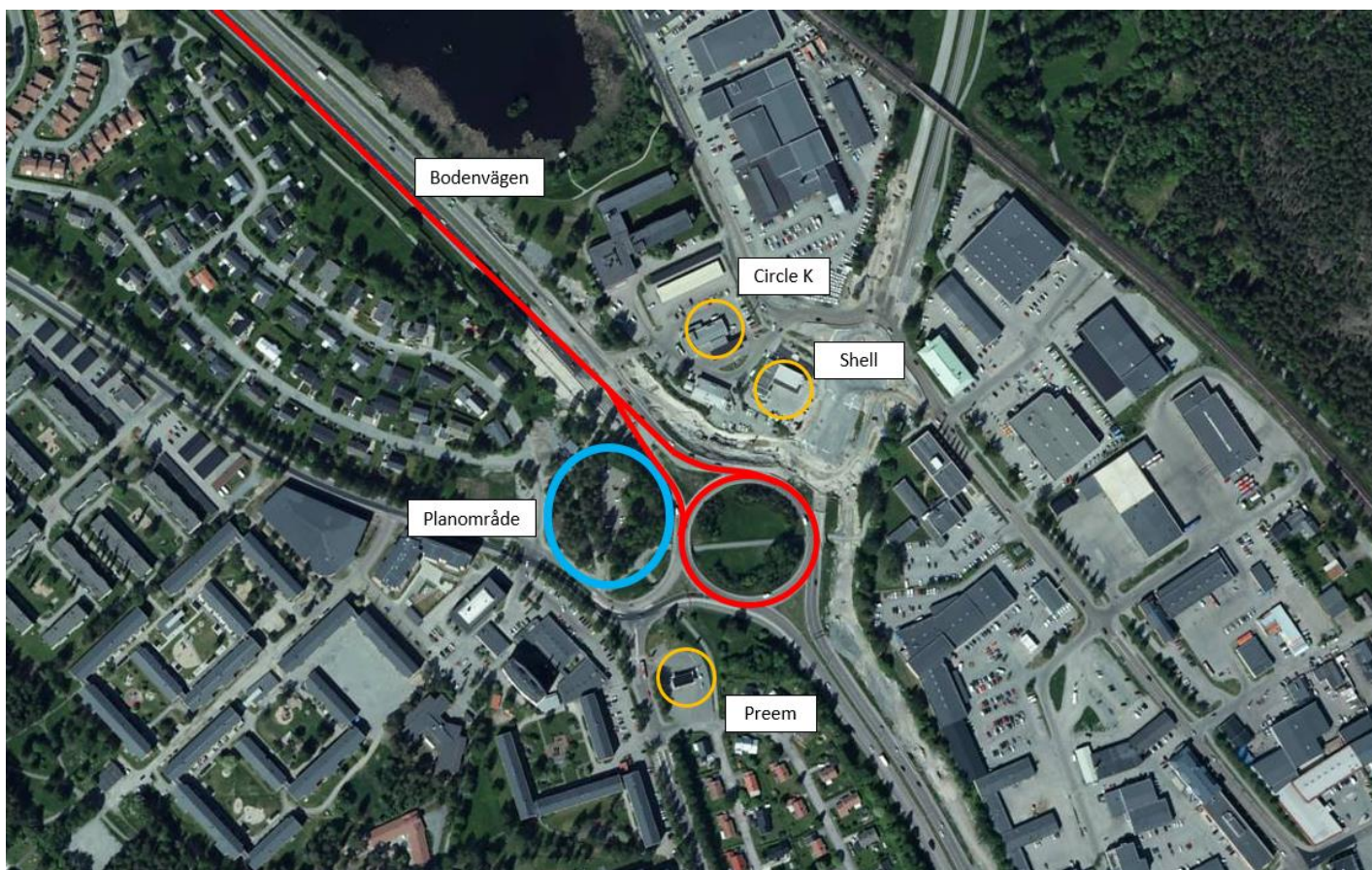


Risikanalyt Mjölkudden Pontonen

Uppdragsnr: 107 56 81 Version: 3 Datum: 2022-02-24



Uppdragsgivare: Luleå Kommun
Uppdragsgivarens kontaktperson: Madelene Rova
Konsult: Norconsult AB
Uppdragsledare: Johan Hultman
Handläggare: Kajsa Jakobsson

3	2022-02-24	Färdig handling	Kajsa Jakobsson	Johan Hultman	Johan Hultman
2	2022-02-16		Kajsa Jakobsson	Johan Hultman	Johan Hultman
1	2021-10-22		Kajsa Jakobsson	Johan Hultman	Johan Hultman
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

► Sammanfattning

Stadsbyggnadsförvaltningen (SBF) på Luleå kommun arbetar med att ta fram en detaljplan för del av Mjölkudden 3:42 och Pontonen 2 vid Mjölkuddsrondellen. Detaljplanens syfte är att pröva förutsättningarna för bostäder, hotell, centrumverksamhet och kontor i området. Det studerade området ligger längs med Bodenvägen som är en rekommenderad primär transportled för farligt gods. Längs med vägen mot planområdet sträcker sig även ett dike.

Syftet med denna riskutredning är att verka som ett beslutsunderlag för att inom planprocessen kunna förhålla sig till olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods samt riskfyllda verksamheter.

Hur den tillkommande bebyggelsen ska vara utformad samt dess markanvändning är inte fastställt. Det aktuella planförslaget för planområdet innefattar blandad bebyggelse i form av bostäder, longstay, centrumverksamhet och kontor vilket utifrån Länsstyrelsens riktlinjer är zon C och D när det kommer till skyddsavstånd.

Utifrån parametrar för Bodenvägen har en analys av avstånden enligt planförslaget och Länsstyrelsens riktlinjer gjorts. Resultatet visar att för bebyggelse inom det studerade området bör ett avstånd på 20 meter till zon C och 35 meter till zon D upprätthållas. Det betyder att till kontor och centrumverksamhet bör ett avstånd på 20 meter hållas ifrån dikets lägsta punkt och till flerbostadshus och longstay 35 meter.

Sammanfattningsvis så är markanvändning för kontor på tillräckligt avstånd enligt riktlinjerna men när flerbostadshus och longstay planeras i området behövs skyddsavståndet vara längre än nuvarande plan. Alternativt behöver ytterligare utredning ske för att bedöma den faktiska riskbilden från transporter av farligt gods på Bodenvägen skapar och om ytterligare åtgärder bör implementeras.

En fördjupad riskanalys har genomförts genom en kvantitativ bedömning av risknivåerna som jämförs mot nationella kriterier för tolerabla och icke-tolerabla risker. Denna analys visar på att risknivåerna är höga och skyddsåtgärder som är tekniskt rimliga och praktiskt genomförbara bör implementeras för att risknivåerna i planområdet ska anses som tolerabla.

Skyddseffekter för skyddsåtgärder såsom högkapacitetsräcke och skärm samt skärmande bebyggelse har kvantifierats och en resulterande risknivå efter åtgärder har beräknats. Övriga skyddsåtgärder som föreslås gällande utrymning, vegetation och ventilation är svåra att kvantifiera som skyddsåtgärd. Dess skyddseffekter ingår därför inte i beräkningar med åtgärder men bedöms kunna bidra till en ytterligare sänkning av risknivån.

Följande skyddsåtgärder föreslås:

- Högkapacitetsräcke i minst klass H2 anläggs utmed Bodenvägen mellan vägen och planområdet. Räcket bör sträcka sig minst 60 meter innan planområdet.
- En skärm eller skärmande bebyggelse som är minst 3 meter hög bör finnas mellan Bodenvägen och planområdet. Materialet som vetter mot Bodenvägen bör utformas i minst brandklass EI30 och vara helt tät.
- Utrymning bör vara möjlig bort från Bodenvägen
- Friskluftsintag bör placeras högt och i skyddat läge bort från Bodenvägen.
- Området inom 24 meter från väkant från Bodenvägen bör inte inbjuda till stadigvarande vistelse.

Om dessa skyddsåtgärder införs bedöms risknivåerna vara tolerabla enligt använda kriterier.

Innehåll

1	Inledning	5
2	Länsstyrelsens riktlinjer	6
3	Fördjupad riskanalys – Genomförande, metod och kravbeskrivning	7
4	Platsspecifika förutsättningar	13
5	Riskidentifiering	17
6	Inledande riskanalys	21
7	Fördjupad riskanalys	23
8	Risikvärdering och riskreducerande åtgärder	28
9	Diskussion och slutsats	33
10	Referenser	35

Bilaga 1 – Beräkning av risker transport av farligt gods på väg

1 Inledning

Stadsbyggnadsförvaltningen (SBF) på Luleå kommun arbetar med att ta fram en detaljplan för del av Mjölkudden 3:42 och Pontonen 2 vid Mjölkuddsrondellen. Detaljplanens syfte är att pröva förutsättningarna för bostäder, hotell, centrumverksamhet och kontor i området. Det studerade området ligger längs med Bodenvägen som är en rekommenderad primär transportled för farligt gods.

Länsstyrelsen i Norrbotten och Västerbottens län har tagit fram riktlinjer med fokus på säkerhetsavstånd ifrån transportleder med farligt gods (Länsstyrelsen i Norrbottens och Västerbottens län, 2019). Denna rapport ska utreda vilka möjligheter som finns att bebygga längs vägen inom detaljplanen med avseende på risker från transporter av farligt gods.

Den inledande riskbedömningen utgår från Länsstyrelsens riktlinjer. Under arbetets gång har behov av en fördjupad riskutredning framkommit. I fördjupningen har risknivåerna längs Bodenvägen beräknas för individ- och samhällsrisk och jämförts med kriterier för acceptabla och tolerabla risknivåer framtagna för Myndigheten av Samhällsskydd och beredskaps räkning.

1.1 Syfte och mål

Syftet med denna riskutredning är att verka som ett beslutsunderlag för att inom planprocessen kunna förhålla sig till olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods samt riskfyllda verksamheter. Detta ska genomföras gärna i ett tidigt skede och på ett betryggande sätt enligt Plan- och bygglagen (2010:900). Denna riskutredning utgår ifrån Länsstyrelsen Norrbotten och Västerbotten riktlinjer för fysisk planering kopplat till farligt gods (Länsstyrelsen i Norrbottens och Västerbottens län, 2019).

Målet med riskutredningen är att bedöma den förändrade markanvändningens lämplighet samt bedöma behovet av riskreducerande åtgärder i samband med den nya bebyggelsen. Riskutredningen ska även verka som stöd inom vidare arbete inom planprocessen.

1.2 Avgränsningar

En olyckshändelse kan få många olika konsekvenser: materiella skador, miljöskador, skadade personer och omkomna personer. Det är svårt att beräkna skador på miljön, hus och personer. I sådana fall måste det även medtas hur svår skadan är. Det är enklare (rent utredningsmässigt) att räkna på antalet omkomna. Därför uttrycks konsekvensen av en olyckshändelse med farligt gods oftast endast som antalet omkomna. En bakomliggande tanke är att antalet skadade och övriga skador är proportionerligt till antalet omkomna. Även när kriterier för risknivåer vid transport av farligt gods bestäms diskuteras oftast hur många som omkommer. Därför kommer denna riskutrednings beräkningar avgränsas till antalet omkomna vid en olyckshändelse kopplat till transporter av farligt gods.

Riskutredningen har även avgränsats till att endast utreda tekniska olyckor kopplade till transporter av farligt gods, samt avgränsas geografiskt till transportlederna förbi den nya bebyggelsen.

2 Länsstyrelsens riktlinjer

Riktlinjernas (Länsstyrelsen i Norrbottens och Västerbottens län, 2019) syfte är att redovisa vilken riskhänsyn och vilka skyddsavstånd som bör tillämpas vid planläggning och byggande invid rekommenderade transportleder för farligt gods. Skyddsavståndet bedöms utifrån flertalet parametrar både kopplat till vägen och till den planerade markanvändningen. Riktlinjerna bygger på en utredning ifrån Briab som innefattar analys av risker för olyckor vid transport av farligt gods på väg och järnväg samt mekanisk skada vid urspårning. Inga ytterligare risker inom fysisk planering innefattas i riktlinjerna.

