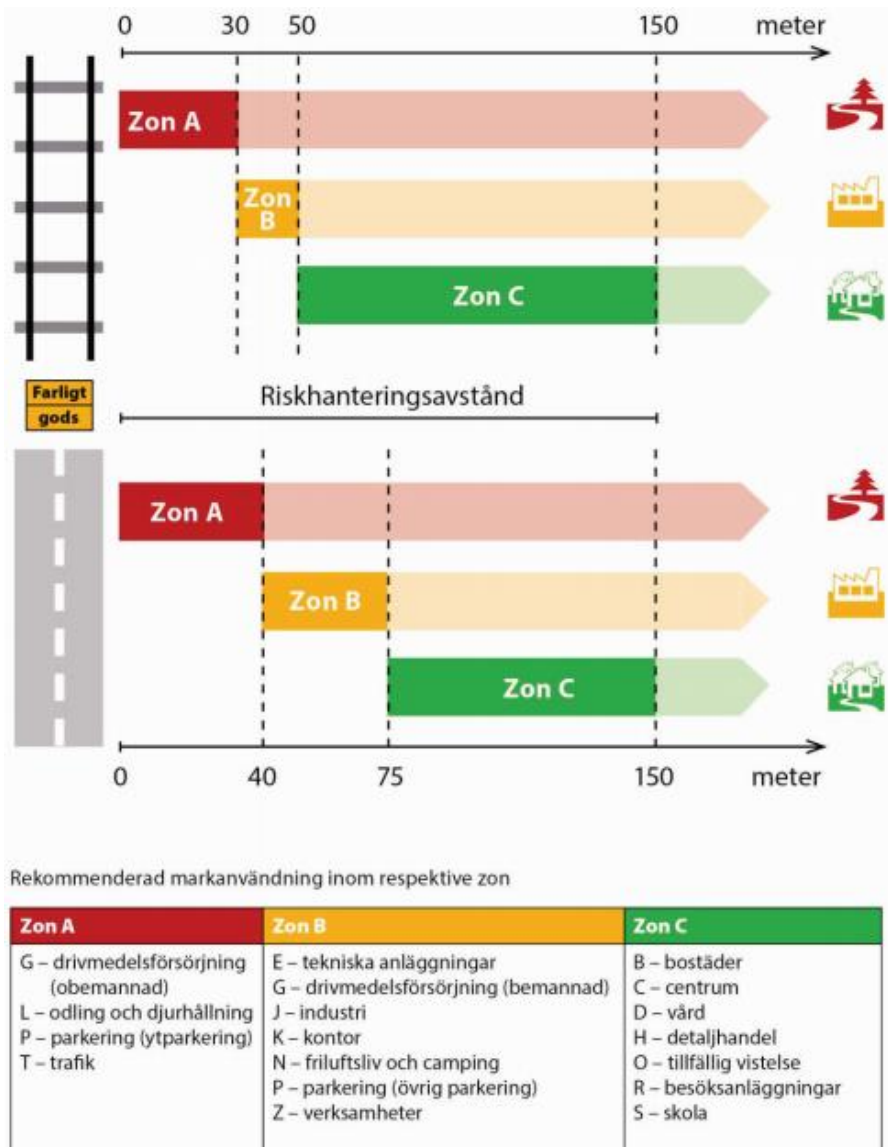
För att tydliggöra vilken mark som, med hänsyn till människors hälsa och säkert och risken för olyckor, är lämpad för ändamålet har flera länsstyrelser i Sverige presenterat vägledning och riktlinjer för riskhänsyn vid fysisk planering.

Länsstyrelsen i Stockholms län har gett ut rekommendationerna *Riktlinjer för riskanalys som beslutsunderlag* [4] och *Riskanalyser i detaljplaneprocessen* [5]. Dessa är generella rekommendationer beträffande krav på innehåll i riskanalyser i vid fysisk planering.

Utöver de allmänna rekommendationerna har Länsstyrelsen i Stockholms län publicerat mer specifika rekommendationer rörande bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer [6]. I dessa anges att ny bebyggelse inte bör medges så nära farligt gods-leder att transporter med farligt gods till slut omöjliggörs. Det framgår även att en riskanalys ska göras om bebyggelse planeras inom **100 meter från drivmedelstationer** och om risk föreligger.

I *Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods* [7] anges att riskerna alltid ska bedömas vid fysisk planering inom **150 meter från transportled för farligt gods**.

I de senast utgivna riktlinjerna från år 2016, *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [8], rekommenderas att markanvändning intill transportleder för farligt gods generellt bör planeras med de i Figur 1 angivna skyddsavstånden (zon A, B och C).



Figur 1. Rekommenderade skyddsavstånd mellan transportleder för farligt gods (väg och järnväg) och olika typer av markanvändning. Avstånden mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt. Källa: [8].

2.3 Acceptanskriterier

För risker förknippade med säkerhet för liv och hälsa bedöms risknivåerna övergripande utifrån de fyra principer som utarbetats av Räddningsverket, nuvarande MSB [3]:

- **Rimlighetsprincipen** - Risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska alltid åtgärdas (oavsett risknivå).
- **Proportionalitetsprincipen** - En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster som verksamheten medför.
- **Fördelningsprincipen** - Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
- **Principen om undvikande av katastrofer** - Om risker realiserats bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.



För individrisk och samhällsrisk har DNV (Det Norske Veritas) på uppdrag av Räddningsverket definierat kvantitativa acceptanskriterier [3]. Länsstyrelsen i Stockholms län har bedömt att dessa kriterier är lämpliga att använda [8] och att de har fördelarna att de är framtagna med avseende på svenska förhållanden, har ett tydligt markerat ALARP¹-område och att de är konstruerade för användning både intill fasta verksamheter och farligt gods-leder [5]. Följande kriterier för individrisk har föreslagits av DNV:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras är 10^{-5} per år.
- Övre gräns för område där risker kan anses små är 10^{-7} per år.

Följande kriterier för samhällsrisk har föreslagits av DNV:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras är 10^{-4} per år för $N=1$ och 10^{-6} per år för $N=100$, där N är antalet omkomna.
- Övre gräns för område där risker kan anses små är 10^{-6} per år för $N=1$ och 10^{-8} per år för $N=100$, där N är antalet omkomna.

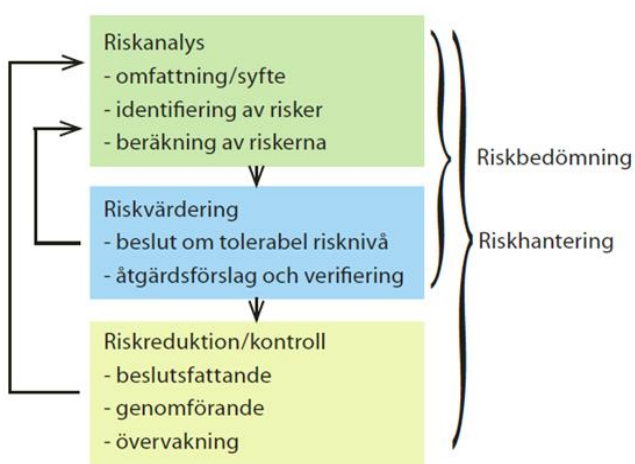
Mellan den övre och undre individ- respektive samhällsriskgränsen finns det område som benämns ALARP.

Proportionalitetsprincipen, fördelningsprincipen och principen om undvikande av katastrofer uppfylls i och med jämförelsen med de probabilistiska värderingskriterierna för individ- och samhällsrisk [3].

Rimlighetsprincipen kan uppfyllas genom exempelvis så kallad kostnad-nytta-analys [3].

2.4 Metodik för riskhantering

Riskhantering utgör ett systematiskt och kontinuerligt arbete för att kontrollera eller minska olycksrisker. Hanteringen kan delas in i tre delar: riskanalys, riskvärdering och riskreduktion. Dessa behandlar allt från identifiering av riskkällor och potentiella olyckshändelser till beslut om och genomförande av riskreducerande åtgärder samt uppföljning av att besluten ger avsedd påverkan på riskbilden. Schematiskt kan processen beskrivas enligt Figur 2.



Figur 2. Metodik för riskhantering [7].

¹ As Low As Reasonably Practicable (= risker kan tolereras om alla rimliga riskreducerande åtgärder är vidtagna.)



2.5 Nyttjad metod

Utifrån ovan presenterad metodik för riskhantering redogörs nedan för arbetsgången i aktuell riskutredning.

1. Riskidentifiering. För att ta reda på vilka riskkällor som kan vara relevanta för området studeras området (med omgivning) inom ramen för utredningens avgränsningar. I riskidentifieringen görs en första översiktlig bedömning för att sälla ut vilka riskkällor som erfordrar fördjupad analys.

2. Fördjupad analys (vid behov). De olyckshändelser som är svårbedömda och väntas ge upphov till förändrad risknivå för området analyseras mer ingående via separata analyser. Händelsernas frekvenser och konsekvenser studeras via logiska argument och/eller via kvantitativa, probabilistiska metoder för att uppskatta risknivån.

3. Riskvärdering. Uppskattade risknivåer ställs samman och en riskvärdering genomförs. Eventuella riskreducerande åtgärder med koppling till markanvändning och funktion identifieras och därefter verifieras att de ger avsedd effekt på risknivån, d.v.s. att den sjunker till en acceptabel nivå. Riskreducerande åtgärder kan exempelvis vara att rekommendera mindre känslig verksamhet, verksamhet där människor inte uppehåller sig längre stunder, skyddsavstånd eller tekniska lösningar och funktionskrav.



3 Områdets förutsättningar

I detta avsnitt redogörs för aktuellt område där den planerade bebyggelsen är tänkt att placeras, se Figur 3.



Figur 3. Principskiss av planerad bebyggelse sedd från Roslagsvägen.

3.1 Planerad bebyggelse och omgivning

Planområdet är i huvudsak beläget inom fastigheten Triangeln S:1, öster om Roslagsvägen, söder om Bockholmsvägen och norr om Ålkistan som förbinder Lilla Värtan med Brunnsviken (se Figur 4). I närområdet finns skogspartier, en småbåtshamn, cykelbana och busshållplats, en likriktarstation och inom gångavstånd finns även tunnelbanestationen Bergshamra. Inom fastigheten står ett befintligt parkeringshus i fyra plan. Planen är att möjliggöra för bostäder i tre till sex våningsplan, med tillhörande garage i tre plan på en lägre plushöjd än Bockholmsvägen. Det nya parkeringshuset kommer att ligga på samma avstånd till Roslagsvägen som det befintliga.



Figur 4. Triangeln S:1 med Roslagsvägen och Bockholmsvägen som närliggande vägar.

3.2 Transportleder

Den nya bebyggelsen har dragits i förhållande till de ursprungliga planerna och planeras nu att lokaliseras 25 meter från eventuellt nytt framtida körfält på Roslagsvägen (E18) och 28 meter från befintligt körfält, se Figur 4.

