



Bebyggelseplanering och farligt gods i Ulricehamns kommun



Översiktlig riskanalys som underlag till riktlinjer för
bebyggelseplanering intill transportleder för farligt gods

2019-01-31



Projektinformation

Projektnamn: Bebyggelseplanering och farligt gods i Ulricehamns kommun

Ärende: Översiktlig riskanalys som underlag till riktlinjer för bebyggelseplanering intill transportleder för farligt gods

Kommun: Ulricehamns kommun

Uppdragsgivare Ulricehamns kommun

Kontaktperson: Emma Persson
emma.persson1@ulricehamn.se
0321-59 50 68

Uppdragsansvarig: Fredrik Nystedt
fredrik.nystedt@briab.se
010 – 203 83 31

Handläggare: Josefin Lindström
josefin.lindstrom@briab.se
0767 – 79 29 29

Datum	Typ av handling	Upprättad av	Kontrollerad av
2018-10-25	Version 0 – för kommentarer	Josefin Lindström	David Winberg
2018-11-28	Version 1	Josefin Lindström	Fredrik Nystedt
2019-01-31	Version 2	Josefin Lindström	Fredrik Nystedt



Innehållsförteckning

1	Inledning	3
1.1	Mål, syfte och frågeställningar	3
1.2	Omfattning och avgränsningar	3
1.3	Metod	4
1.4	Underlag	5
1.5	Kvalitetssystem	5
1.6	Revideringar	5
2	Riskhänsyn vid fysisk planering	6
2.1	Risk	6
2.2	Styrande dokument	6
2.3	Principer och kriterier för riskvärdering	7
2.4	Förslag till acceptanskriterier i Ulricehamns kommun	10
3	Förutsättningar	13
3.1	Ulricehamns kommun	13
3.2	Vägar för transport av farligt gods	13
3.3	Vägarnas förutsättningar	16
3.4	Trafikuppgifter	17
3.5	Urval och antaganden för risknivåberäkningar	19
4	Riskidentifiering	20
4.1	Transporter med farligt gods	20
4.2	Hantering av brandfarliga ämnen vid drivmedelsstationer	23
5	Riskenivåer	25
5.1	Individrisk	25
5.2	Samhällsrisk	32
6	Säkerhetshöjande åtgärder	36
6.1	Brandskyddad fasad	36
6.2	Invallning	37
6.3	Övriga säkerhetshöjande åtgärder	38
7	Riskhänsyn intill drivmedelsstationer	39
7.1	Myndighetsbestämmelser	39
7.2	Riskbedömning	39
8	Rekommenderade skyddsavstånd	41
8.1	Allmänt	41
8.2	Bedömningsgrunder	42
8.3	Skyddsavstånd från vägar med transport av farligt gods	42
8.4	Skyddsavstånd från drivmedelsstationer	46
9	Tillämpning av riktlinjerna	47
9.1	Vägar för transport av farligt gods i Ulricehamn	47
9.2	Arbetsgång vid planering	47
9.3	Utformning av säkerhetshöjande åtgärder	52
	Referenser	53
	Bilagor	55



1 Inledning

I Sverige bedrivs årligen en omfattande transport av farligt gods, vilka utgör risker för människors liv och hälsa. Dessa risker bör beaktas vid planering av bebyggelse intill de stråk där det farliga godset transporteras, samtidigt som områden kring sådana stråk inte sällan är värdefulla ur ett markanvändningsperspektiv och bör nyttjas på bästa sätt utifrån de givna förutsättningarna. Avsikten med denna rapport är att ge vägledning för de som utarbetar planer hur riskhänsyn kan visas i planprocessen, samt utgöra ett underlag för fysisk planering i Ulricehamns kommun.

Briab har på uppdrag av Ulricehamns kommun utfört en översiktlig riskanalys avseende transporter av farligt gods på vägnätet i kommunen, och presenterar i denna handling underlag till generella riktlinjer avseende skyddsavstånd mellan berörda leder och bebyggelse av olika känslighetsgrad. Rekommendationer ges även för fysisk planering omkring drivmedelsstationer.

1.1 Mål, syfte och frågeställningar

Denna översiktliga riskanalys har utförts med målsättningen att ta fram ett anpassat underlag för bebyggelseplanering i kommunen. Underlaget är tänkt att användas som ett stöd i planprocessen.

Syftet är att planprocessen ska rationaliseras och att riskhänsyn i de kommunala planerna ska kunna visas på ett tidigt stadium.

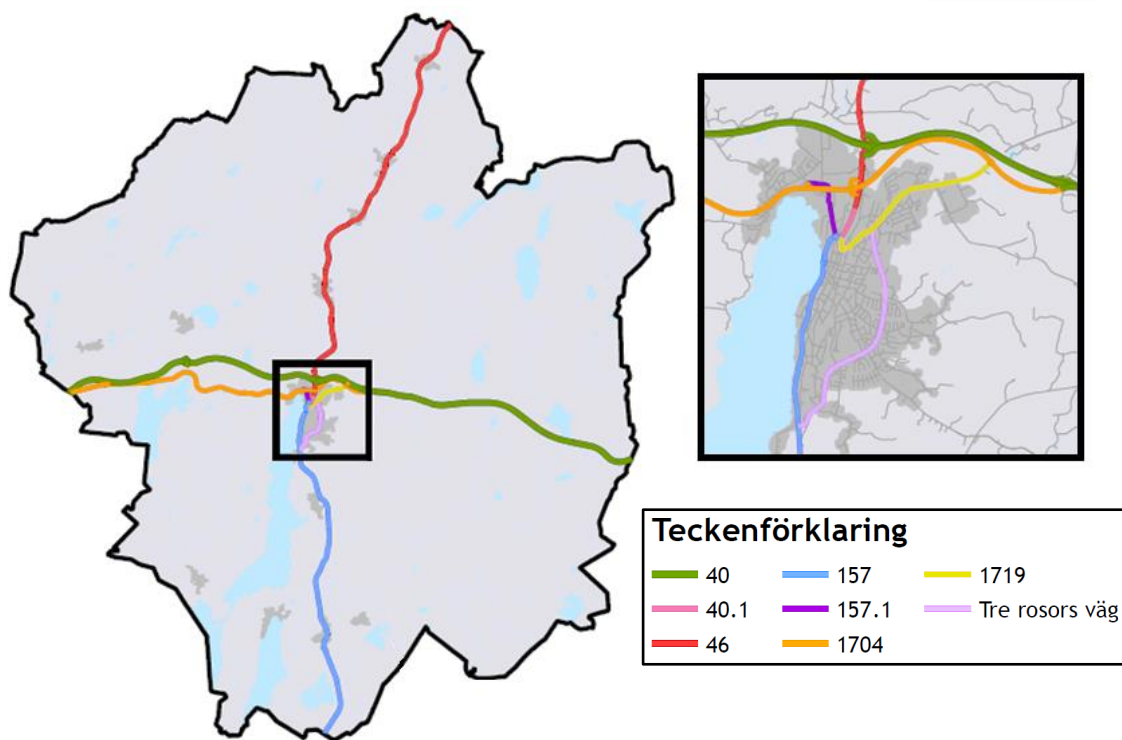
Innehållet i rapporten kan användas i planprocessen och utgöra ett betydelsefullt underlag till den riskutredning som krävs för att bedöma påverkan på människors säkerhet i enlighet med Plan- och bygglagen (2010:900) och Länsstyrelsen i Västra Götalands riskpolicy. Givet att planerad bebyggelse uppförs inom ramarna för vad som anges i denna rapport anses att riskhänsyn avseende transport av farligt gods har visats i tillräcklig utsträckning.

Riskanalysen besvarar följande centrala frågeställningar.

- ♦ Hur stor är risknivån längs med vägar för transport av farligt gods?
- ♦ Vilka skyddsavstånd från riskkällan krävs till olika verksamheter för att risknivån ska bli tillfredsställande?
- ♦ Hur kan säkerhetshöjande åtgärder användas i kombination med skyddsavstånd?

1.2 Omfattning och avgränsningar

Analysen omfattar risker till följd av transport av farligt gods på väg inom Ulricehamns kommun. Urvalet av de vägar som undersökts presenteras i Figur 1 nedan.



Figur 1. Vägar för transport av farligt gods i Ulricehamns kommun. Bildkälla: Ulricehamns kommun.

Med risk avses i dessa sammanhang en sammanvägning av frekvensen för en olycka och dess konsekvens. Rapporten behandlar akuta risker för människors liv, s.k. olycksrisker vilka är relaterade till transport av farligt gods och drivmedelsstationer.

Följande risker behandlas ej:

- ♦ Risker för egendom, arbetsmiljö och påverkan på miljön.
- ♦ Risker förknippade med buller, vibrationer, elsäkerhet och luftföroreningar.
- ♦ Risker relaterade till trafiksäkerhet som påkörning av personer, etc.

Tidshorisont för utredningen är vald till år 2040, gällande trafiktal och befolkningstäthet.

Samtliga avstånd som anges i rapporten är baserade på skydd mot farligt gods olyckor. Andra lagar och myndigheter kan ställa andra krav på separering, exempelvis med avseende på buller, vibrationer, emissioner etc.

1.3 Metod

Utredningen har gjorts i följande steg:

- ♦ Inventering av förutsättningarna för varje vägvägsnitt
- ♦ Urval av trafikscenarier för individrisk och samhällsrisk
- ♦ Beräkning av individrisker med och utan införande av säkerhetshöjande åtgärder
- ♦ Zonindelning utifrån ovan nämnda individrisker för olika bebyggelse typer
- ♦ Beräkning av samhällsrisk för utvalda vägvägsnitt
- ♦ Riskvärdering och rekommendationer

Se även avsnitt 2.3.3 om riskvärdering.



1.4 Underlag

I tabell 1 framgår vilket underlag som nyttjats i utredningen.

Tabell 1. Underlag

Datum	Dokumentets namn	Utgivare	Referens
-	Leder att utreda (kartunderlag)	Ulricehamns kommun	[1]
2018-10-03	Trafikmängder (bilaga 2 från översiktlig riskanalys)	Ulricehamns kommun	[2]

1.5 Kvalitetssystem

Handlingen omfattas av kontroll enligt anvisningarna i Briabs ledningssystem, vilket är certifierat enligt ISO 9001. Handläggaren, uppdragsansvarig samt en särskild utsedd kontrollant inom Briab kontrollerar att relevanta krav och råd tillgodoses. Kontroll utförs mot särskild checklista och dokumenteras.

1.6 Revideringar

Detta är version 2 av handlingen, daterad 2019-01-31. Större revideringar från version 1 presenteras nedan:

Avsnitt 3.2: förtydligande angående vilka vägar som idag utgör rekommenderade färdvägar för farligt gods.

Avsnitt 8.2: förtydligande angående vilka vägar som idag utgör rekommenderade färdvägar för farligt gods.

Avsnitt 9.1: nytt avsnitt.

Avsnitt 9.2.1: förtydligande angående vilka vägar som idag utgör rekommenderade färdvägar för farligt gods, samt nytt sista stycke.

Bilagor revideras inte i denna version och är fortsatt daterade 2018-11-28.



2 Riskhänsyn vid fysisk planering

2.1 Risk

Begreppet risk kan tolkas på olika sätt. I denna utredning tolkas risk som en oönskad händelses sannolikhet multiplicerat med omfattningen av dess konsekvens, vilka kan vara kvalitativt eller kvantitativt bestämda. I utredningen kvantifieras risk med två olika riskmått, individ- respektive samhällsrisk.

Med **individrisk**, eller platsspecifik 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 den kollektiva risken, visar den ackumulerade sannolikheten för det minsta antal människor som omkommer till följd av konsekvenser av oönskade händelser. Till skillnad från individrisk tar samhällsrisk hänsyn till den befolkningssituation som råder inom undersökt område [3].

2.2 Styrande dokument

2.2.1 Plan- och bygglagen (2010:900)

Plan- och bygglagen (2010:900) anger att bebyggelse och byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till bl.a. människors hälsa och säkerhet. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till bl.a. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser.

2.2.2 Riskpolicy från Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län

Länsstyrelsernas i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument Riskhantering i detaljplaneprocessen anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods [4]. Inom detta så kallade riskhanteringsavstånd ska markanvändningen disponeras lämpligt utmed avståndet från transportleden. Detta innebär att marken närmst vägen bör användas till mindre känsliga verksamheter där personer inte normalt vistas under längre stunder, och markanvändning och bebyggelse som är avsedd för långvarig vistelse, känsliga individer eller persontäta verksamheter ska placeras längst bort inom riskhanteringsavståndet.

Den markanvändningskategori som bör placeras närmst vägen kan innefatta exempelvis parkering, odling, vägar eller motionsspår. Den markanvändningskategori som bör placeras så långt ifrån vägen som möjligt inom planområdet innefattar verksamheter med särskilt känsliga individer, exempelvis vård, skola och omsorg, men även bebyggelse med potentiellt hög persontäthet (arenor, konferensanläggningar, köpcentra) eller byggnader där personer vistas nattetid (bostäder, hotell). Den markanvändningskategori som hamnar emellan de båda ovannämnda kategorierna i fråga om avstånd från vägen, innefattar verksamheter som



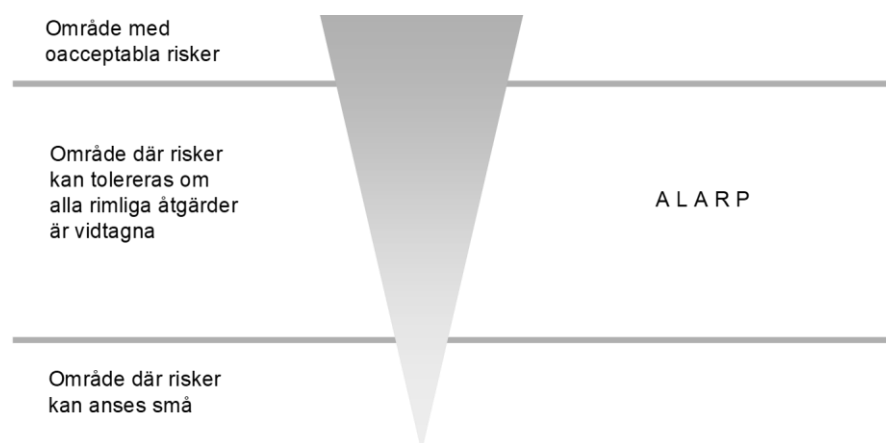
exempelvis industrier, tekniska anläggningar, sällanköpshandel, kontor, mindre idrottsanläggningar och lager. Markanvändningskategorierna har inga fasta avstånd från vägen eller gränser sinsemellan, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering.

2.3 Principer och kriterier för riskvärdering

I detta avsnitt redovisas principer och kriterier för riskvärdering från flera olika källor. Avsnittet är allmänt skrivet och i avsnitt 2.4 – *Förslag på acceptanskriterier i Ulricehamns kommun* redovisas de kriterier för riskvärdering som tillämpas i denna riskanalys.

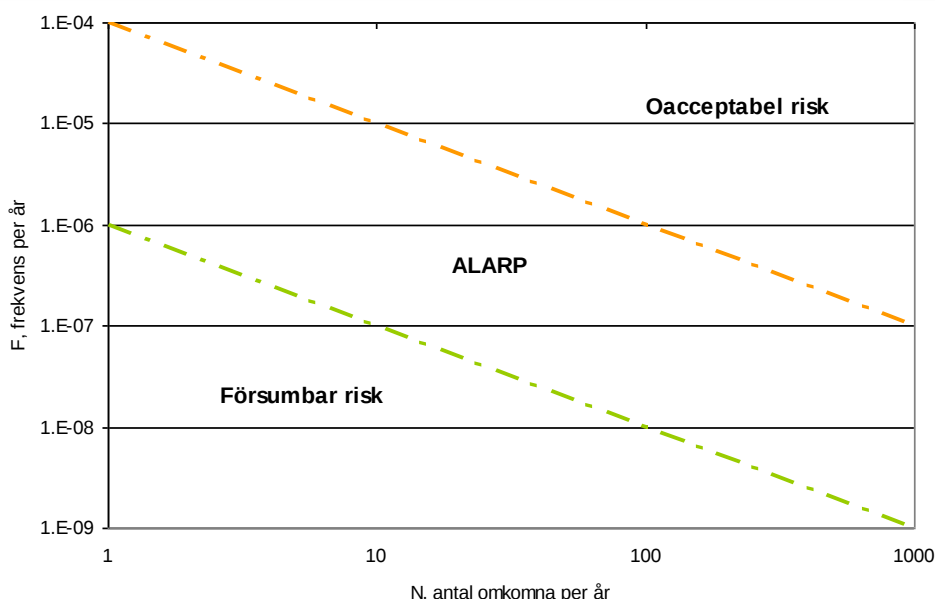
2.3.1 Allmänt

Kriterier för riskvärdering kommer att användas för att avgöra om risknivån är acceptabel eller inte. Acceptanskriterierna uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med en given konsekvens skall inträffa. Risker kan delas in i tre kategorier. De kan anses vara acceptabla, tolerabla med restriktioner eller oacceptabla. Figur 2 nedan beskriver principen för riskvärdering [5].



Figur 2. Princip för uppbyggnad av riskvärderingskriterier.

Om en risk anses vara acceptabel med restriktioner innebär det att man befinner sig i ett område som vanligtvis benämns "ALARP", vilket är en förkortning av "As Low As Reasonable Practicable". Befinner sig risken för en olycka inom detta område bör riskerna reduceras så mycket som är möjligt utifrån samhällsekonomiska och praktiskt perspektiv. Konkret innebär det en kombination av olika riskreducerande åtgärder som t.ex. separering (avstånd till transportleden), differentierad bebyggelse och hastighetsbegränsning. I Figur 3 visas hur ALARP-zonen kan definieras med kvantitativa mått.



Figur 3. Illustration av ALARP-zonen för riskmättet "samhällsrisk" med exempel på riskvärderingskriterier från Davidsson m.fl. [5].

2.3.2 Räddningsverkets (MBS:s) fyra principer för riskvärdering

För risker förknippade med människors hälsa och säkerhet 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 realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Proportionalitets- och fördelningsprincipen och principen om undvikande av katastrofer uppfylls vid värdering med de kvantitativa värderingskriterierna för individ- och samhällsrisk. Rimlighetsprincipen kan uppfyllas genom exempelvis så kallad kostnad-nytta-analys [3].

2.3.3 DNV:s föreslagna kriterier

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier gällande individ- och samhällsrisk [5].

För *individerisk* föreslog DNV följande kriterier:

- ♦ Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10^{-5} per år
- ♦ Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10^{-7} per år



För *samhällsrisk* föreslog DNV följande kriterier:

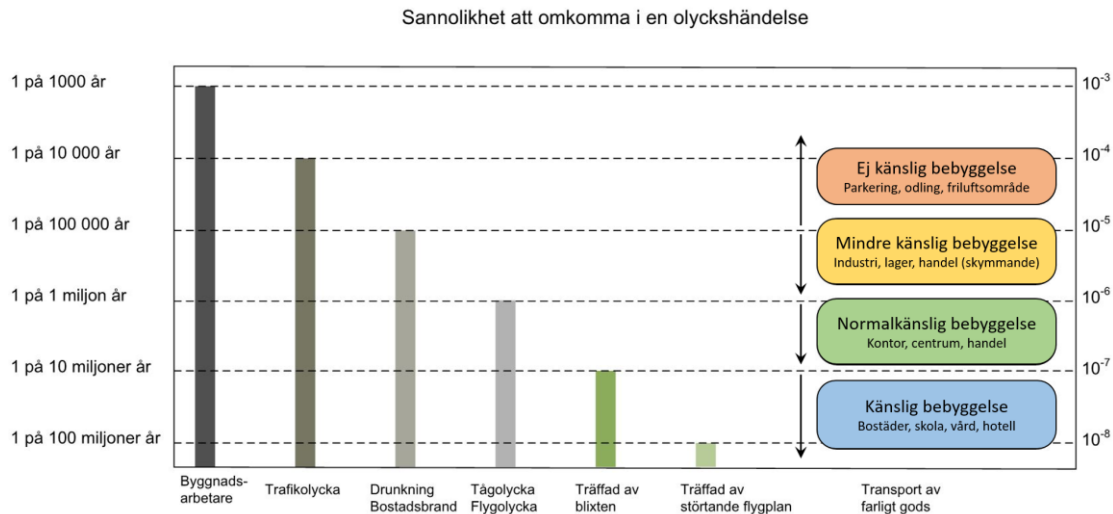
- ♦ Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1
- ♦ Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1

Samhällsrisk avser 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km transportled.

2.3.4 Jämförelser med andra olycksrisker i samhället

Intresseföreningen för Processsäkerhet (IPS) har i sin publikation "Tolerabel risk inom kemikaliehanterande verksamheter" sammanställt några risker att omkomma i samhället. Risken att omkomma under en livstid är 100 %, vilket kan uttryckas som att sannolikheten att dö är 1 för varje människa. Om risken att omkomma skulle fördelas jämt över en livstid (100 år) blir den genomsnittliga sannolikheten att omkomma 1/100 per år, dvs. 1 %. Men, sannolikheten att omkomma är inte jämt fördelad. Under en livstid livet är sannolikheten lägst vid 7-års ålder och uppgår till ca 0,0001 per år, dvs. 10^{-4} per år.

Vidare visar statistiken att risken att omkomma genom olyckshändelse i Sverige är $4 \cdot 10^{-4}$ per år för män och $3 \cdot 10^{-4}$ per år för kvinnor. Risken att omkomma i arbetsolycka i Sverige är $2 \cdot 10^{-5}$ per år för män och $2 \cdot 10^{-6}$ per år för kvinnor. Risken att omkomma i byggnadsbränder är också i storleksordningen $2 \cdot 10^{-5}$ per år och sannolikheten att omkomma pga. blixtnedslag är ca $4 \cdot 10^{-7}$ per år [6]. I Figur 4 görs en jämförelse mellan olika individrisker i samhället och de individrisker vid transport av farligt gods som anges i avsnitt 2.4 nedan.



Figur 4. Jämförelse mellan olika individrisker i samhället och individrisker vid transport av farligt gods (enligt exempel på tillämpning i avsnitt 2.4).



2.4 Förslag till acceptanskriterier i Ulricehamns kommun

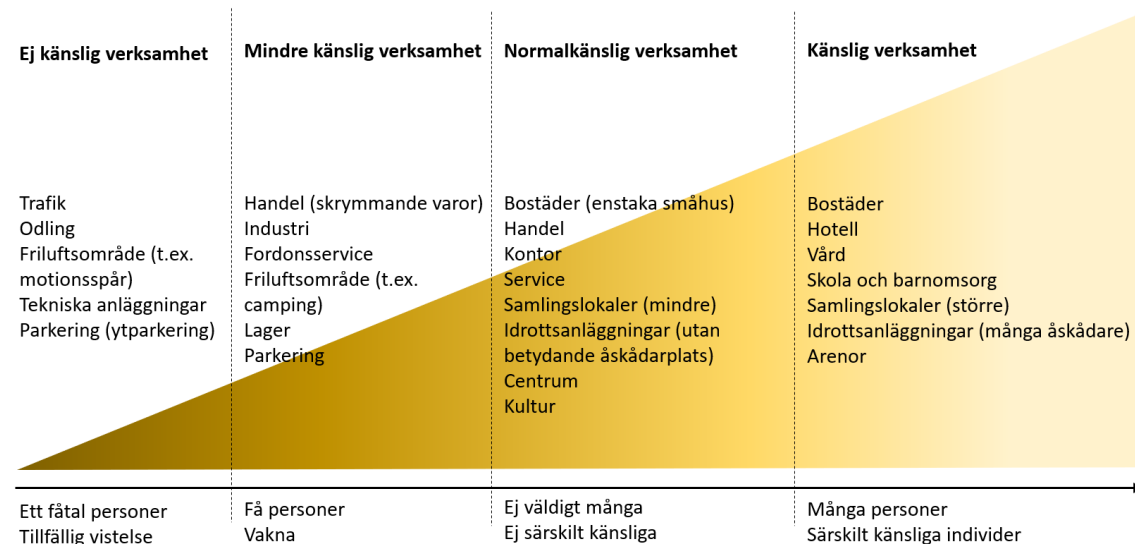
Vid utarbetandet av riktlinjerna har skillnad gjorts på olika markanvändning och nedanstående faktorer har utgjort grunden:

- ♦ Persontätheten i en byggnad/ett område. Många personer på samma plats innebär större sannolikhet för ett stort skadeutfall.
- ♦ Status på personer (vakna/sovande). Vakna personer har bättre möjlighet att inse fara och att påverka sin säkerhet.
- ♦ Förmåga att inse fara och möjlighet att själv påverka sin säkerhet. "Rätt" ålder och full rörlighet ger bättre möjligheter att påverka sin situation.
- ♦ Kännedom om byggnader och område. Kunskap om byggnader och område ger en större trygghet och möjlighet att agera än i okända byggnader eller område.

Ovanstående faktorer resulterar i en indelning av markanvändningen i fyra kategorier där minst känslig markanvändning placeras närmst transportleden:

- ♦ *Ej känslig verksamhet* (zon A) avser sådan bebyggelse där det endast finns ett fåtal människor, vilka inte upprätthåller sig stadigvarande på platsen.
- ♦ *Mindre känslig verksamhet* (zon B) avser sådan bebyggelse och markanvändning som omfattar få och vakna¹ personer.
- ♦ *Normalkänslig verksamhet* (zon C) avser sådan bebyggelse och markanvändning som omfattar färre personer än känslig verksamhet, samtidigt som personerna får vara sovande, givet att de har god lokal kännedom.
- ♦ *Känslig verksamhet* (zon D) avser sådan bebyggelse och markanvändning som omfattar utsatta² eller många personer.

I Figur 5 presenteras föreslagna kategorier för markanvändning. Förslag på kriterier för individrisk och samhällsrisk redovisas i avsnitten nedan.



Figur 5. Illustration av kategorier för markanvändning.

¹ Vakna personer definieras som bebyggelse där inte nattvistelse finns, dvs. ej bostäder eller hotell.

² Utsatta personer definieras som personer med nedsatt förmåga att själva inse fara och påverka sin säkerhet, t.ex. vårdbehövande eller barn. Bostäder kan i de flesta fall anses inrymma utsatta personer.



2.4.1 Individrisk

Grundnivån för acceptabel individrisk föreslås vara 10^{-6} per år. Denna nivå är dock inte tillämpbar för alla verksamheter utan en högre risk (10^{-5}) tolereras i vissa fall samt en lägre risk (10^{-7}) krävs för särskilt känsliga verksamheter.

Grundprincipen för att dela in bebyggelse och markanvändning i känslighetsnivåer som sedan får placeras i olika zoner är att markanvändningen närmare transportleden är utsatt för en högre risk och därför behöver vara mindre känslig, och ju känsligare verksamheten är desto bättre skyddad behöver den vara. Ett skyddsavstånd är den enklaste formen av skyddsåtgärd, och den kan sedan kompletteras med andra åtgärder. En sådan planering av markanvändningen minskar därmed den totala riskbilden längs transportleden.

Alldeles intill transportleden för farligt gods är det möjligt att placera ej känslig verksamhet (zon A). Zon A sträcker sig fram till den plats där individrisken inte längre överstiger 10^{-5} per år (zon B). Här kan mindre känslig verksamhet placeras. I en zon där individrisken inte överstiger 10^{-6} per år kan normalkänslig verksamhet (zon C) placeras. Zon C avser sådan bebyggelse och markanvändning som omfattar färre personer än känslig bebyggelse (zon D). Verksamheter som inrymmer många personer eller utsatta personer, s.k. känslig verksamhet (zon D) bör placeras i den zon där individrisken inte överstiger 10^{-7} per år. Således kan all sorts markanvändning placeras utan särskilda åtgärder i zon D.

Sammanställning av förslaget på zonindelning samt exempel på markanvändning presenteras i Tabell 2.

Tabell 2. Förslag på zonindelning och exempel på markanvändning.

Individrisk	Zon	Känslighetsgrad	Kommentar	Exempel på markanvändning
$> 10^{-5}$ per år	A	Ej känslig verksamhet	Fåtal människor som inte uppehåller sig stadigvarande på platsen.	Trafik Odling Friluftsområde (t.ex. motionsspår) Tekniska anläggningar Parkering (ytparkering)
$< 10^{-5}$ per år	B	Mindre känslig verksamhet	Få och vakna personer	Handel (skrymmande varor) Industri Fordonsservice Friluftsområde (t.ex. camping) Lager Parkering
$< 10^{-6}$ per år	C	Normalkänslig verksamhet	Ej särskilt många eller känsliga personer.	Bostäder (enstaka småhus) Handel Kontor Service Samlingslokaler (mindre) Idrottsanläggningar (utan betydande åskådarplats) Centrum Kultur



Individrisk	Zon	Känslighetsgrad	Kommentar	Exempel på markanvändning
$< 10^{-7}$ per år	D	Känslig verksamhet	Många och/eller utsatta personer.	Bostäder Hotell Vård Skola och barnomsorg Samlingslokaler (större) Idrottsanläggningar (många åskådare) Arenor

2.4.2 Samhällsrisk

Vid beräkning av samhällsrisk ska följande kriterier uppfyllas för att säkerheten ska anses vara tillfredsställande:

- ♦ Frekvensen för ≥ 1 (N=1) omkommen ska understiga 10^{-5} per år
- ♦ Frekvensen för ≥ 100 (N=100) omkomna ska understiga 10^{-7} per år

När samhällsrisk beräknas kan det antas att 10 % av befolkningen befinner sig utomhus dagtid och att 1 % befinner sig utomhus på natten, om inte det finns mer specifika data att tillgå.

Befolkningstätheten är avgörande för samhällsriskberäkningar. Befolkningstäthet i karakteriseras i denna rapport med följande schablonvärden:

Stadsbebyggelse – 5 000 invånare/km²

Bostads- och industriområde – 2 500 invånare/km²

Den genomsnittliga befolkningstätheten för Ulricehamns tätort är ca 1 500 invånare/km². Det är viktigt att ta hänsyn till eventuell förtätning i de centrala delarna, vilket görs genom ovanstående differentiering av befolkningstätheten. Som jämförelse till vald befolkningstäthet har Kylefors [7] använt 4 100 personer/km² som ett representativt mått för tätort år 2001. Väg- och Trafikforskningsinstitutet VTI [8] använde 2 500 personer/km² som representativt för "stad" år 1994.

Beräkningarna i Ulricehamns kommun utgår från konservativt ansatta befolkningstätheter på 5 000 personer/km² inom Ulricehamn stad och 2 500 personer/km² på mindre tätbebyggt område för horisontåret 2040.



3 Förutsättningar

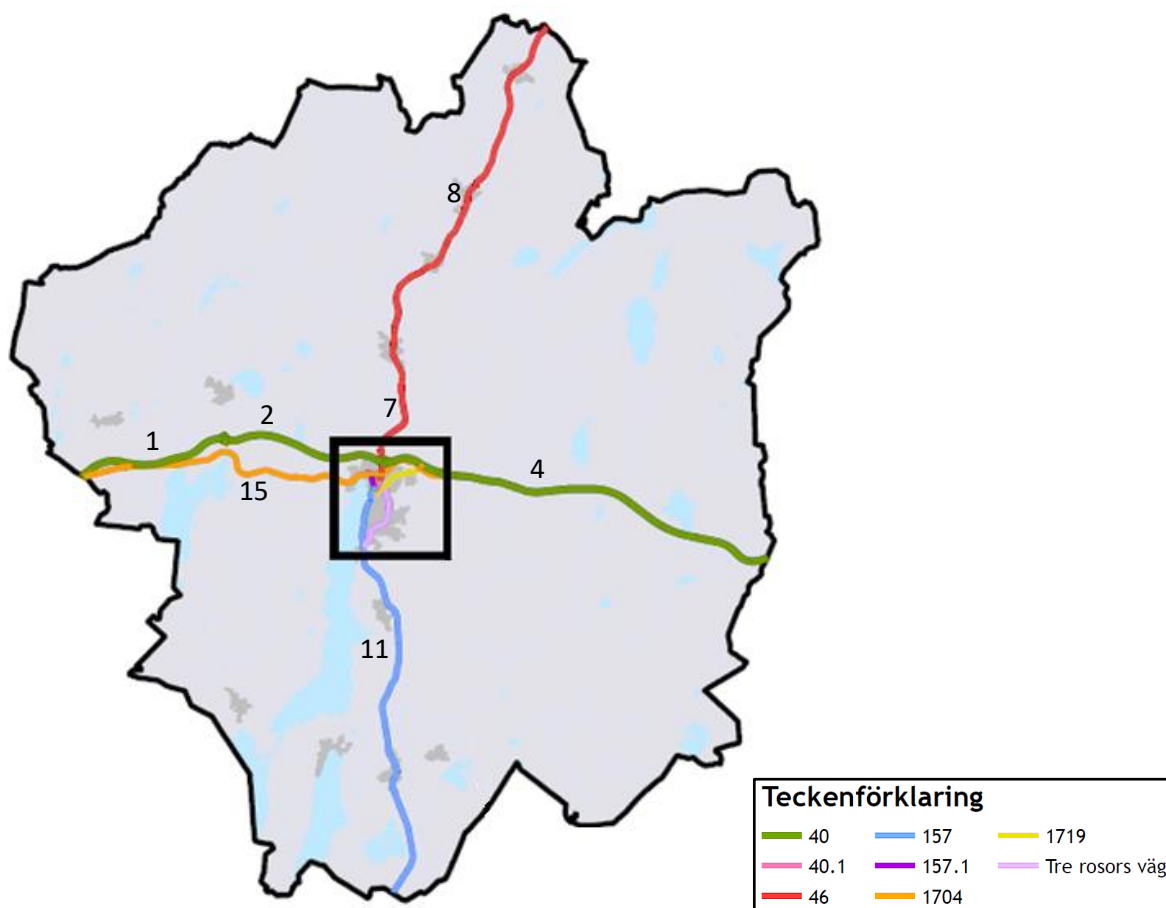
3.1 Ulricehamns kommun

Ulricehamns kommun är belägen i sydöstra Västergötland i Västra Götalands län, mellan Jönköping och Borås. Kommunens yta på 1 116 km² befolkas idag av ca 24 500 personer. Målet är dock att växa, och 2025 hoppas kommunen på 27 000 invånare. Detta kan innebära behov av nybyggnationer och förtätning.