Skyddsavståndet från väggkant till bebyggelse är beroende på vilken typ av markanvändning som planeras. Indelningen kan ses i Figur 1

Zon A (Ej känslig verksamhet)	Zon B (mindre känslig verksamhet)
<p>Alldeles intill transportleden för farligt gods kan ej känslig verksamhet placeras. Ej känslig verksamhet är sådan markanvändning som omfattar ett fåtal människor vilka inte upprätthåller sig stadigvarande på platsen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parkering (ytparkering) • Trafik • Odling • Friluftsområde • Tekniska anläggningar 	<p>Mindre känslig verksamhet avser sådan markanvändning som omfattar få och vakna personer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detaljhandel (< 3000 m²) • Industri • Drivmedelsförsäljning • Lager • Parkering (parkeringshus) • Verksamhetsområde
Zon C (normalkänslig verksamhet)	Zon D (känslig verksamhet)
<p>Normalkänslig verksamhet avser sådan markanvändning som omfattar färre personer än känslig verksamhet, samtidigt som personerna får vara sovande, givet att de har god lokalkännedom:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bostäder (småhusbebyggelse) • Detaljhandel • Kontor • Tillfällig vistelse (mindre hotell/camping) • Besöksanläggning utan betydande åskådarplats • Centrumverksamhet 	<p>Känslig verksamhet avser sådan markanvändning som omfattar många eller särskilt känsliga personer (personer med nedsatt förmåga att själva inse fara och påverka sin säkerhet t.ex. vårdbehövande eller barn):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bostäder (flerbostadshus) • Vård • Skola • Tillfällig vistelse (större hotell/konferens) • Besöksanläggning med betydande åskådarplats

Figur 1. Kategorisering av markanvändning i bebyggelsezoner A-D (Länsstyrelsen i Norrbottens och Västerbottens län, 2019)

Vidare görs bedömning av riskbilden utifrån parametrar kopplade till trafiken. Valda trafikscenarier är beroende av vägtyp, hastighetsbegränsningar, trafikmängder och andelen tung trafik. Utifrån parametrarna kan skyddsavstånd till vägen utläsas i tabeller i vägledningen. Skyddsavståndet varierar även beroende på vilken åtgärd som planeras. Dessa är fördelade på; ingen åtgärd, invallning och brandfasad. Med invallning syftas på en separationsåtgärd vilket utformas för att ett avåkande fordon ska kvarstanna i anslutning till transportleden. Detta kan exempelvis vara vallar, murar eller diken. Enligt riktlinjerna kan skyddsavståndet minskas ifall åtgärder implementeras men är inte tydligt om det kan minskas ytterligare i kombination av åtgärder eller hur andra typer av åtgärder påverkar avståndet.

3 Fördjupad riskanalys – Genomförande, metod och kravbeskrivning

Följande kapitel beskrivs hur riskbedömning i den fysiska planeringen genomförs och de teorier och krav som bedömningen utgår ifrån.

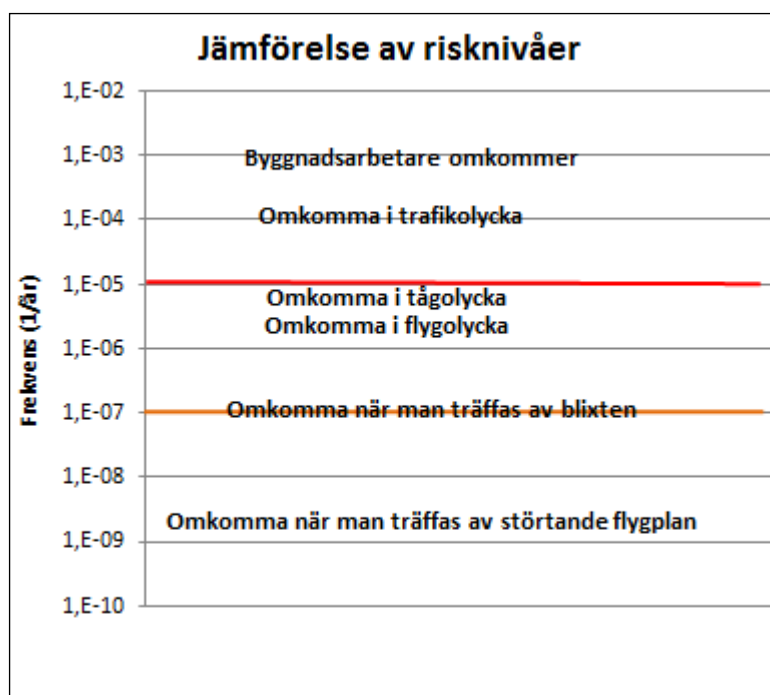
3.1 Vad är risker?

Risker beror på att händelser kan inträffa som har oönskade konsekvenser. Viktiga frågor är: "Hur ofta kan dessa händelser inträffa?" och "Vad är följderna om den händelsen inträffar?". Risk definieras därför oftast som sannolikheten för oönskade händelser multiplicerat med konsekvenserna av dessa händelser.

Sannolikheten brukar uttryckas som antal gånger en händelse förväntas inträffa under ett år. Detta kan bli ett väldigt litet tal för händelser som inte förväntas inträffa så ofta. En sannolikhet på 0,001 per år innebär att olyckan förväntas ske en gång på 1000 år. Sannolikheten för olyckor med farligt gods är oftast mycket lägre, exempelvis 0,000 001 per år eller en gång på 1 000 000 år (matematiskt kan detta uttryckas som 1×10^{-6} per år).

I denna riskutredning kommer konsekvenserna endast vara beräknat utifrån antalet personer som omkommer vid olyckor kopplade till transporter av farligt gods.

Risker finns överallt omkring oss. Några risker och deras sannolikheter anges i Figur 2.



Figur 2. Exempel på vilka risknivåer som finns i samhället. De röda och orangea strecken är kriterier för bedömning av risknivåer och förklaras i avsnitt 3.2.

Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljs det på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon/hen befinner sig på en specifik plats i närheten av en s.k. riskkälla. Beräkningar av individrisken utgår från att personen befinner sig på denna plats under ett helt år.

Risken uttrycks som risken att omkomma i en olycka under det året. Individrisken är ett mått på hur farligt det är på en viss plats och tar inte hänsyn till hur många människor som kommer att befinna sig på platsen. Individrisken är ett lämpligt mått vid riskbedömning för områden där det endast kommer att vistas ett fåtal människor.

Samhällsrisken är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans risknivå, dels på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 m från en transportled för farligt gods. Samhällsrisk anges som sannolikheten för olyckor där minst ett visst antal personer omkommer.

3.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

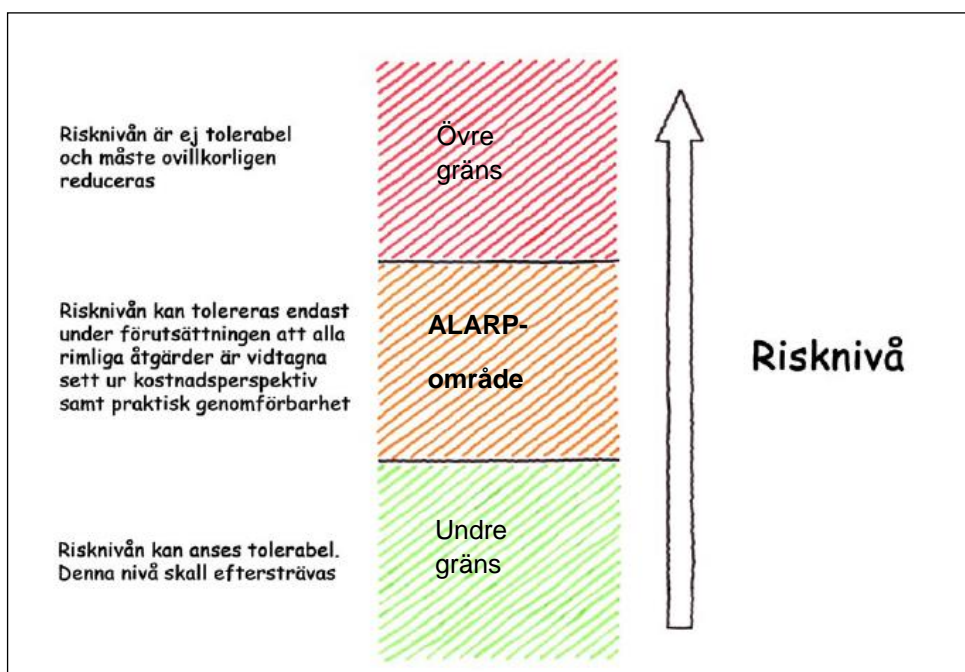
I avsnitten nedan beskrivs de teorier som bedömningsgrunden utgår ifrån för risker vid transporter av farligt gods.

3.2.1 Länsstyrelsen

Enligt Länsstyrelsens i Norrbottens riktlinjer krävs en särskild riskutredning om inte de rekommenderade skyddsavstånden kan upprätthållas. I detta kapitel presenteras hur en sådan särskild, eller fördjupad, riskanalys genomförs och hur risknivån bedöms.

3.2.2 Kvantitativa kriterier för individrisk

I många fall – främst när det inte finns kommunala krav - tas kriterier för vad som kan bedömas vara en acceptabel risknivå från rapporten "Värdering av risk" som tagits fram på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (Räddningsverket ingår numera i Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) (Räddningsverket, 1997). I rapporten används en övre och en undre gräns, se Figur 3. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



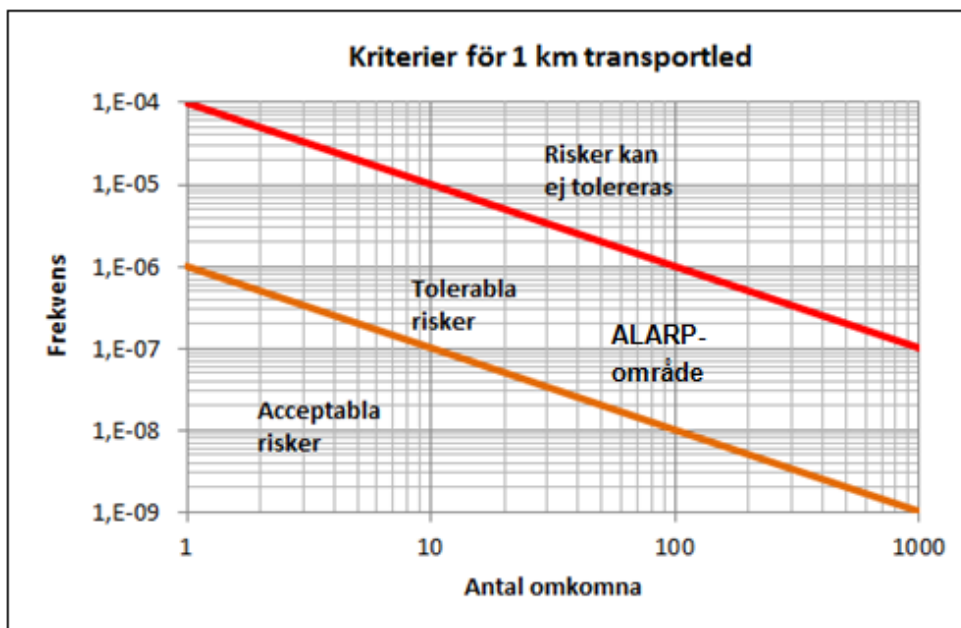
Figur 3. Risknivåer och gränserna mellan dem (Räddningstjänsten storgöteborg, 2004).

För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under denna gräns så anses den vara acceptabel och inga ytterligare åtgärder krävs.

Den övre gränsen motsvarar högst en tiondel av den totala dödsfallsrisken för olika grupper i samhället. Om risknivån ligger över denna gräns så skall åtgärder vidtas och effekten av dessa åtgärder skall verifieras (Länsstyrelsen, 2006).

3.2.3 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Kvantitativa kriterier för samhällsrisken finns i rapporten "Värdering av risk" som tagits fram av Det Norska Veritas på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (Räddningsverket, 1997). Kriterierna i "Värdering av risk" visas i Figur 4. I fortsättningen betecknas dessa kriterier med DNV.