Vägen har hastighetsbegränsning 70 km/h förbi planområdet och en årsmedeldygnstrafik, eller ÅDT, på cirka 75 000, varav cirka 6,5 % utgör tung trafik [9]. Vägens södergående körbana är avskild från den norrgående (närmast planområdet) med betonghinder, och mot planområdet finns ett skydd i form av ett till tre skyddsräcken samt en trottoarkant (se Figur 5 och Figur 6). Körbanorna mäter 10 (södergående) respektive 9,5 meter (norrgående) i bredd. Norr om planområdet löper Bockholmsvägen, som har en hastighetsbegränsning på 50 km/h.



Figur 5. Roslagsvägens norrgående körbana med intilliggande cykelbana, och till höger i bild avtagsvägen mot Bergshamra och Bockholmen.



Figur 6. Avtagsvägen är placerad efter en mindre högersväng på Roslagsvägen.

3.3 Befolkningstäthet

För att möjliggöra en välgrundad riskbedömning med avseende på samhällsrisik är befolkningstätheten inom området av stor vikt. Vid tiden för upprättande av den ursprungliga versionen av riskutredningen var populationsprognosen för Solna kommun att växa från 78 129 år 2016 till 112 945 år 2026, motsvarande cirka 3,75 % årligen [10]. Givet samma tillväxt till år 2030 erhöles en befolkningstäthet på nära 6800 personer/km², där landarealen för Solna kommun uppgår till 19,29 km² [11].

Användandet av denna befolkningstäthet är att betraktas som konservativ då exploateringsgraden i anslutning till det aktuella planområdet är låg och tillkommande bebyggelse inte förväntas påverka befolkningstätheten i någon betydande omfattning.



Sedan upprättandet av den ursprungliga riskutredningen har nya prognoser tagits fram och den nu aktuella prognostiserade befolkningsmängden för 2029, är enligt den senaste prognosen 104 547 invånare [12] och en förväntad genomsnittlig prognostiserad befolkningsökning på 2,4 % årligen. Detta medför att den förväntade befolkningstätheten vid 2040 är omkring 6800 personer/km².

Inom studerat delområde av Bergshamra förväntas en befolkningstäthet på cirka 5400 personer/ km² år 2040, med hänsyn till omgivande vatten och exploateringen av Triangeln S:1.

4 Riskidentifiering

En riskidentifiering har genomförts, i *Del av Kv Triangeln mfl, Bergshamra – Riskinventering* [2], som visar att det finns ett behov av att närmare bedöma den risk som eventuella olyckshändelser kopplade till transporter av farligt gods längs Roslagsvägen ger upphov till. Övriga riskkällor som identifierades var farliga verksamheter och drivmedelsstationer, spårbunden trafik på Roslagsbanan och tunnelbanan samt transformatorstation. Ingen av dessa riskkällor bedömdes dock ge upphov till sådana olycksrisker att dessa behövde utredas ytterligare.

I tillägg till denna riskinventering har det säkerställts att drivmedelsleveranser till sjömacken på Bockholmen ej sker via Bockholmsvägen [13].

En fördjupad analys utförs i kommande avsnitt av olyckshändelser involverande transport av farligt gods på Roslagsvägen.



5 Fördjupad analys

Den riskidentifiering och översiktliga bedömning som genomförts i *Del av Kv Triangeln mfl, Bergshamra – Riskinventering* [2] visar att det finns ett behov av att närmare bedöma den risk som eventuella olyckshändelser kopplade till transporter av farligt gods längs Roslagsvägen ger upphov till.

Fördjupad information rörande beräkningsförfarande och bakgrundsfakta återfinns i bilagorna.

5.1 Farligt gods-klassning och risker med farligt gods

Inventeringen [2] visar att i stort sett alla farligt gods-klasser kan förväntas passera planområdet. En beskrivning av de potentiella konsekvenser som olyckor involverande dessa transporter kan ge upphov till återfinns i bilagorna.

5.2 Transporter på Roslagsvägen

Trafikverkets mätningar av trafikmängden förbi planområdet visad på en trafikmängd som var cirka 55 000 fordon per dag år 2014 och samma för 2017, varav tung trafik utgjorde cirka 9 respektive 5 % [9]. Trafikverkets senaste uppdaterade prognos för den aktuella sträckan för år 2040 är 75 000 fordonsrörelser (ÅDT), varav tung trafik uppskattas utgöra 6,5 % [9].

Tabell 1. Förväntade andelar transporter farligt gods på Roslagsvägen fördelade efter ADR-klass. [14]

ADR-klass	Andel
1 – Explosiva ämnen och föremål	1,2 %
2.1 – Brandfarliga gaser	3,7 %
2.2 – Icke giftig, icke brandfarlig gas	11,9 %
2.3 – Giftiga gaser	0,3 %
3 – Brandfarliga vätskor	59 %
4 – Brandfarliga fasta ämnen	1,9 %
5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider	2,4 %
6 – Giftiga eller smittförande ämnen	11 %
7 – Radioaktiva ämnen	-
8 – Frätande ämnen	7,9 %
9 – Övriga farliga ämnen och föremål	0,9 %

Mängden transporterat farligt gods på lastbil har stadigt minskat under de senaste åren och mellan 2015 och 2019 har mängden farligt gods på lastbil minskat med 40 % [15]. Antagen fördelning baseras på den senaste tillgängliga statistiken vid upprättandet av utredningen och utgick från fördelningen 2016. Sedan dess har mängden farligt gods minskat med omkring 25 % fram till 2019.



5.3 Farligt gods-olyckor på Roslagsvägen

Inventeringen visar att gods-transporter på Roslagsvägen kan påverka planområdets risknivå. För att kunna kvantifiera och värdera denna risknivå och ge förslag på eventuella riskreducerande åtgärder behöver en fördjupad analys göras. Vissa klasser av farligt gods förväntas inte ge mer än lokal påverkan i händelse av en olycka och bedöms därför inte kräva någon fördjupad analys. De klasser som endast bedöms ge lokal påverkan är, som framgår av konsekvensbeskrivningen i Bilaga 2 – Konsekvensberäkningar för farligt gods, klass 2.2 (icke brandfarliga/icke giftiga gaser), 4 (brandfarliga fasta ämnen), 5 (oxiderande ämnen och organiska peroxider), 7 (radioaktiva ämnen) och 9 (övrige farliga ämnen).

De som erfordrar fördjupad analys är olyckor med farligt gods-klass 1 (explosiva ämnen), 2.1 (brandfarliga gaser), 2.3 (giftiga gaser) och 3 (brandfarlig vätska), 6 (giftiga/smutförande ämnen) och 8 (frätande ämnen). Olyckor med dessa klasser kan ge upphov till konsekvenser som exempelvis explosioner, gasmolnsbränder, jetflamnor, BLEVE, utsläpp av giftig gas och pölbränder. Olycksscenarierna sammanfattas i

Tabell 2 där varje scenario tilldelas en egen beteckning.

Tabell 2. Scenariobeskrivning för farligt gods-olycka på Roslagsvägen.

Scenario	Beskrivning
R(1)	Olycka med farligt gods-transport med klass 1, explosiva ämnen, som leder till explosion.
R(2.1a)	Olycka med farligt gods-transport med klass 2.1, brandfarlig gas, som genom fördröjd antändning leder till gasmolnsbrand.
R(2.1b)	Olycka med farligt gods-transport med klass 2.1, brandfarlig gas, som leder till jetflamma.
R(2.1c)	Olycka med farligt gods-transport med klass 2.1, brandfarlig gas, som leder till BLEVE.
R(2.3)	Olycka med farligt gods-transport med klass 2.3, giftiga gaser, som leder till spridning av giftig gas till omgivningen. Antaget ämne är svaveldioxid.
R(3)	Olycka med farligt gods-transport med klass 3, brandfarlig vätska, som leder till pölbrand. Antaget ämne är bensin.
R(6)	Olycka med farligt gods-transport med klass 6, giftiga ämnen. Antaget ämne är dimetylsulfat.
R(8)	Olycka med farligt gods-transport med klass 8, frätande ämnen, som leder till spridning av giftig eller frätande gas till omgivningen. Antaget ämne är saltsyra.

Fördjupad information rörande beräkningsförfarande och bakgrundsfakta till scenarioanalysen återfinns i bilagorna. Eftersom Roslagsvägen är utförd som motorväg (det vill säga, med separerade körbanor) på den vägsträcka som analyseras antas att olycksfordonet hamnar i respektive körbanas väggkant (närmast planområdet) i händelse av en olycka. Konsekvensområden och förslag på lämplig placering av bebyggelse mäts från den väggkant som ligger närmast planområdet.

5.4 Olycksfrekvenser

Utgångspunkten vid olycksfrekvensberäkningarna för Roslagsvägen är de trafikdata som presenterats i avsnitt 5.2. Metoden som används för beräkning av olycksfrekvens utgår från en modell framtagen av MSB (tidigare Räddningsverket) [15]. Beräkningarna grundar sig på händelseförlopp som beskrivs i Bilaga 1.



En förfinad uppdelning har gjorts rörande olyckans omfattning (t.ex. litet, medelstort och stort läckage). Vad som avses med liten, medelstor och stor omfattning framgår i Bilaga 1 och 2.

Genomförda olycksfrekvensberäkningar för de identifierade scenarierna presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Olycksfrekvens för identifierade olycksscenarioer på Roslagsvägen.

Scenario	Frekvens [olyckor/år] efter olyckans omfattning		
	Liten	Medelstor	Stor
R(1)	$7,770 \cdot 10^{-7}$	$1,33 \cdot 10^{-7}$	4,57E-09
R(2.1a)	$9,82 \cdot 10^{-7}$	$4,25 \cdot 10^{-7}$	$4,20 \cdot 10^{-7}$
R(2.1b)	$1,94 \cdot 10^{-7}$	$9,71 \cdot 10^{-8}$	$1,04 \cdot 10^{-7}$
R(2.1c)	$6,55 \cdot 10^{-10}$	$3,27 \cdot 10^{-10}$	$3,50 \cdot 10^{-10}$
R(2.3)	$1,30 \cdot 10^{-8}$	$4,33 \cdot 10^{-9}$	$3,48 \cdot 10^{-9}$
R(3)	$1,24 \cdot 10^{-5}$	$1,24 \cdot 10^{-5}$	$2,49 \cdot 10^{-5}$
R(6)	$3,57 \cdot 10^{-6}$	$3,57 \cdot 10^{-6}$	$7,14 \cdot 10^{-6}$
R(8)	$2,40 \cdot 10^{-6}$	$2,40 \cdot 10^{-6}$	$4,81 \cdot 10^{-6}$
Summa	$7,68 \cdot 10^{-5}$		

Olycksfrekvensen för farligt gods-olyckor som förväntas kunna ge konsekvenser längs en 1 km vägsträcka förbi aktuellt planområde summeras till $7,68 \times 10^{-5}$ vilket kan tolkas som *en gång på 13 000 år*.