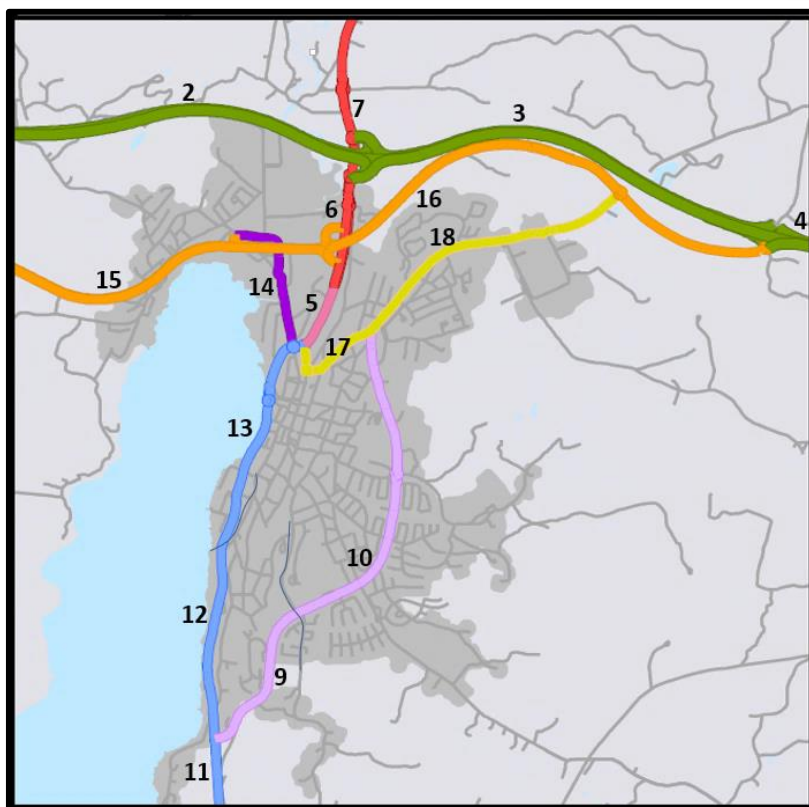
Större infrastrukturprojekt som kommer att påverka kommunen i närtid är Götalandsbanan, höghastighetstågbanan som planeras mellan Stockholm och Göteborg, samt utbyggnad av väg 40 mellan Jönköping och Ulricehamn.

3.2 Vägar för transport av farligt gods

Urvalet av de leder som undersöks i denna översiktliga riskanalys har tillhandahållits av Ulricehamns kommun [1] och presenteras i figurerna 6 och 7, samt i Tabell 3 nedan.



Figur 6. Vägar inom Ulricehamns kommun som utreds i denna översiktliga riskanalys. Vägar inom svart fyrkant visas närmare i figur 7 nedan. Bildkälla: [1], redigerad av Briab.



Figur 7. Vägar inom Ulricehamns stad som utreds i denna översiktliga riskanalys. En utzoomad bild över vägarna inom kommunen presenteras i figur 6 ovan. Bildkälla: [1], redigerad av Briab.

Merparten av vägarna är i materialet från kommunen indelade i olika avsnitt, vilka presenteras i Tabell 3 nedan. Riskanalysen genomförs för respektive avsnitt (1 – 18) separat, eftersom vägarna har skilda förutsättningar beroende på vilket vägsnitt som avses, se avsnitt 3.3 nedan.

Väg 1704 kallas också gamla väg 40, eftersom den benämndes väg 40 fram till 2015. Nuvarande väg 40 invigdes 17 oktober 2015. Observera att väg 1704 (avsnitt 15 och 16) agerar omledningsväg för farligt gods från väg 40 vid behov.

De undersökta vägsnitten sammanställs i Tabell 3 nedan. Ingen av de listade vägarna har restriktioner för transporter av farligt gods utan sådana transporter kan ske på samtliga av dessa vägar. Om kommunen önskar hålla en del av samhället fritt från transporter av farligt gods behöver ett förbud införas. Därför kan transporter i denna översiktliga riskanalys inte uteslutas på någon av vägarna vare sig i dagsläget eller i framtiden, utan ett nationellt genomsnitt av andelen lastbilar som transporterar ADR-klassat gods används för samtliga vägar.

Rekommenderade primära färdvägar för transport av farligt gods är 40, 40.1 och 46 (avsnitt 1-8). På övriga vägar (avsnitt 9-18) kan transporter av farligt gods förekomma i viss utsträckning. I tabellen nedan presenteras de undersökta vägarna indikerade med respektive färg i figurerna 6 och 7 ovan. Även uppgifter om vägsnittens geografiska sträckning samt huruvida de utgör rekommenderad transportled för farligt gods redovisas.



Tabell 3. De undersökta vägarnas namn och aktuell underdelning i vägavsnitt för respektive väg. Under "Rek FaGo" anges om vägen är rekommenderad som transportled för farligt gods.

Nr	Vägnamn	Vägfärg	Rek. FaGo	Beskrivning
1	Väg 40		Primär	väster Hökerumsmotet
2	Väg 40		Primär	delen Hökerumsmotet - Ulricehamnsmotet
3	Väg 40		Primär	delen Ulricehamnsmotet - Hössnamotet
4	Väg 40		Primär	öster Hössnamotet
5	Väg 40.1		Primär	-
6	Väg 46		Primär	söder väg 40
7	Väg 46		Primär	delen väg 40 - Timmele (norrut)
8	Väg 46		Primär	norr Timmele
9	Tre rosors väg		-	söder om Parkgatan
10	Tre rosors väg		-	norr om Parkgatan
11	Väg 157		-	söder Tre rosors väg
12	Väg 157		-	delen Tre rosors väg - Storgatan
13	Väg 157		-	norr Storgatan
14	Väg 157.1		-	-
15	Väg 1704		-	väster Boråsvägen – omledningsväg farligt gods från väg 40
16	Väg 1704		-	öster Boråsvägen – omledningsväg farligt gods från väg 40
17	Väg 1719		-	väster Tre rosors väg
18	Väg 1719		-	öster Tre rosors väg



3.3 Vägarnas förutsättningar

I Tabell 4 nedan presenteras varje vägavsnitts förutsättningar i form av vägtyp, bredd, längd och hastighetsgräns.

Tabell 4. Undersökta vägavsnitts förutsättningar.

Nr	Vägtyp*	Hastighetsgräns (km/h) [2]	Vägbredd (m)	Väglängd (km)
1	Motorväg	110	19	7,8
2	Motorväg	100/110	19	8,2
3	Motorväg	100/110	19	3,3
4	VV MF	100	13	17,5
5	VV	50	4-16	0,4
6	VV	60	8-16	1
7	VV	60/80	8	6,5
8	VV	50/80	9	18,5
9	VV	50	6	1,1
10	VV	50	6-8,5	2,4
11	VV	40/60/80	8	19
12	VV	50	8	1,2
13	VV	50	8	1,8
14	VV	50	8	1,1
15	VV MF	60/80/100	10-13	16,5
16	VV MF	60/80/100	8-13	4,1
17	VV	50	7	0,7
18	VV	50	8	2,1

* VV = vanlig väg (1+1) [9] [10], MF = mötesfri [9]



3.4 Trafikuppgifter

Trafikuppgifterna för berörda vägar kommer från Ulricehamns kommun [2]. Uppräkning av trafiken för att motsvara år 2040 har skett med en faktor 1,30 för personbilstrafiken och en faktor 1,64 för lastbilstrafiken i enlighet med de uppräkningsstal (EVA) som gäller för Västra Götalands län [11]. I kolumnen *ÅDT Lastbilar 2040* har antalet bussar i linjetrafik räknats bort ifrån den tunga trafiken på berörda vägsträckor. Trafikuppgifterna presenteras i Tabell 5 nedan.

Tabell 5. Trafikuppgifter för respektive vägsträcka.

Nr	ÅDT 2016 [2]	ÅDT 2040	Andel tung trafik [2]	Bussar i linjetrafik [2]	ÅDT Lastbilar 2040
1	14 600	23 249	14%	-	3 255
2	13 860	22 024	15%	-	3 304
3	10 640	16 835	17%	-	2 862
4	10 640	16 835	17%	-	2 862
5	11 200	18 025	9%	-	1 622
6	10 230	16 534	7%	-	1 157
7	6 200	9 936	11%	-	1 093
8	3 800	6 090	11%	-	670
9	2 600	4 193	8%	128	202
10	5 000	8 064	8%	-	522
11	5 200	8 387	8%	-	671
12	4 500	7 273	7%	-	509
13	6 500	10 505	7%	-	735
14	8 700	14 031	8%	-	1 123
15	1 700	2 753	6%	-	165
16	900	1 439	12%	-	173
17	10 300	16 612	8%	50	1 279
18	6 500	10 483	8%	78	761

3.4.1 Olycksdata och olyckskvoter

Olyckskvoter i form av förväntat antal olyckor per miljonfordonskilometer har kalkylerats utifrån historiska olycksdata inhämtade från STRADAs (Swedish Traffic Accident Data Acquisition, [12]) underlag för officiell statistik med polisrapporter, och när sådan data innehållit för få olyckor för att kunna dra någon slutsats så har olyckskvoten istället hämtats från "Effektsamband för transportsystemet" för resp. vägavsnitt [13]. Eftersom det krävs ett större antal datapunkter för att beräkna en olyckskvot har denna kalkylerats för varje väg separat, och inte för resp. vägavsnitt. Det har ansatts att olyckskvoten är konstant över vägsträckan.



Olycksdatan är inhämtad från 2008-01-01 till 2017-12-31 (10 år) och ett ÅDT för 2012 (nedräknat med 2% per år från angivet ÅDT 2016) har använts i beräkningen.

För väg 40, avsnitt 1 och 2 finns endast olycksdata för 3 år (2015-10-17-2018-10-17) att tillgå eftersom det är så länge som vägen har funnits. För denna sträcka används därför ett tabellerat värde på olyckskvot. Den nya väg 40 har avlastat väg 1704, och mängden trafik har reducerats till mindre än 10% av trafikmängderna innan 2015. Antalet olyckor per år efter nya väg 40:s införande har därmed också sjunkit markant, från i snitt 4-5 olyckor per år till i snitt en olycka per år sedan oktober 2015. Som dimensionerande trafiktal för uträkning av olyckskvoten för denna väg har därför data från Trafikverket använts.

Olycksdata för respektive väg presenteras i Tabell 6, och olyckskvoterna för respektive väg presenteras i Tabell 7 nedan.

Tabell 6. Olycksdata från relevanta vägar.

Vägnamn	Antal olyckor*	Antal singelolyckor	Andel singelolyckor	Väglängd
Väg 40, del 1-3 (2015-2018)	10	6	60%	19 km
Väg 40, del 4	35	13	37%	18 km
Väg 46	45	17	38%	26 km
Väg 157	38	20	53%	22 km
Väg 1704 (2008-2015)	35	18	51%	21 km
Väg 1704 (2015-2018)	3	1	33%	21 km

* Antal polisrapporterade olyckor inom underlaget för officiell statistik, undantaget cykelolyckor och mopedolyckor utan inblandning av andra fordon.

Tabell 7. Olyckskvoter per väg.

Väg	40 (del 1-3)	40 (del 4)	40.1	46	Tre rosors	157	157.1	1704	1719
Olycks- kvot	0,065 [13]	0,048	0,141 [13]	0,110	0,175 [13]	0,097	0,141 [13]	0,039	0,175 [13]



3.5 Urval och antaganden för risknivåberäkningar

3.5.1 Beräkning av individrisk

För respektive väg (väg 40, 40.1, 46 osv.) utreds riskerna och skyddsavstånden med avseende på riskmåttet individrisk för varje vägavsnitt, samt vilket av dessa avsnitt som används som dimensionerande avsnitt för hela vägen. Det dimensionerande avsnittet är det vägavsnitt med högst risk, och detta kan användas som konservativ representation för hela vägen inom kommunens geografiska område om så önskas.

Individrisken presenteras för respektive vägavsnitt i både grafiskt format (kapitel 5) och i tabeller över rekommenderade skyddsavstånd till verksamhet av olika känslighetsgrad (kapitel 8).

Effekten av införande av säkerhetshöjande åtgärder har utretts. Dessa åtgärder minskar inte sannolikheten för en olycka, men kan mildra konsekvenserna och därmed kan konsekvensavstånden till den berörda vägen i vissa fall minskas. Se kapitel 6 för mer information om dessa åtgärder.

Samtliga vägavsnitt undersöks för följande fyra alternativ:

1. Utan några säkerhetshöjande åtgärder utöver själva skyddsavståndet
2. Invallning (invallningsåtgärd görs alltid i samband med avåkningsskydd, t.ex. räcke)
3. Brandskyddade fasader (förkortas *Brandfasad*)
4. Kombination av invallning och brandskyddade fasader (förkortas *Kombination*)

3.5.2 Beräkning av samhällsrisk

Samhällsriskberäkningar genomförs på ett mindre urval av vägavsnitten. Urvalet baseras på trafikmängd och omgivningens förutsättningar. De vägar som passerar områden där förtätning kan vara aktuell har beaktats, och för dessa vägar har vägavsnittet med det högsta antalet lastbilar valts.

Befolkningstätheten för områden inne i Ulricehamns stad är satt att vara 5 000 personer/km² och för vägavsnitt utanför staden till 2 500 personer/km², se avsnitt 2.4.2 ovan.

I Tabell 8 nedan sammanställs de vägavsnitt som beaktas i denna utredning med avseende på samhällsrisk.

Tabell 8. Vägavsnitt som valts ut för samhällsriskanalys, samt den ansatta befolkningstätheten kring vägavsnittet.

Väg	Väg 40	Väg 46	Tre rosors	Väg 157	Väg 157.1	Väg 1704	Väg 1719
Avsnitt	2	6	10	13	14	16	17
Befolknings-täthet	5 000	2 500	2 500	5 000	5 000	5 000	5 000



4 Riskidentifiering

4.1 Transporter med farligt gods

4.1.1 Transportklasser (ADR/RID)

Transport av farligt gods på land regleras i ADR³ för transport på väg och i RID⁴ för transport på järnväg. I ADR och RID delas farligt gods in i klasser beroende på vilka farliga egenskaper som ämnet har (se Figur 8 och Figur 9).

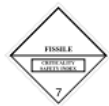
Klass	Etikettförlagor				
Klass 1 Explosiva ämnen och föremål					
Klass 2 Gaser					
Klass 3 Brandfarliga vätskor					
Klass 4.1 Brandfarliga fasta ämnen, självreaktiva ämnen och fasta okänsliggjorda explosivämnen					
Klass 4.2 Självantändande ämnen					
Klass 4.3 Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten					
Klass 5.1 Oxiderande ämnen					

Figur 8. Indelning av farligt gods i ADR/RID-klasser.

³ ADR är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på väg och i terräng. I Sverige används den nationella anpassningen ADR-S (MSBFS 2018:5).

⁴ RID är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på järnväg. I Sverige används den nationella anpassningen RID-S (MSBFS 2018:6).



Klass	Etikettförlagor
Klass 5.2 Organiska peroxider	 
Klass 6.1 Giftiga ämnen	
Klass 6.2 Smittförande ämnen	
Klass 7 Radioaktiva ämnen	   
Klass 8 Frätande ämnen	
Klass 9 Övriga farliga ämnen och föremål	

Figur 9. Indelning av farligt gods i ADR/RID-klasser.

4.1.2 Möjliga olyckor

Huvuddelen av olyckorna med farligt gods inblandat är i grunden trafikolyckor och åtgärder för att förbättra vägsäkerheten medverkar därför också till att minska risken för en olycka med farligt gods. Det finns andra händelser än trafikolyckor som kan ge ett utsläpp av farligt gods, t.ex. fordonsbränder och handhavandefel vid lastning. En brittisk studie visar att andelen sådana händelser är i storleksordningen 5 % och det antas därmed att dessa händelser inryms i de konservativa skattningar av olycksfrekvenserna som rapporten bygger på [14].

Farligt gods utgörs av flera olika ämnen vars fysikaliska och kemiska egenskaper varierar. Vid ett utsläpp kan olika typer av konsekvenser inträffa beroende på ämnets egenskaper. Principiellt kan en indelning ske i massexplösiva ämnen, giftiga kondenserade gaser, brandfarliga kondenserade gaser, giftiga vätskor, brandfarliga vätskor och frätande vätskor. Fyra olika typer av konsekvenser kan härledas; brand, explosion och utsläpp av giftiga och frätande kemikalier.

Massexplösiva ämnen kan detonera vid olyckor och transport. Skadeverkan är en blandning av strålnings- och tryckskador. Tryckkondenserade gaser är lagrade under tryck i vätskeform. Vid utströmning kommer en del av vätskan att förångas och övergå i gasform. Utströmningen ger upphov till ett gasmoln som driver i väg med vinden. Vätskor som strömmar ut breder ut sig på marken och bildar vätskepölar. Beroende av vätskans flyktighet kommer avdunstningen att gå olika fort.



Brand och explosion kan uppstå sekundärt efter ett utsläpp av brandfarlig gas eller vätska. Antänds en vätskepöl uppstår en pölbrand och om en gas antänds direkt vid utsläppskällan uppstår en jetflamma. Vid utströmning av brandfarlig gas används ofta termerna UVCE⁵ och BLEVE⁶. UVCE inträffar om ett gasmoln antänds på ett längre avstånd från utsläppskällan och BLEVE är ett resultat av att en pga. värmepåverkan kokande vätska (tryckkondenserad gas) släpps ut momentant från en bristande tank och exploderar med stor kraft. En BLEVE är att beakta som en sekundär konsekvens av en farlig godsolycka då den kräver en kraftig uppvärmning till följd av en brand för att kunna inträffa.

Splitterskador saknas det modeller för eftersom spridningen är mycket oförutsägbar, och denna typ av skador tas inte med i beräkningarna utan får representeras av de skadeverkningar från tryck och värme vid explosioner som modellen innefattar.

Ovanstående konsekvenser kan härledas till farligt gods i ADR-klass 1, 2, 3, 6 och 8. Brandfarliga fasta ämnen i ADR-klass 4, oxiderande ämnen och organiska peroxider i RID-klass 5, radioaktiva ämnen i ADR-klass 7 och övriga ämnens i klass 9 utgör normalt ingen fara för omgivningen då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet. Det finns naturligtvis undantag, t ex kan oxiderande organiska peroxider (klass 5) som blandas med brandfarliga vätskor (klass 3) orsaka explosioner. Föroreningar i en tank med väteperoxid (klass 5) kan orsaka ett skenande sönderfall med en tanksprängning som följd. Explosioner vid transport av ADR-klass 5 har därför inkluderats i riskanalysen.

4.1.3 Val av olycksscenarioer

Vid transport av farligt gods utgör nedanstående olycksförlopp de dimensionerande olycksscenarierna:

- ♦ Detonation av *massexplosiva ämnen* som ger tryckverkan och brännskador.
- ♦ Utsläpp och antändning av kondenserad *brännbar gas* som kan ge upphov till BLEVE, gasmolnsexplosion, gasmolnsbrand och jetflamma, vilket leder till brännskador och i vissa fall även tryckpåverkan.
- ♦ Utsläpp av kondenserad *giftig gas* som ger förgiftning vid inandning.
- ♦ Utsläpp och antändning av *brandfarliga vätskor* vilka ger pölbrand med efterföljande brännskador.
- ♦ Utsläpp av *giftiga brandfarliga vätskor* vilka ger förgiftning vid inandning när de driver iväg som gasmoln.
- ♦ Detonation till följd av blandning av *oxiderande ämne* med *brandfarlig vätska*.
- ♦ Utsläpp av *giftiga vätskor* som ger förgiftning vid inandning när de driver iväg som gasmoln.
- ♦ Utsläpp av *frätande vätskor*, vilka ger frätskador vid hudkontakt.

⁵ Unconfined Vapour Cloud Explosion.

⁶ Boiling Liquid Expanding Vapour Cloud Explosion.



4.2 Hantering av brandfarliga ämnen vid drivmedelsstationer

Drivmedelsstationer ger upphov till risker för människors säkerhet till följd av transport och hantering av brandfarliga produkter. Vidare kan emissioner från drivmedelsstationer påverka människors hälsa.

4.2.1 Drivmedelsstationer

I centrala Ulricehamn finns idag ca 5 drivmedelsstationer, varav en även är tankställe för fordonsgas.

4.2.2 Hanterade ämnen

Drivmedelsstationer hanterar framförallt drivmedel i ADR-klass 3 (diesel och bensin) men även gasformiga drivmedel kan hanteras på speciella drivmedelsstationer.

Dieselbaserade drivmedel är mindre brandfarliga än bensin, och avger inte brandfarliga ångor i tillräckliga mängder för antändning förrän det hettas upp till sin flampunkt på ca 60 grader.

Bensin är en betydligt brandfarligare vätska som avdunstar effektivt även i minusgrader, och i och med sin låga flampunkt (-30°C) avger brännbara gaser i tillräcklig mängd för att antändning ska kunna ske i princip året runt. Antändning av den brännbara gas-luft-blandning som då uppstår kan ske både genom en öppen låga eller glöd från en cigarett men även genom kontakt med statisk elektricitet eller heta motordelar [15]. Bensinångorna har en relativ densitet på 3 (Luft = 1) och ångorna kommer därför att spridas längs marken och in i lågt liggande utrymmen som rör och kulvertar i mark och källare, för att sedan kunna antändas längre bort från utsläppspunkten.

Bensin är kategoriserad som klass 1-vätska, vilket är den mest brandfarliga klassen. Även etanolbaserade bränslen har en flampunkt så låg att den kategoriseras som klass 1-vätska, medan diesel har en högre flampunkt och kategoriseras som klass 3. Explosiv atmosfär vid normala temperaturer riskerar att bildas av klass 1-vätskor.

Vid en bensinstation avgår lättflyktiga kolväten vid tankning av fordon, vid påfyllning av cisternerna, när cisternerna andas och i bilavgaserna. Bland de lättflyktiga kolvätena ingår bensen, som har uppmärksamats som ett hälsovådligt ämne.

4.2.3 Möjliga olyckor

Risker som bensinstationer tillför omgivningen är främst relaterade till brand och explosion. Risker uppstår framförallt i samband med transport till och lossning av drivmedel vid stationen. Transportolyckor med farligt gods behandlas dock separat i detta dokument.

Läckage av brandfarlig vätska i samband med lossning från tankbil till cistern är ett tänkbart olycksscenario vid en drivmedelsstation. Ett spill vid lossning kräver dock att ett läckage sker och att samtliga skyddsmekanismer samtidigt fallerar. I anslutning till lossningsplatser finns spillzoner och invallningar för att omhänderta eventuella spill.

Fordonsgas levereras ofta i färdigfyllda behållare. Om gasbehållare fylls på plats finns risk för uppkomst av explosiv atmosfär i samband med detta.



Läckage eller spill vid pumparna i samband med tankning av fordon skulle också kunna orsaka ett spill av brandfarlig vätska eller gas. Om ett spill skulle antändas under eller i närheten av en tankbil innehållande något drivmedel kan värmeutvecklingen föranleda större läckage och/eller en explosion där även tankbilens innehåll involveras i brandförloppet.

Ångor som avdunstar från spill eller vid öppen hantering av brandfarliga vätskor bildar en explosiv atmosfär om proportionerna mellan luft och ångorna är inom det ämnesspecifika intervallet där antändning kan ske. Ångan måste sedan komma i kontakt med en tändkälla.

Det finns många potentiella tändkällor som kan antända en explosiv atmosfär, där öppen eld är den mest effektiva. Införande av öppen eld och rökning på drivmedelsstationer är förbjudet men kan trots detta inträffa.

Läckage från cisterner är tänkbart även om det är relativt osannolikt. Ofta är bränslecisternerna försedda med sekundära skydd, som dubbelmantling eller invallning vilket reducerar risken för läckage eller spridning av ett sådant. Bränslecisterner med bensen och diesel placeras ofta under mark vilket gör att ett sådant läckage främst utgör en miljörisk, medan risken för antändning eller explosion är låg. Behållare med fordonsgas står vanligtvis placerade ovan mark, men att dessa skulle spontanläcka är osannolikt. Påkörningsskydd vid cisterner, pumpar och gasbehållare minskar risken för utsläpp.

Det föreligger även hälsorisker i och med inandning av bensen och andra hälsovådliga ämnen som finns i drivmedel.



5 Risknivåer

I detta kapitel presenteras resultat från genomförda beräkningar i form av individrisk och samhällsrisk längs med de vägar i Ulricehamns kommun där farlig gods kan transporteras.

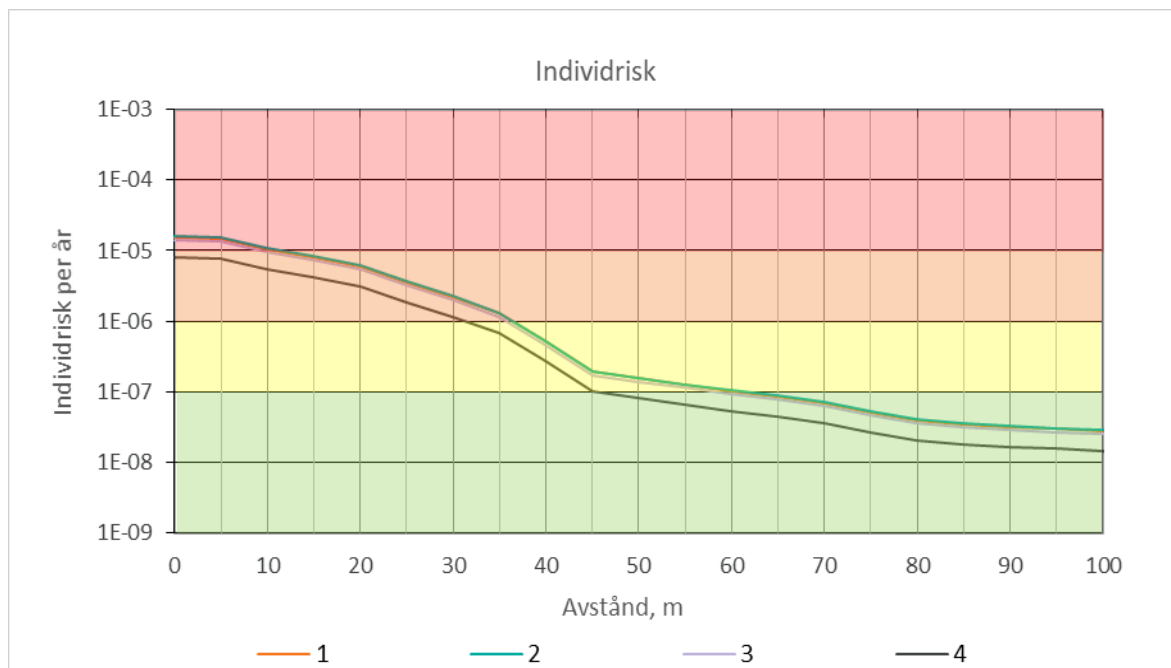
5.1 Individrisk

Individrisken presenteras nedan för samtliga vägvagnsnitt, grupperade för respektive väg. Risknivåerna varierar för de undersökta transportlederna och med avståndet från dessa. De resultat som presenteras i detta avsnitt är framtagna utan hänsyn till effekterna av säkerhetshöjande åtgärder. Rekommenderade skyddsavstånd för placering av byggnader av olika känslighetsnivå presenteras i kapitel 8, där även effekten av riskreducerande åtgärder på skyddsavståndet redovisas.

Bebyggelsezonerna A – D (se avsnitt 2.3 och 2.4 ovan) indikeras av färger enligt:

- = zon A – ej känslig bebyggelse
- = zon B – mindre känslig bebyggelse
- = zon C – normalkänslig bebyggelse
- = zon D – känslig bebyggelse

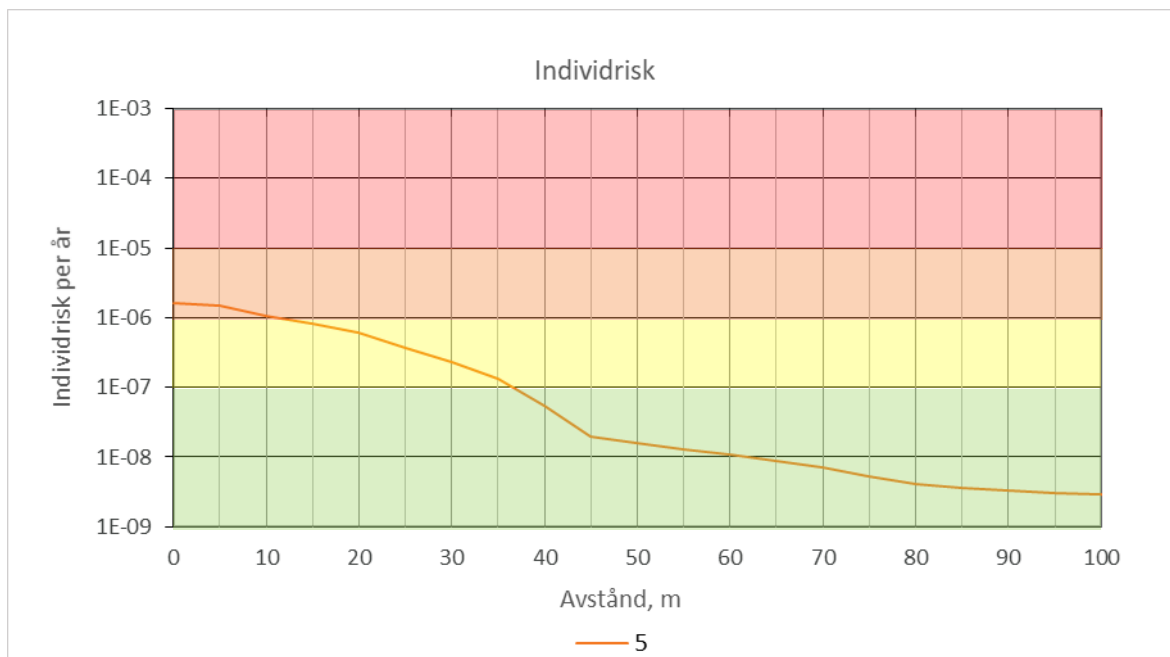
VÄG 40 – AVSNITT 1-4



Figur 10. Individrisknivåer för väg 40, uppdelat i dess vägvagnsnitt 1-4. Individriskkurvorna för avsnitt 3 och 4 sammanfaller i figuren och grafen för avsnitt 3 syns därmed inte. Dimensionerande sträcka för väg 40 är vägvagnsnitt 2.