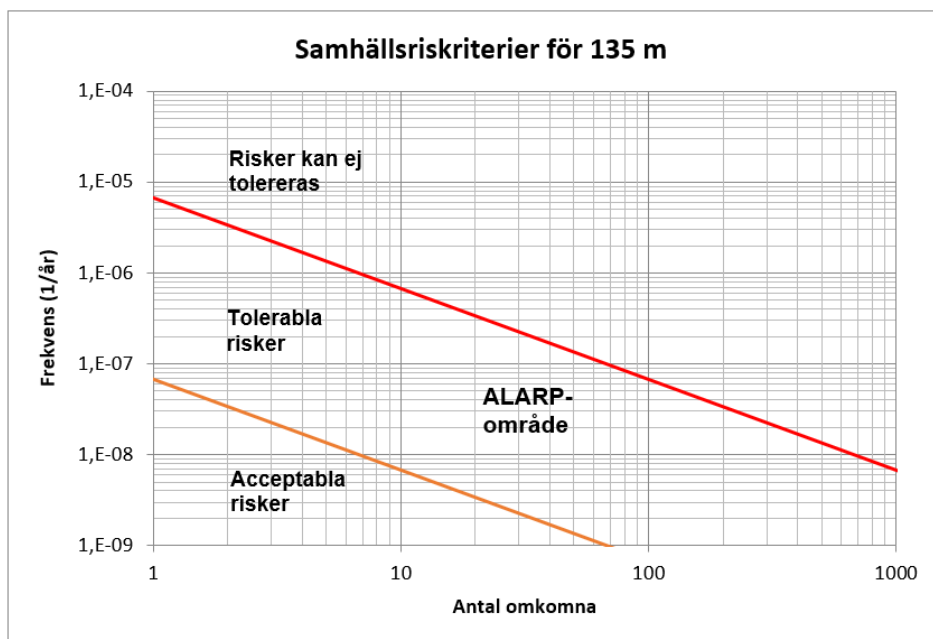


Figur 4 Riskkriterier för 1 km transportled för farligt gods med dubbelsidig bebyggelse (Räddningsverket, 1997).

Kriterier i Figur 4 innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orangea linjen). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (röda linjen). Olyckor med 10 omkomna kan accepteras om de är så sällsynta som en gång på 10 000 000 år. Om dessa olyckor förekommer oftare än en gång på 100 000 år så kan detta inte tolereras.

När risknivån ligger i det acceptabla området så krävs inga ytterligare åtgärder. Ligger risknivån i området med tolerabla risker (ALARP-område) så skall rimliga skyddsåtgärder vidtas.

Kriterierna ovan gäller för område längs 1 km transportled samt dubbelsidig bebyggelse. Kriterier för planområdet beräknas utifrån att bebyggelsen endast finns på ena sidan samt att transportledens längd längs området är ca 135 meter, se Figur 5.



Figur 5. Riskkriterier omräknade till 135 meter enkelsidig bebyggelse.

3.2.4 ALARP-området

ALARP-området är området i riskkriterierna där riskerna är lägre än det som inte kan tolereras men högre än det som kan accepteras utan vidare. ALARP betyder As Low As Reasonably Practicable. På svenska betyder detta att risknivån skall göras så låg som är praktiskt möjligt när riskerna hamnar i detta område.

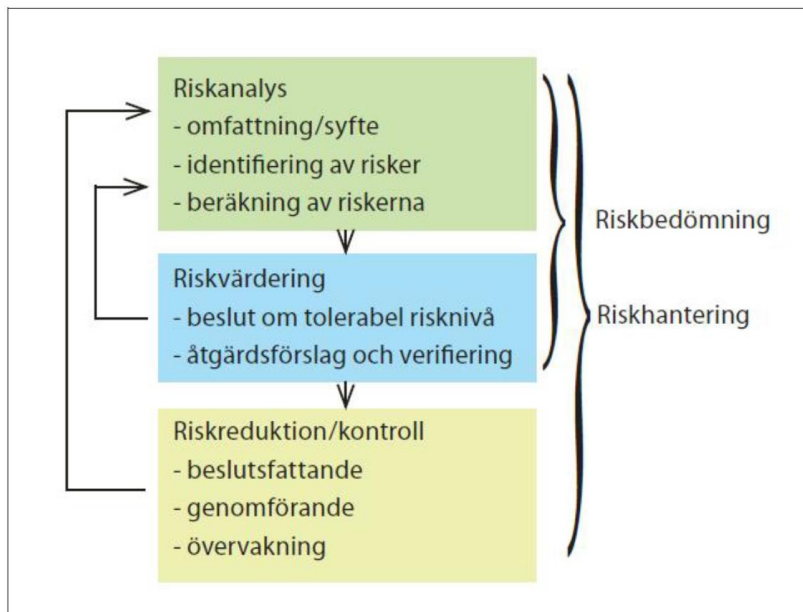
Området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Området är så pass stort beroende på den osäkerhet som alltid finns i riskberäkningarna. Ofta anses att osäkerheten i resultaten av en riskberäkning kan vara så högt som en faktor 10, beroende på alla okända faktorer som ingår. Att ha ett brett område där det finns krav på visst hänsynstagande av riskerna säkerställer att inga risknivåer över det tolerabla släpps igenom utan vidare.

Kraven på skyddsåtgärder inom ALARP-området är att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, är vidtagna.

3.3 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

Krav på hantering av risker i den fysiska planeringen finns i plan- och bygglagen och miljöbalken. Hälsa och säkerhet skall beaktas så tidigt som möjligt i detaljplaneprocessen. Ofta startar detta arbete redan i programsamrådet för detaljplanen för att sedan bli mera detaljerat i plansamrådet. Riskfrågan bör då vara så pass utredd att den kan utgöra ett beslutsunderlag för att avgöra om risken anses tolerabel eller inte. Slutsatserna från riskbedömningen bör föras in i planhandlingarna. Om riskreducerande åtgärder krävs för att nå en tolerabel risknivå ska dessa om möjligt föras in som planbestämmelser på plankartan. Åtgärder som inte omfattas av detaljplanen bör befästas på annat sätt, till exempel genom avtal.

Riskhanteringsprocessen kan delas upp i tre delar; riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se Figur 6 (Länsstyrelsen, 2006). I den första delen beräknas riskerna, i den andra delen bedöms de och åtgärder föreslås och i den tredje delen tas beslut om åtgärderna.



Figur 6 Schema över riskhanteringsprocessen (Länsstyrelsen, 2006).

I denna rapport genomförs den första delen – riskanalys – fördelat på riskidentifiering och riskanalys, samt ges input till den andra delen – riskvärdering genom att riskerna jämförs med kriterier och förslag till åtgärder ges. Själva beslutet om hur riskerna skall värderas och den fortsatta hanteringen tas i kommunen med möjlighet för länsstyrelsen att överpröva beslutet.

Förslag till riskreducerande åtgärder ges redan vid risknivåerna inom ALARP-området, kravet på verifiering av dessa åtgärder aktualiseras normalt inte om risknivåerna underskrider gränsen för det tolerabla.

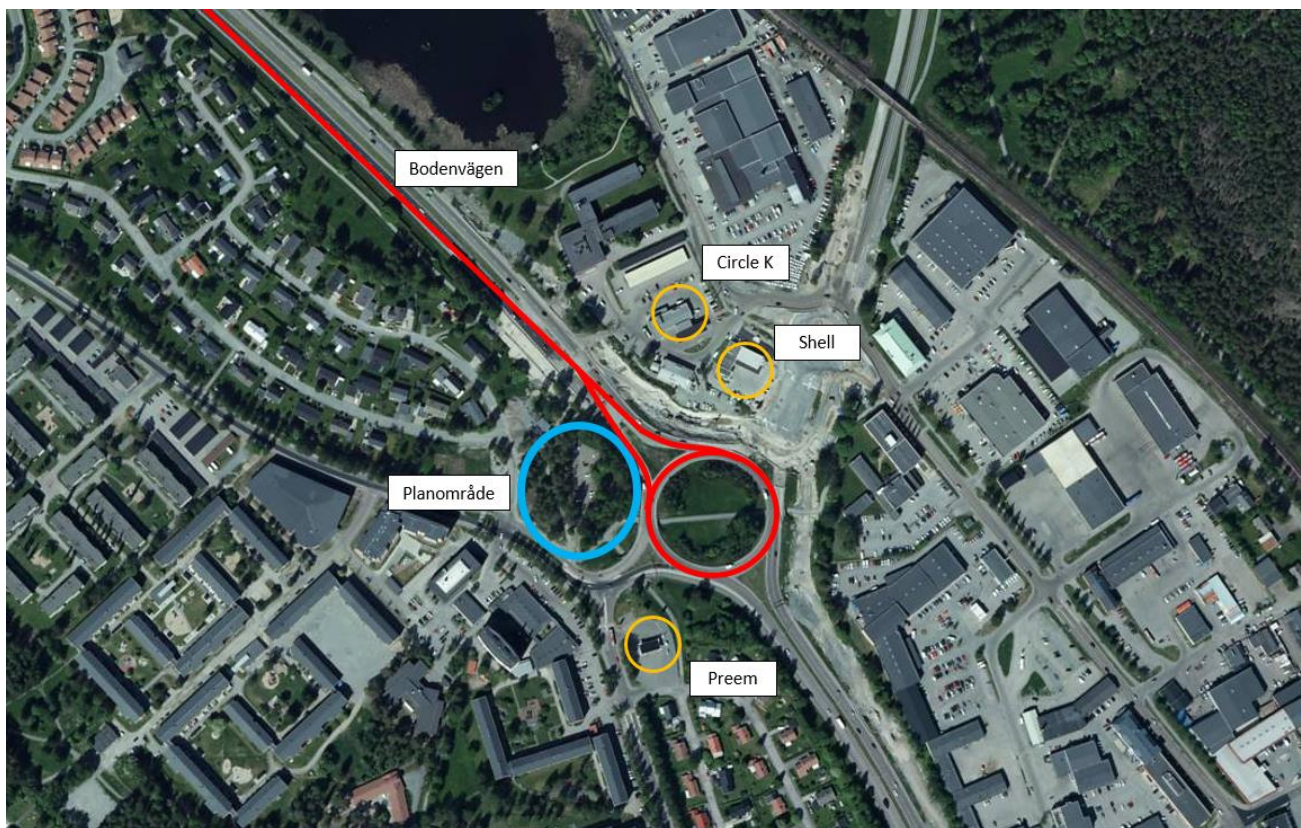
4 Platsspecifika förutsättningar

Följande kapitel innefattar beskrivning av områdets förutsättningar för förändrad markanvändning i planområdet.

4.1 Områdesbeskrivning

Fastigheterna Mjölkudden 3:42 och Pontonen 2 där ny bebyggelse planeras är belägen längs Bodenvägens sydvästra sida i anslutning till Mjölkudds rondellen i Mjölkudden centrum. På samma sida om Bodenvägen som planområdet består omgivningen främst av bostadsbebyggelse och grönytor. Söder om planområdet finns även en del handel och en drivmedelsstation (Preem) på ca 100 meters avstånd. På andra sidan Bodenvägen finns handel och mindre industri. Även här finns två drivmedelsstationer (Shell och Circle K) på ca 100 meters avstånd.