5.5 Konsekvenser

De konsekvensberäkningsmetoder som använts följer vetenskapligt vedertagen praxis och har genomförts med handberäkningar enligt Alonso m.fl. [16] (klass 1), Spridning Luft [17] (klass 2.3), ett verktyg för beräkning av värmestrålning från pölbränder framtagit av U.S. Nuclear Regulatory Commission [18] (klass 3) och spridningsprogrammet ALOHA [19] (övriga klasser). Erhållna konsekvensavstånd för Roslagsvägen, det vill säga avstånd från väggkant till dödliga förhållanden, redovisas i Tabell 4 för de olika olycksscenarioerna. Ingångsdata för beräkning av konsekvensområden återfinns i Bilaga 2.

Tabell 4. Beräknade konsekvensavstånd från väggkant till dödliga förhållanden. Innebörden av olyckans omfattning (liten, medelstor, stor) redogörs för i Bilaga 1 och 2.

Scenario	Konsekvensavstånd [m] efter olyckans omfattning		
	Liten	Medelstor	Stor
R(1)	16	35	79
R(2.1a)	11	22	112
R(2.1b)	10	10	30
R(2.1c)	144	180	224
R(2.3)	12	38	174
R(3)	14	22	26
R(6)	11	20	27



Scenario	Konsekvensavstånd [m] efter olyckans omfattning		
R(8)	24	45	62

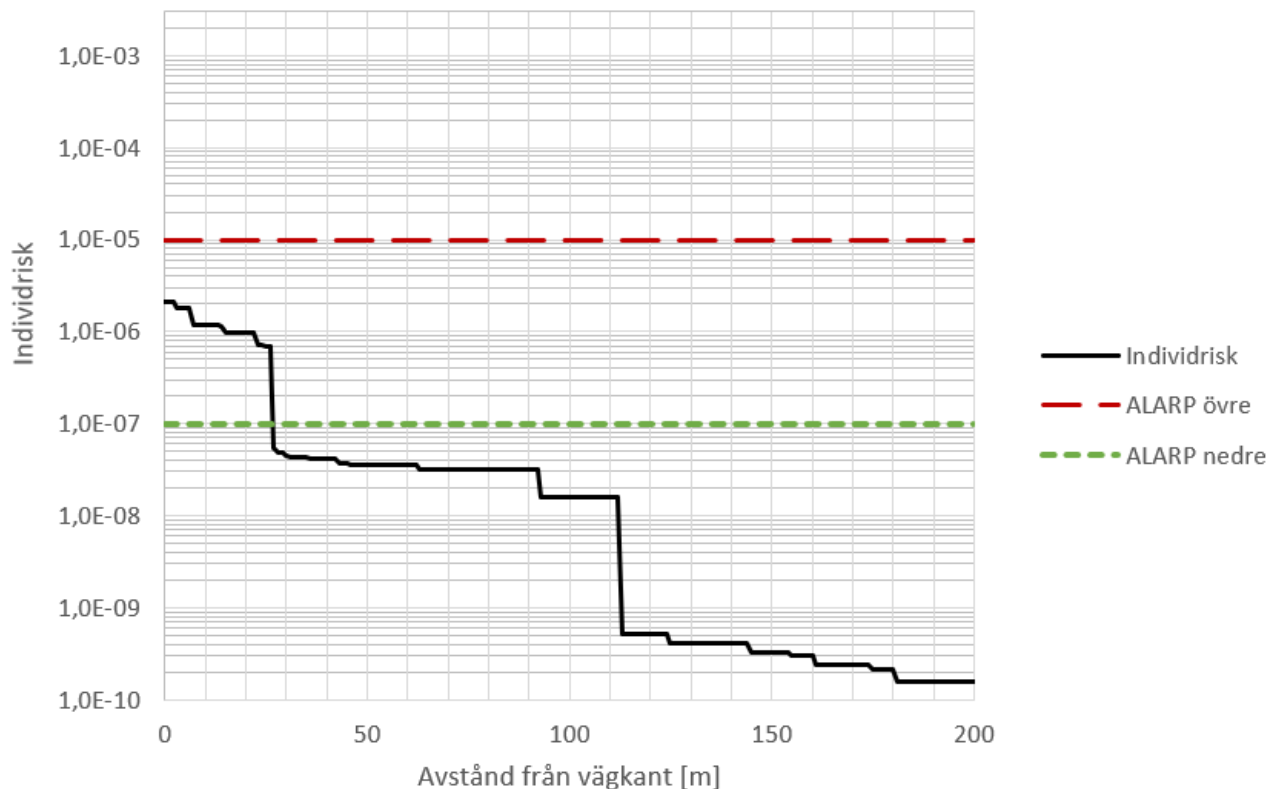
För att kunna beräkna samhällsrisk har antalet omkomna inom området beräknats för varje olycksscenario utifrån det högre antagandet om befolkningstäthet enligt avsnitt 3.3.

6 Resultat

I detta avsnitt presenteras vilken individ- och samhällsrisk som närheten till Roslagsvägen ger upphov till för planområdet. Individrisken har beräknats genom att addera olycksfrekvensen för de scenarier vars konsekvenser påverkar en person som vistas på ett visst avstånd från vägen och som leder till att personen omkommer. Som komplement till individrisk har risknivån för området även beräknats i form av samhällsrisk. Resultatet presenteras enligt gängse normer i ett F/N-diagram där även de nyttjade acceptanskriterierna framgår.

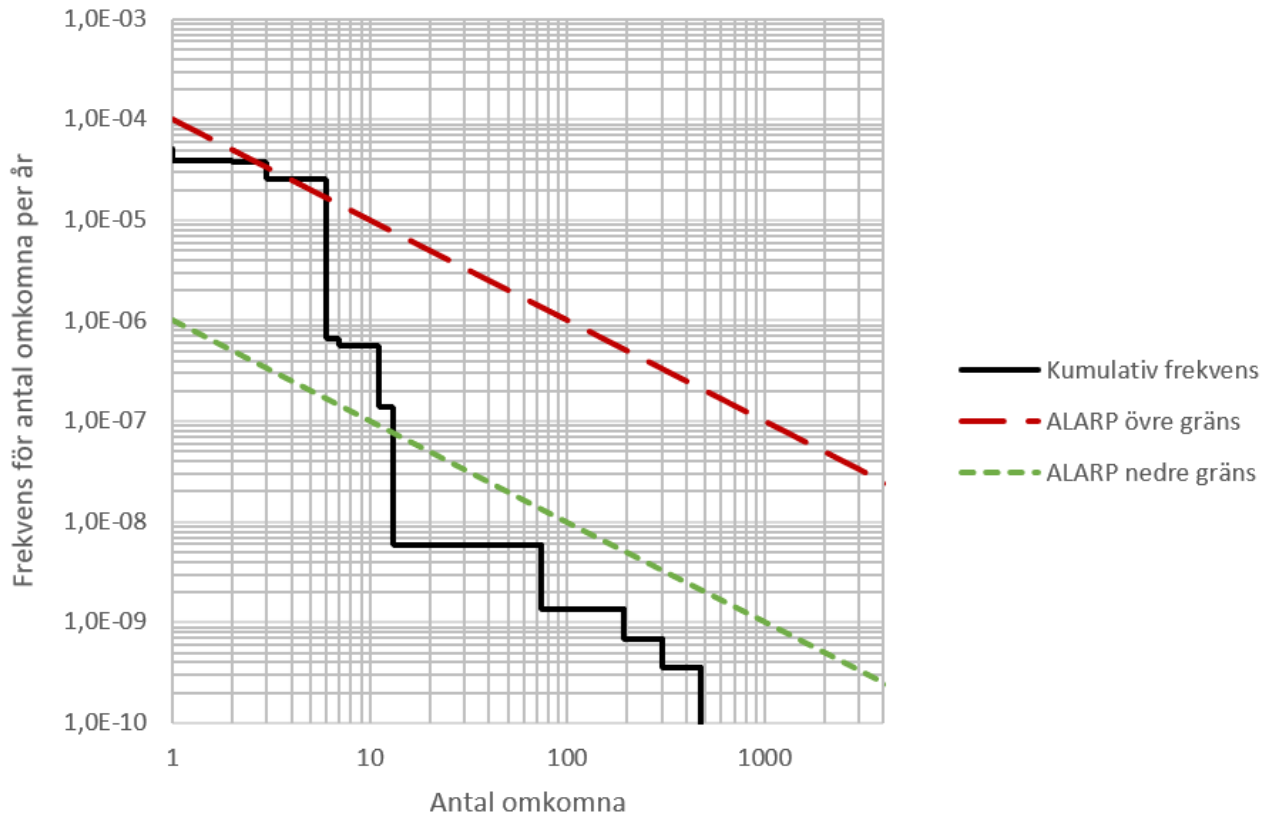
6.1 Individ- och samhällsrisk

Individrisken intill Roslagsvägen presenteras i Figur 7. Samhällsrisk presenteras i Figur 8.



Figur 7. Individrisk intill Roslagsvägen.

Genomförda beräkningar visar på en individrisk i mellersta ALARP-området, 0-26 meter från närmaste väggkant och under ALARP från 27 meter till väggkant.



Figur 8. Samhällsrisk för området med omgivning intill Roslagsvägen.

Utifrån genomförda beräkningar framgår det att samhällsrisk är strax ovanför eller i den övre delen av ALARP för 6 eller färre omkomna, under ALARP för 13 eller fler omkomna och inom ALARP för 6-13 omkomna.



7 Riskvärdering

Beräknad samhällsrisik är oacceptabel vid jämförelse med kvantitativa acceptanskriterier. Med anledning av detta föreslås ett skyddsavstånd mellan Roslagsvägen och ny bebyggelse på 28 meter. De scenarion som främst ger upphov till de förhöjda risknivåerna är kopplat till pölbränder vid olyckor med klass 3 (scenario R(3)), samt, gasmolnsbrand i klass 2.1 (scenario R(2.1a)). Pölbränder har större sannolikhet, medan gasmolnsbrand har ett större konsekvensområde. För att reducera dessa risker behöver åtgärder vidtas som minskar risken kopplat till värmestrålning från sådana olyckor.