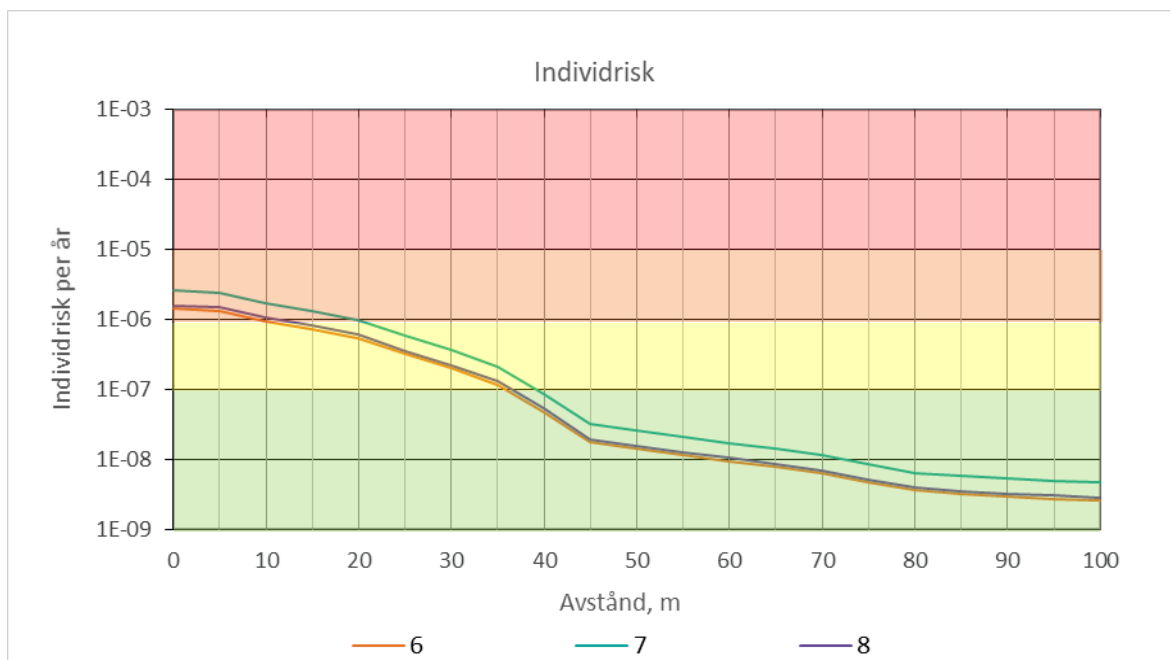


VÄG 40.1 – AVSNITT 5



Figur 11. Individrisknivåer för väg 40.1. Denna väg har bara en delsträcka (avsnitt 5).

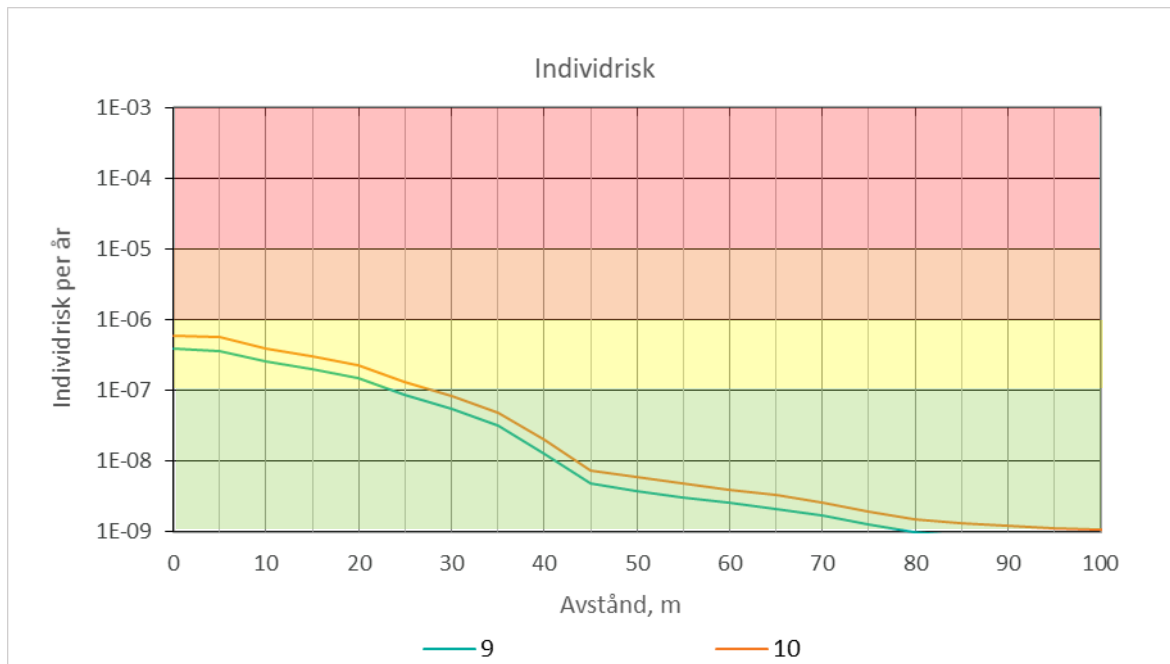
VÄG 46 – AVSNITT 6-8



Figur 12. Individrisknivåer för väg 46, uppdelat i dess vägsnitt 6-8. Dimensionerande sträcka för väg 46 är vägsnitt 7.

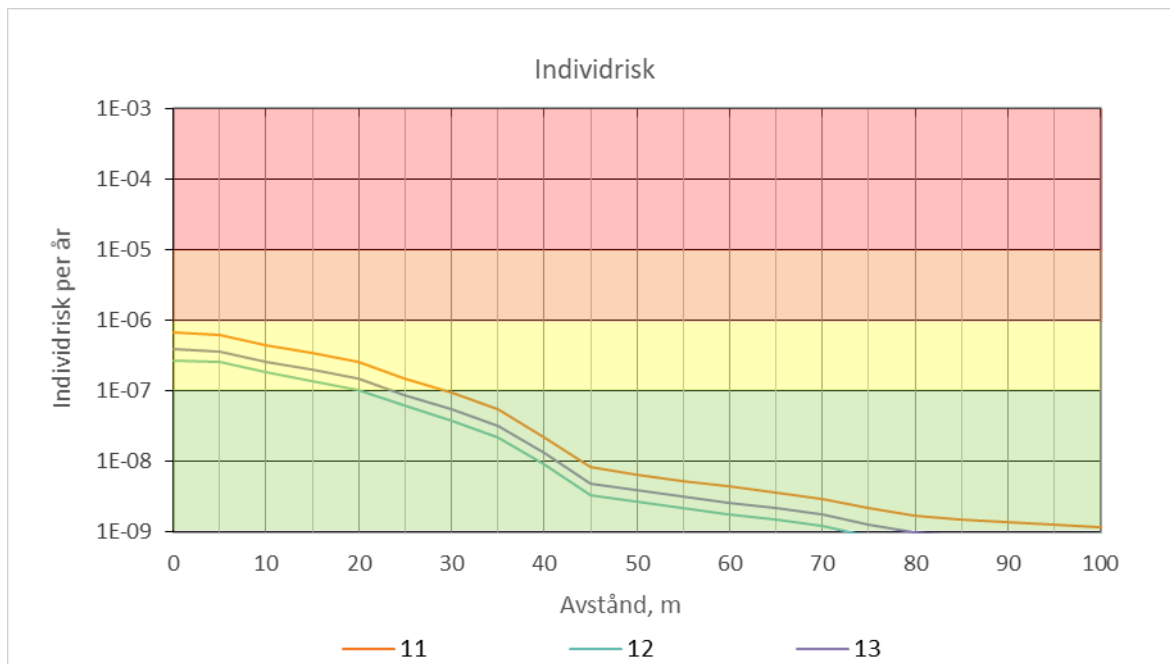


TRE ROSORS VÄG – AVSNITT 9-10



Figur 13. Individeriskenivåer Tre rosors väg, uppdelat i dess vägvagnsnitt 9-10. Dimensionerande sträcka för Tre rosors väg är vägvagnsnitt 10

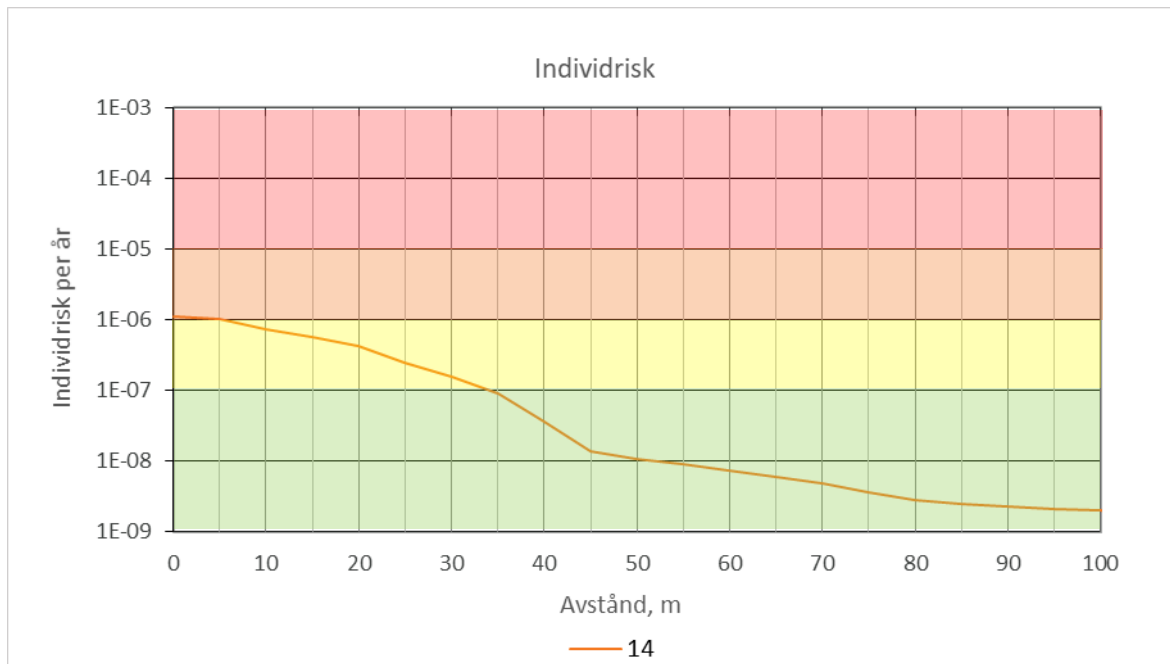
VÄG 157 – AVSNITT 11-13



Figur 14. Individeriskenivåer för väg 157, uppdelat i dess vägvagnsnitt 11-13. Dimensionerande sträcka för väg 157 är vägvagnsnitt 11.

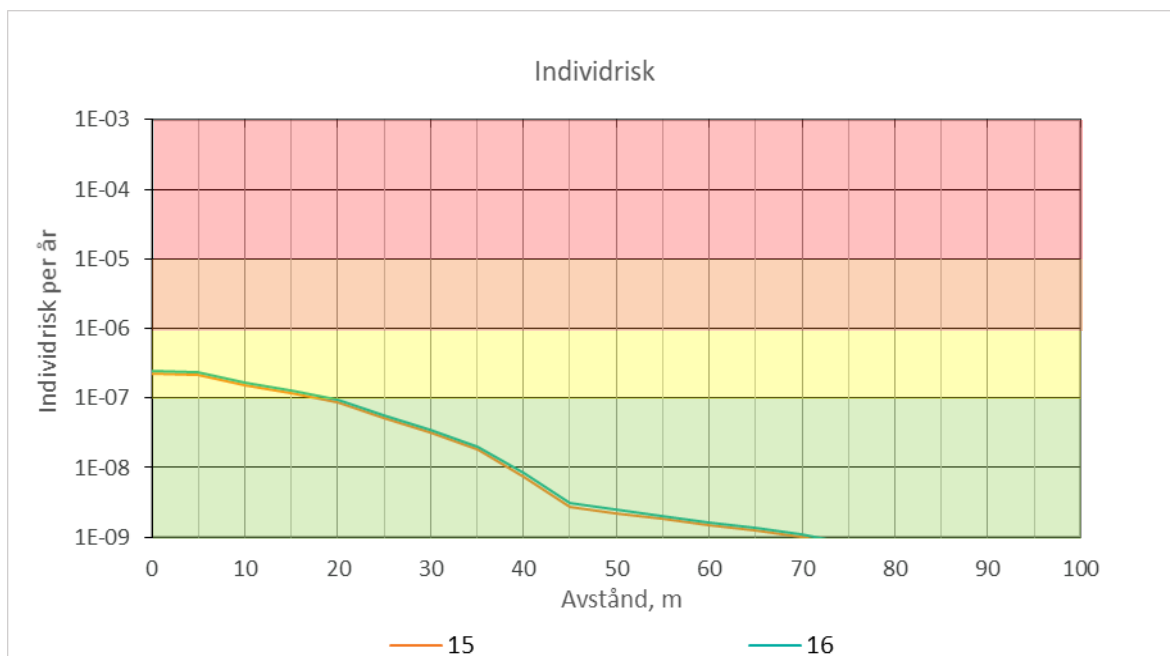


VÄG 157.1 – AVSNITT 14



Figur 15. Individrisknivåer för väg 157.1. Denna väg har bara en delsträcka (avsnitt 14)

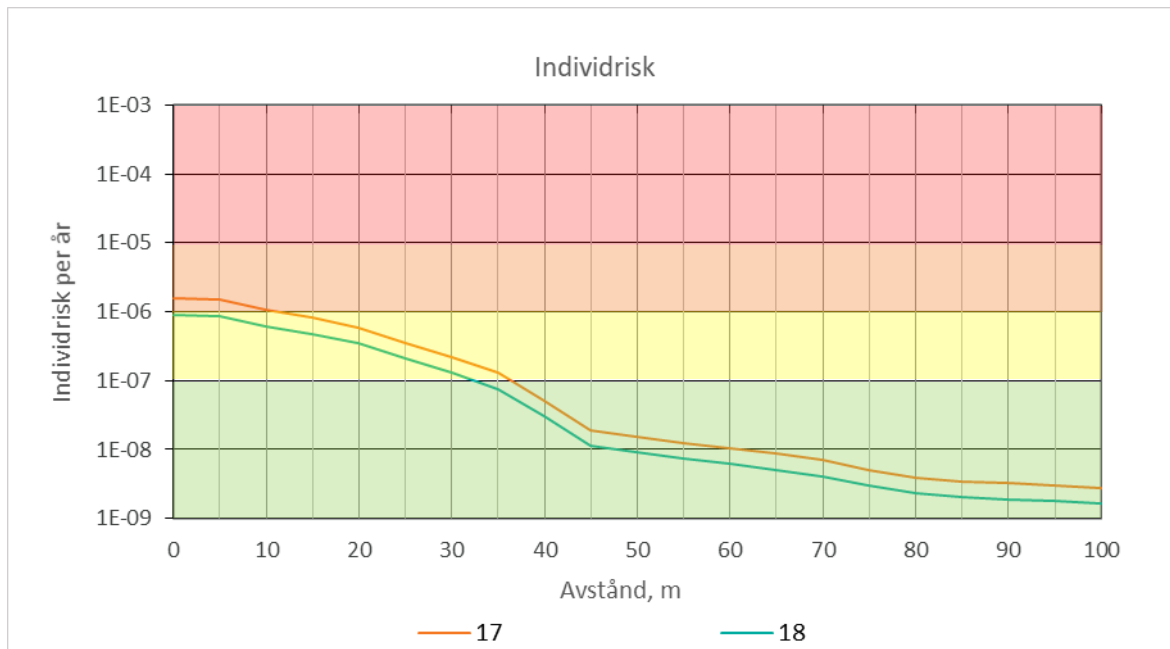
VÄG 1704 – AVSNITT 15-16



Figur 16. Individrisknivåer för väg 1704, uppdelat i dess vägvägsnitt 15-16. Dimensionerande sträcka för väg 1704 är vägvägsnitt 16.



VÄG 1719 – AVSNITT 17-18



Figur 17. Individrisknivåer för väg 1719, uppdelat i dess vägsnitt 17-18. Dimensionerande sträcka för väg 1719 är vägsnitt 17.

5.1.1 Dimensionerande avsnitt per vägsträcka

Det dimensionerande avsnittet per vägsträcka är den med högst risk för respektive väg. Dessa sammanställs i tabellen nedan.

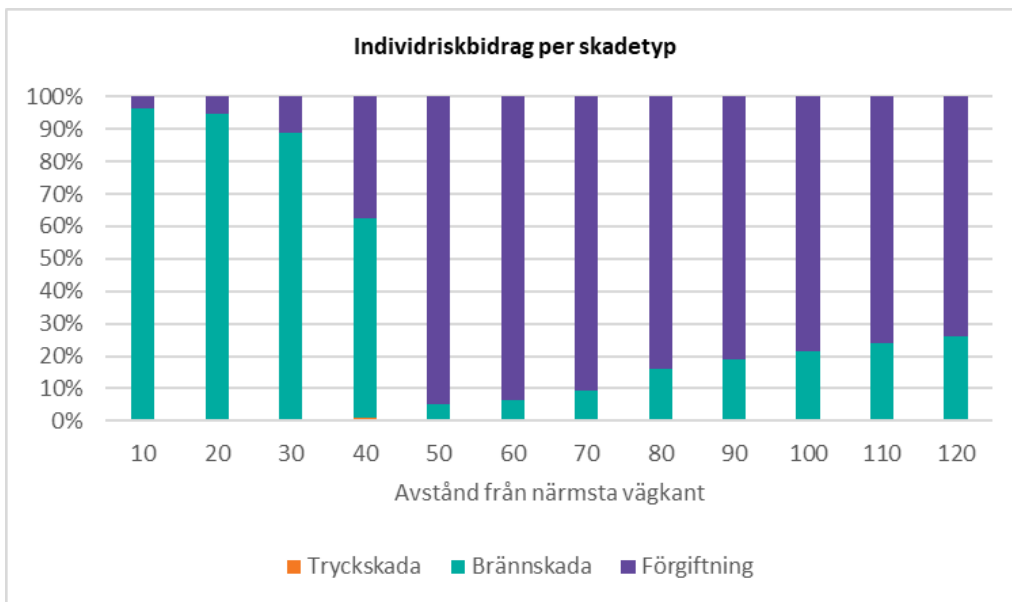
Tabell 9. Dimensionerande avsnitt per väg.

Väg	40	40.1	46	Tre rosors	157	157.1	1704	1719
Dimensionerande avsnitt	2	5	7	10	11	14	16	17

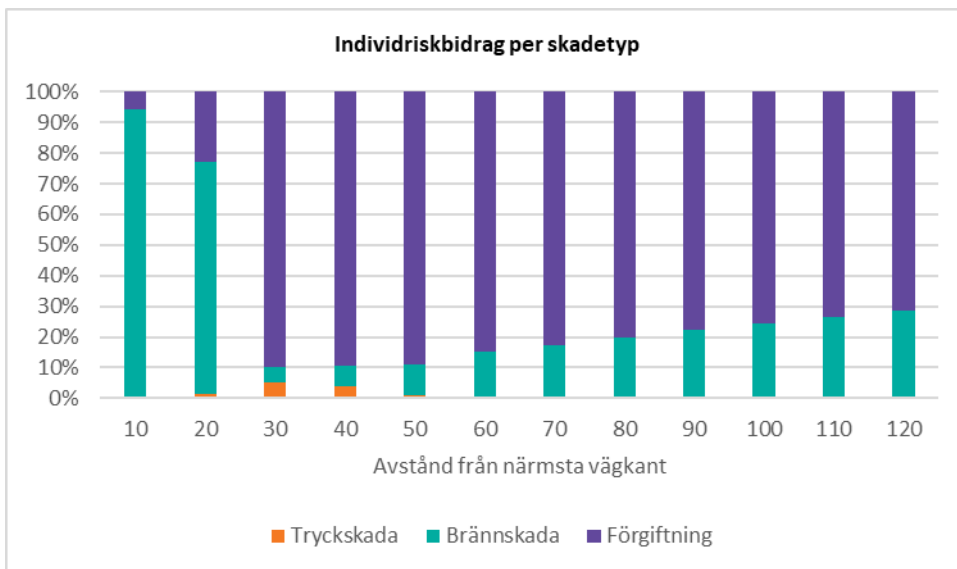


5.1.2 Riskbidrag från olyckstyper på olika avstånd

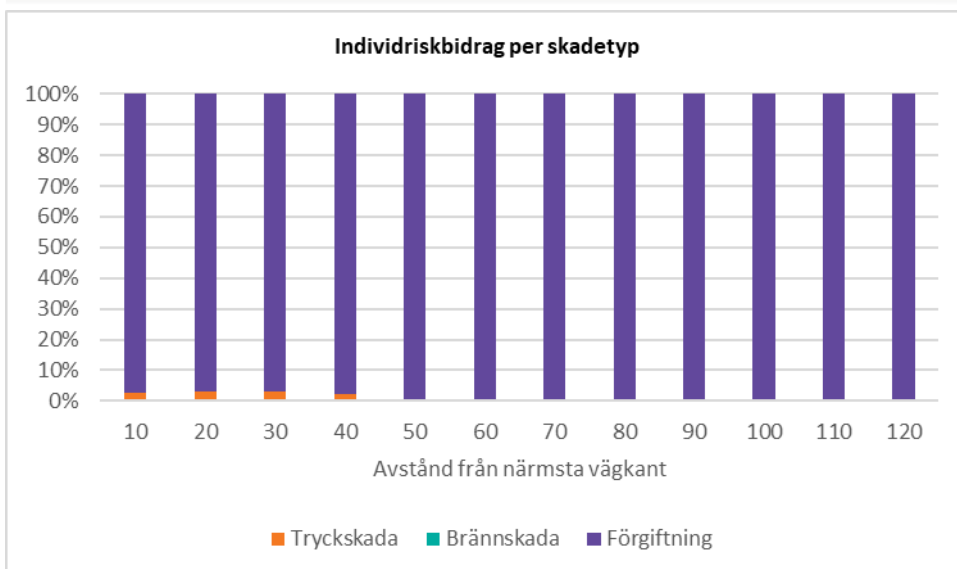
I detta avsnitt presenteras individriskbidragen av olika skadetyper (tryckskada, brännskada och förgiftning) på olika avstånd från vägen. Dessa grafer presenteras för det dimensionerande avsnittet för väg 40, och visar riskbidraget från resp. skadetyper. Figuren visar även effekten av olika typer av säkerhetshöjande åtgärder. För mer information om dessa åtgärder, se kapitel 6.



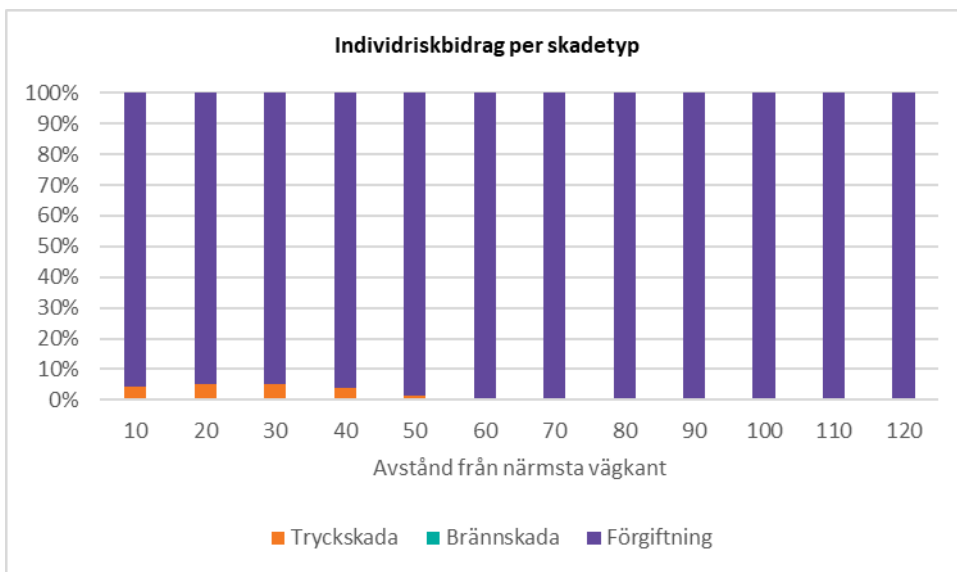
Figur 18. Individriskbidrag för vägvagn 2 på väg 40, utan införande av säkerhetshöjande åtgärder. Skadetyper brännskada dominerar fram till 50 meter från vägen, där förgiftning istället står för det största riskbidraget. Tryckskador står för någon procent av skadorna runt avstånd på 40 meter.



Figur 19. Individriskbidrag för vägvagn 2 på väg 40, vid införande av den säkerhetshöjande åtgärden invallning. Denna åtgärd begränsar exempelvis spridning av brandfarlig vätska vilket gör att brännskador inte når lika långt, och därmed står för en mindre del av individrisken på 30 och 40 meter. Förgiftningsskador dominerar från 30 meter. Tryckskador står för några procent av skadorna omkring 20-50 meter.



Figur 20. Individriskbidrag för vägvagn 2 på väg 40, vid införande av den säkerhetshöjande åtgärden brandskyddade fasader. Denna åtgärd skyddar mot brännskador för de personer som vistas inomhus, och därmed är förgiftningsskador dominerande på samtliga avstånd. Observera att detta endast gäller för personer som vistas inomhus.



Figur 21. Individriskbidrag för vägvagn 2 på väg 40, vid införande av en kombination av de båda säkerhetshöjande åtgärderna brandskyddade fasader och invallning.



5.2 Samhällsrisk

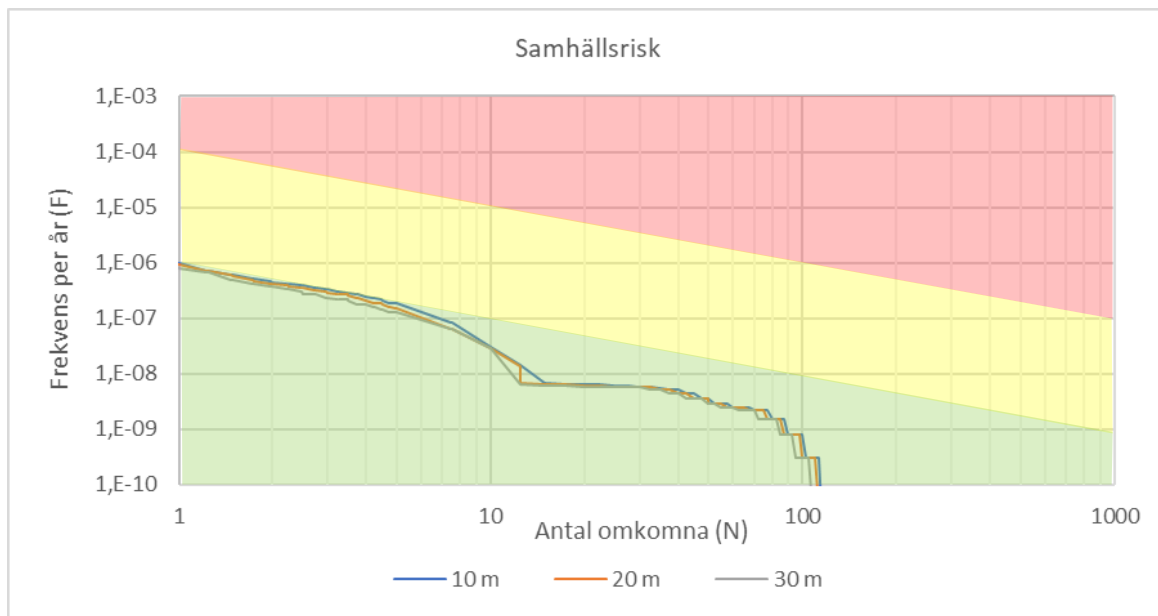
Samhällsriskberäkningarna har genomförts för ett urval av vägvsnitten, se avsnitt 3.5.2.

Resultatet från samhällsriskberäkningarna för urvalet av vägar inom Ulricehamns kommun visar att riskerna är acceptabla givet de kriterier som anges i avsnitt 2.4.2 och resultaten ställer inga ytterligare krav på bebyggelsefria avstånd utifrån ett samhällriskperspektiv.

Acceptanskriterierna (se avsnitt 2.3 – Principer för riskvärdering samt 2.4 – Förslag till acceptanskriterier i Ulricehamns kommun ovan) färgmarkeras enligt nedan:

- = oacceptabel risk
- = ALARP-området
- = acceptabel risk

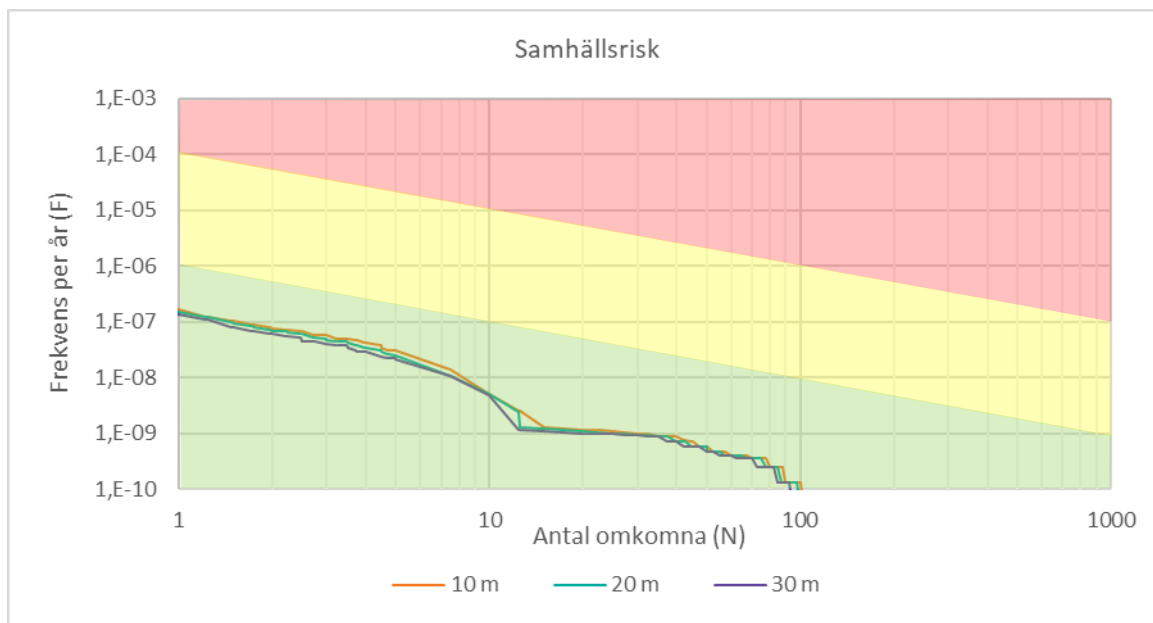
VÄG 40 – AVSNITT 2



Figur 22. Samhällrisknivåer för väg 46, för bebyggelsefria avstånd på 10, 20 och 30 meter från vägen. Samhällsrisk är acceptabel enligt acceptanskriterierna i avsnitt 2.4.2.

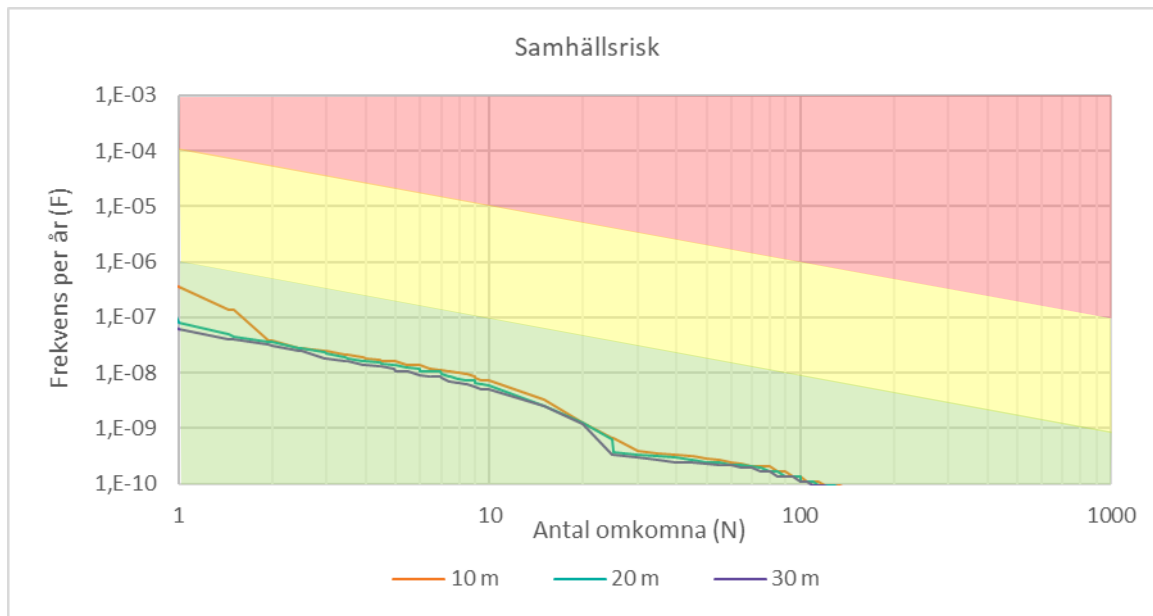


VÄG 46 – AVSNITT 7



Figur 23. Samhällsrisknivåer för väg 46, för bebyggelsefria avstånd på 10, 20 och 30 meter från vägen. Samhällsrisken är acceptabel enligt acceptanskriterierna i avsnitt 2.4.2.