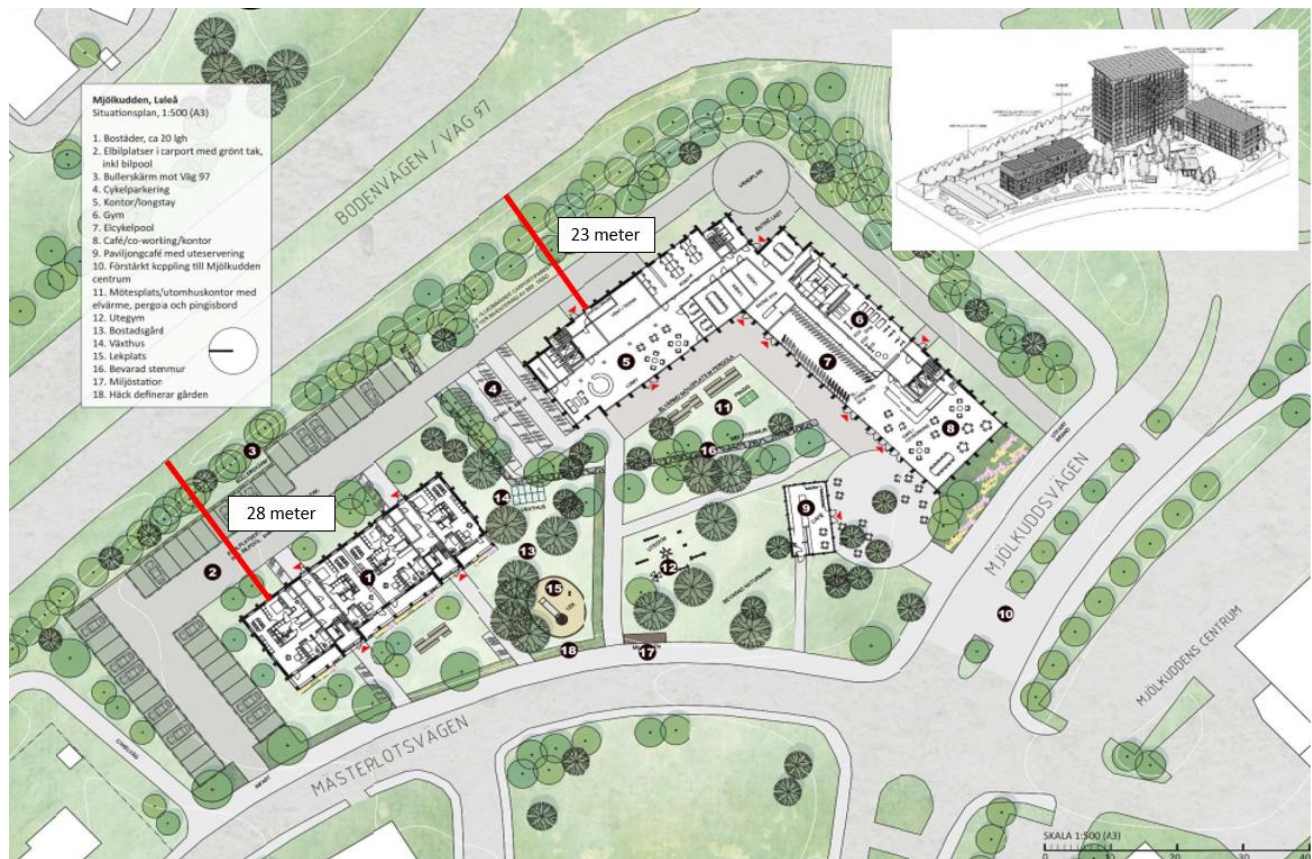
Fastigheterna är inte bebyggda sedan tidigare och i dagsläget finns det en asfalterad markparkering, en återvinningsstation samt en sandficka på platsen. Övriga delar består av gång- och cykelvägar samt naturmark, se Figur 7. Längs med Bodenvägen mot planområdet finns även ett dike på ett avstånd på ca tre meter ifrån väggkant.



Figur 7. Karta överplanområde och dess omgivning. Bodenvägen är markerat med rött och planområdet i blått. Drivmedelsstationer är markerade med gult. (eniro.se)

4.2 Detaljplanen

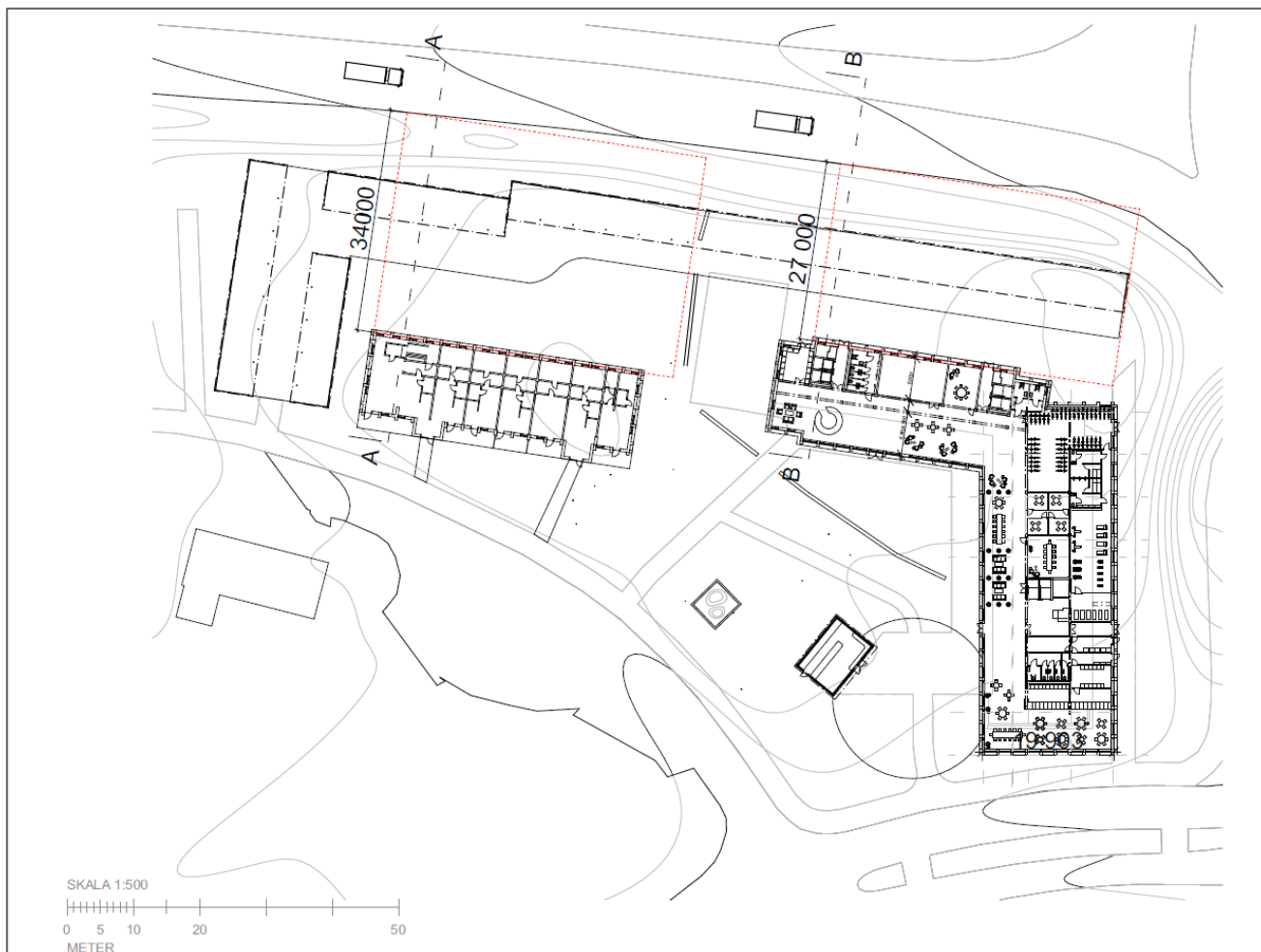
Hur den tillkommande bebyggelsen ska vara utformad samt dess markanvändning är inte fastställt. Det aktuella planförslaget togs fram i en markanvisningstävling under 2021 (Skanska, 2021). Det vinnande bidraget kan ses i Figur 8 och i det innefattar planområdet blandad bebyggelse i form av bostäder, longstay, centrumverksamhet och kontor. Den föreslagna bebyggelsen har en höjd på ca 4–13 våningar.



Figur 8. Skiss över markanvisning (Skanska, 2021).

Utifrån markskissen kan ses att det minsta avståndet till Bodenvägen är vid byggnaden som planeras för kontor och "longstay". Detta avstånd mäts till 23 meter. Avståndet mellan Bodenvägen och bostadshuset i planområdets norra del mäts till 28 meter. Mellan vägen och bostadsbebyggelsen finns ett bullerskydd.

Under arbetets gång har en alternativ placering tagits fram av exploatören, se Figur 9. I denna alternativa utformning är det minsta avståndet mellan Bodenvägen och byggnaden för kontor/longstay cirka 27 meter. Avståndet mellan Bodenvägen och ny bostadsbebyggelse är som minst cirka 34 meter.



Figur 9 Alternativt förslag på utformning (Skanska, 2022).

4.3 Antal personer närvarande i planområdet

För att kunna bedöma konsekvenser i planområdet av eventuella olyckor med farligt gods inblandade så har en uppskattning av antalet människor som i genomsnitt förväntas befinna sig i området. Dels inomhus i bostäder (longstay hanteras som bostäder), dels i kontor och i verksamheter så som gym och café. Beräkningarna tar endast hänsyn till personer inom planområdet. Underlag för beräkningarna är tillhandahållna av exploatören.

Se mer fördjupad beskrivning nedan för respektive typ av markanvändning.

4.3.1 Bostäder och "Longstay"

I planområdet finns ett bostadshus med lägenheter, det mindre norra huset. Huset består av fyra våningar med lägenheter där det i genomsnitt över dygnet antas befinna sig cirka 12 personer. Även de rum som

benämns som longstay antas motsvara lägenheter. Dessa antas ha 8 personer under dagtid och 16 personer under natten.

Antalet boende antas även påverka antalet personer som vistas utomhus. Utifrån antalet boende på dagen antas schablonmässigt 7% vara utomhus och endast 1% under natten. Detta medför att 1 person antas vara utomhus i respektive studerat utomhus område dygnet runt. Det betyder dels vid parkeringarna vid bostadshuset samt dels i parken vid kontorshuset, vid dess entréer.

4.3.2 Kontorslokaler och Co-working ytor

Totalt har planområdet ca 5 100 kvm kontor samt ca 3 000 kvm co-working ytor. För kontor har antagande givits att ca 160 personer vistas i kontoret dagtid vid en arbetsdag. Av dessa antas 133 vara i huskroppen närmast Bodenvägen och resterande 27 i den lägre delen av huset. De arbetande i huset antas jobba 40 timmars veckor 45 veckor om året.

Co-working ytor har antagits användas något mindre än kontorsytorna. I dessa ytor har det antagits att 57 personer vistas och att dessa vistas i området 20 timmar i veckan 45 veckor om året.

4.3.3 Övriga verksamheter

I resterande yta av höghuset samt dess lägre del ska verksamheter så som gym och caféer finnas. Dessa har bedömts lika och uppskattningsvis antogs att ca 25 personer vistas i den höga huskroppen närmast Bodenvägen och 35 personer i den lägre vid lunchtid. Utifrån dessa siffror antogs så många personer vistas på ytan ca 3 timmar per dygn.

5 Riskidentifiering

I följande kapitel presenteras de riskkällor som identifierats inom riskbedömningen samt vilka olyckstyper och konsekvenser som kan uppstå vid transporter av farligt gods. Första avsnittet är en sammanställning och beskrivning av indelningen av farligt gods klasser som kommer redovisas vidare i efterföljande avsnitt.

5.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (ADR/RID) delas farligt gods in i nio klasser, se Tabell 1.

Tabell 1. Indelning av farligt gods.

Klass	Innehåll	Exempel
1	Explosiva ämnen	Massexplosiva varor (dvs. sprängämnen), fyrverkerier
2	Komprimerade, kondenserade eller under tryck lösta gaser	Brandfarliga gaser (gasol), giftiga gaser (ammoniak, svaveldioxid) och andra trycksatta gaser (kvävgas, syrgas)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, eldningsolja
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kalciumkarbid
5	Oxiderande ämnen	Väteperoxid, ammoniumnitrat
6	Giftiga ämnen och smittfarliga ämnen	Kvicksilverföreningar och cyanider, bakterier, levande virus och laboratorieprover
7	Radioaktiva ämnen	Radioaktiva preparat för sjukhus
8	Frätande ämnen	Olika syror, lut
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest

5.2 Bodenvägen

Längs med planområdets nordöstra sida går Bodenvägen som är en primär transportled för farligt gods och avståndet till denna ska därför bedömas utifrån Länsstyrelsens riktlinjer. Hastighetsgränsen på vägsträckan längs med planområdet är 70 km/h men är troligen något lägre då fordonen behöver bromsa in på sträckan inför Mjölkuddsrondellen. Antalet tunga fordon på Bodenvägen var år 2018 ca 1 950 per dag (ÅDT) (Trafikverket, 2019). Detta innefattar trafiken ifrån båda körriktningarna. För bedömning i riktlinjerna ska antalet transporter räknas upp till prognosåret 2040. Med hjälp av Trafikverkets uppräkningsstal (Trafikverket, 2020:1) beräknas den tunga trafiken på Bodenvägen bli ca 2 550 ÅDT. Enligt nationell statistik innehåller cirka 4% av godstransporterna farligt gods. Med detta antagande så går det cirka 36 500 transporter som innehåller farligt gods år 2040 förbi planområdet.