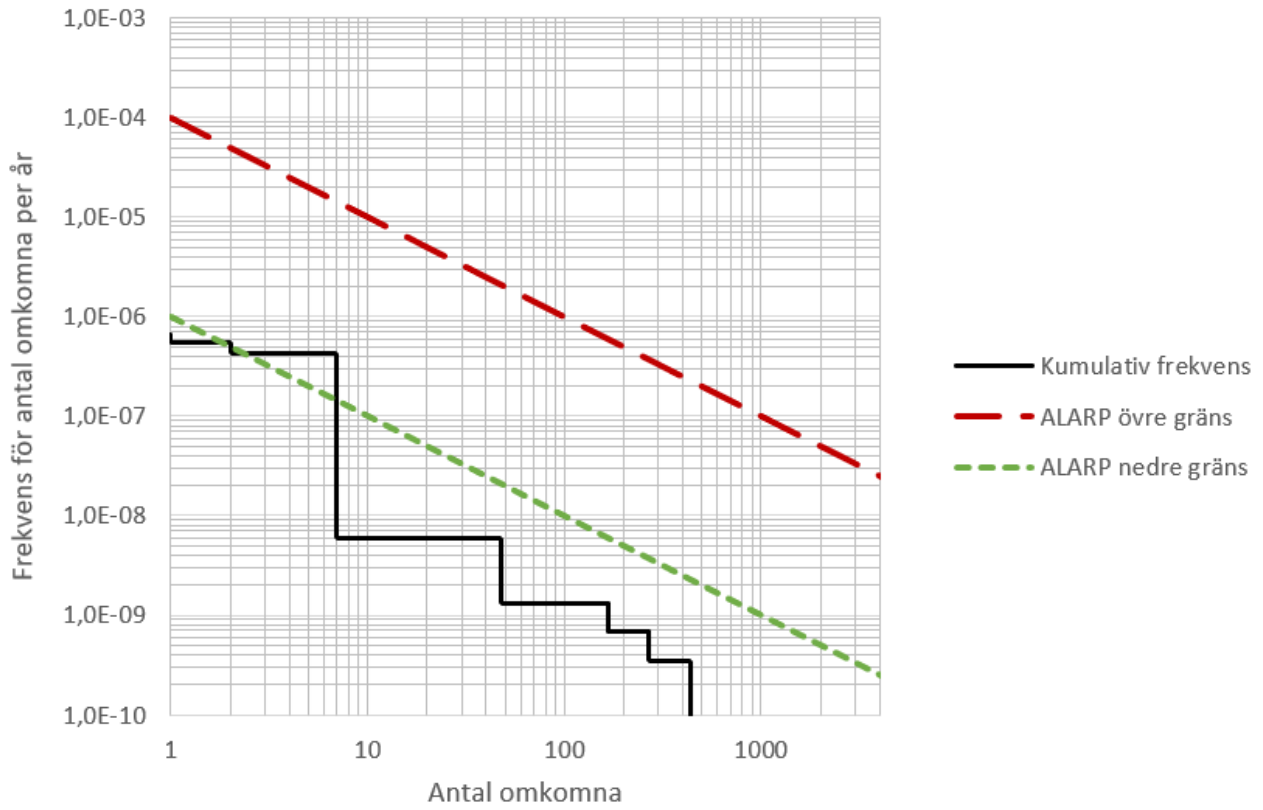
För att reducera de förhöjda risknivåerna föreslås följande riskreducerande åtgärder:

1. Bostäder uppförs minst 28 meter från Roslagsvägens närmaste väggkant (motsvarar 25 meter från eventuellt nytt framtida körfält på Roslagsvägen (E18)).
2. Fasader, belägna inom 33 meter från närmaste väggkant (motsvarar 30 meter från eventuellt nytt framtida körfält på Roslagsvägen (E18)), utförs i lägst brandteknisk klass EI 30 (alternativt i obrännbart material).
3. Fönster och inglasade loftgångar, belägna inom 33 meter från närmaste väggkant (motsvarar 30 meter från eventuellt nytt framtida körfält på Roslagsvägen (E18)), utförs i lägst brandteknisk klass EW 30.
4. Friskluftsintag riktas bort från vägen.
5. Varje lägenhet, i de byggnader som ligger i anslutning till Roslagsvägen, ska ha tillgång till en utgång som vetter bort från vägen.

Bibehållen markanvändning i form av parkeringshus inom 28 meter av Roslagsvägens närmaste väggkant bedöms acceptabel, med hänsyn till risknivåerna och att det rör sig om icke stadigvarande vistelse.

7.1 Verifiering av åtgärd

Det scenario som ger störst påverkan på individrisken inom 30 meter är strålning från pölbrand. Konsekvenserna av pölbranden kan hanteras genom införande av brandklassade glas i minst EW30 och obrännbar fasad (eller motsvarande EI30) för den del av byggnaden som ligger inom 30 meter från nytt tillkommande körfält på Roslagsvägen. Åtgärden kommer visserligen enbart påverka risken inom den aktuella fastigheten och för personer som vistas i de aktuella byggnaderna, men då det sedan tidigare redan finns ett bebyggelsefritt avstånd på 30 meter från Roslagsvägen längs med den studerade vägsträckan (med undantag för ett litet antal mindre garagebyggnader) bedöms skyddsåtgärden kunna anses gälla för hela den studerade vägsträckan. Skyddsåtgärdena kommer inte heller att skydda personer som vistas utomhus, men dessa förväntas vara vakna och ha en möjlighet att förflytta sig bort från platsen vid en eventuell olycka. Resultatet av de samlade åtgärdernas effekt är att samhällsrisken hamnar under eller i det nedre ALARP-området, vilket visas i Figur 9.

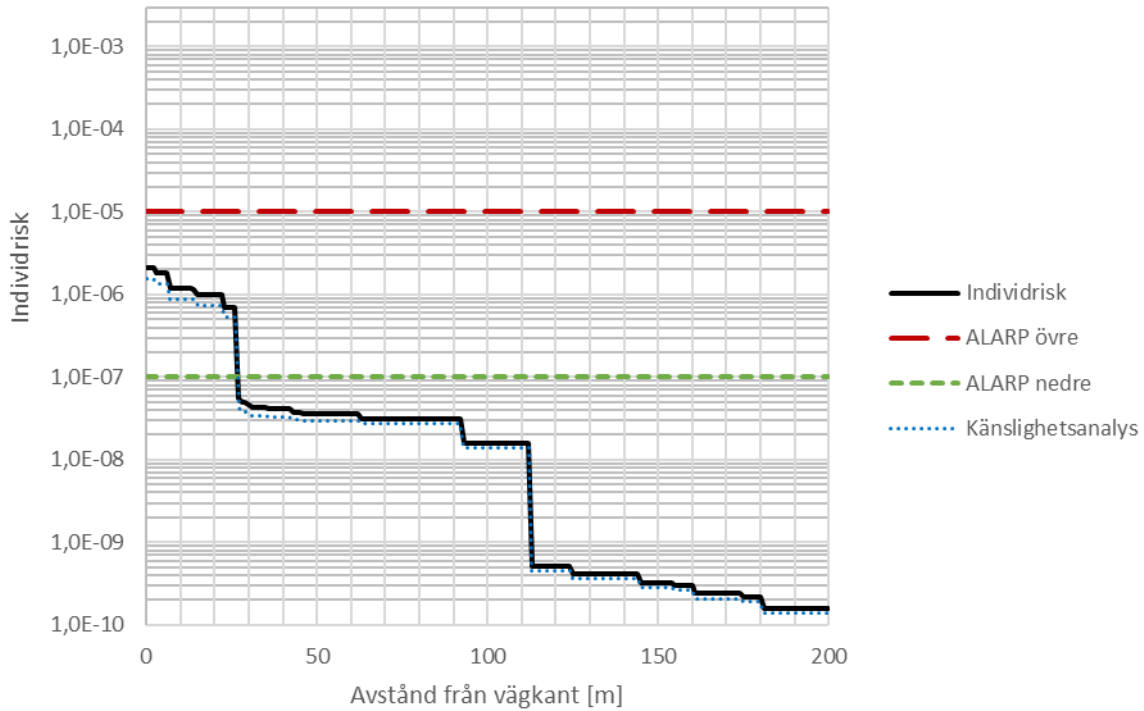


Figur 9. Samhällsrisik för området intill Roslagsvägen med omgivning efter införande av ett skyddsavstånd på 25 meter, och brandskydd i fasad och fönster.

Samhällsrisiken sjunker med dessa åtgärder under eller till det nedre ALARP-området. Det är främst gasmolnsbrand och jetflamma, där personer som vistas utomhus har svårt att skydda sig, som medför att samhällsrisiken är i nedre delen av ALARP för ett fåtal omkomna. Då ytterligare riskreducerande åtgärder inte bedöms vara rimliga att genomföra bedöms samhällsrisiken vara acceptabel. Med föreslagna riskreducerande åtgärder bedöms individrisiken vara acceptabel för bostadsbebyggelse 25 meter från väggkant.

7.2 Känslighetsanalys med fördelning av farligt gods 2019

Sedan upprättandet av den ursprungliga riskanalysen har såväl mängden farligt gods som andelen farligt gods av de totala tunga transporterna minskat [15]. För att visa hur de trenderna i transporterna med farligt gods på lastbil påverkar riskbilden för den aktuella fastigheten har individrisiken beräknats för området med de nya förutsättningarna.



Figur 10. Individrisk längs med Roslagsvägen beräknat med ursprunglig nationell fördelning (2016, svart heldragen linje) och senast tillgänglig statistik (2019, blå prickad linje)

Då mängden farligt gods som transporteras på lastbil har minskat så har också den förväntade individrisken minskat, vilket kan ses i Figur 10.



8 Diskussion

De scenarier som beräknats ge störst påverkan innan införande av riskreducerande åtgärder är pölbränder av brandfarlig vätska, klass 3.

Med hänsyn till vägens lutning, samt skyddande trottoarkant, är det osannolikt att centrum av varje pölbrand ska hamna vid vägkanten närmast planområdet. Pölen kommer i de flesta fall istället att rinna söderut längs vägbanan på grund av vägens lutning och inte ge upphov till den pölbredd, och resulterande värmestrålning, som annars associeras med hålstorleken för läckaget, varför konsekvenser från dessa scenarier bedöms ha skattats konservativt. Till följd av aktuell utformning av Roslagsvägen bedöms inte heller några ytterligare åtgärder krävas med hänsyn till de höjdskillnader som finns mellan Roslagsvägen och planerad bebyggelse. Detta då spill förväntas rinna bort från den planerade bebyggelsen och trottoarkanten skyddar initialt från att spill ska rinna ner direkt mot bebyggelsen.

Avtagsvägens utformning bedöms gynnsam, i det att det är osannolikt att någon av misstag svänger av med bibehållen hastighet (se Figur 6).

Beräknad samhällsrisik bedöms vara förknippad med robusthet då ytan för de stora konsekvensområdena till viss del kommer att utgöras av öppet vatten eller hindras i sin spridning av skogsområdet söder om bron.

Vid utsläpp av giftig gas kan höjddifferensen mellan Roslagsvägen och omgivningen påverka konsekvensområdets utformning. Höjddifferensen förväntas ge ett marginellt större konsekvensområde, men med lägre koncentration. Antalet omkomna i händelse av en olycka förväntas inte ändras som följd av detta.

8.1 Övriga utredningsbehov ej kopplade till olycksrisker

Närheten till likriktarstationen inom Triangeln 1 och tunnelbanan behöver beaktas. Detta skedde genom en separat utredning för elektromagnetisk strålning från likriktarstationen som gjordes till samråd, respektive att förhålla sig till etablerade avstånd gällande skyddszon och riskområde till tunnelbanan.