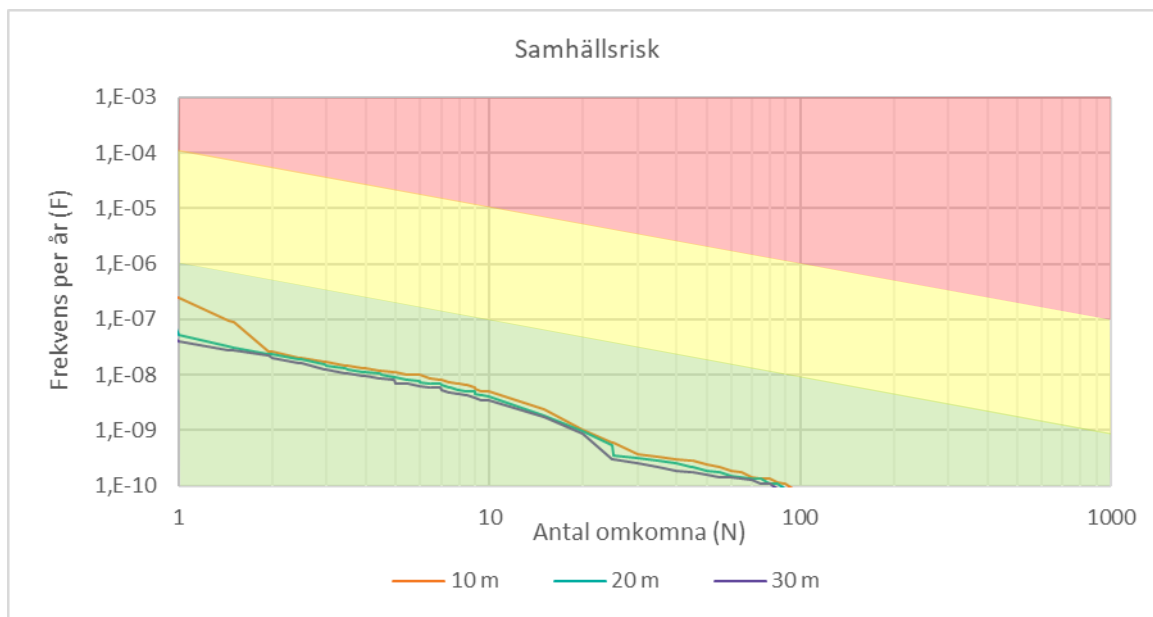
TRE ROSORS VÄG – AVSNITT 10



Figur 24. Samhällsrisknivåer för Tre rosors väg, avsnitt 10, för bebyggelsefria avstånd på 10, 20 och 30 meter från vägen. Samhällsrisken är acceptabel enligt acceptanskriterierna i avsnitt 2.4.2.

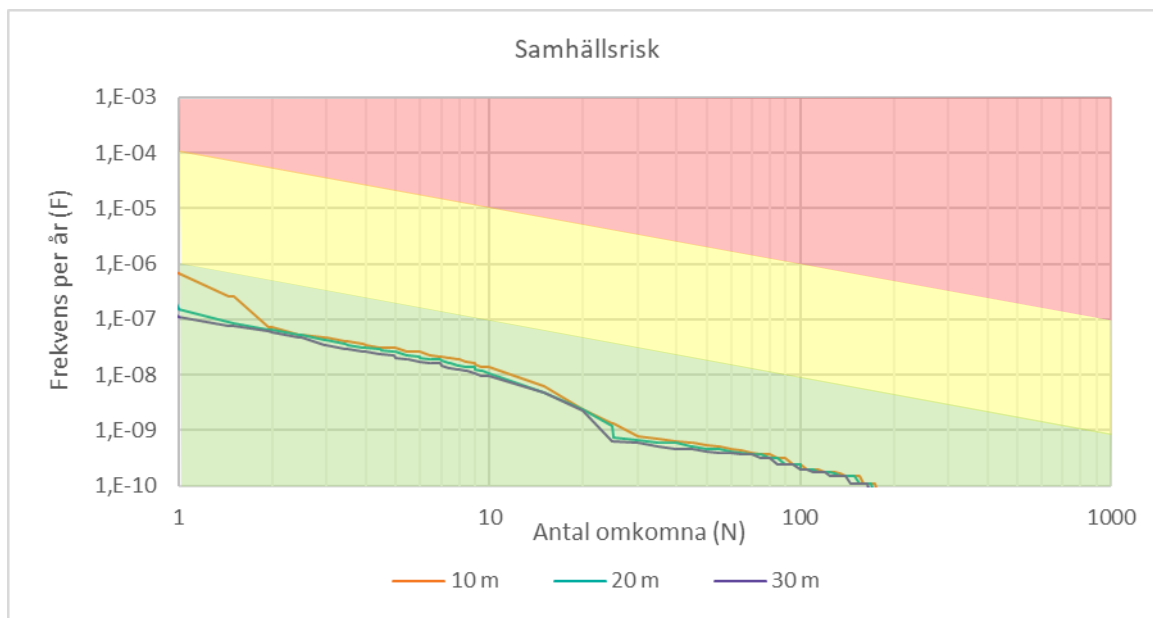


VÄG 157 – AVSNITT 13



Figur 25. Samhällsrisiknivåer för väg 157, avsnitt 13, för bebyggelsefria avstånd på 10, 20 och 30 meter från vägen. Samhällsrisiken är acceptabel enligt acceptanskriterierna i avsnitt 2.4.2.

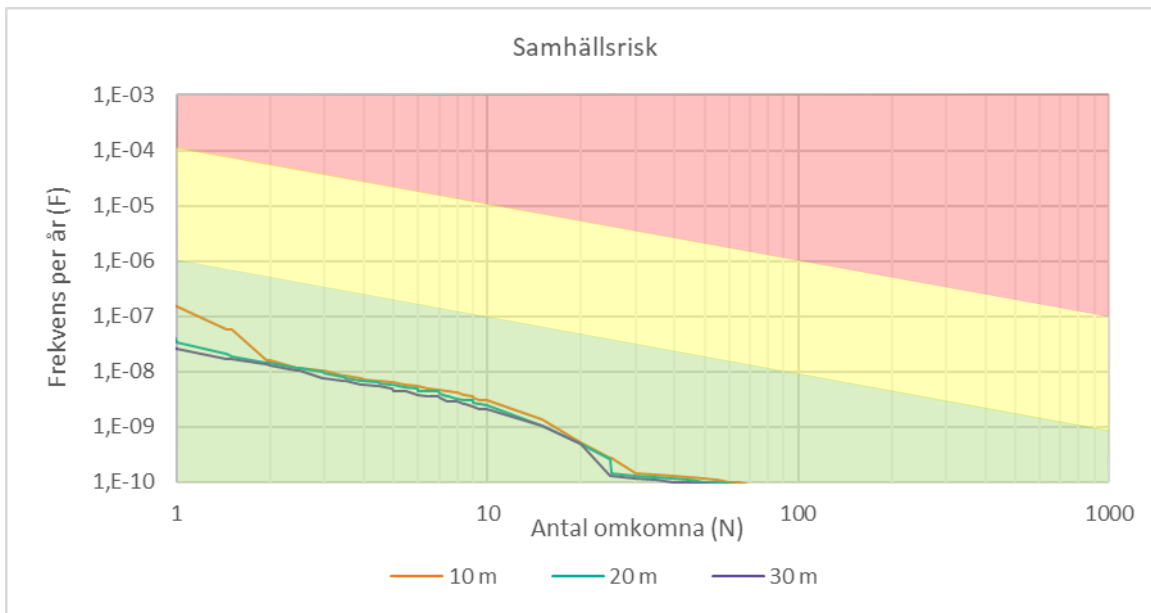
VÄG 157.1 - AVSNITT 14



Figur 26. Samhällsrisiknivåer för väg 157.1, avsnitt 14, för bebyggelsefria avstånd på 10, 20 och 30 meter från vägen. Samhällsrisiken är acceptabel enligt acceptanskriterierna i avsnitt 2.4.2.

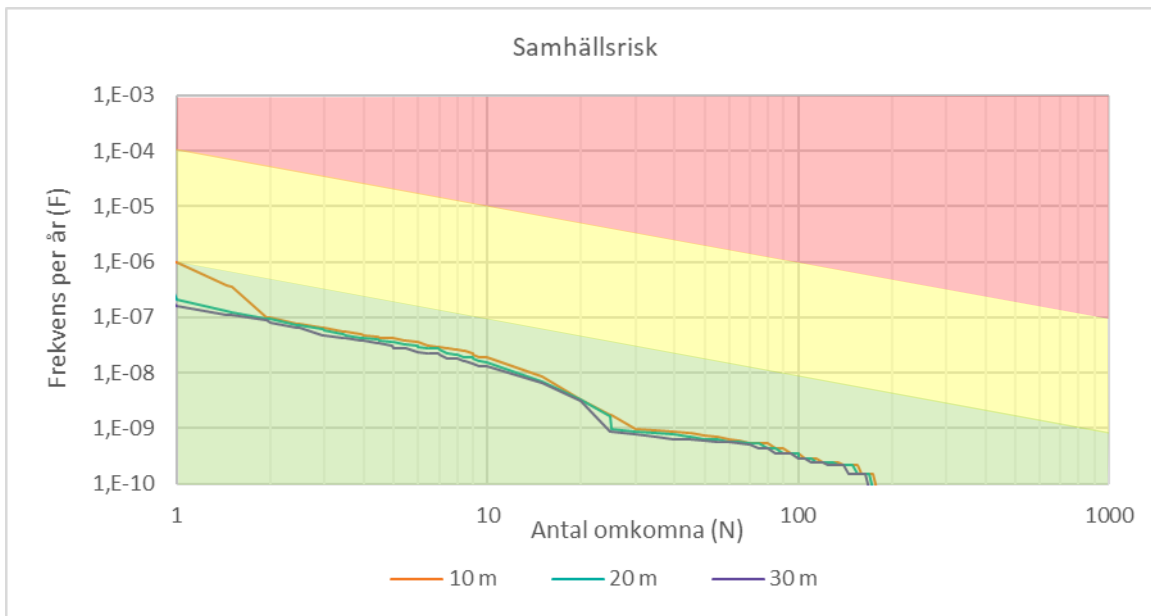


1704 – AVSNITT 16



Figur 27. Samhällsrisiknivåer för väg 1704, avsnitt 16, för bebyggelsefria avstånd på 10, 20 och 30 meter från vägen. Samhällsrisiken är acceptabel enligt acceptanskriterierna i avsnitt 2.4.2.

VÄG 1719 – AVSNITT 17



Figur 28. Samhällsrisiknivåer för väg 1719, avsnitt 17, för bebyggelsefria avstånd på 10, 20 och 30 meter från vägen. Samhällsrisiken är acceptabel enligt acceptanskriterierna i avsnitt 2.4.2.



6 Säkerhetshöjande åtgärder

De finns flera exempel på åtgärder som skyddar mot olyckor och ett sätt att kategorisera dem finns i rapporten "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner" [16]. Åtgärderna är kategoriserade efter typ av åtgärd. Dessa är sorterade efter hur de vanligen förhåller sig till byggnaden och byggskedet enligt följande:

- ♦ Åtgärder före byggskedet eller vid sidan av en byggnad - markåtgärder. Markåtgärderna delas in i *markåtgärder* respektive *separations-/barriäråtgärder*.
- ♦ Åtgärder förknippade med byggskedet - byggnadsåtgärder. Byggnadsåtgärder delas in i *utformningsåtgärder* och *fasadåtgärder*.

Exempel på markåtgärder är markbeläggning (genomsläpplig eller tät), invallning, och dike. Separationsåtgärder kan vara skyddsavstånd, vegetation, vall och mur. Utformningsåtgärder handlar om hur planområdet och byggnaderna disponeras, förstärkning av stomme, placering av friskluftsintag, etc. Ej öppningsbara fönster och brandskyddad fasad är två exempel på fasadåtgärder. I rapporten "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner" finns detaljerad information om utformning av dessa säkerhetshöjande åtgärder och deras effekt mot olika typer av olyckor [16]. Där finns också information om hur sådana åtgärder kan beskrivas i detaljplaner.

De säkerhetshöjande åtgärderna som belyses i detta avsnitt är de byggnadstekniska skyddsåtgärderna *brandskyddad fasad* och *ventilationsåtgärder* samt markåtgärderna *invallning* och *disposition*. Åtgärderna har valts då de är lämpliga för att skydda mot pölbränder till följd av utsläpp av brandfarlig vätska, en olyckstyp som står för en dominerande del av riskbidraget nära transportleden.

6.1 Brandskyddad fasad

Skydd mot brandspridning kan åstadkommas antingen genom ett skyddsavstånd eller genom en kombination av byggnadsåtgärd och skyddsavstånd. Något särskilt skydd mot brandspridning från pölbränder erfordras inte för byggnader som uppförs på avstånd längre än 30 m från närmsta vägkant eller 20 m från dike med avåkningsskydd, se bilaga G för mer information. Byggnader placerade på kortare avstånd ska utformas med skydd mot brandspridning t.ex. yttervägg i obrännbart material och fönster i brandteknisk klass.

En brandskyddad fasad är en s.k. utformningsåtgärd som innebär att fasad, inklusive fönster, utförs i en viss brandteknisk klass samt att krav ställs på ytterväggens antändlighet. En brandteknisk klass är dock ingen garanti för att fasaden inte antänds och att brandspridning därmed sker till exempelvis vinden. Av denna orsak kan krav på lägst brandteknisk klass i vissa fall behöva kompletteras med krav på svårantändlighet om andra material i fasadbeklädnader än murverk eller betong godtas.

En fasad i obrännbart material, utan ventilationsöppningar, varken i fasad eller i takfot, försedd med fönster i brandteknisk klass som inte kan öppnas utan särskilda verktyg, uppfyller normalt de krav som behöver ställas vad gäller brandskydd och brandmotstånd hos en fasad. Åtgärdens säkerhetspåverkan beskrivs nedan:



- ♦ Passiv åtgärd, fungerar oberoende av räddningstjänstens eller annans åtgärder.
- ♦ Hög tillförlitlighet. Viss sannolikhet finns att skyddet försämras om åtgärden "glöms bort", t.ex. vid renoveringar (byte av fönsterpartier, fasadåtgärder, ventilationsförändringar etc.).
- ♦ Åtgärden minskar risken för, eller fördröjer, brandspridning till och vidare in i en byggnad vid brand utanför.
- ♦ Åtgärden reducerar inträngning av giftiga gaser, brandrök, damm och aerosoler eftersom brandklassade fönster endast tillåts vara öppningsbara med nyckel eller specialverktyg. Exponering kan dock ske genom andra fönster eller via ventilationssystemet.
- ♦ En brandskyddad fasad skyddar inte människor som befinner sig utomhus mellan transportleden och byggnaderna.

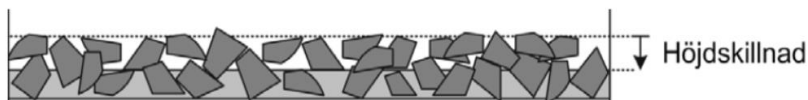
Brandskyddad fasad är ofta svår att ordna i byggnader där krav finnas på öppningsbara fönster, t.ex. för vädring av sovrum eller där ventilationssystemet utformas med tilluftsöppningar i fasad.

6.2 Invallning

Ett dike är en s.k. markåtgärd som utformas för att skydda intilliggande bebyggelse genom att begränsa utbredningen av farligt gods i vätskeform. Diket ska kombineras med ett avåkningsskydd i form av exempelvis ett vägräcke. Dikets säkerhetspåverkan beskrivs nedan:

- ♦ Åtgärden är passiv
- ♦ Underlättar släckinsats vid brand och sanering efter utsläpp eftersom pölens utbredning blir begränsad.
- ♦ Åtgärden har hög tillförlitlighet.

Genom att "låsa" utbredningen av olyckor till invallningens kant kan konsekvensområdet för vissa olyckor justeras. En invallning är därför särskilt effektivt mot olyckor där det farliga godset består av vätskor, dvs. utsläpp av brandfarliga, frätande och giftiga vätskor. Ett dike utgör ett exempel på en invallning. Det har visat sig att konsekvenserna av en pölbrand kan begränsas ytterligare om diket fylls med makadam eftersom detta minskar brandens intensitet. Makadam och dike bör dimensioneras så att vätskenivån vid utsläpp understiger makadamlagrets höjd, se Figur 29. Om vätskenivån motsvarar eller understiger makadamlagrets höjd blir effekten kraftigt reducerad [17]. Förutom att verka säkerhetshöjande med tanke på olycksrisker för personer kan dikning även verka som buffert vid översvämningar, kraftig nederbörd och dagvattenstigning. Hänsyn ska dock tas, speciellt inom vattenskyddsområden, eftersom ett makadamdike kan öka infiltrationen. Dikesåtgärden kan behöva kombineras med ett tätskikt eller ett underliggande lager av tät morän eller lera för att undvika att utsläppen sprider sig till grundvatten eller vattentäcker i området.



Figur 29. Principskiss av makadam och vätskenivå. Källa: [17].

Markåtgärders kvalitet kan förändras över tid och



6.3 Övriga säkerhetshöjande åtgärder

6.3.1 Skydd mot utsläpp av giftigt ämne

Även vid en mycket låg risknivå kan olyckor med farligt gods få stora konsekvenser om sådana skulle träffa i närheten. Konsekvensberäkningarna i bilaga C visar att flertalet olycksscenarier kan påverka byggnader och med enkla åtgärder kan byggnader utformas för att begränsa skadorna vid en olycka.

För vissa olyckor av särskilt allvarlig karaktär förutsätts att personer i byggnaderna vidtar vissa säkerhetsåtgärder för att kunna kvarstanna inomhus under olycksförloppet. Exempelvis är det betydelsefullt att stänga fönster och dörrar i händelse av utsläpp av giftig gas, med vind mot planområdet⁷. Ett liknande agerande förväntas i samband med byggnadsbränder i intilliggande fastigheter (eller andra lägenheter) eftersom brandgaser också har ett giftigt innehåll. Därför kan byggnader där personer vistas stadigvarande utrustas med nödstopp på ventilationssystemet i enlighet med BBR [18] (avsnitt 2:52). Nödstopp är en lämplig åtgärd i byggnader som innehåller lokaler, t.ex. kontor och bör placeras på en central och lätt tillgänglig plats. Nödstoppet bör dock inte placeras så att ventilationen kan stängas av oavsiktligt eller av obehöriga personer, eftersom detta kan påverka inomhusmiljön och brandsäkerheten inuti byggnaden. Ventilationen bör sättas igång igen så snart faran är över.

Placeringen av friskluftsintag bör ske högt för att minska risken att giftiga gaser kommer in i byggnaderna. Giftiga gaser är ofta tyngre än omgivande luft, vilket innebär att de rör sig långsamt med marken. En placering av friskluftsintag högre än 8 m ovan mark minskar påtagligt koncentrationen av giftiga gaser inomhus. Se bilaga G för mer information.

6.3.2 Disponering av byggnader och område

När en olycka inträffar och räddningstjänsten beslutar om en evakuering av intilliggande fastigheter är det rimligt att denna utrymning ska kunna ske så säkert som möjligt. Därför bör det ställas krav på att byggnader ska vara möjliga att evakuera i riktning bort från transportleden. Samtliga byggnader där människor vistas annat än tillfälligt bör ha denna möjlighet.

Markanvändningen inom planområdet kan disponeras på sätt så att den allmänna risknivån i planområdet minskas. Om ett planområde planeras innefatta både en skola, en parkering och ett kontorshus kan kontorshuset fungera som en barriär mot skolan om kontorshuset placeras närmst vägen, och parkeringen bör placeras närmare vägen än samtliga byggnader inom planområdet för att ytterligare öka skyddsavståndet. Skolgården bör i detta exempel placeras längst bort från transportleden.

Extra uppmärksamhet på riskperspektivet bör tas vid placering av småhusbebyggelse, då det ofta är svårt att tillämpa vanliga säkerhetshöjande åtgärder som exempelvis högt placerade friskluftsintag och brandskyddade fasader.

⁷ Notera att utsläpp av giftig gas har ett stort påverkansområde och behovet av att stanna inomhus med stängda fönster och dörrar sträcker sig långt bortom planområdet.



7 Riskhänsyn intill drivmedelsstationer

I detta kapitel redovisas hur riskhänsyn kan visas intill drivmedelsstationer.

7.1 Myndighetsbestämmelser

När det gäller avstånd mellan bostadsbebyggelse och drivmedelsstationer finns det allmänna råd från några olika myndigheter som berör påverkan på människors hälsa och säkerhet. I Boverkets allmänna råd "Bättre plats för arbete" [19] anges ett riktvärde på 100 m mellan bensinstationer och ny bostadsbebyggelse. Ett avstånd på 50 m motiveras av riskhänsyn (skydd vid olyckor) och det resterande skyddsavståndet beror bl.a. på buller, ljusstörningar och luftföroreningar. Länsstyrelsen i Västra Götalands län har ingen egen rekommendation när det gäller drivmedelsstationer, men i Länsstyrelsens i Stockholms läns "Riskhänsyn vid bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer" [20] anges att:

- ♦ Byggnad bör med hänsyn till brand- och explosionsrisk inte uppföras inom ett avstånd av 25 m från tankfordonets lossningsplats, avluftningsanordningar från bensincisternen och tankställe där fordon tankas (pump).
- ♦ Från bostäder och samlingsplatser utomhus till bensinstation bör ett minimiavstånd på 50 m alltid hållas, ur både risk-, miljö och hälsoskyddssynpunkt. Detta längre avstånd gäller främst med hänsyn till luftföroreningarnas långsiktiga påverkan på människor.
- ♦ I nyplaneringsfallet (ny bebyggelse eller ny bensinstation) bör dock alltid ambitionen vara att hålla ett avstånd på 100 m.

Sedan rekommendationerna för riskhänsyn vid ny bebyggelse för bensinstationer skrevs av Länsstyrelsen i Stockholms län år 2000 med ovanstående rekommendationer har absolutkrav för gasåterföring vid tankning införts, vilket både minskar utsläpp och explosionsrisker. Detta gör att de avstånd som rekommenderades år 2000 sannolikt skulle vara kortare om rekommendationerna skrevs om.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har gett ut en handbok om hur föreskrifterna om hantering av brandfarliga gaser och vätskor bör tillämpas vid bensinstationer [21]. MSB rekommenderar ett skyddsavstånd på minst 25 m från lossningsplats till bostäder och mellan tankställe och bostad rekommenderas ett avstånd på minst 18 m.

7.2 Riskbedömning

Utifrån ett säkerhetsperspektiv (konsekvenser av olyckor) bedöms ett avstånd på 25 m vara tillräckligt. Detta avstånd är det längsta avstånd som anges för drivmedelsstationer enligt Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor och tillhörande föreskrifter.

Ett avstånd på 25 m är tillräckligt för att skydda mot brandspridning vid utsläpp av brandfarlig vätska i anslutning till tankställe eller i samband med lossning, vilket visats med



beräkningar i bilaga G. Både pumpar och lossningsplats ska normalt vara försedd med invallning el. dyl.

En drivmedelsstation tar emot två till fyra leveranser med drivmedel per vecka. Detta ger i storleksordningen 100 till 200 leveranser per år, vilket kan jämföras med de ca 36 000 fordon med farligt gods per år som är dimensionerande för bebyggelseplanering intill väg 40. Risknivån till följd av transport av farligt gods till en drivmedelsstation bör i detta sammanhang vara försumbar.

Det finns en miljökvalitetsnorm för bensen som innebär att en bensenhalt om $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ luft ej får överskridas. Miljökvalitetsnormen skall respekteras i all planering.

En utredning [22] för ny drivmedelsstation (ca 60-80 m från bostadsbebyggelse) i Hammarby Sjöstad, Stockholm visar att drivmedelsstationen ger ett tillskott på $0,3\text{-}0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bensen till följd av avdunstning. En artikel [23], publicerad i Journal of Environmental Management, utreder hur drivmedelsstationer påverkar luftkvaliteten i närområdet. Författarna undersöker med hjälp av mätningar och simuleringar bensinstationers omgivningspåverkan. De konstaterar att påverkan blir obetydlig på 50 till 75 m avstånd. På längre avstånd utgör omgivande trafik den huvudsakliga källan till utsläpp av lättflyktiga kolväten.

Bättre plats för arbete [19] anger att det på längre avstånd än 50 m är hälsoriskerna som dominerar. Värt att notera i sammanhanget är att det i "Bättre plats för arbete" anges att införandet av ett gasåterföringssystem minskar miljöproblemen i samband med påfyllning av bränslecisterner och tankning av fordon. Sedan mitten av 1990-talet krävs gasåterföringssystem enligt lag på samtliga drivmedelsstationer i Sverige, något som rekommendationerna i "Bättre plats för arbete" inte tar hänsyn till. En undersökning [24] i Luleå kommun visar att gasåterföringssystemen minskar utsläppen av lättflyktiga kolväten i samband med drivmedelshantering med ca 70 %.

Utifrån ett hälsoperspektiv (emission av kolväten) är det rimligt med 50 m till bostäder, skolor och vårdbyggnader. Kontor, handel, industri, lager, etc. behöver inget särskilt skyddsavstånd med hänsyn till hälsopåverkan.



8 Rekommenderade skyddsavstånd

8.1 Allmänt

Precisionen i genomförda beräkningar gör att rekommenderade avstånd anges i intervall om 5 m, där avrundning har skett till närmaste övre avstånd om individrisken inte understigit relevant värde på det studerade avståndet. I avsnitt 2.4 beskrivs kriterierna för värdering av individ- och samhällsrisk.

Angivna skyddsavstånd utgår från närmsta körbanekant (se Figur 30) med undantag då vall el. dyl. används i kombination med skyddsavstånd. I dessa fall mäts skyddsavståndet från vallens, murens, trågets, etc. närmsta kant mot berörda fastigheter (se Figur 31). För diken, se Figur 32.



Figur 30. Illustration av hur angivet skyddsavstånd ska mätas med undantag då vall el. dyl. används.



Figur 31. Illustration av hur angivet skyddsavstånd ska mätas då det finns en vall. el. dyl. mot transportleden.



Figur 32. Illustration av hur angivet skyddsavstånd ska mätas då det finns dike.

I vissa fall är vägen placerad på en högre nivå än intilliggande mark. Om utformningen utgörs av en bro förutsätts att bron är utformad med ett avåkningsskydd och invallning, vilket gör att skyddsavståndet kan mätas lika Figur 31. Samma resonemang gäller om vägbanken ligger över intilliggande mark.



8.2 Bedömningsgrunder

De rekommenderade skyddsavstånd till olika verksamheter som redovisas i detta kapitel bygger på följande underlag:

- ♦ Beräknad individ- och samhällsrisk.
- ♦ Ett minimiavstånd för skydd mot de vanligaste olyckorna.

Beräknad individ- och samhällsrisk redovisas i kapitel 5, och i detta kapitel anges minsta skyddsavstånd för att riskvärderingskriterierna ska uppfyllas. Oavsett risknivå krävs ett minsta skyddsavstånd till transportleden för att skydda mot brandspridning. Beräkningar i bilaga G visar att det krävs ett avstånd på 30 m från transportleden såvida det inte finns en vall el. dyl. Om så är fallet är 20 m tillräckligt.⁸

Riskbedömningen görs med hänsyn till både olyckors frekvens och den skada de kan orsaka. Konkret innebär detta att en bebyggelse kan tillåtas på ett visst avstånd i huvudsak för att frekvensen för en olycka är mycket liten. Vid en olycka kan skador på människor och egendom inträffa även utanför de rekommenderade skyddsavstånden. Genom att följa rekommendationerna ges dock ett bra skydd mot de vanligaste förekommande olyckorna.

8.3 Skyddsavstånd från vägar med transport av farligt gods

I detta avsnitt presenteras de skyddsavstånd som rekommenderas för de olika zonerna vid bebyggelseplanering längs med de undersökta vägarna och deras respektive vägvsnitt.

Rekommendationerna utgår ifrån resultat från genomförda beräkningar i form av avstånd enligt avsnitt 8.1 till planerad bebyggelse i de tre olika bebyggelsezonerna.

Zonerna som skyddsavstånd redovisas till är zon B, C och D. Zon A redovisas inte, då denna zon aldrig har ett skyddsavstånd utan i sig utgör den markanvändning som är acceptabel inom området mellan vägkanten och zon B. Ekvationer och samband för beräkningarna presenteras i bilaga B. Zonerna färgmarkeras på samma sätt som i individriskgraferna i avsnitt 5.1 – *Individrisk*.

Tabellerna är uppdelade efter väg, och i varje tabell presenteras rekommenderade skyddsavstånd för de respektive avsnitten på varje väg. Indexsiffrorna för respektive avsnitt motsvarar den siffra som används som markör i kartan i figurerna 6 och 7 samt i Tabell 3 ovan. I tabellerna redovisas även hur införande av säkerhetshöjande åtgärder förändrar skyddsavstånden för varje avsnitt, se kapitel 6 för mer information om dessa åtgärder.

Se avsnitt 3.5.1 för närmare beskrivning av vad som presenteras.

⁸ Observera att i den icke-tekniska sammanfattning som levereras tillsammans med detta dokument så anges avstånden i tabellerna med dessa värden som minimivärden för att underlätta för handläggaren att avgöra vilket skyddsavstånd som gäller. I denna handling anges istället de i modellen beräknade avstånden för respektive fall.



Tabell 10. Skyddsavstånd (m) för väg 40 (rekommenderad primär transportled för farligt gods).

VÄG 40

AVSNITT	ÅTGÄRDER	SKYDDSAVSTÅND		
ZONINDELNING		B	C	D
AVSNITT 1	Inga	15	40	65
	Invallning	5	20	45
	Brandfasad	-	10	60
	Kombination	-	10	45
AVSNITT 2	Inga	15	40	65
	Invallning	5	20	45
	Brandfasad	-	10	60
	Kombination	-	10	45
AVSNITT 3	Inga	10	35	45
	Invallning	-	20	35
	Brandfasad	-	10	55
	Kombination	-	10	35
AVSNITT 4	Inga	-	35	50
	Invallning	-	20	30
	Brandfasad	-	10	45
	Kombination	-	10	25

Tabell 11. Skyddsavstånd (m) för väg 40.1 (rekommenderad primär transportled för farligt gods).

VÄG 40.1

AVSNITT	ÅTGÄRDER	SKYDDSAVSTÅND		
ZONINDELNING		B	C	D
AVSNITT 5	Inga	-	15	40
	Invallning	-	5	20
	Brandfasad	-	-	10
	Kombination	-	-	10



Tabell 12. Skyddsavstånd (m) för väg 46 (rekommenderad primär transportled för farligt gods).

VÄG 46

AVSNITT	ÅTGÄRDER	SKYDDSAVSTÅND		
ZONINDELNING		B	C	D
AVSNITT 6	Inga	-	10	40
	Invallning	-	-	20
	Brandfasad	-	-	10
	Kombination	-	-	10
AVSNITT 7	Inga	-	20	40
	Invallning	-	10	25
	Brandfasad	-	-	10
	Kombination	-	-	10
AVSNITT 8	Inga	-	15	40
	Invallning	-	5	20
	Brandfasad	-	-	10
	Kombination	-	-	10

Tabell 13. Skyddsavstånd (m) för Tre rosors väg (transport av farligt gods kan förekomma).

TRE ROSORS VÄG

AVSNITT	ÅTGÄRDER	SKYDDSAVSTÅND		
ZONINDELNING		B	C	D
AVSNITT 9	Inga	-	-	25
	Invallning	-	-	15
	Brandfasad	-	-	-
	Kombination	-	-	-
AVSNITT 10	Inga	-	-	30
	Invallning	-	-	15
	Brandfasad	-	-	-
	Kombination	-	-	-



Tabell 14. Skyddsavstånd (m) för väg 157 (transport av farligt gods kan förekomma).

VÄG 157

AVSNITT	ÅTGÄRDER	SKYDDSAVSTÅND		
ZONINDELNING		B	C	D
AVSNITT 11	Inga	-	-	30
	Invallning	-	-	15
	Brandfasad	-	-	5
	Kombination	-	-	5
AVSNITT 12	Inga	-	-	25
	Invallning	-	-	10
	Brandfasad	-	-	-
	Kombination	-	-	-
AVSNITT 13	Inga	-	-	25
	Invallning	-	-	15
	Brandfasad	-	-	-
	Kombination	-	-	-

Tabell 15. Skyddsavstånd (m) för väg 157.1 (transport av farligt gods kan förekomma).

VÄG 157.1

AVSNITT	ÅTGÄRDER	SKYDDSAVSTÅND		
ZONINDELNING		B	C	D
AVSNITT 14	Inga	-	10	35
	Invallning	-	-	20
	Brandfasad	-	-	10
	Kombination	-	-	10



Tabell 16. Skyddsavstånd (m) för väg 1704 (transport av farligt gods kan förekomma).