Det kan argumenteras ifall Bodenvägen ska bedömas som en fyrfältsväg eller en mötesfri väg i riktlinjerna. Enligt riktlinjerna blir dock skyddsavstånden densamma för båda typer av vägarna med den hastighetsbegränsning och mängden tung trafik som är på Bodenvägen. Detta gör frågan om mötesseparering på Bodenvägen irrelevant för riskbedömningen. Notera att det längs med Bodenvägen även sträcker sig ett dike ca 3 meter in mot planområdet, se Figur 10.



Figur 10. Bild över dike längs Bodenvägen mot planområdet.

Utifrån givet underlag fördelat på respektive farligt godsklass enligt nationellt genomsnitt omfattar klasserna ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnen delas upp ytterligare.

I klass 1 är det de massexplosiva ämnena som står för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen sätts till 10 % (ÖSA, 2004).

Andelen mycket brandfarlig vätska i klass 3 (bensin m.m.) sätts till 75 % (ÖSA, 2004).

För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med som bedöms kunna leda till en massexplosion. De uppskattas stå för högst en tredjedel av den totala mängden.

Sannolikheten för olyckor på Bodenvägen fås från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket, 2021). Risken för olyckor på en fyrfilig motorväg med en högsta tillåten hastighet på 70 km/h anges till 0,18 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,8 \times 10^{-7}$ per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är ca 30 % (Räddningsverket, 1996) vilket innebär att det vid 30 % av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om det bortses från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på

en 1 km lång sträcka av vägen lika med $1,8 \times 10^{-7} \times (2-0,3) * 1,1 = 3,37 \times 10^{-7}$. I beräkningen tas även hänsyn till att antal axelpar på tunga fordon i genomsnitt är 1,1 genom att multiplicera sannolikheten med 1,1.

5.3 Övriga riskkällor

Frånsett Bodenvägen har inga ytterligare risker eller verksamheter identifierats som bedöms påverka riskbilden för planområdet. Drivmedelsstationerna som finns i planområdets närhet ligger på över 100 meters avstånd och bedöms inte påverka riskbilden för planområdet.

5.4 Risker med transporter av farligt gods

I följande avsnitt beskrivs de olycksrisker som kan uppstå vid transporter av farligt gods. Riskerna och dess konsekvenser beskrivs för respektive ADR-S klass.

5.4.1 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

I detta avsnitt följer en allmän beskrivning av de olika sorters farligt gods som transporteras och potentiella följder av olyckor där farligt gods är inblandat. De förväntade följderna i form av dödsfall avser, om inget annat sägs, personer som vistas utomhus utan skydd. Konsekvenserna för aktuella klasser beskrivs mer utförligt i beräkningsbilagan.

Klass 1. Explosiva ämnen

En explosion av s.k. massexplosiva ämnen kan ge omkomna upp till cirka 100 meter från explosionen och byggnader kan raseras på flera hundra meters avstånd. Övriga explosiva ämnen kan, i huvudsak genom raserade byggnader, ge effekter på några tiotal meters avstånd.

Klass 2: Brännbara eller giftiga gaser

Utsläpp av brännbar gas i luft kan antändas direkt och orsaka en s.k. jetflamma. Om gasen inte antänds direkt bildas först ett brännbart gasmoln som sedan kan antändas relativt omgående eller driva iväg och antändas över bebyggelsen. Detta resulterar då i en flash brand (Flash Fire) eller gasmolnsexplosion (Vapor Cloud Explosion). I ytterst sällsynta komplicerade olyckor kan gastanken explodera och bilda ett eldklot, s.k. BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). Risken att omkomma av en jetflamma är vanligtvis liten på avstånd som överstiger 90 meter. Ett gasmoln som driver iväg med vinden kan hamna nära bebyggelsen och orsaka betydande skador vid antändning. En BLEVE kan ge upphov till omkomna på ett avstånd av 150 meter.

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Om en tank med mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) skadas rinner bensinen ut och en s.k. pölbrand kan uppstå. Eldningsolja är så svårantändlig att brandrisken är försumbar. Risken att omkomma är som regel liten på avstånd som överstiger några 10-tals meter. Om ett utsläpp av brandfarliga vätskor kan rinna ner mot bebyggelsen finns risk för att en brand uppstår i det bebyggda området. Risken är svårberäknad eftersom den är beroende av områdets topografi och bedöms därför separat i kapitel 5, Resultat.

Klass 4: Brandfarliga ämnen såsom svavel, fosfor, karbid.

Dessa ämnen är fasta och skadar endast i olycksplatsens direkta omgivning.

Klass 5: Oxiderande ämnen

Olycka med endast dessa ämnen leder normalt ej till personskador, men om ämnena blandas med olja eller bensin kan det uppstå explosionsrisk och explosionerna kan var lika kraftiga som för ämnen i klass 1.

Klass 6: Giftiga ämnen.

Giftiga ämnen ger mestadels enbart effekter vid direktkontakt.

Klass 7: Radioaktiva ämnen

Dessa ämnen transporteras normalt endast i små mängder på väg och järnväg. Risken att omkomma är därför försumbar.

Klass 8: Frätande ämnen såsom saltsyra, svavelsyra.

Risk för skador är normalt störst inom cirka 20 meter eftersom skada uppkommer vid direkt exponering på personen.

Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

Denna klass omfattar bl.a. miljöfarligt avfall dock inga ämnen som är brandfarliga eller explosiva.

6 Inledande riskanalys

Den inledande riskanalysen utgår endast ifrån de riktlinjer som framtagits av Länsstyrelsen i Norrbottens och Västerbottens län (2019). Utifrån trafikinformationen beskrivet i 5.2 *Bodenvägen* bedöms att tabell 5 ifrån riktlinjerna ska användas, se Tabell 2.

Tabell 2. Skyddsavstånd för fyrfältsväg 60-70km/h (Länsstyrelsen i Norrbottens och Västerbottens län, 2019).

ÅDT LASTBIL (2040)	ÅTGÄRDER	SKYDDSAVSTÅND		
		Zon B	Zon C	Zon D
100	Inga	-	-	25
	Invallning	-	-	15
	Brandfasad	-	-	-
300	Inga	-	10	35
	Invallning	-	-	20
	Brandfasad	-	-	10
600	Inga	-	20	40
	Invallning	-	10	25
	Brandfasad	-	-	10
1100	Inga	-	25	45
	Invallning	-	15	25
	Brandfasad	-	-	25
1600	Inga	-	30	45
	Invallning	-	15	30
	Brandfasad	-	10	40
2200	Inga	-	35	55
	Invallning	-	20	35
	Brandfasad	-	10	50

I och med att det beräknade antalet lastbilar för prognosåret är över 2 200 ÅDT ska nedre delen av tabellen användas. Längs vägen finns ett dike på ca 3 meters avstånd närmare planområdet än vägkanten. Det innebär att tabellen ska läsas av för ÅDT 2 200 och invallning. Dock medför diket att skyddsavståndet ska mätas ifrån dikets lågpunkt, se Figur 11.



Figur 11. Illustration av hur angivet skyddsavstånd ska mätas då det finns dike (Länsstyrelsen i Norrbottens och Västerbottens län, 2019).

Utifrån parametrarna kan det avläsas i tabellen att för bebyggelse inom det studerade området bör ha ett avstånd på 20 meter till zon C och 35 meter till zon D. Det betyder att till kontor och centrumverksamhet bör ett avstånd på 20 meter hållas ifrån dikets mitt och till flerbostadshus och longstay 35 meter. Detta medför att föreslagen placering inte är acceptabel enligt Länsstyrelsens riktlinjer och att en fördjupad riskanalys krävs.

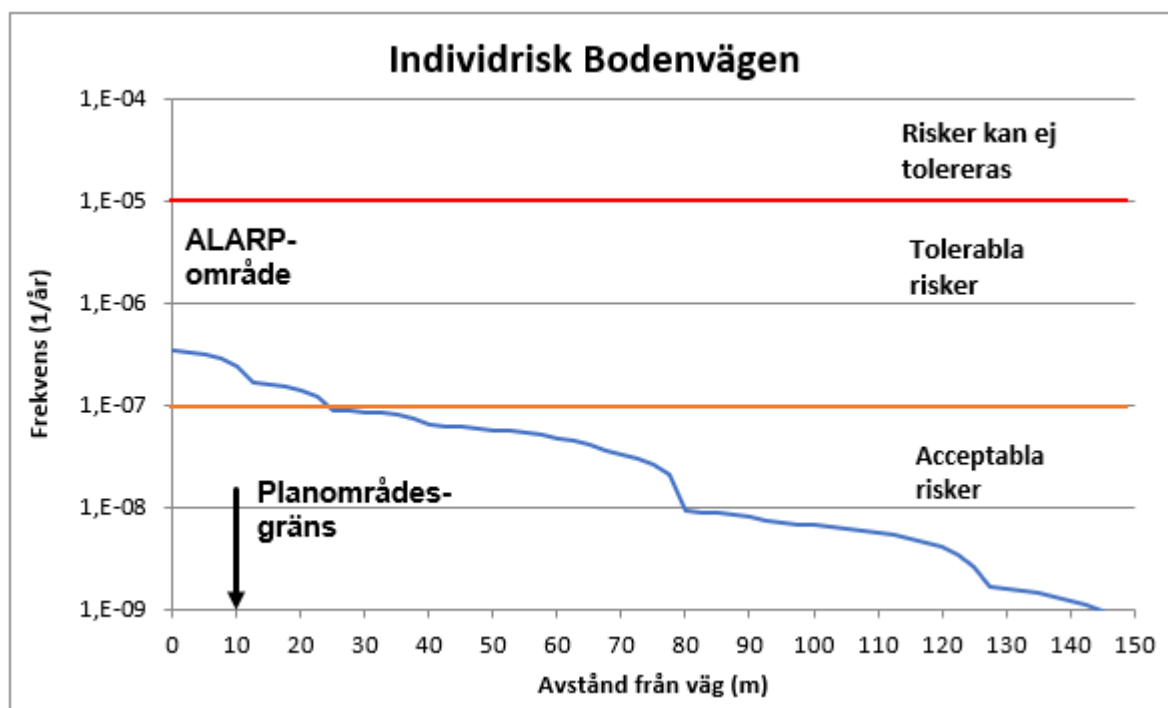
7 Fördjupad riskanalys

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för Bodenvägen utifrån individrisk samt samhällsrisk utan skyddsåtgärder. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys där antalet farligt gods transporter ökas med 25%. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för planområdet har redovisats i *Kapitel 3*.

Ingångsvärden för sannolikheter och konsekvenser för de möjliga händelseförlopp när en olycka väl inträffat samt beräkningsmetoderna redovisas i *bilaga 1*.

7.1 Individrisk

I Figur 12 visas individrisken för planområdet längs med Bodenvägen. Individrisken är oberoende av antal personer närvarande i området vilket innebär att beräknad individrisk gäller oavsett vad som byggs i planområdet.