I tidigare riskinventering [2] konstaterades att likriktarstationen som finns på området och är lokaliserad utanför det som benämndes som Hus 1 (vilket i det nuvarande underlaget ersatts av Hus 2 och Hus 3), låg på ett avstånd på omkring 5 meter till huskroppen i och med förändringarna av byggnadskropparna så har det kortaste avståndet nu ökat till 12 meter-. Enligt Elsäkerhetsverkets föreskrifter om starkström måste en sådan anläggning vara utförd enligt god elsäkerhetsteknisk praxis [20]. Detta innebär i praktiken att svensk standard ska följas. Enligt SS-EN 61936-1 framgår att minsta avstånd mellan transformatorstation och brännbar byggnadsdel ska vara 5 meter [21]. Under förutsättning att avståndet inte understiger 5 meter bedöms riskerna förknippade med brand och rök vara acceptabla.



9 Slutsatser

Riskutredningens slutsats är att olyckor förknippade med transport av farligt gods på Roslagsvägen ger upphov till en förhöjd individ- och samhällsrisk för planområdet med omgivning. Inga andra riskkällor (farliga verksamheter och verksamheter med tillstånd att hantera brandfarliga varor) har identifierats inom ett avstånd som bedöms påverka planområdets risknivå.

För att reducera risknivåerna (till följd av farligt gods-transporter på Roslagsvägen) till acceptabla nivåer och möjliggöra planerad bebyggelse har följande riskreducerande åtgärder föreslagits och dess effekt verifierats. Åtgärderna återges i det följande:

1. Bostäder bör uppföras minst 28 meter från Roslagsvägens närmaste vägkant (motsvarar 25 meter från eventuellt nytt framtida körfält på Roslagsvägen (E18)). Bibehållen markanvändning inom 28 meter, i form av parkering, bedöms acceptabel givet nedanstående skyddsåtgärder.

Inom 33 meter från Roslagsvägens närmaste vägkant (motsvarar 30 meter från eventuellt nytt framtida körfält på Roslagsvägen (E18)):

2. Glas ska utföras i lägst brandteknisk klass EW30.
3. Fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30.
4. Friskluftsintag ska riktas bort från vägen.
5. Varje lägenhet, i de byggnader som ligger i anslutning till Roslagsvägen, ska ha tillgång till en utgång som vetter bort från vägen.

De föreslagna åtgärderna medför att förutom att rekommenderat skyddsavstånd med avseende på brand till likrikstarstation uppfylls kommer även åtgärder i fasad och ventilation innebära att påverkan från brand och rök minimeras. Föreslagen utformning med takterrasser mot Roslagsvägen bedöms ej heller omöjliggöras utifrån den aktuella riskbilden inom området.



10 Referenser

- [1] Varg Arkitekter och Stena Fastigheter, "Triangeln Samrådshandlingar FK 2018-05-18," Stockholm, 2018.
- [2] Briab, "Del av Kv Triangeln mfl, Bergshamra – Riskinventering," Stockholm, 2018.
- [3] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [4] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för riskanalyser som beslutsunderlag," Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm, 2003.
- [5] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskanalyser i detaljplaneprocessen – vem, vad, när & hur?," Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm, 2003b.
- [6] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer. Samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods," Stockholm, 2000.
- [7] Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen – Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [8] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods," 2016.
- [9] Trafikverket (mail) Anders Ferdinandsson , "Prognos 2040," 21 feb 2020.
- [1 "Solna stad: Befolkningsprognos," Mars 2017. [Online]. Available:
0] <https://www.solna.se/Global/Om%20Solna/statistik/Befolkningsprognos%20Solna%20stad%202016-2026.pdf>.
- [1 Statistiska Centralbyrån, "Land- och vattenareal per den 1 januari efter region och arealtyp. År
1] 2012 - 2017," [Online]. Available:
http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__MI__MI0802/Areal2012/table/tableViewLayout1/?rxid=6533d74d-99ca-4d33-96c1-403ecc3da63a. [Använd 29 Maj 2017].
- [1 Solna stad, "Solna stad: Befolkningsprognos 2020-2029," Decembrer 2019. [Online]. Available:
2] https://www.solna.se/download/18.5a379439170a6008e683120/1583405447519/Solna_Befolkningsprognos_2020-2029.pdf.
- [1 J. Lindhe, Interviewee, *More Activities*. [Intervju]. 3 April 2017.
3]



[1 Trafa, "Lastbilstrafik 2016 helår," Trafa, 2017.

4]

[1 Räddningsverket, "Farligt gods - riskbedömning vid transport- Handbok för riskbedömning av

5] transporter med fatligt gods på väg och järnväg," Räddningsverket, Karlstad, 1996.

[1 F. Alonso, "Characteristic overpressure-impulse-distance curves for the detonation," *Journal*

6] *of Loss Prevention in the Process Industries* 19 (2006), p. 724-728, 2006.

[1 MSB, *Spridning Luft 1.4.3.*, <https://www.msb.se/sv/Produkter--tjanster/RIB/Support-->

7] [anvandarstod/Nedladdningssida/](https://www.msb.se/sv/Produkter--tjanster/RIB/Support--).

[1 U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Estimating Radiant Heat Flux from Fire to a Target Fuel

8] at Ground Level in Presence of Wind (Tilted Flame) Solid Flame Radiation Model," Juli 2013.

[Online]. Available: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr1805/s1>.

[Använd 8 Maj 2017].

[1 NOAA, "ALOHA Areal Locations of Hazardous Technical Documentation:

9] http://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/ALOHA_Tech_Doc.pdf,"

DEPARTMENT OF COMMERCE • National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ,
Seattle, WA, 2013.

[2 Elsäkerhetsverket, "Starkströmsföreskrifterna ELSÄK-FS 1999:5," 1999.

0]

[2 SEK Svensk Elstandard, "SS-EN 61936-1 Starkströmsanläggningar med nominell spänning

1] överstigande 1 kV AC," 2011.

[2 Räddningsverket, "Kartläggning av farligt godstransporter," 2006.

2]

[2 G. Nilsson, "Vägtransporter med farligt gods - Farligt gods i vägtrafikolyckor," VTI rapport,

3] 1994.

[2 HMSO, "Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances," Advisory Commitee

4] on Dangerous Substances Health & Safety Commission, Londo, 1991.

[2 MSB, "Myndigheten för samhällsskydd och beredskap - MSB," 09 2006. [Online]. Available:

5] <http://www.msb.se/farligtgods>. [Använd 20 november 2012].

[2 S. Fréden, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar

6] omgivningen, Rapport 2001:15," Banverket, Stockholm, 2001.



[2 G. Purdy, "Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail," Journal of
7] Hazardous Materials, vol 3, p. 229-259, 1993.

[2 "SMHI Öppna data," 2017. [Online]. Available: [http://opendata-download-](http://opendata-download-8] metobs.smhi.se/explore)

[2 Kemikalieinspektionen, "Kemi-stat," [Online]. Available: <http://webapps.kemi.se/kemistat/>.
9] [Använd 20 Maj 2017].

[3 FOA, "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gas och vätskor," Försvarets Forskningsanstalt,
0] Stockholm, 1998.

[3 OGP, "International Association of Oil & Gas Producers," 2010. [Online]. Available:
1] <http://www.ogp.org.uk/pubs/434-14.pdf>.

[3 Center for Chemical Process Safety, "Guidelines for Chemical Process Quantative Risk
2] Analysis," American Institute of Chemical Engineers, New York, 2000.

[3 National Oceanic and Atmospheric Administration, "Office of Response and Restoration -
3] Emergency Response Planning Guidelines (ERPGs)," [Online]. Available:
[http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-](http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/emergency-response-planning-guidelines-erpgs.html)
spills/resources/emergency-response-planning-guidelines-erpgs.html. [Använd 9 Juni 2017].

[3 Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, "RIB, Farliga ämnen," MSB, [Online].
4] Available: <https://rib.msb.se/portal/template/pages/kemi/Substance.aspx?id=2594>. [Använd
9 Juni 2017].

[3 American Industrial Hygiene Association, "Current ERPG Values (2016)," [Online]. Available:
5] [https://www.aiha.org/get-](https://www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines/Documents/2016%20ERPG%20Table.pdf)
involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines/Documents/201
6%20ERPG%20Table.pdf. [Använd 9 Juni 2017].

[3 Trafikverket, "Vägtrafikflödeskartan," [Online]. Available:
6] <http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>. [Använd 29 Maj 2017].

[3 Trafikverket, "E18 Frescati - Bergshamra--
7] Stocksundsbron, förbättrat kapacitet och säkerhet, VST200," 2013.

[3 Trafikverket, "Planbeskrivning för vägplan Väg E18, trafikplats Bergshamra och
8] Stocksundsbron, Solna".



Bilaga 1 – Olycksfrekvensberäkningar för farligt gods

De beräkningsmetoder och indata som används för att beräkna olycksfrekvenser för farligt gods-olyckor presenteras i denna bilaga.

En olycka med en farligt gods-transport kan leda till olika följdhändelser såsom punktering, läckage, antändning etc. Sannolikheten för dessa följdhändelser behöver uppskattas för att kunna uttala sig om hur olyckan bidrar till ett områdes risknivå.

Olycksfrekvens

Det som avses med farligt gods-olycka i detta fall är att en trafikolycka inträffar och att ett fordon som transporterar farligt gods är inblandat.

Roslagsvägen

För att uppskatta olycksfrekvenser nyttjas en modell som tagits fram av Räddningsverket, nuvarande MSB [15]. Modellen är en indexmodell som grundar sig på bland annat hastighetsbegränsning, vägtyp och antalet filer. Förutsättningarna gäller de för Roslagsvägen intill aktuellt planområde och olycksfrekvensen beräknas för 1 km vägsträcka. Trafikmängden (ÅDT, årsdygnstrafik) har uppskattats till 75 000 fordon.

Trafikarbetet för sträckan beräknas till:

$$75\,000 \text{ (fordon)} \times 365 \text{ (dygn)} \times 1 \text{ (km)} \approx 27 \text{ miljoner fordonskilometer per år.}$$

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

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

Roslagsvägen har längs den aktuella sträckan hastighetsgränsen 70 km/h. Detta ger utifrån modellens beräkningsmatris [15] en olyckskvot på 0,6.

Förväntat antal fordonsolyckor längs sträckan blir: $O \approx 0,6 \times 27 \approx 16$ olyckor/år

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor per år beräknas enligt sambandet:

$$O \times ((Y \times X) + (1-Y) \times (2X-X^2))$$

Där:

O = Antalet trafikolyckor på aktuell vägsträcka

Y = Andelen singelolyckor

X = Andelen fordon skyltade som farligt gods

Andelen fordon skyltade som farligt gods (X) är ca 0,13 % baserat på antalet transporter som uppskattats i avsnitt 5.2.