VÄG 1704

AVSNITT	ÅTGÄRDER	SKYDDSAVSTÅND		
ZONINDELNING		B	C	D
AVSNITT 15	Inga	-	-	20
	Invallning	-	-	10
	Brandfasad	-	-	-
	Kombination	-	-	-
AVSNITT 16	Inga	-	-	20
	Invallning	-	-	10
	Brandfasad	-	-	-
	Kombination	-	-	-

Tabell 17. Skyddsavstånd (m) för väg 1719 (transport av farligt gods kan förekomma).

VÄG 1719

AVSNITT	ÅTGÄRDER	SKYDDSAVSTÅND		
ZONINDELNING		B	C	D
AVSNITT 17	Inga	-	15	40
	Invallning	-	5	20
	Brandfasad	-	-	10
	Kombination	-	-	10
AVSNITT 18	Inga	-	-	35
	Invallning	-	-	20
	Brandfasad	-	-	10
	Kombination	-	-	10

8.4 Skyddsavstånd från drivmedelsstationer

I avsnitt 7.2 redovisas en riskbedömning avseende drivmedelsstationer. Utifrån skydd mot olyckor avseende transport och hantering av brandfarliga varor på drivmedelsstationer kan ett skyddsavstånd på 25 m från plats där brandfarlig vara hanteras till bebyggelse tillämpas.

För boende bör även hänsyn tas till hälsopåverkan av lättflyktiga kolväten. Ett skyddsavstånd på 50 m till bostäder är tillräckligt för att exponeringen ska vara tillfredsställande låg.

De rekommenderade skyddsavstånden sammanställs i Tabell 18 nedan.

Tabell 18. Rekommenderade skyddsavstånd från drivmedelsstationer.

	Bostäder	Övrig bebyggelse
Skyddsavstånd	50 meter	25 meter



9 Tillämpning av riktlinjerna

I detta kapitel redovisas exempel på hur de rekommenderade skyddsavstånden kan tillämpas i kommunernas arbete med planering längs med transportleder för farligt gods.

9.1 Vägar för transport av farligt gods i Ulricehamn

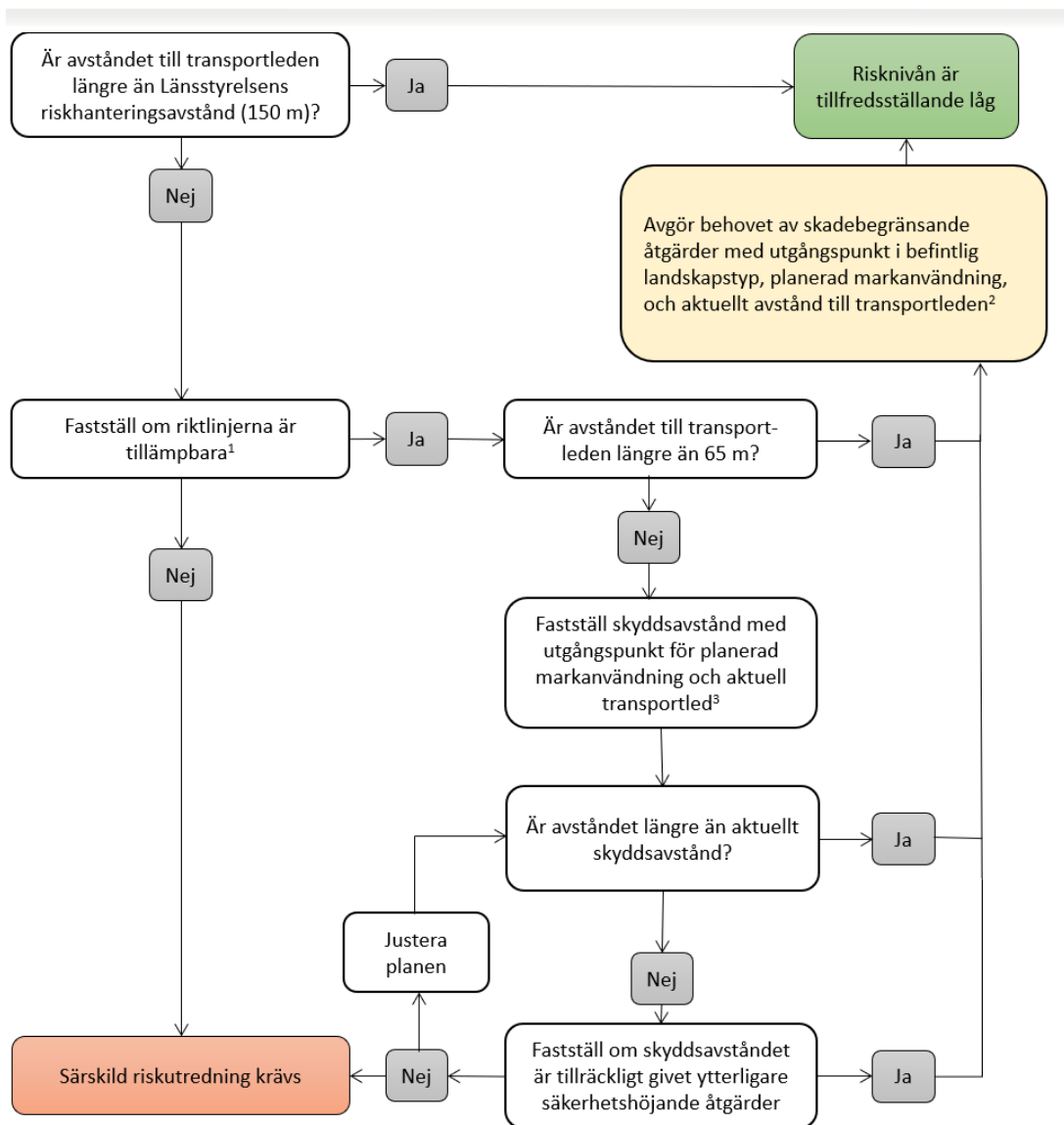
Transport av farligt gods förekommer inom Ulricehamns kommun och Ulricehamns tätort. De vägar som i första hand rekommenderas för sådan transport på vägnätet i kommunen är i dagsläget som tidigare nämnt vägarna 40, 40.1 och 46 (avsnitt 1-8). Detta innebär dock inte att transport av farligt gods inte kan förekomma på andra vägar i kommunen.

Kommunen bör beakta att väg 1704 (avsnitt 15 och 16) utgör omledningsväg för väg 40, vilket medför att risker med transport av farligt gods bör beaktas i planeringen intill vägen. Samma motivering gäller för väg 46 söder om väg 40 (avsnitt 6). Dessa vägar bör utgöra sekundära vägar för transport av farligt gods.

Det finns inga särskilda mottagare eller avsändare av farligt gods i Ulricehamns tätort som föranleder att väg 40.1 (avsnitt 5) ska vara rekommenderad färdväg för farligt gods.

9.2 Arbetsgång vid planering

Arbetsgången vid planering utgår från den undersökning om en markanvändning kan medföra en betydande miljöpåverkan som ska göras i 6 kap 5 § i Miljöbalken (1998:808) när t.ex. ett planarbete initieras. I Figur 33 visas ett exempel på tillvägagångssätt för att bedöma risker, skyddsavstånd och åtgärdsbehov vid planering av bebyggelse intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods (väg 40, 40.1 och 46, vägavsnitt 1-8). För övriga vägar kan arbetsgången användas som vägledning.



¹ Vägledning gällande riktlinjernas tillämpningsområde finns i avsnitt 9.1.1.

² Se avsnitt 9.1.2 för mer information

³ Skyddsavstånden redovisas i avsnitt 8.3

Figur 33. Arbetsgång vid planering.

Den första frågan som ställs är om planområdet ligger inom 150 m från en transportled för farligt gods, vilket är Länsstyrelsen i Västra Götalands riskhanteringsavstånd. Är avståndet längre än 150 m krävs ingen ytterligare riskhänsyn. Se även avsnitt 9.2.3. Om avståndet däremot är kortare än 150 m fortsätter arbetet med att avgöra om riktlinjerna och rekommendationerna redovisade i kapitel 8 i denna rapport är tillämplbara, vilket beskrivs närmre i avsnitt 9.2.1.

Om det fastställts att riktlinjerna är tillämplbara så fortsätter arbetet med att först avgöra om aktuellt avstånd är längre än 65 m. Om så är fallet ska en bedömning göras vilka skadebegränsande åtgärder som är lämpliga att införa i planen, se avsnitt 9.2.2. Är avståndet kortare än 65 m krävs en nyanserad bedömning enligt arbetsgången i avsnitt 9.2.4. I dessa fall kan aktuellt skyddsavstånd med eller utan kompletterande säkerhetshöjande åtgärder utläsas i tabellerna i avsnitt 8.3. Om riktlinjerna inte är tillämplbara kan denna rapport utgöra en grund för den särskilda riskutredning som ska utföras för att avgöra behovet av säkerhetshöjande åtgärder.



9.2.1 Riktlinjernas tillämpningsområde

Riktlinjerna och rekommendationerna som redovisas i kapitel 8 är tillämpbara i de allra flesta planeringsfall med vissa undantag, vilka beskrivs nedan:

- ♦ Planområdet (eller fastigheten) ligger inom det maximala skyddsavståndet (65 m) till fler än en transportled för farligt gods. En sådan situation skapar en komplex planeringssituation då risknivån i ett visst område påverkas av fler än en transportled. I dessa fall krävs särskilda bedömningar. Notera att de rekommenderade skyddsavstånd som redovisas i kapitel 8 gäller endast då enbart *en* transportled berör aktuellt område.
- ♦ Avsedd markanvändning avser byggnader i byggnadsklass Br0, enligt definition i Boverkets byggregler avsnitt 5:22. Byggnadsklass Br0 används för byggnader med mycket stort skyddsbehov, t.ex.
 - Byggnader med fler än 16 våningsplan
 - Större sjukhus
 - Håkten, fängelser och anstalter
 - Skolor, butiker, konferensanläggningar, restauranger, sporthallar, handelsanläggningar med fler än en våning, vilka rymmer fler än 1 000 personer.
 - Nattklubbar, pubar eller diskotek vilka rymmer fler än 600 personer.

Om aktuell markanvändning möjliggör för s.k. Br0-byggnader rekommenderas en dialog med räddningstjänsten för att avgöra om rekommendationerna är tillämpbara.

För vägar som inte utgör rekommenderade transportleder för farligt gods, men där transport av farligt gods kan förekomma i ringa omfattning (avsnitt 9-18), kan rekommenderade skyddsavstånd användas som vägledning. Riskhänsyn kan visas genom att området och byggnader utformas med de skadebegränsande åtgärder som redovisas i avsnitt 9.2.2. En dialog med räddningstjänsten rekommenderas för att avgöra behovet av skyddsavstånd och åtgärder.

9.2.2 Skadebegränsande åtgärder i riskhanteringsområdet

Riskhanteringsområdet intill en transportled för farligt gods sträcker sig 150 m från transportleden. Inom detta avstånd ska behovet av åtgärder för att begränsa skadorna vid en olycka med farligt gods bedömas med utgångspunkt i planerad markanvändning och aktuellt avstånd till transportleden. Samråd med räddningstjänsten rekommenderas för att avgöra behovet av skadebegränsande åtgärder utifrån anvisningarna nedan.

När planområdet disponeras bör avståndet till transportleden göras så långt som möjligt inom ramen för planens syfte. Ett längre avstånd medför alltid lägre risknivå än ett kortare avstånd. Disponering av byggnader och område kan ofta ge en säkerhetshöjande effekt, utan att ge avkall på önskvärda kvaliteter.

Inom 65 m från transportleden är det ofta motiverat att byggnader med normalkänslig och känslig verksamhet utförs så att de är möjliga att evakuera i riktning bort från transportleden. Byggnader bör förses med högt placerade luftintag. Luftintag som placeras på ca 8 m höjd ovan mark ger möjlighet till en påtaglig riskminskning vid utsläpp av giftig gas, se bilaga G. Om möjligt bör byggnader även förses med mekanisk till- och frånluft.



För särskilt svårutrymda eller mycket personintensiva verksamheter kan det finnas ett behov av skadebegränsande åtgärder för skydd mot spridning av giftiga gaser inom hela riskhanteringsområdet på 150 m.

I de fall där åtgärder medger ett kortare avstånd än 30 m ska räddningstjänstens tillgänglighet och förutsättningar att genomföra räddningsinsats särskilt uppmärksammas och beaktas.

9.2.3 Bebyggelsen ligger utanför riskhanteringsområdet

När bebyggelsen ligger utanför riskhanteringsområdet på 150 m från transportleden krävs inga ytterligare säkerhetshöjande åtgärder. I planhandlingarna ska det framgå att aktuellt avstånd till transportled är längre än 150 m och att planområdet ligger utanför Länsstyrelsens riskhanteringsområde.

9.2.4 Bebyggelsen ligger inom riskhanteringsområdet

När bebyggelsen ligger innanför riskhanteringsområdet kan det krävas åtgärder. I detta fall är det nödvändigt att göra en kvalitativ bedömning med utgångspunkt i de specifika förutsättningar som föreligger på platsen, gällande transportleden, planområdet samt området mellan transportleden och planområdet.

Om området mellan transportledens kant (punkt A) och planerad bebyggelse (punkt B) är så pass öppet att man stående på markplan har fri sikt mellan de två punkterna och den vegetation och de övriga hinder på vägen är omkring en till ett par meter höga innebär detta att omgivningens beskaffenhet kan förlänga konsekvensavståndet vid olyckor med farligt gods så mycket att det är motiverat att förlänga skyddsavståndet, eftersom höjdskillnaderna i omgivningen har inverkan på hur långt farliga ämnen kan spridas. Sådan markbeskaffenhet betecknas här vara öppen landskapstyp. Exempel på sådan markanvändning kan vara åkermark, golfbana, äng eller våtmark utan betydande vegetation.

Om denna landskapstyp ligger mellan transportleden och planområdet ska säkerhetshöjande åtgärder vidtas, exempelvis genom införande av mark- och vegetationsåtgärder som gör att de hinder som ligger mellan transportleden och planområdet blir högre. Uppmuntran till stadigvarande vistelse utomhus utan några skyddande barriärer bör inte involveras i planeringen av området. Detta är särskilt viktigt vid planering av känslig verksamhet.

För att genomföra den kvalitativa bedömningen behöver följande uppgifter fastställas:

- ♦ Aktuell transportled och vägavsnitt
- ♦ Aktuell kategori för markanvändning enligt indelningen i avsnitt 2.4
- ♦ Aktuell landskapstyp i området.

När ovanstående uppgifter tagits fram är det möjligt att hämta relevanta skyddsavstånd från tabellerna i avsnitt 8.3, samt kontrollera att minsta skyddsavstånd appliceras i enlighet med avsnitt 8.2. Nedan ges exempel på planeringssituationer och hur sådana ska tolkas:

Bebyggelsen ligger bortom rekommenderat skyddsavstånd i stadsmiljö

Ett planarbete pågår för att uppföra ett område med flerbostadshus (känslig bebyggelse enligt indelningen i avsnitt 2.4) på 70 meters avstånd och kontor (normalkänslig bebyggelse) på 50 m avstånd från väg 40, avsnitt 1. Området mellan planområdet och väg 40 består av hög vegetation och småhusbebyggelse.



Rekommenderat skyddsavstånd för aktuellt fall är 65 m för zon D och 40 meter för zon C (se tabell 10 i avsnitt 8.3) och planområdet ligger således bortom rekommenderat skyddsavstånd för båda bebyggelsetyperna. Eftersom landskapstypen inte är öppen kan det rekommenderade skyddsavståndet betraktas som giltigt. Dispositionen av byggnaderna är bra, eftersom den känsligare bebyggelsen placeras på ett längre avstånd inom planområdet. I planhandlingarna ska det framgå att aktuellt avstånd till transportled för farligt gods är längre än rekommenderat skyddsavstånd samt vilka skadebegränsande åtgärder som bedömts vara lämpliga i enlighet med avsnitt 9.2.2.

Bebyggelsen ligger inom rekommenderat skyddsavstånd

Ett planarbete pågår för att uppföra ett vårdboende (känslig bebyggelse enligt indelningen i avsnitt 2.4) på 35 m avstånd från väg 46 där transport av farligt gods förekommer. Kontorsbyggnader planeras på 15 meter från vägen. Ett befintligt småhusområde finns i området, på ett avstånd på 35 meter.

Rekommenderat skyddsavstånd för aktuellt fall är 40 m (se tabell 12 i avsnitt 8.3) och vårdboendet ligger således inom rekommenderat skyddsavstånd. För detta fall krävs säkerhetshöjande åtgärder för att säkerställa att risknivån blir tillfredsställande låg. Här är brandskyddad fasad eller vall lämpliga åtgärder då dessa ger kortare rekommenderade skyddsavstånd och placerar planområdet bortanför skyddsavståndet (se tabell 16 i avsnitt 8.3). Kontorsbyggnaderna på 15 meters avstånd är olämpligt med tanke på de minsta avstånd som nämns i 8.2, men om skyddsvall byggs så kan dessa uppföras på 20 meters avstånd från vägen. I det befintliga småhusområdet kan enstaka småhus placeras.

Vald säkerhetsåtgärd ska föras in i planbestämmelserna och i planhandlingarna ska det framgå att aktuellt avstånd till transportled för farligt gods är längre än rekommenderat skyddsavstånd givet vald säkerhetshöjande åtgärd. Därutöver ska det framgå vilka ytterligare skadebegränsande åtgärder som bedömts vara lämpliga i enlighet med avsnitt 9.2.2.

Bebyggelsen ligger i landskapstypen öppen mark

Ett planarbete pågår för att uppföra ett stort område innefattande kontor, bostäder och en skola. Planområdet ligger med sin närmaste kant på ett avstånd om 20 meter från väg 40, och sträcker sig till 60 meter från transportleden. Området mellan planområdet och transportleden utgörs av åkermark som är kantad av ca 1 meter höga buskar.

Bebyggelsen kan disponeras inom området så att varje bebyggelsetyp hamnar bortanför respektive rekommenderat skyddsavstånd, till exempel genom att placera kontorshus med brandskyddade fasader närmst vägen, för att sedan fylla på med bostäder och sist skolan. Skolgården bör placeras längst bort från vägen, eftersom en skolgård uppmuntrar till utomhusvistelse. Kontorshuset skulle i en sådan disposition tillföra hinder i den annars öppna marken och skydda bakomliggande bebyggelse. Risknivån vid kontorshuset bör sänkas genom ventilationsåtgärder i första hand, men även åtgärder som invallning har en positiv inverkan på risknivån.

Småhusbebyggelse bör inte placeras närmst vägen i den öppna landskapstypen. Detta eftersom säkerhetshöjande åtgärder är svåra att implementera i dessa fall, se avsnitt 6.3.2.



9.3 Utformning av säkerhetshöjande åtgärder

I detta avsnitt redovisas detaljer avseende utformningen av de säkerhetshöjande åtgärderna i syfte att säkerställa att de får önskvärd effekt.

9.3.1 Brandskyddad fasad

Där brandskyddad fasad tillsammans med ett skyddsavstånd utgör de säkerhetshöjande åtgärderna som möjliggör avsedd markanvändning, ska ytterväggen utformas enligt nedan:

- ♦ Fasad och yttervägg utförs av obrännbart material. Puts på cellplast är inte tillåtet. Ytterväggen ska uppfylla lägst brandteknisk klass EI 30.
- ♦ Fönster som vetter mot transportleden ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30.
- ♦ Fönster mot transportleden får endast vara öppningsbara med verktyg, nyckel eller liknande.
- ♦ Takfot mot transportleden ska utföras i lägst brandteknisk klass EI 30.

9.3.2 Vall el. dyl.

Med vall el. dyl. avses olika former av separationsåtgärder vilka utformas för att en avåkning (samt utsläppt farligt gods) ska kvarstanna i anslutning till transportleden. Observera att placeringen av en vall el. dyl. måste ske i samråd med Trafikverket. Placering av vallar, murar, diken, etc. tillåts vanligen inte inom väghållningsområdet.

När det gäller vägtransport uppnås önskvärt skydd t.ex. med följande alternativa åtgärder:

- ♦ Ett räcke (kapacitetsklass H4b) i kombination med en mur/vall som är minst + 0,3 m i förhållande till vägbanan, alternativt i kombination med ett tråg/dike som är nedsänkt minst 0,3 m i förhållande till vägbanan.
- ♦ Tråg eller diken bör ha en bredd på minst 3,0 m.
- ♦ En vall (1 m hög, 3 m bred) mellan vägbanan och planområdet.

Invallning kan åstadkommas med andra metoder än de som anges ovan. Dimensioneringen ska ske specifikt för aktuellt fall.



Referenser

- [1] Ulricehamns kommun, "Leder att utreda".
- [2] Ulricehamns kommun, "Trafikmängder (bilaga 2 till översiktlig riskanalys) rev 2018-10-03," 2018.
- [3] Räddningsverket, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [4] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, "Riskhantering i detaljplaneprocessen - riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods," 2006.
- [5] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, "Värdering av risk," Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [6] F. Nystedt, "Deaths in Residential Fires - an Analysis of Appropriate Fire Safety Measures," Department of Fire Safety engineering, Lund University, Lund, 2003.
- [7] M. Kylefors, "Cost-Benefit Analysis of Separation Distances, a utility-based approach to risk management decision-making, Rapport 1023.," Avdelningen för brandteknik, Lunds universitet, Lund, 2001.
- [8] Väg- och Trafikforskningsinstitutet, "Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor, rapport nr 387:3," 1994.
- [9] Trafikverket, "Nationell vägdatabas, NVDB," [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/>. [Använd 17 09 2018].
- [10] Google Maps, "Maps," Google , [Online]. Available: maps.google.com.
- [11] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal för EVA 2014-2040-2060," 2016.
- [12] Transportstyrelsen, "Strada uttagswebb," [Online]. Available: <https://strada.transportstyrelsen.se/stradauttag/logon/logon?url=https://strada.transportstyrelsen.se/stradauttag/>. [Använd 09 10 2018].
- [13] Trafikverket, "Kapitel 6 Trafiksäkerhet," i *Effektsamband för transportsystemet - Bygg om eller bygg nytt*, 2017.
- [14] HMSO, "Major hazard aspects of the transport of dangerous substances - report and appandice," Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.
- [15] 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.
- [16] Räddningsverket och Boverket, "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner," 2006.



- [17] A. Lönnermark och M. Bobert, "Makadam i tunnlar begränsar vätsebränders intensitet," *BrandPosten*, p. 34, 2008.
- [18] Boverkets byggregler BBR, "BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. 2015:3 (BBR22).".
- [19] Boverket, "Bättre plats för arbete, Boverkets allmänna råd (1995:5).", 1995.
- [20] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transport av farligt gods samt bensinstationer, rapport 2000:01," Stockholm, 2000.
- [21] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, "Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer, handbok mars 2015, MSB822," 2015.
- [22] Tyréns Infrastruktur AB, "Drivmedelsstation i Hammarby Sjöstad – lokaliseringsutredning," 2002.
- [23] Morales Terrés, I.M., m.fl., "Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings," *Journal of Environmental Management*, nr 91, Elsevier, 2010.
- [24] A. Westerfors, "Bensin & dieselhantering, miljörapport 2002:3,," Miljökontoret, Luleå kommun., Luleå, 2002.



Bilagor

Nedan följer en översikt över innehållet i de bifogade bilagorna.

- | | |
|---|---|
| A | Sannolikhets- och statistikteori |
| B | Trafikflöden |
| C | Frekvenser för olycka med farligt gods |
| D | Konsekvenser av olyckor med farligt gods |
| E | Riskenivåer utmed transportleder för farligt gods |
| F | Känslighetsanalys |
| G | Säkerhetshöjande åtgärder |



Bilaga A Sannolikhets- och statistikteori



Översiktlig riskanalys som underlag till riktlinjer för
bebyggelseplanering intill transportleder för farligt gods

2018-11-28



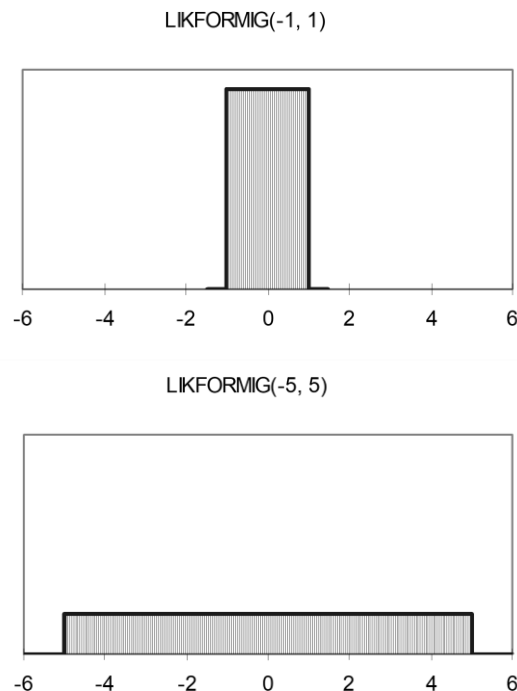
A. Sannolikhets- och statistikteori

Vid beskrivning av modellerna för frekvens- och konsekvensberäkningar används genomgående ett antal statistiska och sannolikheteoretiska begrepp, vilka förklaras i detta kapitel.

Väntevärdet, μ uttrycks även som medelvärdet och är det värde som utgör tyngdpunkten i en statistisk fördelning längs x-axeln. Väntevärdet är ett lägesmått.

Standardavvikelsen, σ är ett mått på en fördelnings spridning. Osäkerheten i en variabels värde uttrycks med dess standardavvikelse. Två variabler kan ha samma väntevärde men olikartade fördelningar, se Figur 1 nedan.

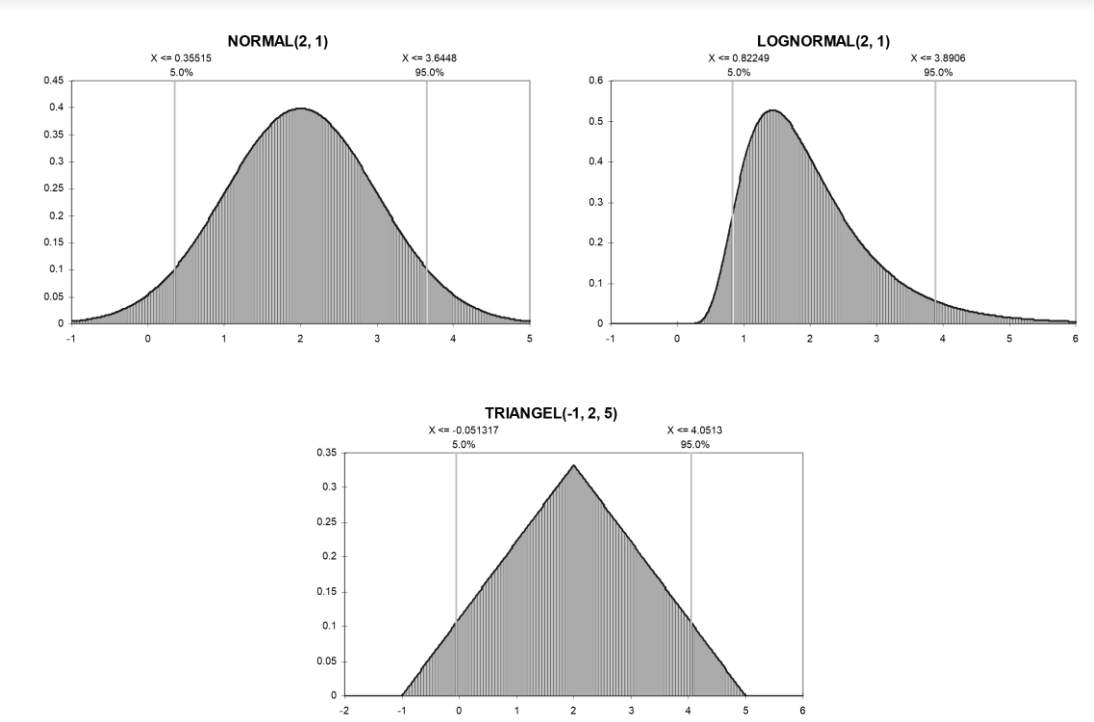
Variationskoefficienten, VK, utgörs av kvoten mellan standardavvikelsen och väntevärdet, dvs. $VK = \sigma/\mu$. Variationskoefficienten anges ofta i procent.



Figur 1. Om man jämför två likformiga fördelningar där den ena går från -1 till 1 och den andra från -5 till 5 inses att båda har väntevärdet 0 , men det är uppenbart att den senare har en mer utspridd fördelning än den förra.

Statistiska fördelningar används för att beskriva osäkerheten i indata. Frantzich¹ anger att det första som måste göras när dessa fördelningar skall skattas är att definiera fördelningens största och minsta värde. Därefter uppskattas väntevärde och varians. Slutligen skall en fördelning väljas som ger bästa tänkbara representation av variabeln. Vanliga fördelningar är *normalfördelningen*, *lognormalfördelningen* och *triangelfördelningen*. En grafisk illustration av dessa fördelningar visas i Figur 2.

¹ Frantzich, H., *Uncertainty and risk analysis in fire safety engineering*, Rapport 1016, Avdelning för Brandteknik, Lunds universitet, 1998.



Figur 2. Exempel på normalfördelning, lognormalfördelning och triangel-fördelning.



Bilaga B Trafikflöden

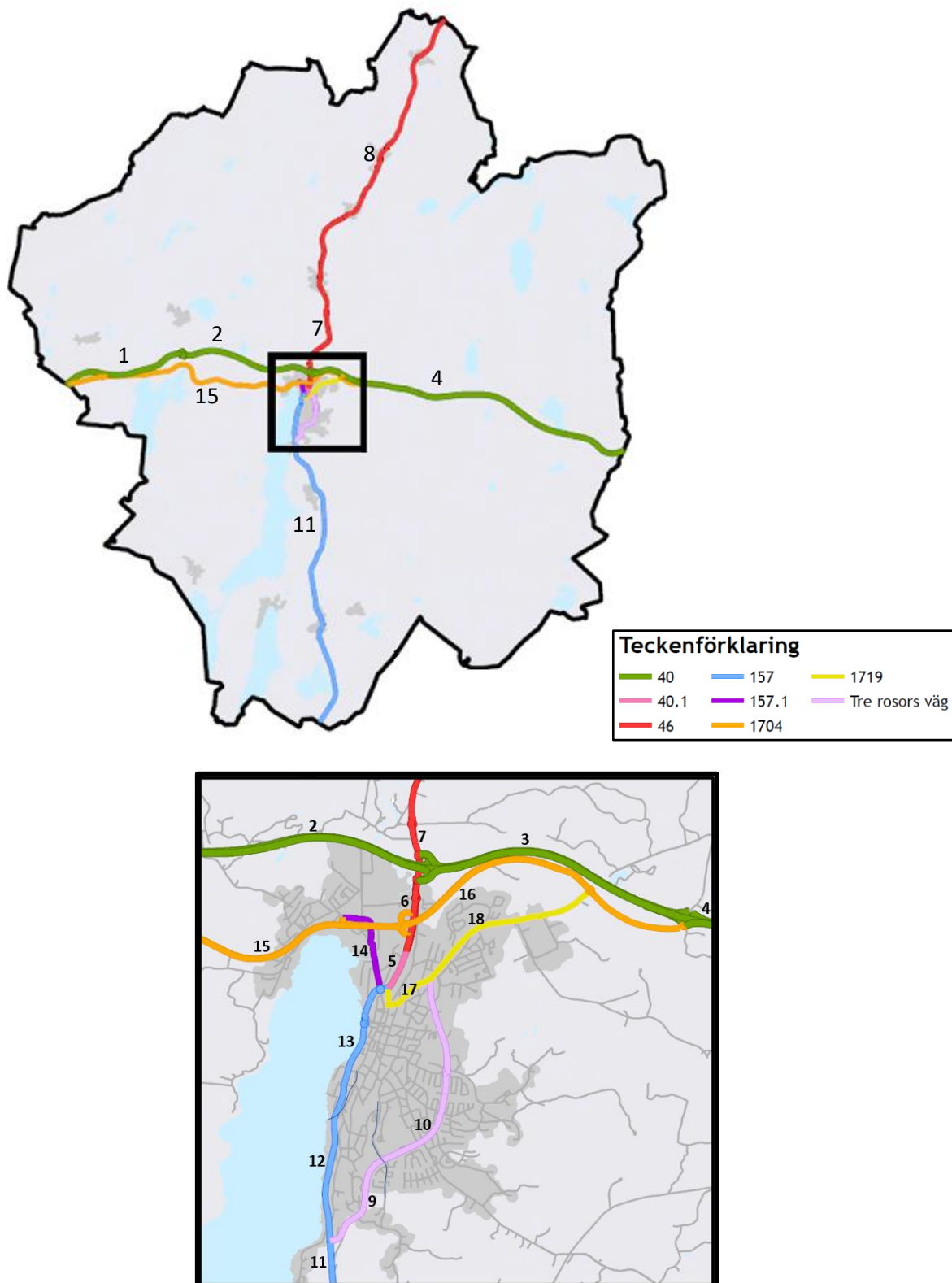


Översiktlig riskanalys som underlag till riktlinjer för bebyggelseplanering
intill transportleder för farligt gods

2018-11-30



B. Trafikflöden





Underlag från Ulricehamns kommun

Översiktlig riskanalys: Bilaga 2 Trafikmängder

rev 2018-10-03

Utpakad färdväg, farligt gods

	Trafikmängd ÅDT 2016 f/d	Andel tung trafik	Hastighet km/h
1 väg 40, väster Hökerumsmotet	14 600	14%	110
2 väg 40, delen Hökerumsmot- Ulricehamnsmot	13 860	15%	100/110
3 väg 40, delen Ulricehamnsmot - Hössnamot	10 640	17%	100/110
4 väg 40, öster Hössnamotet	10 640	17%	100
5 väg 40.1	11 200	9%	50
6 väg 46, söder väg 40	10 230	7%	60
7 väg 46, delen väg 40 - Timmele	6 200	11%	60/80
8 väg 46, norr Timmele	3 800	11%	50/80

Övriga vägar

	Trafikmängd ÅDT 2016 f/d	Andel tung trafik	Hastighet km/h
9 Tre Rosors väg, söder om Parkgatan	2 600	8%	50
10 Tre Rosors väg, norr om Parkgatan	5 000	8%	50 128 bussar i linjetrafik
11 väg 157, söder Tre Rosors väg	5 200	8%	40/60/80
12 väg 157, delen Tre Rosors väg - Storgatan	4 500	7%	50
13 väg 157, norr Storgatan	6 500	7%	50
14 väg 157.1	8 700	8%	50
15 väg 1704, väster Boråsvägen	1 700	6%	60/80/100 omledningsväg väg 40
16 väg 1704, öster Boråsvägen	900	12%	60/80/100 omledningsväg väg 40
17 väg 1719, väster om Tre Rosors väg	10 300	8%	50 50 bussar i linjetrafik
18 väg 1719, öster om Tre Rosors väg	6 500	8%	50 78 bussar i linjetrafik



Bilaga C
Frekvenser för olyckor med farligt gods



Översiktlig riskanalys som underlag till riktlinjer för bebyggelseplanering
intill transportleder för farligt gods

2018-11-28



C. Frekvenser för olycka med farligt gods

C.1 Generella indata

C.1.1 Olycksriktning

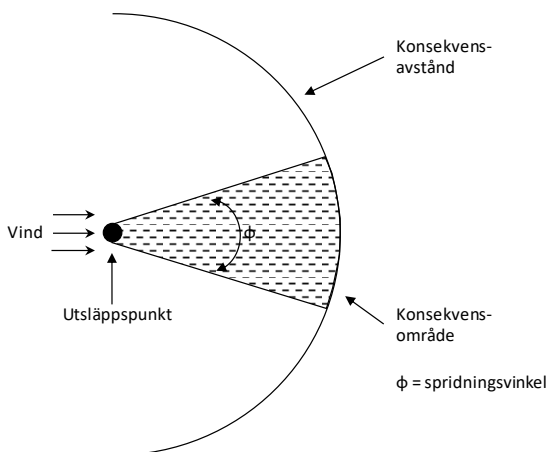
Med "olycksriktning" menas att hänsyn måste tas i vilken riktning som olyckan breder ut sig. Flertalet av scenarierna som kan inträffa är beroende av omgivningsförhållanden som vindriktning, men även olycksförloppets karakteristiska gör att den inte har en cirkulär påverkan. I Tabell 1 redovisas vilken reduktion som måste göras i samband med beräkning av risk.