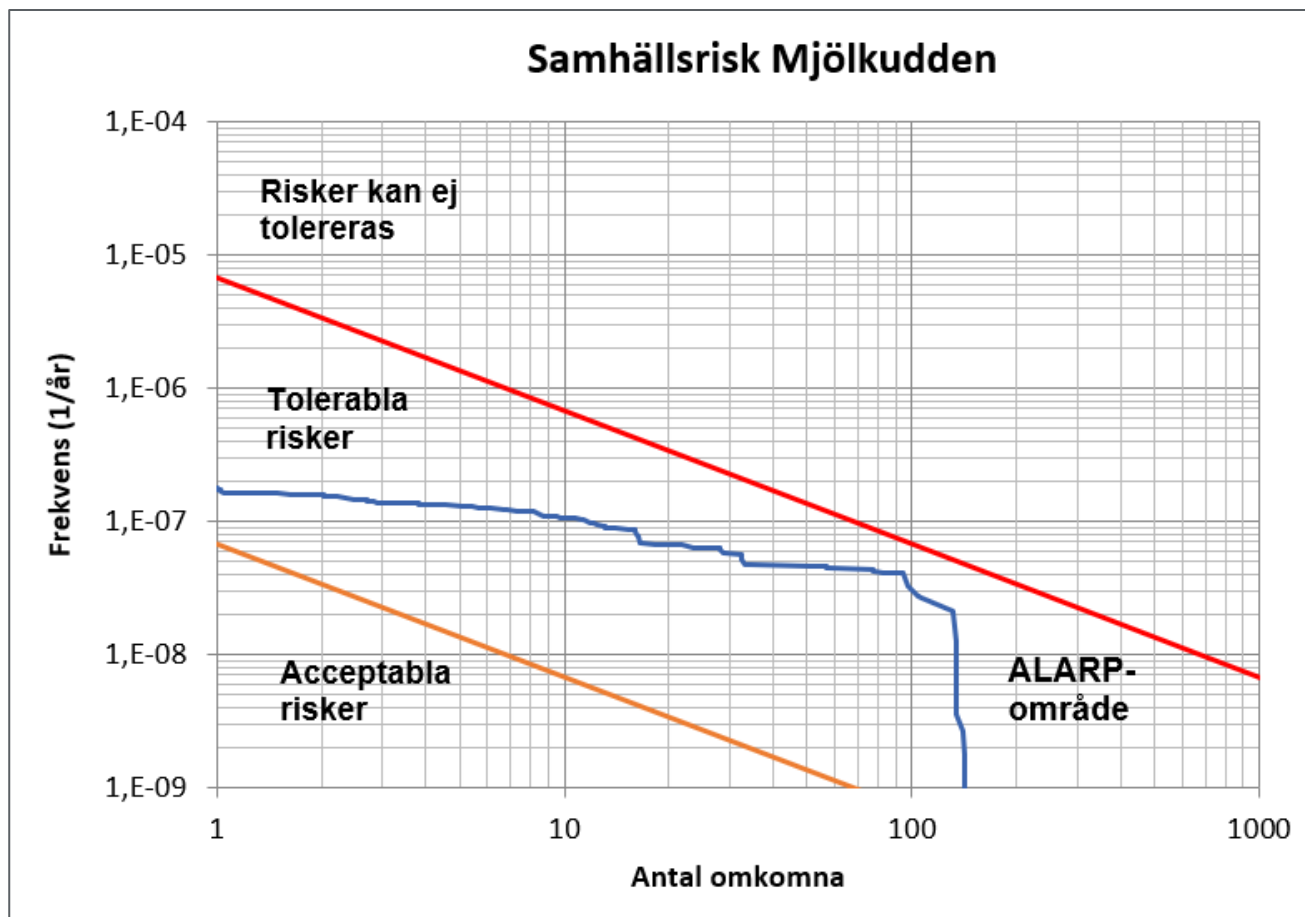


Figur 12. Individrisken längs Bodenvägen vid det studerade området.

Resultatet av beräkningarna för individrisken visar att risknivån är inom ALARP-området fram till 24 meter ifrån väggkant. Det innebär att för att risknivån i området ska tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas. På avstånd längre än 24 meter ifrån vägen är individrisknivån acceptabel. Detta innebär att utformningen av planområdet inte uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus inom 24 meter från väggkant på Bodenvägen.

7.2 Samhällsrisk

I Figur 13 visas resultatet av samhällsrisk i planområdet vid exploatering.



Figur 13. Samhällsrisk för etablering på Mjökudden.

Resultatet av samhällsriskberäkningarna visar att risknivån i området är inom de övre delarna av ALARP-området, enligt DNV:s kriterier. Det betyder att risknivån kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas.

7.3 Osäkerhetsanalys

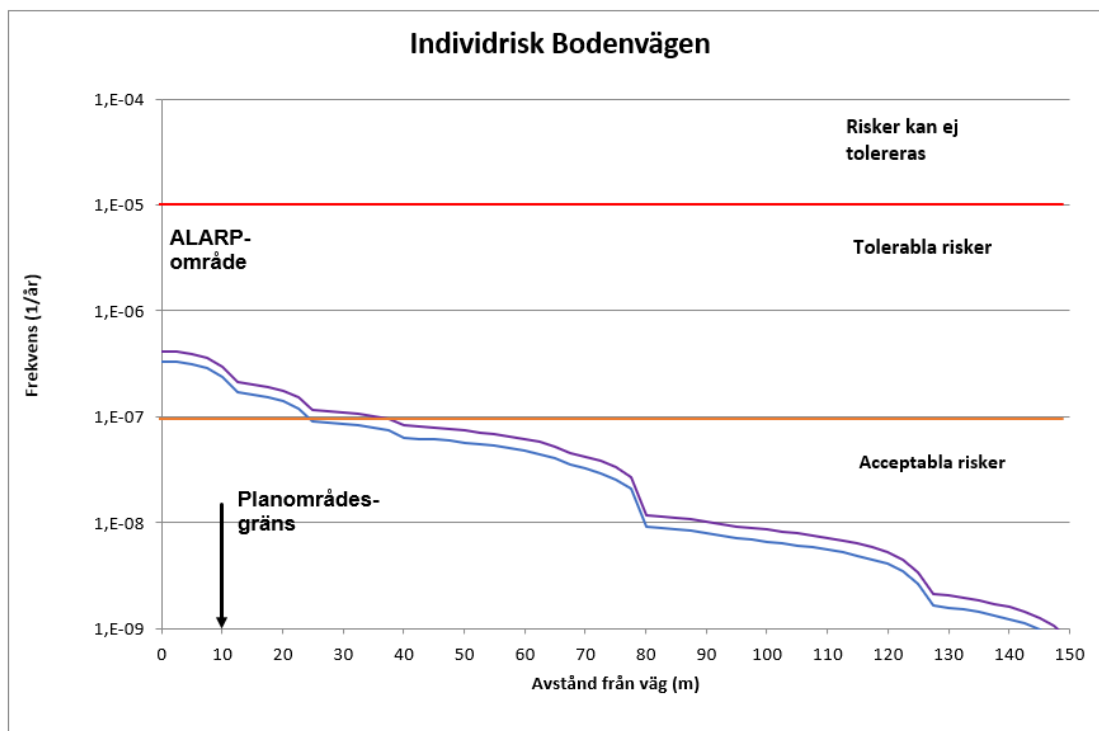
Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos så är består osäkerheten av vilken mängd farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden. Därför antas en ökning av transportererna med farligt gods på 25% utifrån de tidigare beräknade flödena för prognosår 2040 för den studerade sträckan.

Antaganden för antalet personer som kommer vistas i det studerade området förknippas också med en viss osäkerhet. Därför har även en osäkerhetsanalys för en ökning av 25% av antagandet för personer i området genomförts. Denna har beräknats tillsammans med en ökning av antalet transporter av farligt gods.

Resultatet av beräkningarna för osäkerhetsanalyserna är presenterade nedan.

7.3.1 Individrisk

Figur 14 visar individrisken vid en osäkerhetsanalys med en ökning på 25% av transporter med farligt gods. En ökning av persontätheten i området påverkar inte individrisken då den är oberoende av det.

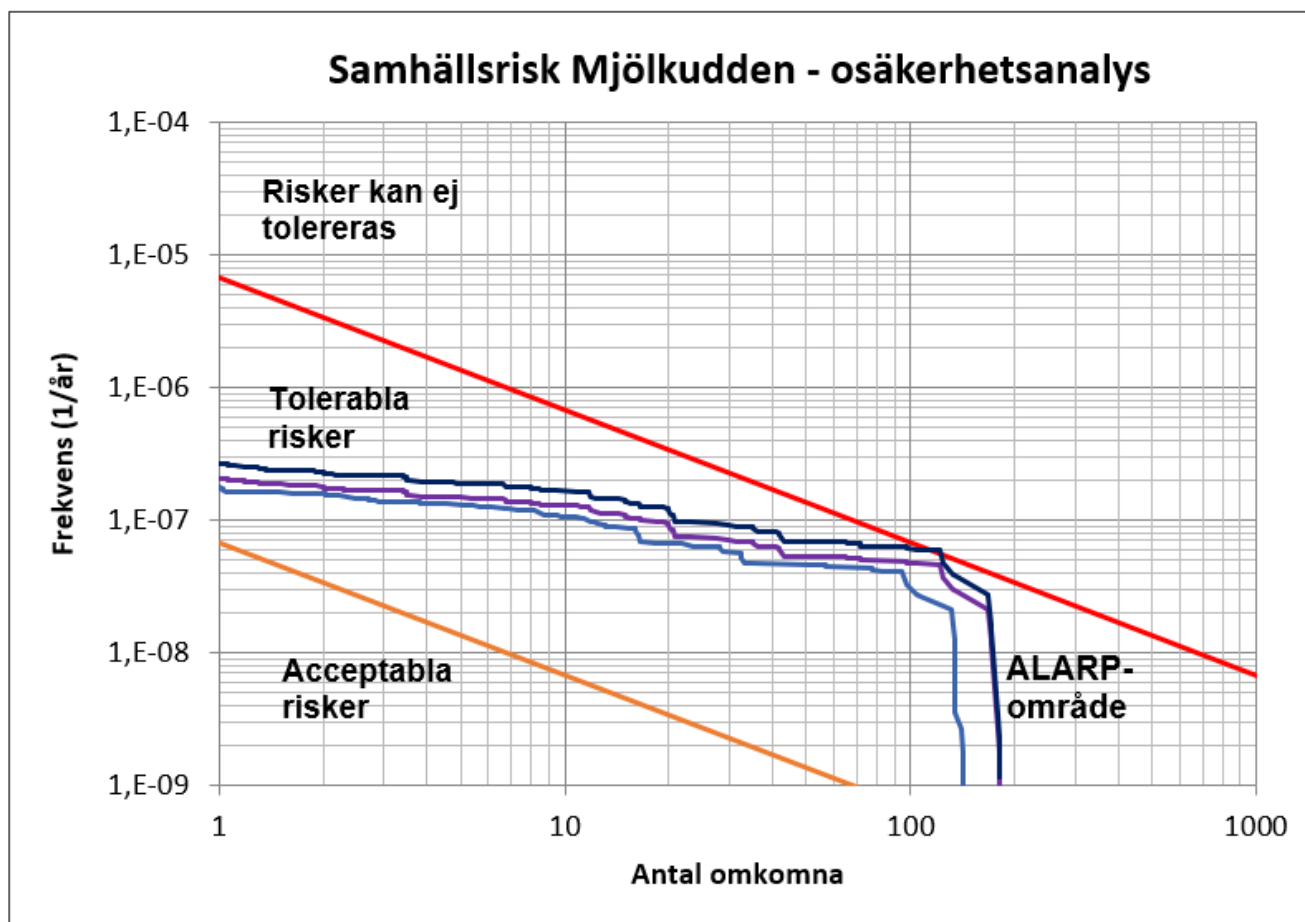


Figur 14. Osäkerhetsanalys för individrisken, lila linje vid en ökning av antalet transporter av farligt gods.

Resultatet av osäkerhetsanalysen visar en viss höjning av risknivån och är inom lägre delarna av ALARP-området. Individrisken anses vara på en acceptabelnivå vid 38 meter, vilket är en ökning med 14 meter jämfört med ursprungsberäkningen.

7.3.2 Samhällsrisk

I Figur 15 visas resultatet av osäkerhetsanalysen. Dels vid en ökning av antalet transporter av farligt gods med 25%, del ökning av transporter av farligt gods, dels antalet personer i området med 25%.



Figur 15. Osäkerhetsanalys för samhällsrisk för en ökning av antalet transporter med farligt gods (lila linje) samt ytterligare ökning av antalet personer med 25% (svart linje). Blå linje visar ursprungsberäkningen.

Resultatet av beräkningarna visar att vid ökning av antalet farligt gods transporter är risknivån fortsatt inom ALARP-området dvs att risken kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas. Samhällsrisk är fortsatt inom övre delen av ALARP-området vilket indikerar att åtgärder behöver vidtas. Vid addering av antalet personer i området är risknivån på gränsen till kriteriet för oacceptabel nivå vilket betyder att åtgärder krävs för att minska risknivån i området.

7.3.3 Osäkerhetsanalysen – resultat

Resultatet av osäkerhetsanalysen visar på att vid en ökning av 25% av transporter med farligt gods på väg är samhällsrisknivån fortsatt inom ALARP-området och kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas. Detta medför att det finns en viss robusthet i de beskrivna antagandena för antalet transporter i beräkningarna. Det indikerar dock att åtgärder behöver vidtas speciellt då en ytterligare ökning av en annan parameter (persontätheten) medför att risknivån tangerar övre gränsen av ALARP-området och kan anses som oacceptabel. Detta innebär att åtgärder bör vidtas men att åtgärder fortsatt ska värderas utifrån dess rimlighet då nivån är inom ALARP. Individrisken är fortsatt inom ALARP-området och avståndet som är inom det ökar med 14 meter vilket stärker att riskreducerande åtgärder bör vidtas inom området.