Utifrån områdets karaktär ger beräkningsmatrisen andelen singelolyckor till (Y) = 0,3. För att få fram antalet farligt gods-olyckor per år används slutligen sambandet:

$$O \times ((Y \times X) + (1-Y) \times (2X-X^2)) \approx 16 \times ((0,3 \times 0,0013) + (1 - 0,3) \times (2 \times 0,0013 - 0,0013^2)) \approx$$



≈ 3,5 x 10⁻² olyckor/år

Detta motsvarar en trafikolycka som involverar transporter av farligt gods på ungefär 28 år längs med Roslagsvägen intill området (på en 1 km lång sträcka). En olycka behöver dock inte medföra sådan åverkan på godset att allvarliga konsekvenser uppstår och omgivningen påverkas.

Fördelning mellan olika farligt gods-klasser

Olycksfrekvensen antas vara oberoende av vilken typ av farligt gods som transporteras vilket medför att olycka med en viss typ av farligt gods är direkt proportionell mot antalet transporter i den farligt gods-klassen. Fördelningen av transporterna för respektive klass grundar sig på *Lastbilstrafik 2016* [14], med skalning inom klass 2 enligt [22] och presenteras nedan i Tabell 5.

Tabell 5. Förväntade andelar transporter farligt gods på Roslagsvägen fördelad efter ADR-klass.

ADR-klass	Andel
1 – Explosiva ämnen och föremål	1,2 %
2.1 – Brandfarliga gaser	3,7 %
2.3 – Giftiga gaser	0,3 %
3 – Brandfarliga vätskor	59 %
6 – Giftiga eller smittförande ämnen	11 %
8 – Frätande ämnen	7,9 %

Frekvenser för utsläpp och antändning

I detta avsnitt presenteras med vilka frekvenser olyckorna leder till konsekvenser som utsläpp och/eller spridning och antändning.

Explosiva ämnen (klass 1)

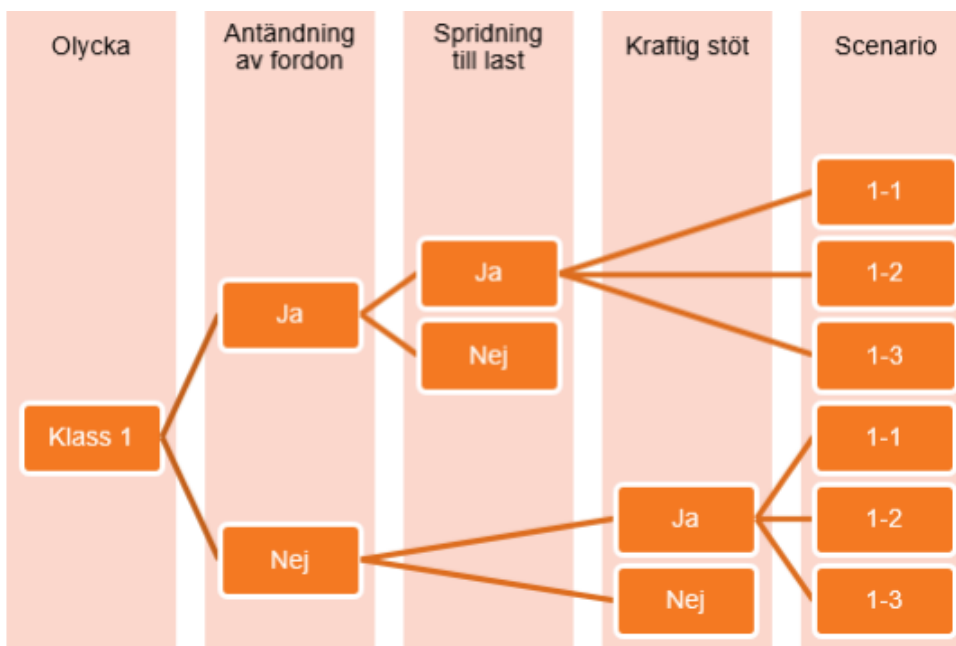
Andelen explosiva ämnen som transporteras är låg men konsekvenserna kan bli omfattande med flertalet omkomna. Antändning av explosiva ämnen som transporteras kan i huvudsak ske på två sätt: yttre krafter eller via en tändkälla. Sannolikheten för att brand ska uppstå vid farligt gods-olycka har uppskattats till 0,4 % [23]. Det antas att hälften av dessa bränder leder till en explosion av lasten. Sannolikheten att ämnet detonerar/deflagrerar till följd av krafterna från en kollision har uppskattats till mindre än 0,2 % [24]. Olika laststorlekar ger upphov till olika konsekvenser. Fördelningen över hur vanligt förekommande olika lastmängder är framgår i Tabell 6.



Tabell 6. Lastmängder för farligt gods-transporter (klass 1).

Lastmängd [kg]	Andel av transporter i denna klass	Kommentar
16 000	0,5 %	Uppskattning baserad på statistik över genomfartstransporter [25]. Mycket ovanligt med så stor mängd, anses utgöra värsta möjliga scenario.
150–1500	14,5 %	-
<150	85 %	Huvuddelen av transportererna bedöms utgöras av mindre mängder än 150 kg.

I Figur 11 beskrivs olycksförloppet för olycka involverande klass 1 i ett händelsetråd.



Figur 11. Händelsetråd för olycka med farligt gods-klass 1.

Tryckkomprimerade och tryckkondenserade gaser (klass 2)

Ämnen inom klass 2 transporteras främst som tryckkondenserade gaser och behållarna klarar högre påfrestningar. Studier har visat att sannolikheten för att punktera en behållare avsedd för tryckkondenserade gaser är 1/30 av sannolikheten för "normala" behållare avsedda för transporter av farligt gods [26]. Omfattningen av ett läckage beror på hålstorleken. Hålstorlekarna som bedöms kunna uppstå presenteras i Tabell 7.



Tabell 7. Hålstorlekar och sannolikhet att de uppkommer [15].

Hålstorlek [cm ²]	Sannolikhet
0,1	62,5 %
0,8	20,8 %
16,4	16,7 %

Olycka med brännbara gaser (klass 2.1)

För brännbara gaser bedöms ett utsläpp kunna resultera i fyra scenarier:

- Ingen antändning
- Jetflamma
- Gasmolnsbrand
- BLEVE (Boiling Liquid Expanded Vapour Explosion)

Om den trycksatta gasen antänds omedelbart efter läckage uppstår en jetflamma.

Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med hjälp av vinden och sedan leder till antändning.

Sannolikheten för antändning givet läckage uppskattas utifrån data i [27] och presenteras i Tabell 8.

Tabell 8. Sannolikhet för antändning givet en viss utsläppsmängd.

Scenario	Sannolikhet för antändning	Kommentar
gasmolnsbrand	50 % vid utsläpp < 1500 kg (litet utsläpp) 65 % vid utsläpp = 1500 kg (medelstort utsläpp) 80 % vid utsläpp > 1500 kg (stort utsläpp)	Sannolikheten för antändning vid medelstort utsläpp uppskattas med linjär interpolation mellan sannolikheterna vid litet (< 1500kg) och stort (> 1500 kg) utsläpp.
Jetflamma	10 % vid utsläpp < 1500 kg (litet utsläpp) 15 % vid utsläpp = 1500 kg (medelstort utsläpp) 20 % vid utsläpp > 1500 kg (stort utsläpp)	

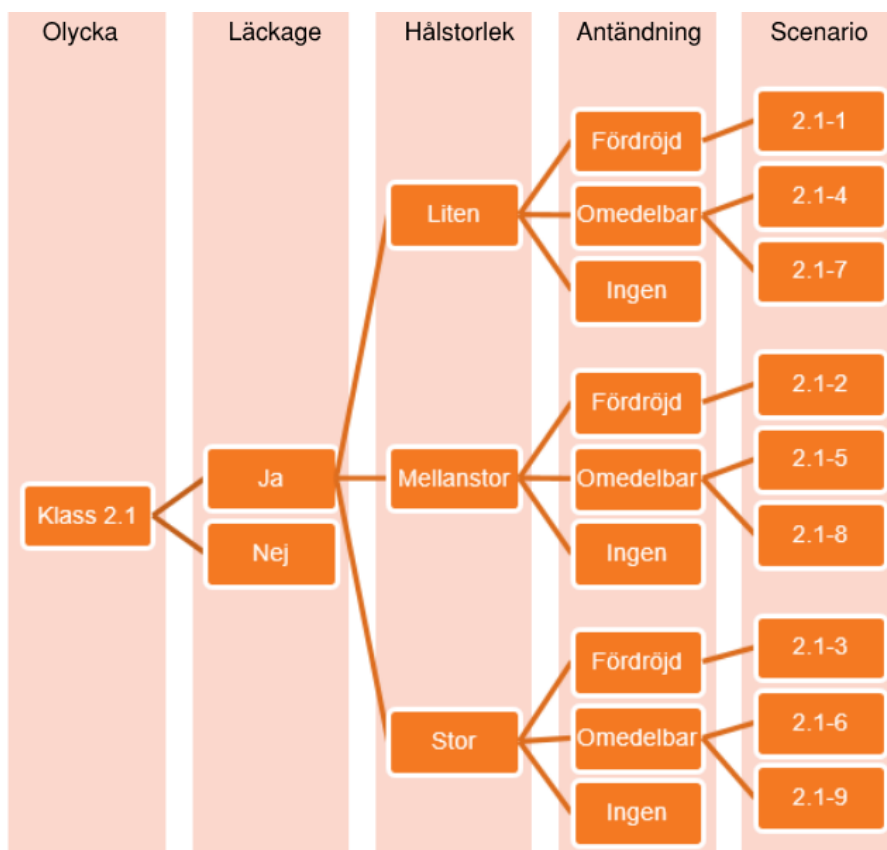
BLEVE kan endast inträffa om gasbehållarnas säkerhetsventil saknas eller inte är tillräcklig och gasbehållaren utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid. Eftersom sannolikheten för BLEVE är väldigt liten och svårkalkylerad, men konsekvensen kan bli stor, antas sannolikheten vara 1 %. Olycksscenario med antagna sannolikheter presenteras i Tabell 9.



Tabell 9. Antagen kvantitet och fördelning i händelse av BLEVE.

Mängd [kg]	Sannolikhet
5000	33 %
10 000	33 %
20 000 (motsvarar en full tank)	33 %

I Figur 12 beskrivs olycksförloppet i ett händelsetråd.