Tabell 1. Korrektion för olyckans riktning.

Scenario	Beskrivning	Korrigering
Giftmoln	Utbredning i vindriktningen ¹ (22°)	$22 / 360 = 0,061$
BLEVE	Cirkulär utbredning	1,0
UVCE	Utbredning i vindriktningen ¹ (22°)	$22 / 360 = 0,061$
Jetflamma	Riktning uppåt, mot eller bort ²	$2/3 = 0,67$
Pölbrand	Cirkulär utbredning	1,0
Frätande ämne	Riktning mot eller bort ³	$1/2 = 0,50$
Urspårning	På båda sidor om spåret	1,0

C.1.2 Spridningsvinkel

Giftmoln driver iväg med vinden. Gasen sprids i huvudsak längs med vindriktningen, men även till viss del i sidled. Spridningen i sidled bestäms av en spridningsvinkel, vilken i första hand beror på vindhastigheten. I Figur 1 visas en schematisk bild av spridningsförloppet. Spridningsvinkeln kan beräknas med en metod som visas i Figur 2.



Figur 1. Illustration av konsekvensavstånd, konsekvensområde och spridningsvinkel vid spridning av giftmoln.

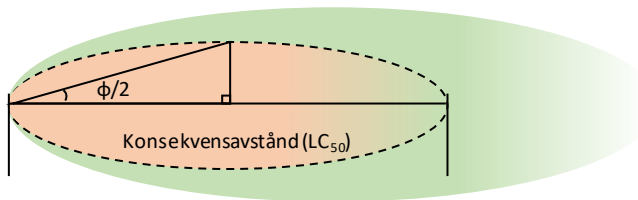
¹ I avsnitt C.1.2 redovisas hur spridningsvinkeln beräknats.

² Jetflamman antas kunna vara riktad mot området, bort från området eller uppåt. Flammor som är riktade bort från området tas inte med i analysen.

³ Utsläpp av frätande ämne antas kunna ske mot eller bort från området. Utsläpp som riktas bort tas inte med i analysen.



Vid halva avståndet till LC50 (se Figur 2) längs utsläppets centrumlinje mäts avståndet i sidled ut till samma koncentration. Denna sträcka är den motstående kateten till halva spridningsvinkeln.



Figur 2. Illustration hur spridningsvinkeln kan beräknas med utgångspunkt i gasspridningsmodellen.

Spridningsvinkeln har beräknats för olika väder- och vindförhållanden och redovisas i Tabell 2. Beräkningar har utförts med metodiken redovisad i bilaga D.

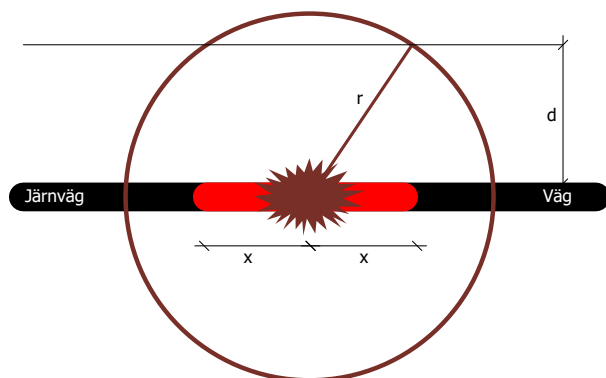
Tabell 2. Sammanställning av spridningsvinkel för olika väder- och vindförhållanden.

Stabilitetsklass	Vindhastighet	Spridningsvinkel
Instabil	1–4 m/s	29–31°
Neutral	2–8 m/s	15–29°
Stabil	1–4 m/s	11–33°

Spridningsvinkeln blir smalare ju mer det blåser och vinkeln antar sitt högsta värde när vindhastigheten är 1 m/s. Med hjälp av statistisk analys som bygger på indata relevant för spridning i luft (se bilaga D) kan det konstateras att spridningsvinkeln kommer vara 22° eller lägre i 95 % av fallen. 22° används som dimensionerande värde i riskanalysen.

C.1.3 Korrigeringsfaktor för att bedöma frekvensen att specifik olycka påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden

Olycksfrekvenserna som beräknas utgår från en sträcka på 1 km. Eftersom de flesta olyckor endast påverkar en liten del av denna sträcka så är det nödvändigt att korrigera för hur ofta en olycka som har en given utbredning, påverkar en punkt på ett visst avstånd från transportleden. Detta kan göras med en modell som bygger på den som redovisas i Figur 3.



Figur 3. Modell för beräkning av frekvensen att en olycka påverkar ett visst avstånd från transportleden.

Om olyckan har utbredningen r så måste olyckan inträffa på sträckan $2x$ för att ge en påverkan på avståndet d från transportleden. Notera att det endast är intressant att studera de fall där d



$\leq r$, eftersom om $d > r$ blir det ingen konsekvens. Med hjälp av Pythagoras sats⁴ kan x beräknas och sannolikheten att olyckan med utbredningen r påverkar avståndet d vid en olycksfrekvens angiven per kilometer blir således:

$$2\sqrt{r^2 - d^2}/1000$$

I Tabell 3 redovisas den korrigeringsfaktor som olycksfrekvensen per km ska multipliceras med för att bestämma frekvensen för att en olycka med en viss utbredning påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden.

⁴ Pythagoras sats anger sambandet mellan sidorna i en rätvinklig triangel där kvadraten på hypotenusan är lika med summan av kvadraterna på kateterna.

Tabell 3. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden.

Olyckan når (r), m	Avstånd (d) som studeras, m																										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150	
5	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	0,03	0,03	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	0,04	0,04	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
35	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
40	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
45	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
55	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
60	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
65	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
70	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
75	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
80	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
85	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
90	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	
95	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	
100	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,09	0,06	-	-	-	-	-	-	
110	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11	0,09	-	-	-	-	-	
120	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,13	0,10	-	-	-	-	
130	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21	0,20	0,20	0,19	0,18	0,17	0,14	0,10	-	-	-	
140	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22	0,21	0,21	0,20	0,17	0,14	0,10	-	-	
150	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,25	0,25	0,24	0,23	0,22	0,20	0,18	0,15	0,11	-	

160	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19	0,15	0,11
170	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,29	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,19	0,16	
180	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,30	0,28	0,27	0,25	0,23	0,20	
190	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,29	0,28	0,26	0,23	
200	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,35	0,35	0,33	0,32	0,30	0,29	0,26	
220	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,38	0,37	0,35	0,34	0,32	
240	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,37	
260	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,42	
280	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,48	0,47	
300	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	
320	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61	0,61	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57	
340	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61
360	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65
380	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,73	0,72	0,71	0,71	0,70
400	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,75	0,74

Tabell 3. Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning (r) påverkar en punkt på ett givet avstånd (d) från transportleden. (forts.)

Olyckan när (r), m	Avstånd (d) som studeras, m														
	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
170	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	0,16	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190	0,20	0,17	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	0,24	0,21	0,17	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	0,30	0,28	0,25	0,22	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240	0,36	0,34	0,32	0,29	0,27	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
260	0,41	0,39	0,38	0,35	0,33	0,28	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
280	0,46	0,44	0,43	0,41	0,39	0,35	0,29	0,21	-	-	-	-	-	-	-
300	0,51	0,49	0,48	0,46	0,45	0,41	0,36	0,30	0,22	-	-	-	-	-	-
320	0,55	0,54	0,53	0,51	0,50	0,46	0,42	0,37	0,31	0,22	-	-	-	-	-
340	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55	0,52	0,48	0,44	0,39	0,32	0,23	-	-	-	-
360	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,57	0,54	0,50	0,45	0,40	0,33	0,24	-	-	-
380	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,62	0,59	0,55	0,51	0,47	0,41	0,34	0,24	-	-
400	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,67	0,64	0,61	0,57	0,53	0,48	0,42	0,35	0,25	-



C.2 Transportstatistik

C.2.1 Transport på väg

I avsnitt 3.2 redovisas transportarbetet för tung trafik på berörda vägar. Transportarbetet kombineras med nationell statistik när det gäller transporter av farligt gods för att bedöma antalet fordon lastade med farligt gods som trafikerar de berörda vägarna. Myndigheten för trafikanalys sammanställer årligen nationell statistik avseende inrikes transport av farligt gods. Under år 2015 fraktades ca 15 miljoner ton farligt gods på de svenska vägarna.

I Tabell 4 redovisas en sammanställning⁵ av nationell statistik avseende transport av farligt gods på väg för år 2009–2015. Den största andelen (64 % utgörs av brandfarliga vätskor) och den näst största delen (14 %) utgörs av frätande ämnen. Andelen farligt gods har varierat mellan 2,6 och 3,4 % under de senaste åren. Riskanalysen använder en andel på 3,5 % som dimensionerande värde.

Tabell 4. Sammanställning av nationell statistik för transport av farligt gods på väg 2009–2015.

ADR-klass	Godsmängd (1000 ton)	Andel
1	374	0,5 %
2	7867	11,5 %
3	44171	64,4 %
4	494	0,7 %
5	2250	3,3 %
6	173	0,3 %
7	55	0,1 %
8	9661	14,1 %
9	3555	5,2 %

C.2.2 Uppdelning inom resp. ADR/RID-klass

Utöver den uppdelningen i olika ADR/RID-klasser krävs kännedom om fördelningar inom resp. klass för att kunna göra korrekta beräkningar av risken. Exempelvis omfattar ADR/RID-klass 2 "gaser", vilka kan vara brandfarliga, giftiga eller sakna någon av dessa egenskaper. Likaså spelar det stor roll vilken av underklasserna 1.1-1.3 alternativt 1.4 som explosivämnena i ADR/RID-klass 1 tillhör. ADR/RID-klass 1.4 kan nämligen inte ge upphov till skador som påverkar omgivningen. Underlag redovisas i

⁵ Trafikanalys, *Lastbilstrafik 2009–2015*, Statistik 2010:3, 2011:7, 2012:6, 2013:12, 2014:12, 2015:21 & 2016:27



Tabell 5 och bygger på data från Länsstyrelsens i Skåne läns riktlinjer⁶ då detaljerad regional statistik inte finns att tillgå.

⁶ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.



Tabell 5. Uppdelning av farligt gods inom resp. ADR/RID-klass. Klass 4, 7, 8 och 9 redovisas inte i tabellen då det inte finns någon uppdelning i underklasser inom dessa huvudklasser.

ADR/RID-klass	Underklass	Andel inom ADR-klass (väg)	Andel inom RID-klass (järnväg)
1	Explosivt	10 %	25 %
	Övrigt ⁷	90 %	75 %
2	Giftigt	54 %	60 %
	Brandfarligt	12 %	10 %
	Övrigt ⁷	34 %	30 %
3	Brandfarligt, ej giftigt	92 %	75 %
	Brandfarligt och giftigt	8 %	8 %
	Övrigt ⁷	0 %	17 %
5	Explosivt	5 %	5 %
	Övrigt ⁷	95 %	95 %
6	Flytande	72 %	72 %
	Övrigt ⁷	28 %	28 %

C.3 Scenarier

Tabell 5 redovisar uppdelningen mellan olika RID-klasser. Utöver denna information krävs kännedom om "underklasser", sannolikhet för utsläpp och vilken typ av olycka som inträffar. Denna information finns redovisad i tabell 5 och förtydligas nedan.

Explosivämnen (ADR/RID-klass 1)

Explosivämnen kan detonera pga. stötar i samband med olycka, vid värmepåverkan i samband med fordonsbrand eller pga. felaktiga förpackningar.

- ♦ Andel massexplosiva varor är 25 % för järnväg och 10 % för väg.

Gaser (ADR/RID-klass 2)

Gaser delas in i tre huvudgrupper – de som är brännbara, de som är giftiga och de som inte utgör någon fara för omgivningen. För brännbara gaser gäller att ha kännedom om vilka olyckor som inträffar.

- ♦ Andelen giftiga gaser är 60 % för järnväg och 54 % för väg.
- ♦ Andelen brännbara gaser är 10 % för järnväg och 12 % för väg. Om utsläpp sker kan följande inträffa^{8,9,10}:
 - Ingen antändning, 30 %.
 - UVCE, 50 %.

⁷ Underklassen "Övrigt" betecknar farligt gods som inte kan utgöra en fara för omgivningen.

⁸ Purdy, G., *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*, Journal of Hazardous Materials, 33, pp 229-259, 1993

⁹ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.

¹⁰ Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001.



- BLEVE, 1 %.
- Jetflamma, 19 %.
- ◆ Resterande andel utgörs av gaser som inte anses farliga, t.ex. kvävgas samt olika inerta gaser.

Brandfarliga vätskor (RID-klass 3)

Brandfarliga vätskor delas in i tre grupper; brandfarliga, brandfarliga och giftiga samt brännbara. En brandfarlig vätska definieras med att den kan antändas under normala temperaturer (< 30° C). Diesel är ett exempel på en brännbar, men ej brandfarlig vätska då den inte kan antändas vid temperaturer < 55 °C. Beroende av om och när antändning sker samt om vätska är giftig eller inte sker olika olyckstyper.

- ◆ Andelen brandfarliga produkter utan giftiga egenskaper är 92 % för väg och 75% för järnväg. Följande olyckor beaktas^{8,9}:
 - Ingen antändning, 94 %
 - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %
- ◆ Andelen brandfarliga produkter med giftiga egenskaper är 8 % för väg och järnväg. Följande olyckor beaktas^{8,9}:
 - Ingen antändning med resulterande giftmoln, 94 %
 - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %

Oxiderande ämnen och organiska peroxider (RID-klass 5) som kan orsaka explosion vid blandning med brännbara vätskor

Oxiderande ämnen i klass 5 utgör normalt ingen påtaglig risk för omgivningen. Under särskilda omständigheter kan en explosion inträffa, vilket sker om vissa typer av oxiderande ämnen blandas med brännbar vätska. De ämnen inom RID-klass 5 som kan leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider, vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider.

- ◆ Andelen oxiderande ämnen och organiska peroxider som kan orsaka explosion vid blandning med brännbar vätska på väg och järnväg är 5 %¹¹.
- ◆ Det uppskattats att oxiderande ämne och brandfarlig vätska kommer i kontakt med varandra i 50 % av olyckorna och att det är en sannolikhet på 10 % att explosion sker efter kontakt¹².

Giftiga ämnen (RID-klass 6)

Giftiga ämnen i klass 6 transporteras antingen i flytande eller fast form. Ämnen i fast form utgör normalt ingen akut påverkan på omgivningen.

- ◆ Andelen flytande giftiga ämnen på väg och järnväg är 72 %.

¹¹ Uppgifter gällande andelen oxiderande ämne från en detaljerad kartläggning av farligt gods i Helsingborgs stad där andelen oxiderande ämne med riskfras R9 "Explosivt vid blandning med brännbart material" har uppskattats.

¹² Riskanalysen i den fördjupade översiktsplanen för Göteborg använder en sannolikhet för explosion på 0,8 %, i jämförelse med 5,0 % som används i denna analys. Kunskapsunderlaget är litet och därför är det nödvändigt med konservativa antaganden.



Frätande ämnen (RID-klass 8)

Samtliga läckage av ämnen i klass 8 kan orsaka skada på omgivningen.

C.4 Olyckor på väg

De allra flesta olyckor med transport av farligt gods är i grunden trafikolyckor vid vilka tankens skadas och utsläpp sker. Beräkning av antalet olyckor som leder till utsläpp av farligt gods kan göras med en modell som bygger på kännedom om:

1. Trafikarbete uttryckt som antal fordonskilometer med transport av farligt gods per år.
2. Olycksfrekvens uttryckt i antal olyckor per fordonskilometer.
3. Index för farligt godsolycka, vilket anger sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en trafikolycka inträffar.

C.4.1 Trafikarbete

Trafikarbete för fordon som medför farligt gods beräknas för en referenstid av ett år och utgör ett underlag för att bedöma det årliga antalet olyckor med fordon som medför farligt gods. Antal fordon hämtas från avsnitt 3.3 och andelen som medför farligt gods från avsnitt C.2.1 där en dimensionerande andel antas vara 3%. Det totala trafikarbetet på en vägsträcka beror på andelen tung trafik, eftersom trafikarbetet är beroende av antalet axelpar. Trafikarbete beräknas för en vägsträcka på 1 km.

Ett axelpar innefattar två axlar med vardera två hjul, vilket innebär att en vanlig personbil har ett axelpar, men två axlar.

Tabell 6. Genomsnittliga antal axlar och axelpar för olika fordonstyper. Källa Trafikverket Effektsamband för transportsystemet - kap. 6 Trafiksäkerhet

Fordonstyp	Genomsnittligt antal axlar	Genomsnittligt antal axelpar
Personbil	2	1
Lastbil utan släp	2,2	1,1
Lastbil med släp	5,5	2,75

Under antagandet att andelen lastbilar med och utan släp är jämnt fördelade (50/50) blir antalet genomsnittliga axlar och axelpar som följer för några olika andelar tung trafik:

Tabell 7. Genomsnittliga antal axlar och axelpar för några olika andelar tung trafik

Andel tung trafik	Genomsnittligt antal axlar	Genomsnittligt antal axelpar
4%	2,07	1,04
6%	2,11	1,06
8%	2,15	1,07
10%	2,19	1,09
12%	2,22	1,11



I denna utredning har ovan nämnda proportion mellan lastbilar med och utan släp använts konsekvent.

Trafikarbete anges i enheten miljoner axelparskilometer per år och beräknas enligt:

$$\text{Trafikarbete} = \text{ÅDT axelpar} \times 365 / 1\,000\,000$$

Trafikarbete för lastbilarna på vägen samt dimensionerande antal fordon som medför farligt gods på respektive väg per år presenteras nedan

Väg	40	40.1	46	Tre rosor	157	157.1	1704	1719
Antal lastbilar med farligt gods	36 174	17 764	12 673	5 717	8 052	12 291	1 891	14 004
Trafikarbete lastbilar FaGo	1,39	0,68	0,49	0,22	0,31	0,47	0,07	0,54

C.4.2 Olycksfrekvens

När olycksfrekvensen ska beräknas krävs kännedom om olyckskvoten, trafikarbetet och andelen singelolyckor. Modellen som beräknar antalet olyckor utgår från att alla olyckor är singelolyckor. Därför är det nödvändigt att kompensera för att fler än en bil kan vara inblandad i en trafikolycka. Detta kan lämpligen göras med en korrigeringsfaktor redovisad i tabell 8 och beräknad enligt nedanstående modell¹³:

$$K_s = Y + 2 \cdot (1 - Y)$$

Data avseende andel singelolyckor har kurvanpassats för att ge möjlighet att bedöma värden för hastighetsbegränsningar som ej finns redovisade i ursprungsmaterialet.

Tabell 8. Andel singelolyckor för olika hastighetsbegränsningar.

Hastighetsbegränsning	Andel singelolyckor, Y	Korrigeringsfaktor, K _s
30 km/h	0,10	1,90
40 km/h	0,10	1,90
50 km/h	0,10	1,90
60 km/h	0,20	1,80
70 km/h	0,20	1,80
80 km/h	0,30	1,70
90 km/h	0,30	1,70
100 km/h	0,35	1,65
110 km/h	0,35	1,65
120 km/h	0,35	1,65

Olycksfrekvensen OF uttryckt i förväntat antal olyckor med fordon som medför farligt gods per fordonskilometer beräknas enligt nedanstående uttryck.

$$OF = O_k \cdot K_s$$

¹³ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994.



där:

O_k = Olyckskvoten, vilken redovisas i avsnitt 3.4.1

K_s = Korrigeringsfaktor för olyckor med fler än ett fordon inblandade, se i Tabell 8.

Olyckskvoter redovisas för resp. väg i avsnitt 3.4.1. Några av dessa är framräknade via befintlig statistik från STRADA medan andra kommer från tabellerade värden. Även andelen singelolyckor har tagits fram via STRADA för vissa avsnitt, medan den tagits från tabell 7 ovan när tillräcklig datamängd saknats. Dimensionerande olycksfrekvenser beräknas till:

Väg	40 (1-3)	40 (4)	40.1	46	Tre rosor	157	157.1	1704	1719
Olyckskvot	0,065	0,048	0,141	0,110	0,175	0,097	0,141	0,355	0,175
Andel singelolyckor	40 %	40 %	10 %	35 %	20 %	50 %	10 %	50 %	10 %
Olycksfrekvens	0,10	0,07	0,27	0,18	0,32	0,15	0,27	0,53	0,33

C.4.3 Index för farligt godsolycka

VTI14 anger ett index för farligt godsolycka, vilket ska tolkas som sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en trafikolycka inträffar. Indexet är beroende av hastigheten med vilken olyckan inträffar, se tabell 9 och tabell 10. VTI har i sin redovisning av olyckskvoten utgått från ett statistiskt underlag för 70 km/h och därefter har VTI antagit att olyckskvoten är proportionerlig mot rörelseenergin i kvadrat, ett samband som använts för att beräkna olyckskvoterna för övriga hastigheter.

Tabell 9. Index för farligt godsolycka för stad¹⁵.

Hastighetsbegränsning	Index för farligt godsolycka
30 km/h	0,01
40 km/h	0,02
50 km/h	0,03
60 km/h	0,06
70 km/h	0,12
80 km/h	0,22
90 km/h	0,25
100 km/h	0,31
110 km/h	0,40
120 km/h	0,51

Tabell 10. Index för farligt godsolycka för landsbygd¹⁶.

¹⁴ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994.

¹⁵ Notera att index för farligt godsolycka för hastigheter större än 80 km/h är baserade på uppgifter för landsbygd då underlag saknas för stad.

¹⁶ Notera att index för farligt godsolycka för hastigheter mindre än 50 km/h är baserade på uppgifter för stad då underlag saknas för landsbygd.



Hastighetsbegränsning	Index för farligt godsolycka
30 km/h	0,01
40 km/h	0,02
50 km/h	0,09
60 km/h	0,12
70 km/h	0,15
80 km/h	0,19
90 km/h	0,25
100 km/h	0,31
110 km/h	0,40
120 km/h	0,51

Index för farligt godsolycka i tabell 9 och 10 gäller för tunnväggiga tankar, dvs. alla transporter undantaget tryckkondenserade gaser i ADR-klass 2. För dessa tankar är index för farligt godsolycka 1/30-del av värdet som anges där¹⁷.

Explosivämnen i ADR-klass 1 kan inte hanteras på samma sätt som övrigt farligt gods då sannolikheten för en detonation inte är direkt relaterad till det faktum att det sker en olycka där farligt gods läcker ut. Detonation av explosivämnen kan ske antingen genom fordonsbrand, vid kollisionsvåld eller genom defekt material/förpackning. Det finns statistik från Storbritannien (där transporter sker under liknande regelverk) som tydligt belyser risker med transport av explosivämnen. Frekvensen för detonation har bestämts till $1,1 \cdot 10^{-9}$ per fordonskilometer¹⁸.

C.4.4 Sammanställning av frekvenser för enskilda scenarier

Informationen i avsnitt C.1.1 samt C.4.1-C.4.3 används för att beräkna frekvenserna för resp. scenario enligt nedanstående modell:

$$F_{\text{scenario}} = OF \cdot T \cdot N_{\text{ADR-X}} \cdot N_{\text{ADR-X.X}} \cdot I_{\text{FaGo-olycka}} \cdot P_{\text{konslADR-X.X}} \cdot K_{\text{riktn}}$$

där:

OF är olycksfrekvensen, se avsnitt C.4.2.

T är trafikarbetet i form av fordonskilometrar per år, se avsnitt C.2.1.

$N_{\text{ADR-X}}$ är andelen av farligt gods i huvudklass ADR 1-9, se avsnitt C.2.1.

$N_{\text{ADR-X.X}}$ är andelen inom resp. ADR-klass, se avsnitt C.2.2.

$I_{\text{FaGo-olycka}}$ är index för farligt godsolycka, se avsnitt C.4.3.

$P_{\text{konslADR-X.X}}$ är sannolikheten att ett visst scenario inträffar givet utsläpp i en specifik underklass, se avsnitt C.3.

¹⁷ Räddningsverket, *Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, 1996.

¹⁸ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.



K_{rikt} är en korrigeringsfaktor som tar hänsyn till i vilken riktning olyckan breder ut sig, se avsnitt C.1.1.

I Tabell 11 sammanställs frekvensen för resp. scenario för transport på väg 40, avsnitt 2.

Tabell 11. Frekvenser per år för respektive scenario vid vägtransport.

Scenario	Väg 40
Klass 1 detonation	1,7E-08
Klass 2 BLEVE	7,9E-09
Klass 2 jetflamma	1,0E-07
Klass 2 UVCE	2,4E-08
Klass 2 giftmoln	2,2E-07
Klass 3 pölbrand (direkt)	2,2E-04
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	1,1E-04
Klass 3 giftmoln	3,7E-06
Klass 5 detonation	1,2E-07
Klass 6 giftmoln	2,7E-06
Klass 8	1,1E-04
Summa:	4,4E-04

De enskilda scenariernas frekvenser i Tabell 11 är den data som frekvensmodellen lämnar över till "riskmodellen". I riskmodellen används ovanstående frekvenser tillsammans med resultatet av konsekvensberäkningarna i bilaga D. För vägtransport står pölbränder vid utsläpp av ADR-klass 3 som kan ge brännskador och brandspridning för 67 % av antalet olyckor och utsläpp av ADR-klass 8 som kan ge frätskador i närområdet för 32 %, vilka tillsammans utgör 99 % av de tänkbara olyckorna.



Bilaga D
Konsekvenser av olyckor med farligt gods



Översiktlig riskanalys som underlag till riktlinjer för bebyggelseplanering
intill transportleder för farligt gods

2018-11-28



D. Konsekvenser av olyckor med farligt gods

D.1 Beräkning av konsekvenser

I detta avsnitt redovisas de modeller som har använts för beräkning av olyckornas konsekvenser. Syftet med avsnittet är att visa vilka modeller som använts på en övergripande nivå. Huvudreferens för detta avsnitt är:

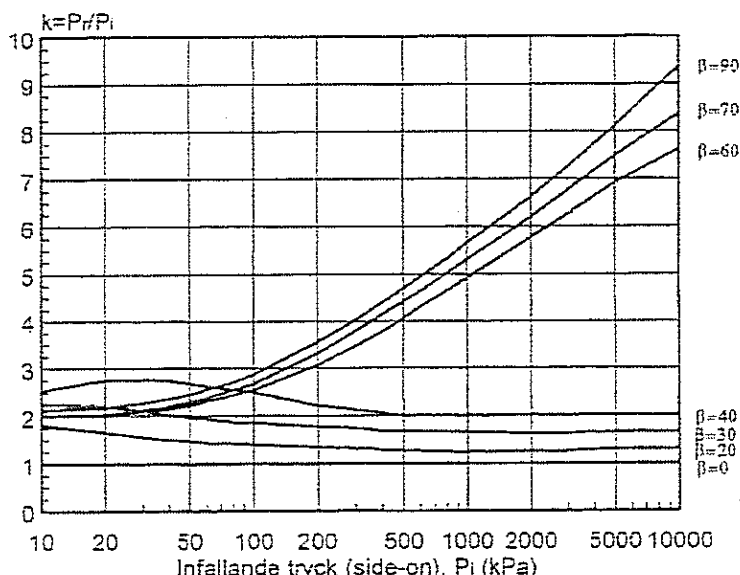
Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.

Om inget annat anges kommer beräkningsmetodik och ekvationer från ovanstående referens.

D.1.1 Detonation

Beräkning av tryckverkan vid detonation av explosivämne i RID-klass 1 och RID-klass 5 utförs enligt nedanstående metodik¹:

- Inledningsvis beräknas laddningsvikten, vilken är en statistisk fördelning relaterat till förekommande transporter av farligt gods. Laddningsvikten ökas 1,8 ggr för att ta hänsyn till att explosionen sker nära mark (och ej fritt i luften).
- Det skalade avståndet ($r/Q^{1/3}$) beräknas där r är avståndet till laddningen och Q är den omräknade laddningsvikten.
- Med hjälp av information i Figur 1 kan det infallande fria trycket på ett givet avstånd beräknas. Det fria trycket används sedan för att uppskatta skador på människor och egendom.



Figur 1. Maximalt övertryck respektive kvot mellan reflekterat- och infallande tryck där $\beta = 90$ innebär vinkelrätt tryckinfall (dimensionerande värde).

¹ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.



D.1.2 Avdunstning

Massflödet vid avdunstning behöver bedömas för att kunna uppskatta effekterna av spridning i luft vid utsläpp av giftig brandfarlig vätska i RID-klass 3. Massflödet beror på karakteristiska för utsläppt ämne (ångtryck, densitet, molekylvikt), vind samt utsläppets area. Beräkningen av massflödet görs genom att utnyttja det dimensionslösa masstransporttalet B med ekvationer² enligt nedan. Traditionellt används alternativa metoder inom andra ingenjörsvetenskapliga discipliner, men jämförande beräkningar visar att de olika metoderna överensstämmer väl². Nedanstående ekvationer gäller för vätskor vars kokpunkt är högre än omgivningens temperatur.

$$Y_{FW} = \frac{1}{1 + [(p/p_F) - 1](M_{luft}/M_F)} \quad (1)$$

$$B = \frac{(Y_{F_\infty} - Y_{FW})}{(Y_{FW} - Y_{FR})} \quad (2)$$

$$Re = u \cdot D_{eq} / \nu \quad (3)$$

$$Nu = 0,037 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr_{luft}^{1/3} \quad (4)$$

$$h = Nu \cdot k_{luft} / D_{eq} \quad (5)$$

$$Q'' = \frac{(h / C_{p_{luft}}) \cdot \ln(1 + B)}{1000} \quad (6)$$

$$Q = Q'' \cdot A \quad (7)$$

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (8)$$

där

Y_{FW} = Massfraktion bränsle vid ytan i gasfas.