8 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

I följande kapitel redovisas riskvärderingen utifrån riskanalysen samt eventuella behov av riskreducerande åtgärder.

8.1 Riskvärdering – fördjupad riskanalys

Resultatet av riskanalysen visar att individrisken för ursprungsberäkningen är på acceptabel nivå för det planerade planområdet men att vid viss osäkerhet kan delar av planområdet närmast vägen vara något riskutsatt. Beräkningarna av samhällsrisken ligger inom ALARP-området för risker kopplade till transporterna av farligt gods på Bodenvägen. Detta innebär att risknivån kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas för den nya bebyggelsen.

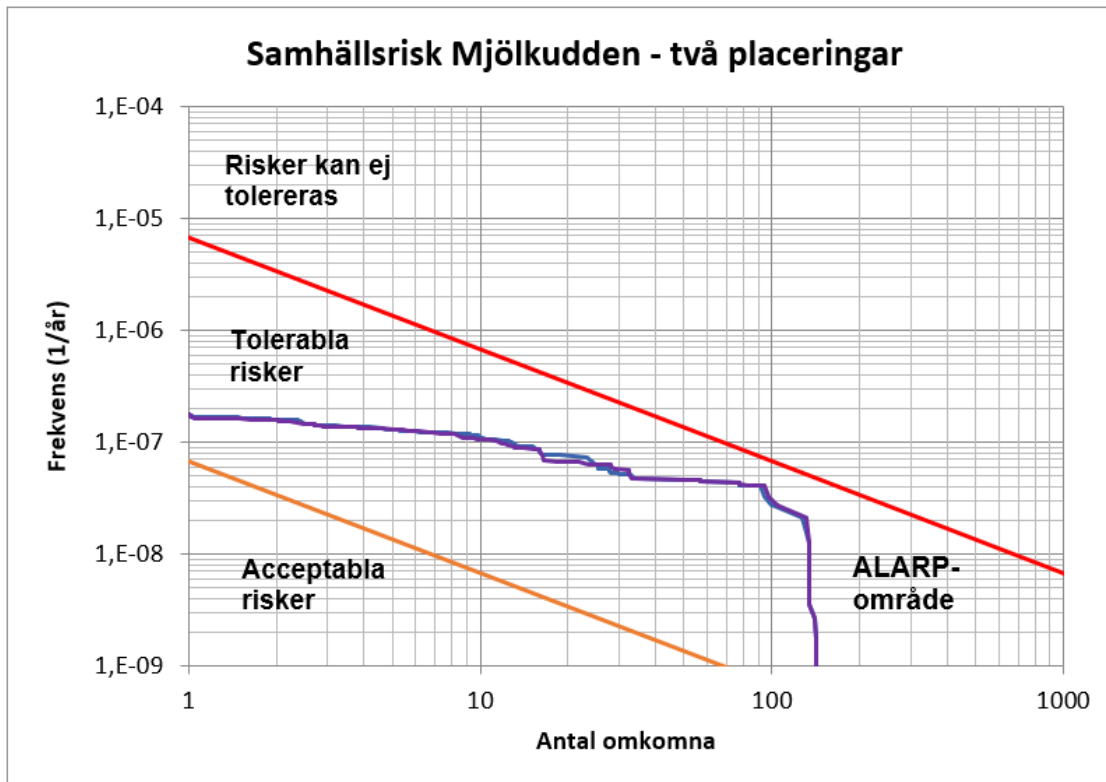
Samhällsrisken är belägen i den övre delen av ALARP-området och går över mot oacceptabla nivåer vid osäkerhetsanalysen. Detta innebär att åtgärder bör vidtas men att åtgärder fortsatt ska värderas utifrån dess rimlighet då nivån är inom ALARP. I och med att resultatet är inom ALARP-området bör en bedömning av möjliga riskreducerande åtgärder göras. På grund av att risknivån är i övre delen av ALARP-området har även åtgärdernas effekt beräknats se avsnitt nedan.

8.2 Riskreducerande åtgärder

Nedan följer beskrivning av de riskreducerande åtgärderna som diskuterats och hanterats som förslag att implementera i eller i omgivning till planområdet.

8.2.1 Skyddsavstånd

Inom arbetet har även en utvärdering ifall att öka skyddsavståndet från bebyggelsen till vägen med 4 respektive 6 meter, gav effekt på risknivån. På grund av att många av de olycksscenarioer som studeras har ett konsekvensavstånd på 35 meter visade inte förflyttningen av bebyggelsen ge någon större effekt, se Figur 16. Fortsatta beräkningar utgår därför från ursprunglig placering av bebyggelsen.



Figur 16. Samhällsrisk två olika avstånd ifrån Bodenvägen. Ursprungsberäkningar lila linje samt ny testplacering blå linje.

8.2.2 Högkapacitetsräcke

För att minska sannolikhet för olyckor med transport av farligt gods på Bodenvägen bör det finnas vägräcken som klarar att fånga upp tunga transportbilar lastade med farligt gods mellan planområdet och vägen. I tidigare trafiksäkerhetsutredningar har tunga vägräcken bedömts reducera risken för skador på transportfordonen så att sannolikheten för utsläpp av farliga ämnen vid en olycka minskar med en faktor 2 (VTI, 2002) (Vägverket, 2008).

I Trafikverkets vägledning för yt- och grundvattenskydd har högkapacitetsräcken bedömts vara en åtgärd som är relativt effektiv för att minska risken för föroreningsutsläpp vid en eventuell olycka. Vägräcket bör anläggas från 60-120 meter (beroende på hastighet) från skyddsobjektet för att hindra avåkning som kan påverka skyddsobjektet. Vägräckesavslutet bör utformas så att sannolikheten att det avåkande fordonet skadas minimeras. Trafikverket anger att ett högkapacitetsräcke i minst klass H2 bör anläggas för att ge ett skydd för tunga fordon. Dessa räcken anses av Trafikverket kunna reducera sannolikheten för olycka med upp till en faktor 4 (Trafikverket, 2020:2)

Tre olika källor som används för att bedöma skyddseffekten av ett högkapacitetsräcke har visat på något olika sannolikhetsreducerande effekt. För att vara konservativ i bedömningen så bedöms ett vägräcke leda till att sannolikheten för olycka som leder till utsläpp reduceras med en faktor 2 i fortsatta beräkningar av skyddsåtgärder.

8.2.3 Påverkan av skärm eller skärmande bebyggelse längs Bodenvägen

En bullerskärm samt garagelängor föreslås längs Bodenvägen. Om dessa ska fungera som en skydd mot olyckor med farligt gods bör de utföras i minst brandklass EI30 och inga öppningar bör finnas. Åtgärdens skyddseffekt mot konsekvenser av olyckor med farligt gods beror till stor del på höjden. Norconsult har i ett tidigare projekt tagit fram CFD-beräkningar för en liknande situation i ett tidigare projekt (Norconsult, 2010). I det tidigare uppdraget har skyddseffekter med skärnhöjd på 3 respektive 5 meter beräknats. För att vara konservativ i beräkningarna bedöms skyddsåtgärderna vara verksamma till 95 %.

8.2.3.1 Skärnhöjd cirka 3 meter

Med en skärnhöjd på cirka 3 meter har det antagits att den i viss mån hindrar spridning av brandfarliga och giftiga gaser (klass 2.1 respektive klass 2.3) vid en olycka. Dessa gaser är tyngre än luft och vid utsläpp bildas moln som rör sig över markytan med vinden och vars tjocklek kan uppgå till några meter. Molnens beteende kommer att påverkas av den 3 meter höga skärmen längs vägen. I olyckans första skede stoppas gasens transport mot planområdet av skärmen, molnet breder i stället ut sig åt sidan och längs skärmen. När molnet har nått en viss höjd så börjar det föras över skärmen av vinden, molnet är då mer utsträckt längs vägen än det skulle varit utan skärm. Molnet förs in mot området men är mera utsträckt längs vägen och mindre utsträckt in mot området.

För de beräkningar som presenteras här har detta omsatts i följande antaganden:

- Molnets totala yta har antagits vara konstant för att spegla att gasmängden i molnet inte ändrar sig på grund av skärmen.
- Vid scenarier med kontinuerliga utsläpp har molnets utsträckning i riktning längs leden fördubblats och in mot planområdet har den halverats.
- Vid scenarier med momentana utsläpp har molnets utsträckning i riktning längs leden multiplicerats med 1,5 och in mot planområdet har den delats med 1,5.

En skärm på cirka 3 meter bedöms även skydda till 95 % mot scenario liten pölbrand.

8.2.3.2 Skärnhöjd cirka 5 meter

Med en skärnhöjd på cirka 5 meter visar beräkningarna i tidigare projekt på en betydligt bättre skyddseffekt där gasspridning i princip förhindras helt och gasmolnet inte kan spridas in mot planområdet (Norconsult, 2010). En skärm med denna höjd bedöms således hindra spridning av brandfarliga och giftiga gaser (klass 2.1 respektive klass 2.3) mot planområdet vid en olycka.

En skärm som är cirka 5 meter hög bedöms även minska konsekvensområdet för scenarion med gasmolnsexplosion eftersom gasmolnet inte tillåts driva in mot planområdet. Konsekvensområdet utbredning in mot området bedöms halveras med en 5 meter hög skärm. Konsekvensområdets utbredning längs området bedöms fördubblas.

En skärm på cirka 5 meter bedöms ge en 95 % skyddseffekt mot både liten och stor pölbrand.

En skärm med denna skärmhöjd bedöm även ge ett visst skydd mot scenario jetflamma där skärmen fungerar som en barriär som skyddar människor som befinner sig både inomhus och utomhus bakom skärmen. Skärmen bedöms ge en skyddseffekt på cirka 85 % mot scenario jetflamma.

8.2.4 Vegetation - Träd

Plantering av träd mellan risk- och skyddsobjektet kan ge en viss skyddseffekt. Träden bör ha en kron diameter på minst 5 meter och ridån bör vara minst två trädrader djup (Räddningsverket, 2006). Åtgärden kan ge ett visst skydd mot värmestrålning, kan minska koncentrationen av giftiga gaser och kan absorbera splitter samt tryck från explosioner. Å andra sidan kan träden bidra till en större tryckuppbyggnad på grund av att turbulensen ökar i utsläppta explosiva gasblandningar. Skyddseffekten av träden har även något tveksam tillförlitlighet då träden dels behöver tid att växa upp om de nyplanteras, underhållas och ersätts vid behov. Skyddseffekten är också säsongsberoende om lövträd som tappar sina blad på hösten används.