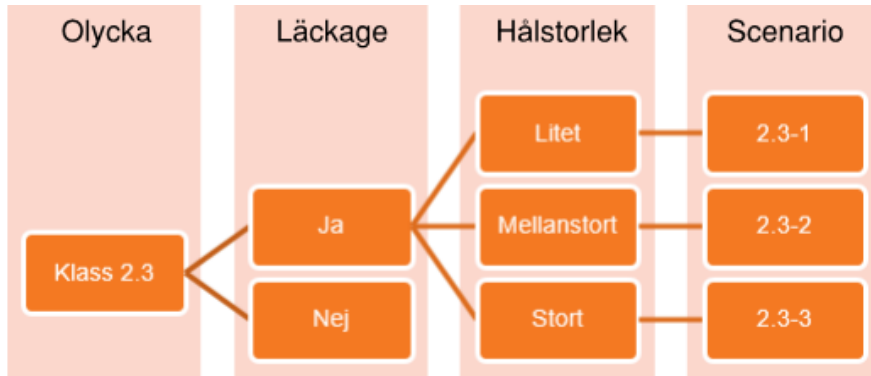
Figur 12. Händelsetråd för olycka med farligt gods-klass 2.1.

Olycka med giftiga gaser (klass 2.3)

Giftiga gaser-utsläpp ger störst konsekvens åt det håll som vinden blåser. En högre vindstyrka ger upphov till en större spridning, men lägre koncentration. Vindriktningen ligger historiskt/statistiskt mot aktuellt planområde i nära 60 % av fallen [28]. Det farliga gods som anses representativt (för transport på väg) är den giftiga gasen svaveldioxid.



I Figur 13 beskrivs olycksförloppet i ett händelseträäd.



Figur 13. Händelseträäd för olycka med farligt gods-klass 2.3.

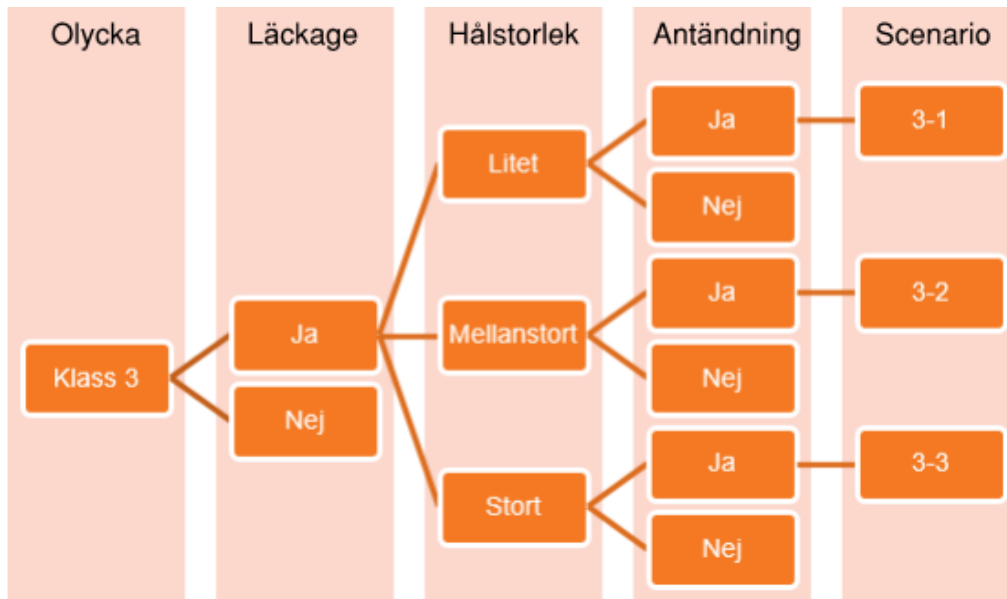
Brandfarliga vätskor (klass 3)

För att en olycka ska leda till större konsekvenser måste både läckage och antändning av den brandfarliga vätskan ske. I huvudsak transporteras bensin och diesel i denna klass. Eftersom diesel, till följd av dess låga flampunkt, sannolikt inte antänds så anses bensin som representativt i klassen. Sannolikheten för att en olycka med farligt gods-transport inblandad leder till läckage har bedömts vara 13 % [15]. Vidare har sannolikheten för antändning givet läckage uppskattats till 3,3 % [24].

Tabell 10. Uppskattade pölstorlekar baserat på sannolikheten för olika omfattning på läckage [15].

Pölstorlek [m ²]	Sannolikhet
50	25 %
200	25 %
400	50 %

I Figur 14 beskrivs olycksförloppet i ett händelseträäd.

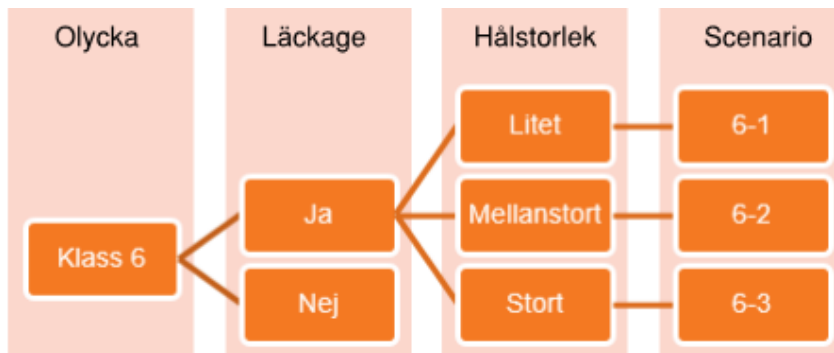


Figur 14. Händelseträd för olycka med farligt gods-klass 3.



Giftiga ämnen (klass 6)

Uppgifter om hur mycket av ett flertal giftiga ämnen som hanteras i samhället är sekretessbelagda [29]. Antaget ämne är dimetylsulfat och det antas att 5 % av alla transporter i klass 6 sker med detta ämne. Sannolikt är detta en överskattning då fenol och liknande mindre giftiga ämnen hanteras i mycket stora mängder [29]. Sannolikheten för pölstorlekar vid ett läckage följer Tabell 10. Scenarioförloppet illustreras med ett händelseträd i Figur 15.

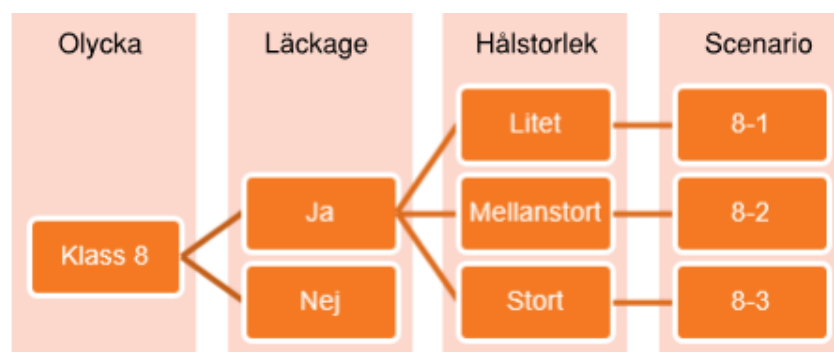


Figur 15. Händelseträd för olycka med farligt gods-klass 6.

Frätande ämnen (klass 8)

Majoriteten av de syror som hanteras (i samhället) är med god marginal svavelsyra [29], men denna syra förväntas i normalfallet inte ge upphov till långa konsekvensavstånd. Antaget ämne är därför saltsyra som har potential att ge längre konsekvensavstånd. Baserat på hanterade mängder saltsyra i samhället [29] antas att 5 % av alla transporter i klass 8 sker med saltsyra.

Saltsyra transporteras i koncentrationer omkring 36 % och kan vid olycka och läckage ge upphov till spridning av ett giftigt eller frätande moln. I Figur 16 beskrivs olycksförloppet i ett händelseträd.



Figur 16. Händelseträd för olycka med farligt gods-klass 8.



Bilaga 2 – Konsekvensberäkningar för farligt gods

För att tydliggöra hur olyckshändelser påverkar människor inom aktuellt planområde med omgivning presenteras inledningsvis i denna bilaga vad det är som är orsaken till skada.

Konsekvensområdet för varje olycksscenario representeras i de kommande beräkningarna av ytor som beräknas utifrån konsekvensavståndet längs med vägen (parallellt) och vinkelrätt mot vägen.

Nyttjad befolkningstäthet för planområdet med omgivning i beräkningarna är 6800 personer per km² (se avsnitt 3.3) år 2030.

Med hjälp av konsekvensområde och befolkningstäthet kan antalet omkomna beräknas för respektive olycksscenario.

Gränsvärden för påverkan

Gränsvärden för explosion

Vid en explosion med massexplösiva ämnen (klass 1.1) kan människor i området omkomma till följd av det infallande övertrycket eller av rasmassorna från en byggnad som kollapsar. Hälften (LP50) av de som utsätts för ett övertryck på 260 kPa kan förväntas omkomma och en procent (LP1) av de som utsätts för 180 kPa kan förväntas omkomma [30].

Gränsvärden för värmestrålning

Vid brand avges energi från flammorna till omgivningen delvis i form av strålning. I Tabell 11 presenteras kritiska strålningsnivåer och vilka effekter de ger på omgivningen.

Tabell 11. Effekter vid olika strålningsnivåer.

Strålningsnivå [kW/m ²]	Påverkan
10	Normalt glas spricker
15	Oklassat fönster spricker Maximal tillåten strålningsnivå för kortvarig exponering vid utrymning
25	Spontan antändning av trä vid långvarig strålning 100 % dödsfall vid kortvarig exponering

Med stöd i dessa strålningsnivåer ansätts den strålningsnivå där 100 % antas omkomma till 15 kW/m². Detta antas gälla vid långvarig exponering, mer än enbart några sekunder. Lägre strålningsnivå än så ger inga omkomna.

Vid kortvarig exponering har det ansetts sannolikt att omkomma av en strålningseffekt på 35 kW/m² [31]. I samma publikation anges att en strålningseffekt på 25 kW/m² troligen ger dödsfall efter en något längre exponering. I aktuell analys antas att 25 kW/m² ger 100 % dödsfall vid kortvarig exponering (mindre än 10 sekunder). Sådan exponering är aktuell vid BLEVE.



Vid gasmolnsbrand är exponeringen ännu kortare, någon tiondels sekund [32]. Effekten av värmestrålningen på omgivningen är således mildare i jämförelse med exempelvis effekten från en pölbrand [32]. Det antas i det följande att 100 % omkommer i områden där blandningen av den brännbara gasen och luften ligger över 60 % av gasens lägre brännbarhetsgräns.

Gränsvärden för giftig gas

Skadeberäkningarna för utsläpp av giftig gas har analyserats i programmet Spridning Luft 1.4.3, vilket bygger på probitmodellen och gränsvärden etablerade i bland annat *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker* [30]. Samtliga inom ytan för 99 % dödlighet antas omkomma, samt 50 % inom ytan för 1 till 99 %.

Gränsvärden för giftiga ämnen

Det giftiga ämne som antas kunna medföra dödliga konsekvenser vid olycka av transport på väg är dimetylsulfat, $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$. Valt gränsvärde för dimetylsulfat är *Acute Exposure Guideline Level 3*, eller AEGL-3, utvärderat för en timmas exponering. AEGL-3 definieras som den luftburna koncentration vid vilken den generella populationen skattats kunna få livshotande hälsoeffekter eller omkomma [33]. AEGL-3 för dimetylsulfat är en koncentration på 1,6 ppm [34]. Det antas att 10 % som utsätts för denna koncentration dör medan en lägre koncentration inte ger några dödsfall.