Y_{F_∞} = Massfraktion bränsle i luften ovanför bränsleytan.

Y_{FR} = Massfraktion bränsle i vätskepoolen.

p = Lufttryck = 101,3 kPa.

p_F = Ångtryck för bränsle i kPa.

M_{luft} = Molekylvikt för luft = 28,85 g/mol.

M_F = Molekylvikt för bränsle i g/mol.

B = Dimensionslöst masstransporttal.

Re = Reynolds tal, dimensionslöst.

Nu = Nusselts tal, dimensionslöst.

Pr_{luft} = Prandtls tal för luft, dimensionslöst = 0,71.

u = Vindhastighet, m/s.

² Andersson, B., *Introduktion till konsekvensberäkningar, några förenklade typfall*, Institutionen för Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1992.



D_{eq}	= Pölens ekvivalenta diameter ³ , m.
A	= Pölens area, m
ν	= Kinematisk viskositet för luft = $15,08 \cdot 10^{-6}$ m ² /s.
h	= Konvektivt värmeövergångstal, W/m ² K.
k_{luft}	= Konduktivitet för luft = 0,02568 W/mK.
Q''	= Massflöde från ytan, kg/m ² s.
Q	= Massflöde från ytan, kg/s.
$C_{P_{luft}}$	= Värmekapacitet för luft = 1 J/gK.

Det är även möjligt att beräkna hur lång tid det tar för hela pölen att förångas. Förångningshastigheten (massflödet) används sedan som indata till spridningsmodellen. Om den avdunstade vätskan antänds gäller inte denna modell, utan modellen för beräkning av konsekvensen av en pölbrand (se avsnitt 0).

D.1.3 Utströmning av gas (i vätskefas)

Vid utsläpp av tryckkondenserade gaser krävs kännedom om källstyrka (kg/s) och den initiala spridningsmodellen vilken är en s.k. turbulent jet (fri cirkulär jet i medvind).

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{\nu_f}} \quad (9)$$

$$F = \frac{Q^2 \nu_f}{C_d A} \quad (10)$$

där,

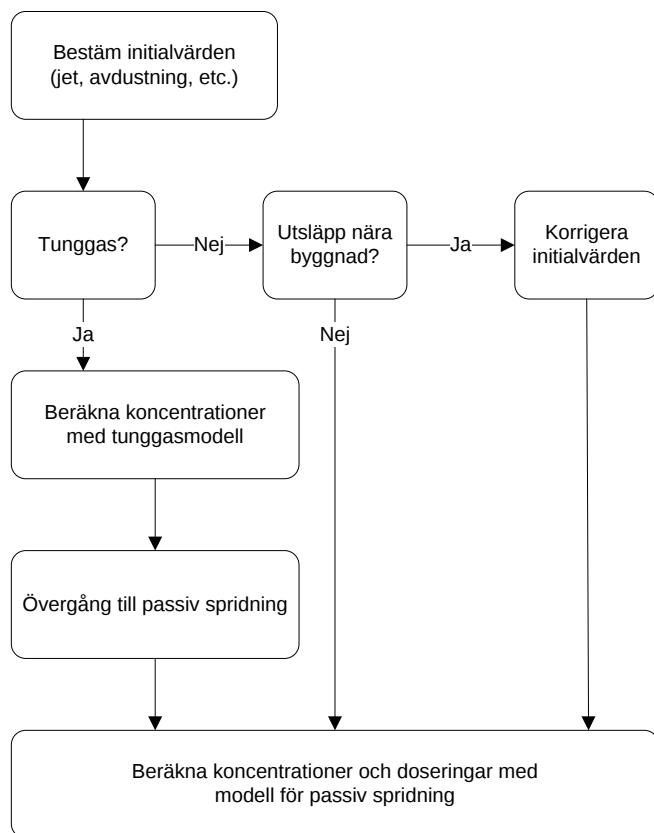
Q	= Massflödet, kg/s.
C_d	= Kontraktionsfaktor för vätskeutströmning.
A	= Hålstorlek, m ² .
P_0	= Tanktryck, Pa.
P_a	= Atmosfärstryck, Pa.
ν_f	= Specifik volym hos vätskefas, m ³ /kg.
F	= Rörelsemängdsflöde i jetstråle, N.

³ Den ekvivalenta diametern används för att skapa en cirkel med samma area som själva vätskepölen.



D.1.4 Spridning i luft

Följande flödesschema⁴ för utsläpp används för att uppskatta spridning i luft:



Figur 2. Flödesschema⁴ för kontinuerliga utsläpp

Källmodell

Källmodellen kan antingen vara modellen för avdunstning i avsnitt 0 eller modellen för bestämning av källstyrka vid utsläpp av tryckkondenserade gaser i avsnitt 0.

Bestäm initialvärden

Värden för den initiala utspädningsprocessen⁴ bestäms med följande ekvationer:

Avdunstning

= 0 i pölens kant uppströms i vindriktningen

$$\sigma_{y0} = 0,25 \cdot D_{eq} \quad (11)$$

$$\sigma_{z0} = 0,05 \cdot D_{eq} \quad (12)$$

där

σ_{y0}, σ_{z0} = Initiala utspädningskoefficienter i y- resp. z-led.

⁴ Fischer, S. m.fl., *Våda utsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1998.



Tryckkondenserad gas

Utströmning av tryckkondenserad gas sker med en s.k. turbulent jet för vilken följande initiala dimensionsmått erhålls:

$$\sigma_{y0} = \sigma_{z0} = 0,44R(x_{tr}) \quad (13)$$

Tunggas?

Nästa steg blir att avgöra om det finns ett tunggassteg eller inte vid beräkning av koncentrationer. Om tunggassteget inte existerar kan modellen för passiv spridning användas direkt. Tunggaseffekterna är försumbara när molnets tillväxt i sidled nått ner till samma värde som för passiv spridning. Detta kan uttryckas som ett avståndsvillkor för tunggasmodellens giltighet:

$$x \leq \frac{0,037L_b}{(\sigma'_{yp})^3} - \frac{\sigma_{y0}^{3/2}}{0,35L_b^{1/2}} = x_{\max} \quad (14)$$

$$\sigma'_{yp} = \beta \left(\frac{z_0}{z_{03}} \right)^{0,2} \quad (15)$$

$$L_b = g \left(1 - \frac{M_{luft}}{M_{F_{eff}}} \right) \cdot \frac{Q}{\rho_a u^3} \quad (16)$$

$$M_{F_{eff}} = M_F \left[1 + \frac{c_{pg}(T_a - T_{g0})}{c_{pa}T_a} \right] \quad (17)$$

där

T_{g0} = Gasens temperatur före luftinblandning, K

Eftersom gasens temperatur innan inblandning av luft är densamma som efter luftinblandning är $M_{F_{eff}} = M_F$. Tunggasmodellen ska tillämpas i intervallet $0 \leq x \leq x_{\max}$ varefter en övergång till modell för passiv spridning ska göras. Om $x_{\max}$ är mindre än noll så ska tunggasmodellen överhuvudtaget inte användas.

A.1.1.1 Beräkning av koncentrationer med tunggasmodell

I intervallet $0 \leq x \leq x_{\max}$ har plymen en maximal koncentration i vindriktningen enligt nedanstående ekvation.

$$X_{\max}(x) = X(x, 0, 0) = \frac{85Q \cdot K_r^{-1} \cdot K_s}{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}} \right)^2 \cdot u} \quad (18)$$

$$K_r = \left(\frac{z_0}{z_{01}} \right)^{0,2} \quad (19)$$

där

$X_{\max}$ = Maximal koncentration i vindriktningen, kg/m³.

K_r = Korrektionsfaktor för skrovlighet (ytråhet).



K_s = Korrektionsfaktor för atmosfärsstabilitet.

z_{01} = Referenslängd för skrovlighet (ytråhet) = 0,01 m.

Plymens bredd- och höjdmått beräknas med följande ekvationer.

$$\sigma_y(x) = \left[\sigma_{y0}^{3/2} + 0,35 L_b^{1/2} x \right]^{2/3} \quad (20)$$

$$\sigma_z(x) = \frac{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}} \right)^2}{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_y(x)} \quad (21)$$

där

$\sigma_y(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i y-led, m.

$\sigma_z(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i z-led, m.

Övergång till passiv spridning

Vid $x_{\max}$ är inte längre tunggasmodellen tillämpbar. Plymen har då fått standardavvikelser enligt ekvationerna (20) och (21) med $x = x_{\max}$ och dessa värden på σ_y och σ_z används som initiala värden (σ_{y0} och σ_{z0}) i modellen för passiv spridning.

Beräkning av koncentrationer med modell för passiv spridning

För den passiva spridningsfasen rekommenderas en gaussisk spridningsmodell i stället för en mindre realistisk boxmodell. Spridningsmodellen ger koncentrationen av gas på ett givet avstånd från utsläppspunkten med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$X(x, y, z) = \frac{Q}{2 \pi \sigma_y \sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (22)$$

där

$X(x, y, z)$ = Koncentrationen på avståndet x, y och z, kg/m³.

Q = Utsläppets källstyrka, kg/s.

σ_y, σ_z = Dispersionskoefficienter i sid- och höjdd

u = Vindhastigheten, m/s.

H = Utsläppets höjd, m

Dispersionskoefficienterna som styr spridning i sid- och höjdd beräknas enligt nedan.

$$\sigma_y = \frac{a_y (x + x_{y0})}{(1 + b_y (x + x_{y0}))^{\gamma_y}} K_{rp} K_{yt} \quad (23)$$

$$\sigma_z = \frac{a_z (x + x_{z0})}{(1 + b_z (x + x_{z0}))^{\gamma_z}} K_{rp} \quad (24)$$

där a , b , och γ är parametrar som beror på rådande stabilitet; x_{y0} och x_{z0} är avstånden till s.k. virtuella källor, dvs. de koordinatförskjutningar som är nödvändiga för att plymen ska få rätt



bredd och höjd initialt. K_{rp} anger en korrigering för underlagets skrovlighet och K_{yt} för samplingstidens (medelvärdesbildningstidens) påverkan på den horisontella spridningen. För bebyggt område är $K_{rp} = 1$ och K_{yt} antar ett värde på 1,0 då den önskade medelvärdesbildningstiden är densamma som medelvärdetiden (500 s).

Stabilitetsklass	a_y	b_y	γ_y	a_z	b_z	γ_z
A	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
B	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
C	0,22	0,0004	0,5	0,20	0	0
D	0,16	0,0004	0,5	0,14	0,0003	0,5
E	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5
F	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5

Nedanstående ekvationer används för beräkning av x_{y0} och x_{z0} .

$$x_{y0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}}\right)^2 b_y + \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}}\right)^2 b_y^2 + 4a_y^2}}{2a_y^2} \text{ för } \gamma_y = 0,5 \quad (25)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)}{a_z - b_z \left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)} \text{ för } \gamma_z = 1 \quad (26)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z + \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z^2 + 4a_z^2}}{2a_z^2} \text{ för } \gamma_z = 0,5 \quad (27)$$

$$x_{z0} = \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}a_z} \text{ för } \gamma_z = 0 \quad (28)$$

$$x_{z0} = \frac{\sqrt{1 + \frac{4\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}(\sqrt{2}-1)b_z}{a_z}} - 1}{2(\sqrt{2}-1)b_z} \text{ för } \gamma_z = -0,5 \quad (29)$$

σ_{y0} och σ_{z0} är de initiala dispersionskoefficienterna, vilka väljs utifrån riktlinjerna i avsnitt 0

D.1.5 BLEVE

En BLEVE ger upphov till ett stort eldklot och beräknas med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$D = 6,48m^{0,325} \quad (30)$$

$$t_{BLEVE} = 0,825m^{0,26} \quad (31)$$

$$F_{21} = \frac{D^2}{4X^2} \quad (32)$$

$$\tau = 2,02(p_w X)^{-0,09} \quad (33)$$



$$q_r = \frac{X_E m \Delta h_c}{\pi D^2 t_{BLEVE}} \quad (34)$$

$$q_x = \tau q_r F_{21} \quad (35)$$

där

D	= Eldklotets diameter, m.
m	= Utsläppt massa brännbar vätska, kg.
t_{BLEVE}	= Eldklotets varaktighet, s.
F_{21}	= Synfaktor
X	= Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.
τ	= Andel av strålningen som transmittteras genom luften.
p_w	= Vattens ångtryck, Pa
q_r	= Avgiven strålning, kW/m ² .
X_E	= Strålningsandel.
Δh_c	= Förbränningsvärme, kJ/kg.
q_x	= Mottagen strålning, kW/m ² .

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt 0. Sedan har eldklotets radie lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.

D.1.6 Jetflamma

Jetflamman är en "svetslåga" som uppkommer vid direkt antändning av en kondenserad brandfarlig gas. Följande ekvationer används för att beräkna riskavståndet vid en jetflamma.

$$R_{s,50} = 1,9 t^{0,4} Q^{0,47} \quad (36)$$

där

$R_{s,50}$	= Riskavstånd till 50 % dödlighet, m
t	= Exponeringstid vid strålningspåverkan, s
Q	= Utsläppets källstryka, kg/s (se avsnitt 0)

D.1.7 Pölbrand

Strålningen från en pölbrand kan beräknas med nedanstående ekvationer.

$$Q = m'' \Delta h_c A_p \quad (37)$$

$$q_r = X_e Q \quad (38)$$

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi X^2} \quad (39)$$

$$q_x = \tau q_r F_{12} \quad (40)$$

där:



Q	= Brandens effekt, kW.
m''	= Förbränningshastighet per ytenhet, kg/s/m ² .
Δh_c	= Förbränningsvärme, kJ/kg.
A_p	= Pölens area, m ² .
q_r	= Avgiven strålning, kW/m ² .
X_e	= Strålningsandel.
F_{12}	= Synfaktor
X	= Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.
q_x	= Mottagen strålning, kW/m ² .
τ	= Andel av strålningen som transmitteras genom luften, se avsnitt 0.

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom att bestämma det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålningspåverkan enligt avsnitt 0. Sedan har pölens diameter lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.

D.1.8 Stänk

Frätande ämnen kan orsaka svåra skador och dödsfall om det finns personer i tankens omedelbara närhet vilka får stänk över sig. Det finns inga kvantitativa modeller för att uppskatta effekterna av stänk med frätande vätska, utan det antas att människor som befinner sig inom 10 m från tanken utsätts för dödliga skador.

D.2 Indata

D.2.1 Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden har betydelse när konsekvenserna av utsläpp av gaser (brännbara eller giftiga) ska bedömas. I Tabell 1 redovisas de värden som använts vid konsekvensberäkningarna.

Tabell 1. Dimensionerande väder- och vindförhållanden.

Stabilitetsklass	Sannolikhet	Vindhastighet (medelvärde)
Instabil	10 %	1,7 m/s
Neutral	50 %	4,4 m/s
Stabil	40 %	2,4 m/s

D.2.2 Ämnesspecifika data

I nedanstående tabeller ges väsentliga indata, vilka är de samma som använts i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer⁵. En förklaring till statistiska begrepp och sannolikhetsfördelningar ges i bilaga A.

Tabell 2. Generella indata till konsekvensberäkningarna.

⁵ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.



Variabel	Enhet	Värde
Atmosfärstryck	[Pa]	101 325
Flödeskoefficient	[-]	Likformig (0,65; 0,80)
Höjd på vätskepelare	[m]	Likformig (1,0; 2,0)

Tabell 3. Fördelning av hålstorlek. Källstyrkan avser utsläpp av gasol

Håltyp	Håldiameter	Källstyrka	Sannolikhet, järnväg
Litet	10 mm	1 kg/s	62.5 %
Medel	30 mm	12 kg/s	20.8 %
Stort	110 mm	160 kg/s	16.7 %

Sannolikheten för de olika hålstorlekarna kommer från Räddningsverket⁶, medan de olika hålstorlekarna bygger på uppskattningar från bland annat Cox⁷ och CPQRA⁸.

Tabell 4. Ämnesspecifika indata.

Variabel	Enhet	Propylen-oxid	Dimetyl-sulfat	Svavel-dioxid	Gasol	Bensin
Molvikt	[g/mol]	58,1	126	64	76,53	
Densitet vätska	[kg/m ³]	830	1330	1460	605	750
Utsläppt mängd	[ton]	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
Förbränningsvärme	[kJ/kg]	34845	-	-	46000	45000
Strålningsandel	[-]	0,30	-	-	0,30	0,30
Ångtryck	[kPa]	60	0,067		833	
Kokpunkt	[°C]	34	188			
Tanktryck	[kPa]			230	535	
Förbränningshastighet	[m/s]					0,0001
Förbränningshastighet	[kg/m ² /s]					0,048

Trotyl, vilket är det representativa ämnet för explosioner i klass 1 och klass 5 har ett värmevärde på 4,2 MJ/kg och den massa som deltar i explosionen är hämtad från HMSO⁹ och antar en fördelning enligt Tabell 5 nedan och gäller för både väg och järnväg.

Tabell 5. Massa som deltar i explosion i klass 1.

Massa, kg	Ack. sannolikhet	Massa, kg	Ack. sannolikhet
50	1,1 %	1 047	21,4 %
61	1,2 %	1 095	22,3 %
126	1,2 %	1 778	86,5 %
204	3,8 %	2 399	86,8 %
316	20,8 %	16 000	100,0 %
562	21,3 %		

Vid en olycka med klass 5 på väg kan lasten blandas med fordonets egna drivmedel, vilket antas ha ett medelvärde på 400 kg och ett minsta resp. ett största värde på 100 resp. 500 kg.

⁶ Räddningsverket, *Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, 1996.

⁷ Cox, A.W., Lees, F.P., Ang, M.L., *Classification of Hazardous Locations*, ISBN 0-85295-258-9, Institution of Chemical Engineers, Warwickshire 1990.

⁸ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.

⁹ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.



En explosiv oxidator-bränsleblandning innehåller ca 13 % bränsle, vilket för 400 kg drivmedel ger $400/0,13 = 3\,080$ kg explosiv blandning¹⁰.

Massan som deltar i explosionen är direkt relaterad till hur stor mängd bränsle som blandas med det oxiderande ämnet. För järnväg kan en tank med 25 ton oxiderande ämne kollidera med en vagn innehållande en stor mängd brandfarlig vätska. Den blandning som kan bildas motsvarar ca 25 ton massextosiv vara.

D.2.3 Skadekriterier

Risikanalysen berör skador på människor och de skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck som används redovisas i Tabell 6 nedan. Skadekriterierna representerar LC₅₀-värden, dvs. den koncentration där 50 % av en population förväntas omkomma, vilka beräknats med probitfunktion för angiven exponeringstid.

Tabell 6. Skadekriterier för giftiga gaser, värmestrålning¹¹ och tryck.

Skadeverkan	Kritisk påverkan
Explosion – tryck ¹²	260 kPa
Explosion – värmestrålning ¹³	43 kW/m ²
Värmestrålning – BLEVE ¹³	31 kW/m ²
Värmestrålning – brandfarliga varor ¹³	14 kW/m ²
Toxicitet – giftig gas ¹⁴	2 200 mg/m ³ (860 ppm)
Toxicitet – lättflyktig, giftig vätska ¹⁵	4 900 mg/m ³ (2 000 ppm)
Toxicitet – giftig vätska ¹⁶	186 /m ³ (35 ppm)

D.3 Resultat

Modeller, indata, skadekriterier samt väder- och vindförhållanden används för att beräkna konsekvensen av ett utsläpp. Konsekvensen antas inträffa i det område där koncentrationen, trycket eller värmestrålningen överskrider ett visst gränsvärde för dödlighet. Gränsvärdet för dödlighet bestäms av den påverkan som bedöms orsaka en dödlighet på 50 % av en population. För att avgöra vid vilket avstånd detta inträffar översätts 50 % dödlighet med hjälp av s.k. probitfunktioner till en fysikalisk parameter (toxisk koncentration (LC₅₀) eller kritisk värmestrålning).

Ytterligare en förenkling är nödvändig för att kunna genomföra beräkningarna. Det ansätts att inom området 100 till 50 % dödlighet omkommer alla människor och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Denna förenkling är nödvändig för att kunna ta fram de olika riskmått. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom riskområdet komma att överleva

¹⁰ Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Bilaga 2, 1997.

¹¹ Strålningsnivåerna gäller oskyddad hud och någon skyddseffekt av kläder har inte tagits hänsyn till vid beräkning av skadekriterierna.

¹² HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

¹³ Eldklotets varaktighet för explosion är ca 7 s och för BLEVE ca 11 s. För värmestrålning från pölbränder gäller en exponeringstid på 30 s. Beräkningar av kritisk strålning sker enligt metodik redovisas i "CPR 16E, *Methods for the determination of possible damage*. Committee for the prevention of disasters, The Netherlands, 1992".

¹⁴ Representeras av svaveldioxid, 30 min exponering.

¹⁵ Representeras av propylenoxid, 30 min exponering.

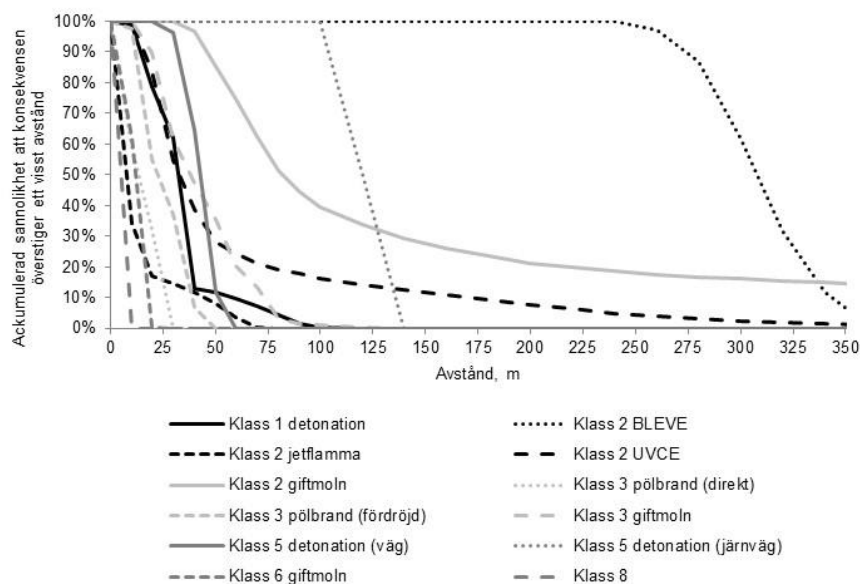
¹⁶ Representeras av dimetylsulfat, 30 min exponering (TEEL-3).



samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt och följer principerna i CPQRA¹⁷. Ytterligare en nödvändig förenkling är att förutsätta att samtliga personer befinner sig oskyddade, i fri siktlinje med olycksplatsen. Då flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar.

D.3.1 Konsekvensområde, enbart skyddsavstånd

I Figur 3 visas konsekvensområdet i form av en statistisk fördelning när olyckans utbredning inte påverkas av någon säkerhetshöjande åtgärd.



Figur 3. Konsekvensområde vid olycka med farligt gods. Figuren visar en fördelning av konsekvensområdet vid olyckor av en viss typ. Exempelvis ger en BLEVE alltid ett skadeutfall som överstiger 240 m och 10 % av olyckorna som orsakar en BLEVE när 340 m eller längre.

Informationen i Figur 3 kan översättas till ett medelvärde för olyckan samt med ett konfidensintervall, inom vilket det är 95 % säkerhet att konsekvens inträffar. I Tabell 7 redovisas dessa värden.

Tabell 7. Medelvärde, samt en bedömning av konfidensintervallets övre gräns för de olika olycksscenariernas utbredning.

Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 1 detonation → tryck	40	80
Klass 2 BLEVE → brännskada	300	330
Klass 2 jetflamma → brännskada	5	60
Klass 2 UVCE → brännskada	30	240
Klass 2 giftmoln → förgiftning	90	1000
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	10	30
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	20	40
Klass 3 giftmoln → förgiftning	40	90
Klass 5 detonation → tryck	30	50

¹⁷ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.



Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 6 giftmoln → förgiftning	5	10
Klass 8 → frätskada	5	10

Syftet med Tabell 7 är endast att beskriva spridningen i konsekvensens utbredning på ett tydligare sätt. Störst avvikelse från medelvärdet (50 %) har olyckor som medför spridning till luft (UVCE och giftmoln). Detta beror på att koncentrationen i en given punkt kan variera mycket beroende på källstyrka, vindhastighet och atmosfärsförhållanden. I riskanalysmodellen används sannolikhetsfördelningen för resp. scenario, vilken redovisas i Tabell 8. Notera att en sannolikhetsfördelning är en typ av histogram som visar hur stor andel av utfallen som hamnar i ett speciellt intervall. Sannolikhetsfördelningen indikerar variabelns minimi-, maximi- och medelvärde på ett tydligt sätt.

Tabell 8. Sannolikhetsfördelning för resp. olycksscenario.

Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 5, detonation (järnväg)	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,4%	-
10	1,2%	-	65,7%	-	-	40,8%	2,4%	-	-	-	29,8%	100,0%
15	0,0%	-	8,2%	1,0%	-	10,0%	37,5%	0,2%	-	-	34,3%	-
20	20,0%	-	9,1%	7,3%	-	16,9%	5,1%	1,5%	-	-	27,2%	-
25	0,2%	-	1,3%	19,2%	-	24,7%	7,6%	6,3%	0,0%	-	0,3%	-
30	16,7%	-	1,1%	17,6%	-	7,6%	10,2%	4,8%	3,7%	-	-	-
35	32,2%	-	1,3%	9,0%	-	0,0%	15,1%	6,1%	10,6%	-	-	-
40	16,6%	-	1,5%	5,9%	-	-	15,1%	3,7%	21,4%	-	-	-
45	0,6%	-	1,7%	6,7%	0,0%	-	6,7%	3,8%	29,3%	-	-	-
50	0,9%	-	2,0%	4,2%	0,3%	-	0,2%	3,3%	23,3%	-	-	-
55	1,0%	-	2,2%	2,5%	1,5%	-	-	4,2%	11,1%	-	-	-
60	1,1%	-	2,5%	1,9%	1,2%	-	-	6,9%	0,5%	-	-	-
65	1,2%	-	2,2%	1,6%	2,0%	-	-	7,1%	-	-	-	-
70	1,3%	-	1,0%	1,5%	3,7%	-	-	6,9%	-	-	-	-
75	1,3%	-	0,3%	1,2%	3,4%	-	-	5,7%	-	-	-	-
80	1,5%	-	0,0%	0,9%	2,7%	-	-	4,6%	-	-	-	-
85	1,4%	-	-	0,8%	2,9%	-	-	2,9%	-	-	-	-
90	1,2%	-	-	0,7%	2,3%	-	-	1,8%	-	-	-	-
95	0,7%	-	-	0,7%	2,0%	-	-	1,7%	-	-	-	-
100	0,7%	-	-	0,5%	2,1%	-	-	1,7%	-	-	-	-
110	0,2%	-	-	1,1%	4,2%	-	-	3,1%	-	12,5%	-	-
120	-	-	-	1,0%	3,1%	-	-	3,0%	-	37,5%	-	-
130	-	-	-	0,9%	3,8%	-	-	2,5%	-	25,0%	-	-
140	-	-	-	0,8%	3,2%	-	-	2,1%	-	25,0%	-	-
150	-	-	-	0,7%	3,3%	-	-	2,4%	-	-	-	-
160	-	-	-	0,7%	2,9%	-	-	3,1%	-	-	-	-
170	-	-	-	0,7%	4,2%	-	-	3,3%	-	-	-	-
180	-	-	-	0,8%	4,2%	-	-	3,0%	-	-	-	-

Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 5, detonation (järnväg)	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
190	-	-	-	0,8%	4,1%	-	-	2,6%	-	-	-	-
200	-	-	-	0,8%	3,9%	-	-	1,6%	-	-	-	-
220	-	-	-	1,6%	6,6%	-	-	0,4%	-	-	-	-
240	-	0,0%	-	1,3%	3,8%	-	-	-	-	-	-	-
260	-	3,0%	-	1,2%	1,7%	-	-	-	-	-	-	-
280	-	10,1%	-	0,9%	1,2%	-	-	-	-	-	-	-
300	-	25,4%	-	0,8%	1,0%	-	-	-	-	-	-	-
320	-	29,5%	-	0,6%	1,0%	-	-	-	-	-	-	-
340	-	20,1%	-	0,5%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-
360	-	10,3%	-	0,5%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-
380	-	1,5%	-	0,3%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	0,2%	0,9%	-	-	-	-	-	-	-



D.3.2 Konsekvensområde, vid vall el. dyl.

I Tabell 9 redovisas hur den ackumulerade sannolikhetsfördelningen ändras när säkerhetsåtgärden vall el. dyl. används. Informationen i Tabell 9 används för att ta fram sannolikhetsfördelningar lika de som redovisas i avsnitt 0, vilka sedan används för att beräkna risknivåer vid förekomst av vall el. dyl.

Tabell 9. Jämförelse av konsekvensområde utan och med vall el. dyl.

Avstånd	Klass 3 pölbrand direkt		Klass 3 pölbrand fördröjd		Klass 3, giftmoln		Klass 6, giftmoln	
	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike	Utan dike	Med dike
0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	22%
5	100%	63%	100%	99%	100%	100%	92%	-
10	59%	40%	98%	57%	100%	94%	62%	-
15	49%	4%	60%	43%	97%	81%	28%	-
20	32%	-	55%	19%	89%	60%	-	-
25	8%	-	47%	1%	72%	48%	-	-
30	-	-	37%	-	62%	39%	-	-
35	-	-	22%	-	54%	30%	-	-
40	-	-	7%	-	47%	25%	-	-
45	-	-	-	-	40%	20%	-	-
50	-	-	-	-	35%	14%	-	-
55	-	-	-	-	27%	8%	-	-
60	-	-	-	-	21%	3%	-	-
65	-	-	-	-	17%	2%	-	-
70	-	-	-	-	13%	2%	-	-
75	-	-	-	-	7%	1%	-	-
80	-	-	-	-	3%	1%	-	-
85	-	-	-	-	2%	1%	-	-
90	-	-	-	-	1%	1%	-	-
95	-	-	-	-	1%	1%	-	-
100	-	-	-	-	1%	-	-	-
105	-	-	-	-	1%	-	-	-
110	-	-	-	-	-	-	-	-
120	-	-	-	-	-	-	-	-
130	-	-	-	-	-	-	-	-
140	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-
160	-	-	-	-	-	-	-	-
170	-	-	-	-	-	-	-	-
180	-	-	-	-	-	-	-	-
190	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-
220	-	-	-	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-	-	-	-
260	-	-	-	-	-	-	-	-
280	-	-	-	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-	-	-	-
320	-	-	-	-	-	-	-	-
340	-	-	-	-	-	-	-	-
360	-	-	-	-	-	-	-	-
380	-	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-	-	-	-



Bilaga E

Riskenivåer utmed transportleder för farligt gods



Översiktlig riskanalys som underlag till riktlinjer för bebyggelseplanering
intill transportleder för farligt gods

2018-11-28



E. Risknivåer utmed transportleder för farligt gods

E.1 Modell för beräkning av individrisk

E.1.1 Beskrivning

Nedan följer en översiktlig beskrivning av den metodik som används för att kombinera frekvenser och konsekvenser till ett mått på individrisken.

Olyckor med farligt gods

Frekvenserna för resp. scenario finns angivna i bilaga C. Dessa frekvenser kombineras med sannolikhetsfördelningen för konsekvensens utbredning redovisad i bilaga D och sannolikheten att ett område påverkas från bilaga C. Beräkningsgången exemplifieras i avsnitt 0 och 0.

E.1.2 Sannolikheten att en olycka når en viss punkt som en funktion av avståndet från transportleden

I bilaga C redovisas sannolikhetsfördelningar för resp. olycksscenario och samt en faktor för att korrigera olycksfrekvensen per km till den faktiska påverkan på ett visst avstånd från transportleden. Denna information kombineras genom korsvis multiplikation för att ta kunna ta fram en sannolikhetsfördelning som en funktion av avståndet från transportleden. Nedan visas ett exempel på beräkning avseende transport av explosivämnen i klass 1, Figur 1.