Gränsvärden för frätande ämnen

Valda gränsvärden är ERPG-3. ERPG-3 definieras som den högsta luftburna koncentration som nästan alla kan exponeras för upp till en timme, utan livshotande effekter [33]. ERPG-3 för saltsyra är 150 ppm [35]. Det antas att 10 % av de som utsätts för denna koncentration omkommer.

Konsekvensberäkningar

För att bedöma hur stor påverkan konsekvenser från farligt gods-olyckor längs Roslagsvägen kan ha på planområdet med omgivning genomförs spridningsberäkningar för klass 2.1, 6 och 8 i datorprogrammet ALOHA. Programmet lämpar sig särskilt för beräkning av konsekvenser av läckage från trycksatta tankar och tankar med brandfarliga vätskor [19].

Beräkningar av övertryck till följd av antändning av explosiva ämnen (klass 1) görs med hjälp av handberäkningar framtagna av Alonso m.fl. [16].

Beräkningar för spridning av giftig gas (klass 2.3) görs med hjälp av Spridning Luft [17].

Beräkningar av värmestrålningar från pölbrand av brandfarlig vätska (klass 3) görs med hjälp av ett verktyg framtagit av U.S. Nuclear Regulatory Commission [18], och beräknar högsta värmestrålning från en pölbrands centrum med hänsyn till vindstyrka (vilken antas ligga mot planområdet).

De indata som nyttjats i detta avsnitt återges i Tabell 12.



Tabell 12. Allmän och specifik (för bensin) indata för konsekvensberäkningar.

Variabel	Ingångsvärde
Massavbrinning [kg/m ² s]	0,055 [18]
Effektiv förbränningsvärme [kJ/kg]	43 700 [18]
Empirisk konstant [m ⁻¹]	2,1 [18]
Lufttemperatur [°C]	7,0 [28]
Vind [m/s]	3,4 [28]

Explosiva ämnen (klass 1)

Konsekvensområdet vid explosion beräknas för varje lastmängd explosiva ämnen som anges i Tabell 6. Beräkningarna bygger på ett samband mellan mängden explosivt ämne och det övertryck som uppstår vid ett visst avstånd från detonationen [16]. Resultatet presenteras i Tabell 13. och Tabell 14.

Tabell 13. Avstånd till dödligt övertryck (LP50 = 260 kPa) från detonationens centrum givet olika mängder explosivt ämne.

Mängd explosivt ämne [kg]	Konsekvensavstånd vinkelrätt mot väggkant [m]	Konsekvensavstånd längs med väg [m]	Vinkelrätt, inomhus [m]	Längs med, inomhus [m]
150 kg	13	26	13	26
1500 kg	29	58	29	58
16 000 kg	65	130	65	130

Tabell 14. Avstånd till dödligt övertryck (LP1 = 180 kPa) från detonationens centrum.

Mängd explosivt ämne [kg]	Konsekvensavstånd vinkelrätt mot väggkant [m]	Konsekvensavstånd längs med väg [m]	Vinkelrätt, inomhus [m]	Längs med, inomhus [m]
150 kg	16	32	16	32
1500 kg	35	70	35	70
16 000 kg	79	158	79	158



Brandfarlig gas (klass 2.1)

Konsekvensområdet vid läckage med brandfarlig gas simuleras i *ALOHA* med ämnet propan för samtliga hålstorlekar som angivits i Tabell 7. Vid konsekvensberäkningarna ligger vinden i riktning mot området. Resultaten presenteras i Tabell 15 - Tabell 17.

Tabell 15. Konsekvensområdet för olika hålstorlekar vid gasmolnsbrand.

Hålstorlek [cm ²]	Konsekvensavstånd vinkelrätt mot väggkant [m]	Konsekvensavstånd längs med väg [m]	Vinkelrätt, inomhus [m]	Längs med, inomhus [m]
0,36	11	11	11	11
1	22	22	22	22
4,6	112	122	31	50

Tabell 16. Konsekvensområdet för olika hålstorlekar vid jetflamma.

Hålstorlek [cm ²]	Konsekvensavstånd vinkelrätt mot väggkant [m]	Konsekvensavstånd längs med väg [m]	Vinkelrätt, inomhus [m]	Längs med, inomhus [m]
0,36	10	10	10	10
1	10	20	10	20
4,6	30	55	30	55

Tabell 17. Konsekvensområdet för BLEVE.

Mängd [kg]	Konsekvensavstånd vinkelrätt mot väggkant [m]	Konsekvensavstånd längs med väg [m]	Vinkelrätt, inomhus [m]	Längs med, inomhus [m]
5000	144	290	144	290
10 000	180	362	180	362
20 000 (motsvarar full tank)	224	452	226	452



Giftig gas (klass 2.3)

Konsekvensområdet vid läckage med giftig gas simuleras i *Spridning Luft* med svaveldioxid för samtliga hålstorlekar i Tabell 7. Resultaten presenteras i Tabell 18 och Tabell 19.

Tabell 18. Konsekvensområdet (99 % omkomna) för olika hålstorlekar givet svaveldioxid-läckage.

Hålstorlek [cm ²]	Konsekvensavstånd vinkelrätt mot väggkant [m]	Konsekvensavstånd längs med väg [m]	Vinkelrätt, inomhus [m]	Längs med, inomhus [m]
0,36	4	2	0	0
1	15	8	6	3
4,6	72	19	13	3

Tabell 19. Konsekvensområdet (1 % omkomna) för olika hålstorlekar givet svaveldioxid-läckage.

Hålstorlek [cm ²]	Konsekvensavstånd vinkelrätt mot väggkant [m]	Konsekvensavstånd längs med väg [m]	Vinkelrätt, inomhus [m]	Längs med, inomhus [m]
0,36	12	6	0	0
1	38	20	19	10
4,6	174	46	40	11

Brandfarlig vätska (klass 3)

Konsekvensområdet vid läckage med brandfarlig vätska beräknas med hjälp av NUREGs beräkningsark [18] med ämnet bensin för samtliga pölstorlekar som angivits i Tabell 10. Resultaten presenteras i Tabell 20.

Tabell 20. Konsekvensområdet för olika pölstorlekar givet läckage.

Pölstorlek [m ²]	Konsekvensavstånd vinkelrätt mot väggkant [m]	Konsekvensavstånd längs med väg [m]	Vinkelrätt, inomhus [m]	Längs med, inomhus [m]
50	14	28	14	28
200	22	44	22	44
400	26	52	26	52



Giftiga ämnen (klass 6)

Konsekvensområdet vid läckage i en farligt gods-transport med klass 6 simuleras i *ALOHA* med dimetylsulfat för samtliga pölstorlekar i Tabell 10. Resultaten presenteras i Tabell 21.

Tabell 21. Konsekvensområdet (AEGL-3) för olika hålstorlekar givet dimetylsulfat-läckage.

Pölstorlek [m ²]	Konsekvensavstånd vinkelrätt mot väggkant [m]	Konsekvensavstånd längs med väg [m]	Vinkelrätt, inomhus [m]	Längs med, inomhus [m]
50	11	10	6	2
200	20	20	9	2
400	27	27	13	2

Frätande ämnen (klass 8)

Konsekvensområdet vid läckage i en farligt gods-transport med klass 8 simuleras i *ALOHA* med saltsyra för samtliga pölstorlekar i Tabell 10. Resultaten presenteras i Tabell 22.

Tabell 22. Konsekvensområdet (ERPG-3) för olika hålstorlekar givet saltsyra-läckage.

Pölstorlek [m ²]	Konsekvensavstånd vinkelrätt mot väggkant [m]	Konsekvensavstånd längs med väg [m]	Vinkelrätt, inomhus [m]	Längs med, inomhus [m]
50	24	24	9	9
200	45	20	20	19
400	62	30	24	26



Bilaga 3 – Riskberäkningar för farligt gods

De två riskmått som kvantifieras i denna riskutredning är individ- och samhällsrisk. Dessa kan beräknas först efter att olycksfrekvenser och konsekvensområden har beräknats (se Bilaga 1 och 2). I denna bilaga beskrivs hur individ- och samhällsrisk tas fram.

Individrisk

Individrisk är en platsspecifik risk som anger med vilken frekvens en enskild individ förväntas omkomma under ett år på en specifik plats. Individrisken betraktas i aktuellt fall i en dimension: vinkelrätt mot en transportleds sträckning. För att förstå hur individrisken beräknas beskrivs här ett exempel på individriskbidraget från transport med brandfarlig vätska till ett visst avstånd från vägen.

Det scenario som betraktas är en olyckshändelse som leder till en stor pölbrand. Längs området förväntas en sådan olycka inträffa med en viss frekvens. En olycka med brandfarlig vätska som leder till en stor brand gör att samtliga som befinner sig inom ca 30 meter från brandens centrum omkommer. Bidraget till risknivån blir för detta scenario (inom 30 meter från väggkant) lika med olycksfrekvensen inom konsekvensavståndet längs med vägen, i aktuellt exempel olycksfrekvensen längst 60 meter. Eftersom olycksfrekvensen förbi området är beräknad för 1 km justeras denna frekvens till den som gäller för 60 meter (d.v.s. multipliceras med 60/1000). Beräkningsgången upprepas sedan för olycka involverande respektive farligt gods-klass och omfattningen av olyckan (t.ex. litet, medelstort, stort läckage). Slutligen summeras individriskbidragen vid avstånden 1, 2, 3, ..., meter o.s.v. från väggkant och förs in i ett individriskdiagram.

Samhällsrisk

Samhällsrisk anger med vilken frekvens ett visst antal dödsfall förväntas inom området per år. Samhällsrisk ökar med bland annat ökad längd på området, större konsekvensområden (ytor) och högre befolkningstäthet. Den samhällsrisk som olyckan i föregående stycke (stor pölbrand) ger upphov till utgörs av ett område som sträcker sig ca 30 meter in mot området men även 30 meter in i ett område på andra sidan vägen. Ytan har lite förenklat arean $30 \times 60 \times 2 = 3600 \text{ m}^2$. Om befolkningstätheten inom området är exempelvis 2500 personer/km² och personerna förväntas vara homogent utspridda inom området kommer antalet personer som omkommer till följd av olyckan att bli: $3600 \times 2500 \times 10^{-6} = 9$ personer. Den frekvens med vilken detta inträffar (9 omkomna till följd av olycka med brandfarlig vätska som leder till stor pölbrand) är lika med olycksfrekvensen längs en 1 km lång sträcka. Flera av olyckshändelserna relaterade till farligt gods ger upphov till ett visst antal omkomna. För varje antal omkomna (1, 2, 3, ..., omkomna) summeras med vilken frekvens det antalet omkommer. Slutligen förs detta in i ett så kallat F/N-diagram.