De två översta matriserna hämtas ur bilaga D och C. Den nedersta matrisen skapas genom att multiplicera de med varandra. För överblickbarhetens skull redovisas endast studerade avstånd 0–120 m. Naturligtvis sker den korsvisa multiplikationen för alla avstånd mellan 0 till 1000 m som redovisas i tabellerna. Slutligen summeras värdena i resp. kolumn i den resulterande matrisen, vilket redovisas i Tabell 1 nedan

Klass 1, detonation		X	Olyckan	Avstånd som studeras					=	Olyckan	Avstånd som studeras				
Avstånd			når	0	5	10	15	20		når	0	5	10	15	20
0	0,0%		0	0,01	-	-	-	-		0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
5	1,2%		5	0,02	0,02	-	-	-		5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	0,0%		10	0,03	0,03	0,02	-	-		10	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
15	20,0%		15	0,04	0,04	0,03	0,03	-		15	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20	0,2%		20	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03		20	0,8%	0,8%	0,7%	0,5%	0,0%
25	16,7%		25	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04		25	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
30	32,2%		30	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06		30	1,0%	1,0%	0,9%	0,9%	0,7%
35	16,6%		35	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07		35	2,3%	2,2%	2,2%	2,0%	1,8%
40	0,6%		40	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08		40	1,3%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%
45	0,9%		45	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09		45	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
50	1,0%		50	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10		50	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
55	1,1%		55	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11		55	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
60	1,2%		60	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12		60	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
65	1,3%		65	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13		65	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
70	1,3%		70	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14		70	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
75	1,5%		75	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15		75	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
80	1,4%		80	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17		80	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
85	1,2%		85	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18		85	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
90	0,7%		90	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19		90	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
95	0,7%		95	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20		95	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
100	0,2%		100	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22		100	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
110	0,0%		110	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24		110	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
120	0,0%		120	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26		120	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Figur 1. Exempel på beräkning av sannolikhetsfördelning avseende transport av explosivämnen i klass 1.

Tabell 1. Sannolikheten att en olycka på en sträcka av 1 km når ett visst avstånd från transportleden.

Avstånd	Klass 1, detonation	Klass 2, BLEVE	Klass 2, jetflamma	Klass 2, UVCE	Klass 2, giftmoln	Klass 3, pölbrand (direkt)	Klass 3, pölbrand (fördröjd)	Klass 3, giftmoln	Klass 5, detonation	Klass 5, detonation (järnväg)	Klass 6, giftmoln	Klass 8, frätskada
0	7,4%	63,6%	3,6%	13,2%	25,5%	3,5%	5,3%	16,6%	8,9%	25,2%	2,8%	2,0%
5	7,3%	63,6%	3,4%	13,2%	25,5%	3,3%	5,1%	16,6%	8,9%	25,2%	2,6%	1,7%
10	7,0%	63,6%	2,2%	12,9%	25,4%	2,4%	4,7%	16,5%	8,7%	25,2%	1,7%	0,0%
15	6,6%	63,5%	1,8%	12,6%	25,4%	1,8%	3,6%	16,2%	8,4%	25,1%	0,7%	0,0%
20	5,6%	63,5%	1,5%	11,9%	25,2%	1,1%	3,2%	15,9%	8,0%	24,9%	0,0%	0,0%
25	5,0%	63,4%	1,4%	10,8%	25,1%	0,3%	2,5%	15,3%	7,3%	24,7%	0,0%	0,0%
30	3,8%	63,3%	1,3%	9,9%	24,9%	0,0%	1,8%	14,7%	6,4%	24,5%	0,0%	0,0%
35	2,3%	63,2%	1,1%	9,3%	24,7%	0,0%	1,0%	14,1%	5,1%	24,3%	0,0%	0,0%
40	1,6%	63,1%	1,0%	8,8%	24,4%	0,0%	0,3%	13,5%	3,5%	23,9%	0,0%	0,0%
45	1,5%	63,0%	0,8%	8,3%	24,1%	0,0%	0,0%	12,9%	1,8%	23,6%	0,0%	0,0%
50	1,3%	62,7%	0,6%	8,0%	23,7%	0,0%	0,0%	12,2%	0,5%	23,2%	0,0%	0,0%
55	1,2%	62,7%	0,4%	7,7%	23,3%	0,0%	0,0%	11,5%	0,0%	22,7%	0,0%	0,0%
60	1,0%	62,5%	0,2%	7,5%	22,8%	0,0%	0,0%	10,6%	0,0%	22,2%	0,0%	0,0%
65	0,9%	62,3%	0,1%	7,2%	22,2%	0,0%	0,0%	9,8%	0,0%	21,6%	0,0%	0,0%
70	0,7%	62,0%	0,0%	7,0%	21,6%	0,0%	0,0%	9,0%	0,0%	21,0%	0,0%	0,0%
75	0,5%	61,8%	0,0%	6,8%	20,9%	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%	20,3%	0,0%	0,0%
80	0,4%	61,6%	0,0%	6,7%	20,3%	0,0%	0,0%	7,7%	0,0%	19,5%	0,0%	0,0%
85	0,2%	61,3%	0,0%	6,5%	19,7%	0,0%	0,0%	7,3%	0,0%	18,6%	0,0%	0,0%
90	0,1%	61,0%	0,0%	6,3%	19,2%	0,0%	0,0%	6,9%	0,0%	17,6%	0,0%	0,0%
95	0,1%	60,7%	0,0%	6,2%	18,6%	0,0%	0,0%	6,5%	0,0%	16,5%	0,0%	0,0%
100	0,0%	60,4%	0,0%	6,0%	18,0%	0,0%	0,0%	6,2%	0,0%	15,2%	0,0%	0,0%
110	0,0%	59,7%	0,0%	5,7%	16,9%	0,0%	0,0%	5,4%	0,0%	11,4%	0,0%	0,0%
120	0,0%	58,9%	0,0%	5,4%	15,7%	0,0%	0,0%	4,7%	0,0%	6,1%	0,0%	0,0%
130	0,0%	58,0%	0,0%	5,1%	14,5%	0,0%	0,0%	4,0%	0,0%	2,6%	0,0%	0,0%
140	0,0%	57,1%	0,0%	4,8%	13,4%	0,0%	0,0%	3,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



E.1.3 Beräkning av individrisk

Individrisken beräknas med en upplösning om 5 m, dvs. beräknas var femte meter från väggkanten genom att multiplicera olycksfrekvensen för en olycka med en viss ADR/RID-klass med sannolikheten för att en olycka sker på en sträcka av 1 km när ett visst avstånd. För att ta fram den sammanlagda individrisken adderas slutligen individrisken för vart olycksscenario på alla studerade avstånd och ritas ut i ett individrisk-diagram (se avsnitt 5).

Nedan presenteras ett exempel på hur individriskberäkningar för ett enskilt scenario, *detonation av explosivt ämne i klass 1*, kan se ut givet att olycksfrekvensen för scenariot är $1,7 \times 10^{-8}$ per kilometer och år (väg 40, avsnitt 2). Denna frekvens multipliceras med sannolikheten för att konsekvensen från olyckan ska nå det studerade avståndet för att få fram individrisken i punkten från vart scenario.

Tabell 2. Beräkning av individrisk för transport av explosiva ämnen i RID-klass 1.

Avstånd, m	Sannolikhet att konsekvensen når ett visst avstånd vid olycka på en sträcka av 1 km	Väg
0	0,077	1,3E-09
10	0,074	1,3E-09
20	0,061	1,1E-09
30	0,044	7,6E-10
40	0,017	3,0E-10
50	0,014	2,4E-10
60	0,011	1,9E-10
70	0,008	1,4E-10
80	0,004	6,9E-11
90	0,002	3,5E-11
100	0,0003	5,2E-12

E.2 Modell för beräkning av samhällsrisk

Beräkningar av samhällsrisk syftar till att försöka uppskatta skadeutfallet när en olycka väl inträffar. Skadeutfallet styrs av vilket scenario (se avsnitt 4.1.3) som inträffar samt hur många människor som befinner sig utomhus i anslutning till olyckan vid den aktuella tidpunkten. Samhällsriskberäkningarna kan inte göras med sådan precision att de visar på faktisk risk, utan de måste göras schablonmässigt utifrån ett antal givna förutsättningar.

E.2.1 Indata

Modellen för beräkning av samhällsrisk är uppbyggd med en iterativ process där statistiska fördelningar används för att ta fram skadeutfallet för tänkbara olyckor. Modellen bygger på följande huvudsakliga indata.



Befolkningstäthet

Befolkningstätheten utmed transportleden karakteriseras med följande schablonvärden:

- ♦ Stadsbebyggelse – 5 000 invånare/km².
- ♦ Bostads- och industriområde – 2 500 invånare/km².

I denna utredning har samhällsrisk som tar hänsyn till befolkningstäthet beräknas för ett urval av vägsnitt, vilket presenteras i avsnitt 3.5.2

Väg	Väg 40	Väg 46	Tre rosors	Väg 157	Väg 157.1	Väg 1704	Väg 1719
Avsnitt	2	6	10	13	14	16	17
Befolknings- täthet	5000	2 500	2 500	5 000	5 000	5 000	5 000

När befolkningstätheten är känd krävs information om hur många människor som vistas utomhus under dagtid respektive på natten. En holländsk vägledning anger att 93 % befinner sig inomhus under dagtid och 99 % är inomhus på natten¹. Dagtid antas råda mellan 08:00-18:30 och natt mellan 18:30-08:00. Dessa värden bedöms vara relevanta även för planområdet.

Påverkansområde

Kännedom om olyckornas utbredning i form av statistiska fördelningar används för att bestämma hur stor yta som olyckan påverkar. De finns tre olika typer av påverkansområde:

- ♦ Cirkulär utbredning, t.ex. bränder och explosioner.
- ♦ Konformad utbredning, t.ex. utsläpp av giftig gas.
- ♦ Rektangulär utbredning vid urspårning.

Påverkansområdet (m²) vid cirkulär utbredning bestäms genom att använda olyckans utbredning som radie och därefter beräkna den yta ($A = \pi r^2$) som påverkas. Om det finns ett bebyggelsefritt område ska beräknat påverkansområde minskas med ytan som detta område upptar. Vid konformad utbredning beräknas konsekvensområdet på liknande sätt efter kännedom om spridningsvinkeln² ($A = \varphi \pi r^2$).

E.2.2 Beräkning av samhällsrisk

Beräkningen av samhällsrisk sker med hjälp av statistisk simulering där värden slumpas fram från de fördelningar som representerar indata till modellen. Modellen består av ett antal "frågor", vilka besvaras med hjälp av de fördelningar som beskriver indata, se Tabell 3. En iteration består av att samtliga frågor i Tabell 3 besvaras.

¹ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

² Mer information om spridningsvinkeln (φ) finns i bilaga C.



Tabell 3. Modell för beräkning av samhällsrisk.

Fråga	Svarsalternativ	Kommentar
Vilken tidpunkt?	Dag Natt	Bestämmer hur många människor som är utomhus. Se bilaga F.
Vilket scenario?	Urspårning Klass 1 detonation Klass 2 BLEVE Klass 2 jetflamma Klass 2 UVCE Klass 2 giftmoln Klass 3 pölbrand (direkt) Klass 3 pölbrand (fördröjd) Klass 3 giftmoln Klass 5 detonation Klass 6 giftmoln Klass 8	Se bilaga C för information om frekvenser.
Riskområde?	0 - 1 000 m	Bestämmer hur långt från olycksplatsen som dödsfall kan inträffa. Information finns i bilaga D.
Påverkansområde?	Cirkulärt Konformat Rektangulärt	Avgör hur stor yta som påverkas av olyckan. Se bilaga F.

Efter en iteration finns således information om hur befolkningstätheten i anslutning till olyckan samt hur stort påverkansområde som olyckan har. Därmed är det möjligt att beräkna antalet omkomna med följande uttryck.

$$\text{Antal döda} = \text{Befolkningstäthet}(\text{pers} / \text{km}^2) \cdot \text{Påverkansområde}(\text{km}^2)$$

Antalet iterationer (upprepningar) är högt (1 000 000) för att säkerställa att alla möjliga kombinationer av olycksscenarier, tidpunkter och olycksplacering kommer med i resultatet. För varje iteration sparas information om "antal döda" och när simuleringen är klar kan en statistisk fördelning för antalet döda tas fram. Denna fördelning används sedan tillsammans med frekvensen för olycka för att plotta en s.k. FN-kurva.

Notera att varje gång som påverkansområdet antar ett positivt värde, dvs. då riskområdet är större än det bebyggelsefria avståndet antas att minst 1 människa omkommer. Konsekvensen (antal döda) avrundas alltid uppåt till närmsta heltal. Detta ger en viss överskattning av samhällsrisk för $N = 1$, men samtidigt finns det inget enkelt sätt att avgöra om det finns minst en människa i påverkansområdet. Därför måste det förutsättas att så är fallet.



Samtliga personer som vistas utomhus inom påverkansområdet antas omkomma. För personer som befinner sig inomhus omkommer en viss andel av personerna. I Tabell 4 redovisas de bedömningar som använts för att uppskatta andelen omkomna inomhus^{3,4}.

Tabell 4. Andel av personer inomhus som omkommer vid viss skadeverkan.

Skadeverkan	Andel inomhus som omkommer
Urspåring	50 %
Tryckskada	50 %
Brännskada (pölbrand)	0 %
Brännskada (övrigt)	5 %
Förgiftning	10 %
Frätskada	0 %

Samhällsriskberäkningar utförs för samtliga vägar och järnvägar utan hänsyn till andra säkerhetshöjande åtgärder än själva skyddsavståndet. För vissa transportleder där samhällsrisk i grundfallet ligger i området där risker inte kan beaktas som små görs kompletterande samhällsriskberäkningar för att undersöka effekten av ytterligare säkerhetshöjande åtgärder.

³ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.

⁴ Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Bilagor 1-5. 1997.



Bilaga F Känslighetsanalys



Översiktlig riskanalys som underlag till riktlinjer för bebyggelseplanering
intill transportleder för farligt gods

2018-11-28



F. Känslighetsanalys

Risikanalysen utförs med en analysteknik som bygger på en omfattande och detaljerad hantering av den variation och osäkerhet som kan förknippas med riskbedömningar. Metodiken följer det arbetssätt som använts för underlaget till Länsstyrelsens i Skåne läns riktlinjer (RIKTSAM)¹ och i de fall där specifika indata saknas har värden, fördelningar och annan betydelsefull information hämtats från RIKTSAM.

F.1 Olycksfrekvenser

F.1.1 Trafikeringsalternativ

Riskbedömningen utgår från basprognosen för år 2040. Basprognosen är den trafikering som Trafikverket utgår från i bl.a. kapacitetsbedömningar. Någon ytterligare ökning bedöms inte vara motiverad.

F.1.2 Uppdelning i olika ADR-klasser

De finns olika källor som kan användas för att kartlägga transporter av farligt gods. Den första källan är nationell statistik som publiceras årligen² och den andra källan är en undersökning som gjorts av Räddningsverket (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) för det 4:e kvartalet år 1998 samt september månad 2006. Kartläggningarna av Räddningsverket bedöms ha för svag precision för att kunna användas i riskbedömningen. Därför använder risikanalysen nationell statistik för att dela upp det farliga godset i olika ADR-klasser.

För att kunna bedöma risknivåerna krävs ytterligare information om fördelning av farligt gods inom resp. ADR-klass. Det är nödvändigt att känna till andelen massexpllosiva varor, andelen giftiga och brandfarliga gaser, etc. Denna information finns inte dokumenterad i några källor, utan risikanalysen bygger på den uppdelning som finns redovisad i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer.

För transport på järnväg står utsläpp av RID-klass 8 som kan ge frätskador för 45 % av antalet olyckor och utsläpp av vätskor i RID-klass 3 som kan ge brännskador och brandspridning för 54 %. Tillsammans utgör dessa två olyckstyper 99 % av de tänkbara olyckorna.

F.2 Konsekvenser av olyckor med farligt gods

F.2.1 Beräkningsmodeller

Modellerna som används för att beräkna konsekvenser av olyckor bygger i huvudsak på information som finns tillgänglig i den s.k. FOA-handboken³. I stort är det samma modeller som Länsstyrelsen i Skåne läns "RIKTSAM"⁴ bygger på, med undantag av vissa förbättringar. Bl.a. modelleras utsläpp av giftiga gaser med både jet- och tunggassteg, vilket RIKTSAM inte gör. Detta ger mer realistiska (och längre) konsekvensområden i föreliggande riskanalys.

¹ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

² Trafikanalys, *Bantrafik 2012*, Statistik 2013:28.

³ Fischer, S. m.fl., *Våda utsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.

⁴ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.



F.2.2 Indata

Val av indata har stor betydelse för konsekvensberäkningarna och i många fall är indata förknippade med stor variation eller osäkerhet. Indata där variationen spelar roll är exempelvis väder- och vindförhållanden och indata som är förknippad med stor osäkerhet är t.ex. hålstorlek vid utsläpp.

Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden baseras på generisk statistik för Sverige. Statistiken gör det möjligt att ta fram diskreta sannolikhetsfördelningar för atmosfärens stabilitet och kontinuerliga fördelningar för vindhastigheten för resp. stabilitetsklass.

Generella indata och ämnesspecifika uppgifter

Exempel på generella indata är flödeskoefficienter och höjd på vätskepelare (i tanken), samt de hålstorlekar som kan uppkomma vid en olycka. Hålstorlekarna är de samma som i RIKTSAM, med sannolikheter från VTI⁵:

- ♦ Litet hål (62,5 %), 10 mm diameter, 1 kg/s.
- ♦ Medelstort hål (20,8 %), 30 mm diameter, 12 kg/s.
- ♦ Stort hål (16,7 %), 110 mm diameter, 160 kg/s.

Dessa hålstorlekar är betydligt större än de som redovisas av Räddningsverket⁶ där håldiametrar på 3, 9 resp. 31 mm används, vilket ger källstyrkor på 0,1–20 kg/s. En brittisk studie⁷ använder 2 resp. 35 kg/s i sina beräkningar.

Skadekriterier

Risikanalysen berör skador på människor och använder olika skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck. Konsekvensområdet bestäms av avståndet från utsläppskällan till en punkt där en dödlighet på 50 % inträffar. En förenkling som görs i enlighet med metodik redovisad i CPQRA⁸ är att anta att alla människor omkommer inom området 100 till 50 % dödlighet och i området 50 till 0 % omkommer ingen. Vid en verklig olycka kan människor som befinner sig inom konsekvensområdet överleva samtidigt som människor utanför kan omkomma. Användningen av 50 % dödlighet skall därför ses som ett genomsnitt.

Den exponering som ger 50 % dödlighet kallas även för LC₅₀-värde. LC₅₀-värdet kan bestämmas med kännedom om exponering och tid. CPR 18E⁹ har använts som inspiration för de exponeringstider som används, vilka är 30 min för giftig gas och 30 s för brännskada.

F.2.3 Beräkningsresultat

Eftersom flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar, vilka kan redovisas med medelvärde, standardavvikelse och ett konfidensintervall.

⁵ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, rapport nr 387:4, 1994.

⁶ Räddningsverket, *Farligt gods – riskbedömning vid transport*, 1996.

⁷ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

⁸ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989.

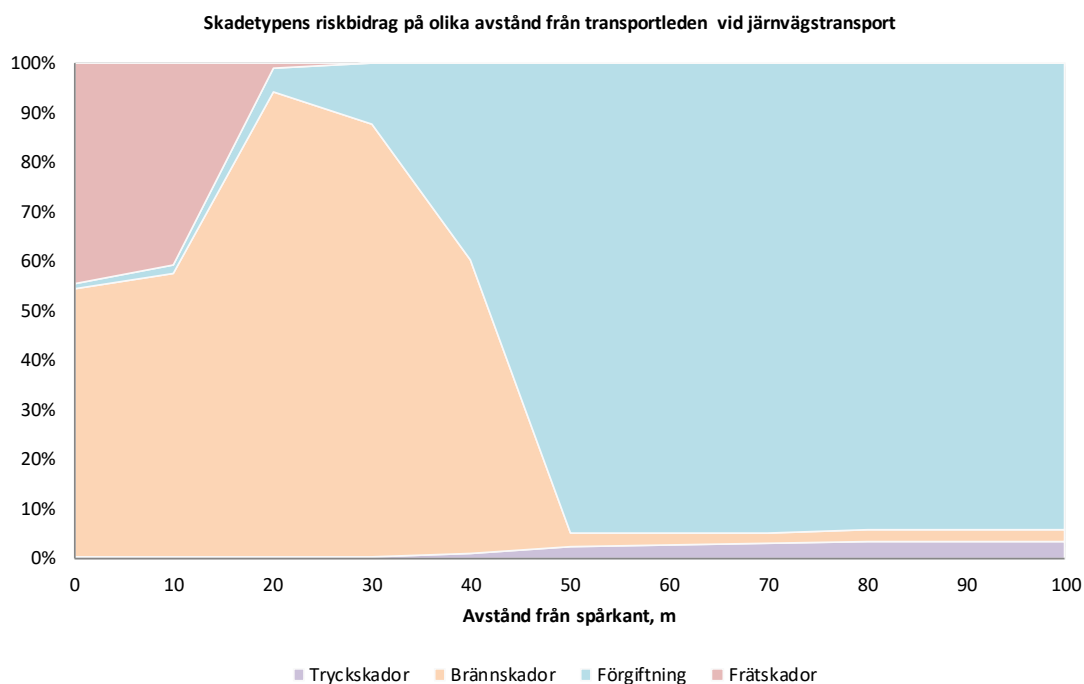
⁹ TNO, *Guideline for quantitative risk assessment*, CPR 18E.



Tabell 1 Medelvärde och konfidensintervall för konsekvensberäkningarna.

Scenario	Medel	5 %	95 %
Klass 1 detonation → tryck	35 m	20 m	77 m
Klass 2 BLEVE → brännskada	308 m	268 m	352 m
Klass 2 jetflamma → brännskada ¹⁰	15 m	6 m	57 m
Klass 2 UVCE → brännskada	63 m	17 m	240 m
Klass 2 giftmoln → förgiftning	187 m	42 m	800 m
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	15 m	7 m	26 m
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	24 m	10 m	41 m
Klass 3 giftmoln → förgiftning	42 m	15 m	77 m
Klass 5 detonation → tryck	42 m	31 m	52 m
Klass 6 giftmoln → förgiftning	12 m	5 m	18 m
Klass 8 → frätskada	10 m	10 m	10 m

Tabellen ovan visar att några av scenarierna har ett relativt stort konfidensintervall där 95 %-värdet avviker stort från medelvärdet. För att kunna göra ett urval av de variabler som har störst betydelse för beräknat konsekvensområde studeras resp. olycksscenarios betydelse för risknivå, se Figur 1.



Figur 1. Olycksscenariots betydelse för risknivå. Figuren inkluderar inte risker med urspårning.

Figur 1 visar att det i huvudsak är två scenarier som bestämmer individriskens värde i det studerade avståndsintervallet (upp till 40 m). Dessa är brännskador till följd av utsläpp av

¹⁰ Notera att nivåskillnaden mellan väg E 22 och planområdet gör att konsekvenserna av en jetflamma inte kan påverka intilliggande bebyggelse.



brandfarlig vätska samt förgiftning till följd av utsläpp av giftig vätska eller gas. Således är det osäkerheter förknippade med dessa olyckor som är av störst betydelse för fortsatt analys.

Konsekvensområdet för pölbränder bestäms i huvudsak av antagen hålstorlek och till viss del av antagen strålningsandel. Hålstorleken har drygt 5 ggr så stor påverkan på resultatet i jämförelse med strålningsandelen.

Det är tre variabler som har störst betydelse för konsekvensområdet för gasutsläpp som driver iväg med vinden – hålstorleken, vindhastigheten och stabilitetsklassen. Variablernas inbördes betydelse är 6,5 - 1,6 - 1, vilket innebär att det är hålstorleken som dominerar konsekvensområdets storlek. Kunskapsunderlaget för val av källstyrkor är sparsamt, men valda värden är konservativa i förhållande till andra modeller och riktlinjer.

F.3 Slutsatser

De variabler som påverkar riskbedömningen mest är utsläppets källstyrka (hålstorlek), vindhastighet och atmosfärens stabilitet. De två sistnämnda variablerna har bestämts med hjälp av generell väderstatistik och bedöms vara robusta i sammanhanget. Källstyrkan bygger på antaganden med ett relativt begränsat kunskapsunderlag. I föreliggande riskanalys används dock källstyrkor som klart överstiger värden som går att finna i andra vägledningar och rekommendationer. Rekommendationerna i rapporten bedöms vara tillräckligt robusta inte nödvändiga att justera.



Bilaga G

Säkerhetshöjande åtgärder



Översiktlig riskanalys som underlag till riktlinjer för bebyggelseplanering
intill transportleder för farligt gods

2018-11-28

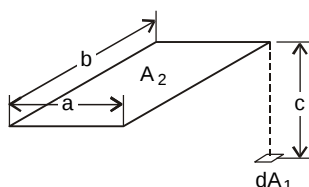


G. Säkerhetshöjande åtgärder

G.1 Skydd mot brandspridning

En pölbrand uppkommer vid utsläpp och antändning av brandfarliga vätskor. Strålningsvärmen från dessa bränder är intensiv samtidigt som den avtar exponentiellt med avståndet. strålningsnivån ska understiga det värde på 14 kW/m² som ger upphov till 2:a gradens brännskador resp. det värde på 15 kW/m² som ger brandspridning till byggnader¹.

För att kunna bedöma på vilket avstånd som det finns risk för brandspridning görs beräkningar av värmestrålning för en dimensionerande pölbrand² på 200 m², vilket ger en flamma som är 21 m hög och 16 m bred. Utgående strålning från branden är 43 kW/m² och för att brandspridning/brännskador inte ska ske måste synfaktorn understiga 0,33. Synfaktorn understiger detta värde på c:a 15 m avstånd från branden. Beräkningarna redovisas nedan och gäller för motstående ytor (fasader parallella med spårområdet). Notera att avståndet (c) är det som söks för att synfaktorn (F_{d1-2}) inte ska överstiga 0,33.



$$F_{d1-2} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{a}{\sqrt{a^2 + c^2}} \tan^{-1} \left(\frac{b}{\sqrt{a^2 + c^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{b^2 + c^2}} \tan^{-1} \left(\frac{a}{\sqrt{b^2 + c^2}} \right) \right]$$

$$a/2 = 8 \text{ m}$$

$$b/2 = 10,5 \text{ m}$$

$$c = 15 \text{ m}$$

$$4 \times F_{d1-2} = 4 \times 0,079 = 0,32$$

Beräkningarna ovan visar att ett skyddsavstånd på 15 m är tillräckligt för att undvika brandspridning och brännskador. Men, då avståndet ska mätas från pölens närmsta kant mot byggnaden uppstår några osäkerheter. Det är rimligt att anta att pölen breder ut sig mot planområdet och dess diameter är i storleksordningen 10 till 20 m. Om byggnader inom 30 m från transportleden skyddas mot brandspridning fås ett skydd som är tillfredsställande i de allra flest fall. Avståndet kan kortas till 20 m om det finns en vall el. dyl.

G.2 Högt placerade luftintag

Många av de giftiga gaser som transporteras på väg och järnväg är s.k. tunga gaser, vilket betyder att de har högre densitet än den omgivande luften och sprider ut sig längs marknivån. Efterhand som att gasmolnet blandas upp med luft minskar densiteten och till slut är densitetsskillnaden mellan omgivande luft och molnet försumbar. I bilaga D beskrivs flödesschemat för spridning i luft. Det s.k. tunggassteget har i 90 % av fallen en räckvidd på

¹ Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av brandskydd i byggnader, BBAD3, BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. 2013:12.

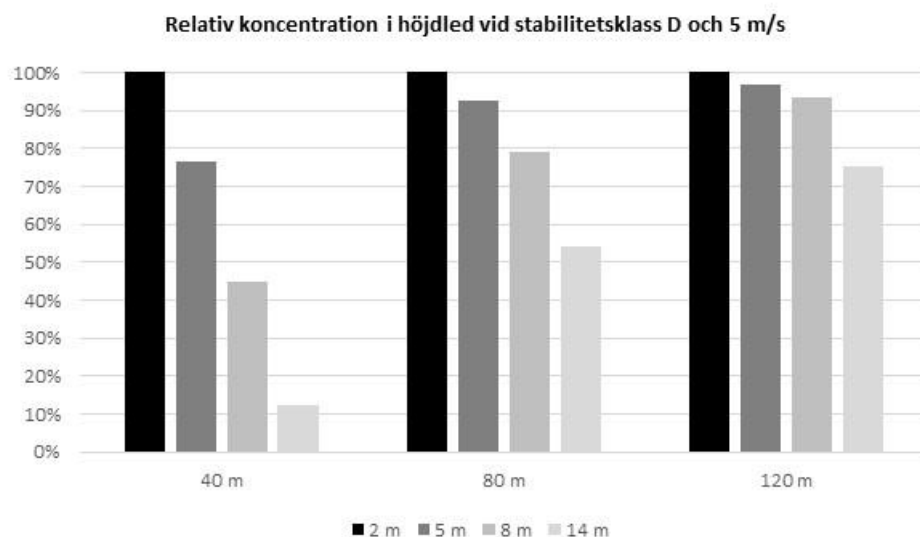
² Brandens yta på 200 m² motsvarar ytan som ett stort läckage av en hel tank, ca 20 m³, resulterar i. Kolväten brinner med en förbränningshastighet på 0,1 kg/m²s, vilket ger en effektutveckling på ca 370 MW för en pöl på 200 m².



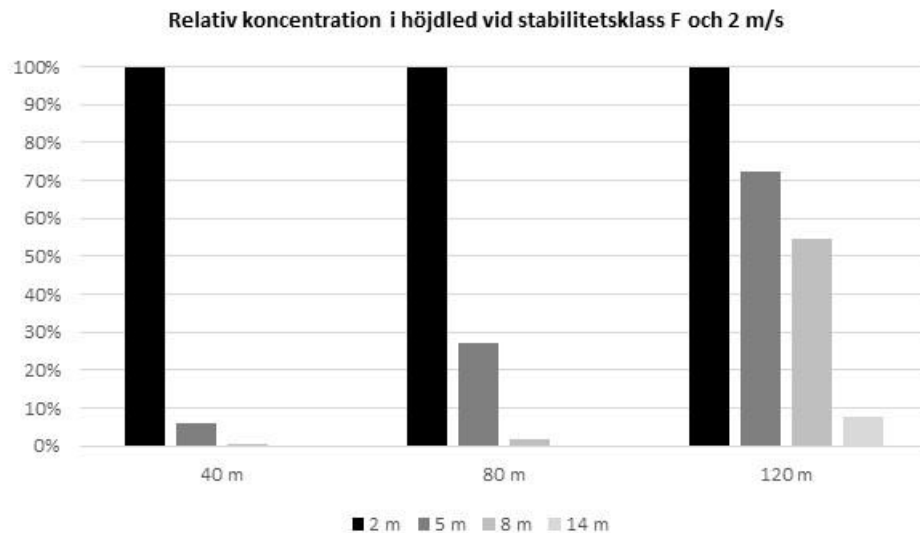
mindre än 200 m, vilket medför att en säkerhetshöjande åtgärd som högt placerade luftintag i teorin kan vara effektiv för att minska hur mycket gas som kommer in i en byggnad.

Med hjälp av modellen "Spridning Luft", version 1.4.3 tillgänglig via programpaketet RIB som ges ut av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, undersöks hur koncentrationen varierar i höjdlid på tre avstånd (40, 80 samt 120 m från utsläppspunkten). Tre olika höjder studeras (2 m, 8 m och 14 m ovan mark), vilka är representativa för byggnader med varierande våningsantal. Beräkningarna utförs för stabilitetsklass D och en vindhastighet på 5 m/s samt för stabilitetsklass F och en vindhastighet på 2 m/s. Gasen utgörs av svaveldioxid och källstyrkan 4,0 kg/s motsvarar ett rörbrott.

Resultatet redovisas i Figur 1 och Figur 2 där koncentrationen 2 m ovan mark utgör ett referensfall och det värde som övriga resultat normeras mot. Ett värde större än 100 % innebär att koncentrationen på den studerade höjden är högre än den för referensfallet och ett värde på mindre än 100 % innebär att koncentrationen är lägre än referensfallet.



Figur 1. Relativ koncentration på olika höjder och olika avstånd från utsläppspunkten givet stabilitetsklass D och 5 m/s.



Figur 2. Relativ koncentration på olika höjder och olika avstånd från utsläppspunkten givet stabilitetsklass F och 2 m/s.

Båda figurerna visar att högt placerade luftintag skulle ge en påtaglig minskning av koncentrationen inomhus vid ett utsläpp med giftig gas. Effekten blir större ju närmre utsläppspunkten som byggnaden är placerad och ju högre luftintaget är placerat. Men, det är framförallt aktuella väder-och vindförhållanden som styr. Vid stabil skiktning så trycks gasmolnet ner mot marken av den ovanliggande luften, vilket ger mindre utblandning i höjddled. För detta fall har luftintagets placering mycket stor betydelse inom hela riskhanteringsområdet. Sammanfattningsvis ger en placering av luftintag på ca 8 m höjd ovan mark möjlighet till en påtaglig riskminskning.