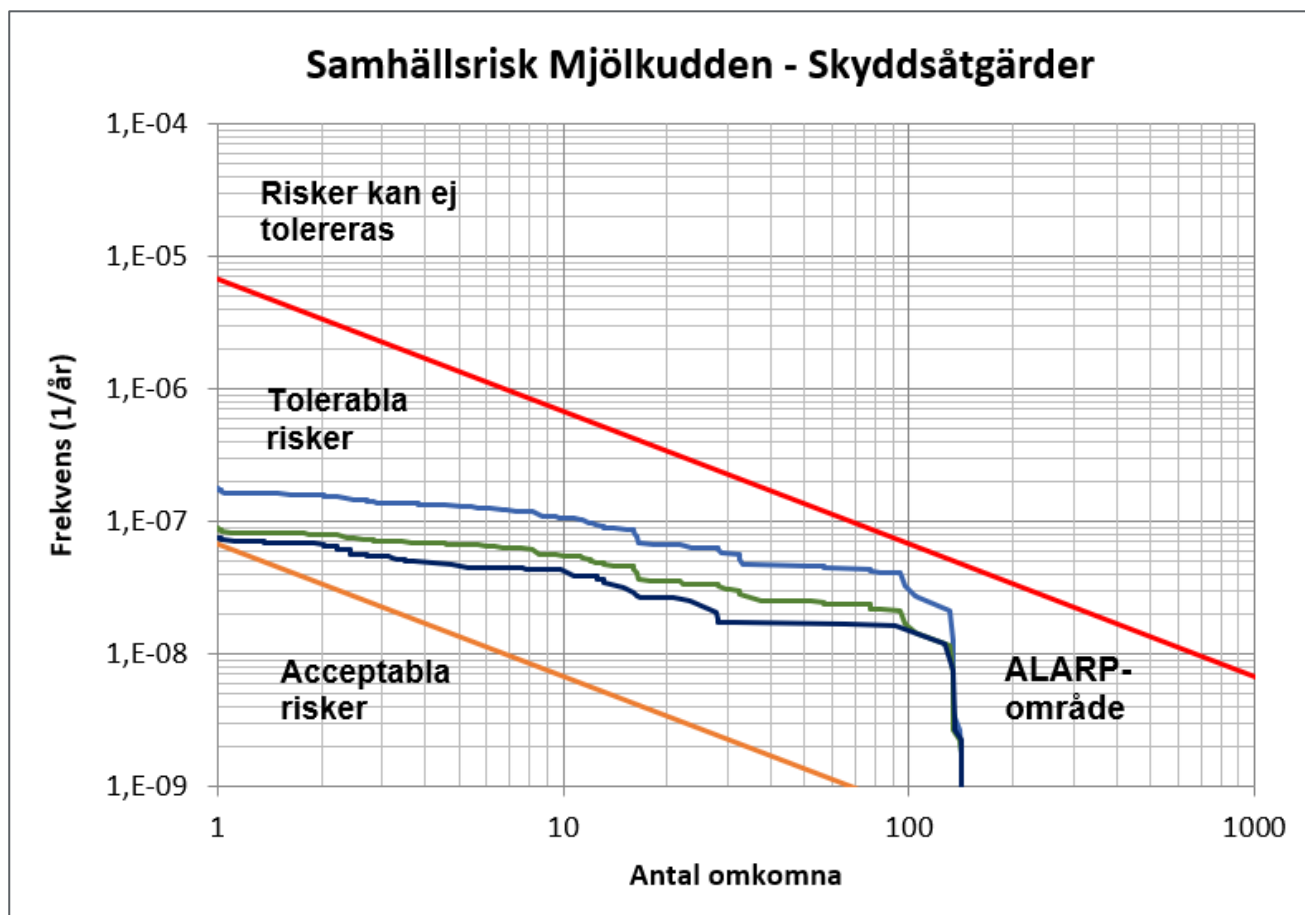
Som beskrivs ovan så kan träd delvis fungera som ett skydd mot vissa av olyckorna med farligt gods. Dock så kan tillförlitligheten vara något tveksam och träden kan i vissa olycksscenario ge svårare konsekvenser. Detta gör skyddseffekterna av denna skyddsåtgärd svårkvantifierad och dess effekter har inte räknats med i beräkningar av skyddsåtgärder.

8.2.5 Övriga skyddsåtgärder

Ytterligare skyddsåtgärder som bedöms vara rimliga är att inte inbjuda till stadigvarande vistelse inom 24 meter från Bodenvägen, att placera friskluftsintag högt och vänt bort från leden samt att utrymning ska vara möjlig bort från transportleden. Skyddseffekten av dessa skyddsåtgärder är svårkvantifierad och dess effekter har inte räknats med i beräkningar av skyddsåtgärder.

8.3 Resultat av skyddsåtgärder

För att utreda skyddsåtgärdernas effekt på risknivån har nya risknivåer beräknats med utifrån antagandena ovan. Resultatet är presenterat nedan i Figur 17. Beräkningarna som genomförts är för två åtgärds kombinationer; dels för implementering av ett vägräcke samt för en låg skärm, dels för ett vägräcke och en hög skärm. Beräkningarna utgår från ursprunglig placering av bebyggelsen.



Figur 17. Samhällsrisk – ursprungsberäkning (blå), med vägräcke och låg skärm (grön linje), med vägräcke och hög skärm (mörkblå linje).

Resultatet av beräkningarna av att implementera de riskreducerande åtgärdernas visar på att vägräcke tillsammans med skärm effektivt sänker risknivån. En hög skärm sänker risknivån mer än en låg då denna även ger effekt mot scenarier kopplat till gasutsläpp. Det som kvarstår är främst risker för större olyckor så som explosion och BLEVE. Skärmarnas skyddseffekt har beräknats för skärmhöjder på 3 och 5 meter.

9 Diskussion och slutsats

Resultatet från den inledande riskanalysen visar att bostäder behöver flyttas utifrån länsstyrelsen i Norrbotten och Västerbottens riktlinjer. En fördjupad riskutredning kan eventuellt visa på att bullerskydd, brandklassad fasad eller liknande åtgärd skulle kunna hantera den förhöjda riskbilden och att huskroppen kan placeras enligt föreslagen ursprunglig skiss. En brist i Länsstyrelsens riktlinjer är att det är svårt att bedöma skyddseffekten av flera skyddsåtgärder vilket innebär att dessa behöver utredas i en fördjupad riskanalys.

För markanvändning kontor är avståndet ifrån diketets lägsta punkt tillräckligt enligt riktlinjerna. Dock bör longstay hanteras som ett större hotell eller som flerbostadshus vilket gör att även kontorshuset behöver flyttas bort ifrån vägen för att uppnå ett avstånd på 35 meter ifrån diket. Även här kan ytterligare utredningar eventuellt visa på att avståndet kan minskas om ytterligare åtgärder implementeras eller om riskbilden utreds mer detaljerat.

Sammanfattningsvis så är markanvändning för kontor på godkända avstånd enligt riktlinjerna men när bostäder (samt hotell) planeras i området behövs skyddsavståndet vara längre än nuvarande plan. Alternativt behöver ytterligare utredning ske för att bedöma den faktiska riskbilden som Bodenvägen skapar och om ytterligare åtgärder bör implementeras.

Resultatet ovan kräver dock att diket eller höjdskillnad mot vägen kvarstår så att det fortsatt finns ett invallningsskydd för olyckor på vägen. Skulle detta tas bort blir skyddsavståndet enligt riktlinjerna betydligt längre.

En fördjupad riskanalys har genomfört genom en kvantitativ bedömning av risknivåerna som jämförs mot nationella kriterier för tolerabla och icke-tolerabla risker. Denna analys visar på att risknivåerna är höga men inom det område som kallas ALARP-området. Det innebär att skyddsåtgärder som är tekniskt rimliga och praktiskt genomförbara bör implementeras för att risknivåerna i planområdet ska anses som tolerabla.

Beräkningar har genomförts för följande skyddsåtgärder:

- Större avstånd mellan byggnader och Bodenvägen
- Högkapacitetsräcke utmed Bodenvägen samt låg skärm eller skärmande bebyggelse (3 meter hög) mellan Bodenvägen och planområdet
- Högkapacitetsräcke utmed Bodenvägen samt hög skärm eller skärmande bebyggelse (5 meter hög) mellan Bodenvägen och planområdet

Att öka skyddsavståndet till Bodenvägen med 4-6 meter, gav en mycket liten effekt på risknivån. På grund av att många av de olycksscenarioer som studeras har ett konsekvensavstånd på 35 meter visade inte förflyttningen av bebyggelsen ge någon större effekt på risknivåerna. Denna skyddsåtgärd bedöms därför inte rimlig att föreslå.

Resterande beräknade skyddsåtgärder bedöms ge en sänkning av risknivån som motiverar att de bör implementeras. Ett högkapacitetsräcke bedöms minska sannolikheten för olycka som leder till utsläpp av farligt gods med en faktor 2. Detta är en mycket effektiv och bra åtgärd eftersom den reducerar sannolikheten för alla typer av olycksscenarioer med farligt gods. En skärm eller skärmande bebyggelse mellan Bodenvägen och byggnader i planområdet där människor vistas minskar konsekvenserna vid olycksscenarioer där brandfarliga vätskor och gaser är inblandade. En skärm som är cirka 5 meter hög ger ett bättre skydd än en cirka 3 meter hög skärm. Om en 4 meter hög skärm byggs så kan risknivåerna antas vara någonstans mellan risknivåerna för 3 och 5 meter hög skärm.

Övriga skyddsåtgärder som föreslås gällande utrymning, vegetation och ventilation är svåra att kvantifiera som skyddsåtgärd. Dess skyddseffekter ingår därför inte i beräkningar med åtgärder men bedöms kunna bidra till en ytterligare sänkning av risknivån.

Följande skyddsåtgärder föreslås:

- Högkapacitetsräcke i minst klass H2 anläggs utmed Bodenvägen mellan vägen och planområdet. Räcket bör sträcka sig minst 60 meter innan planområdet.
- En skärm eller skärmande bebyggelse som är minst 3 meter hög bör finnas mellan Bodenvägen och planområdet. Materialet som vetter mot Bodenvägen bör utformas i minst brandklass EI30 och vara helt tät.
- Utrymning bör vara möjlig bort från Bodenvägen
- Friskluftsintag bör placeras högt och i skyddat läge bort från Bodenvägen.
- Området inom 24 meter från väggkant från Bodenvägen bör inte inbjuda till stadigvarande vistelse utomhus.

Om dessa skyddsåtgärder införs bedöms risknivåerna vara tolerabla enligt använda kriterier.

10 Referenser

- Länsstyrelsen. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*. Länsstyrelsen.
- Länsstyrelsen i Norrbottens och Västerbottens län. (2019). *Riktlinjer - Skyddsavstånd till transportleder för farligt gods i Norrbotten och Västerbottens län*. Luleå.
- Norconsult. (2010). *Gårda 1:15, 2:12 och 3:12 - Riskutredning avseende transport av farligt gods*. Norconsult.
- Räddningstjänsten storgöteborg. (2004). *Riktlinjer för riskbedömningar*. Räddningstjänsten storgöteborg.
- Räddningsverket. (1996). *Farligt gods - riskbedömning vid transport*. Räddningsverket.
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*. Räddningsverket.
- Räddningsverket. (2006). *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner*. Räddningsverket.
- Skanska. (2021). *Förslaget (skiss markanvisningstävling)*. Luleå: Skanska.
- Skanska. (2022). *Reviderat bebyggelseförslag*. Skanska.
- Trafikverket. (2019). *NVDB påwebb*. Hämtat från <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>
- Trafikverket. (2020:1). *Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2017-2040-2065*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2020:2). *Yt- och grundvattenskydd - metodik för riskhantering och riskanalys samt principer för åtgärdsval, publikation 2020:171*. Trafikverket.
- Trafikverket. (2021). *Effektsamband för transportsystemet - Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt*. Trafikverket.
- VTI. (2002). *Trafiksäkerhetsutvecklingen i Sverige fram till år 2001; VTI rapport 486*. VTI.
- Vägverket. (2008). *Effektsamband för vägtransportsystemet. Nybyggnad och förbättring - Effektkatalog, Vägverkets publikation 2008:11*. Vägverket.
- ÖSA. (2004). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*. Öresund Safety Advisers AB.

Bilaga 1 – Beräkning av risker transport av farligt gods på väg

Innehåll

1	Beräkning av sannolikhet för olycka	3
2	Händelseträd	5
2.1	Händelseträd från RBM II	5
2.1.1	Klass 2.1	5
2.1.2	Klass 2.3	6
2.1.3	Klass 3	6
2.2	Klass 1	7
2.3	Klass 5.1	8
3	Konsekvenser av scenario	10
3.1	Klass 1	11
3.1.1	Skador på bebyggelsen	13
3.1.2	Skador utomhus	14
3.2	Klass 5.1	15
3.3	Individrisk	15
	Referenser	16

Riskberäkningsmetoden bygger på den GIS-modell som beskrivs i Kallin (2019). För en fullständig beskrivning av modellen hänvisas till den rapporten. Denna bilaga är en sammanfattning av de mest väsentliga delarna och vad dessa baseras på.

Riskberäkningsmetoden kan delas upp i fyra steg. Steg 1, 2 samt 4 genomförs i excelblad och steg 3 genomförs i GIS-programmet QGIS.

1. Beräkning av sannolikhet för olyckor med olika ämnen
2. Beräkning av sannolikhet av olika scenarier utifrån händelsetråd
3. Beräkning av konsekvenserna av dessa scenarier avseende antalet omkomna utomhus och inomhus
4. Sammanräkning av resultaten som individrisk och samhällsrisk

1 Beräkning av sannolikhet för olycka

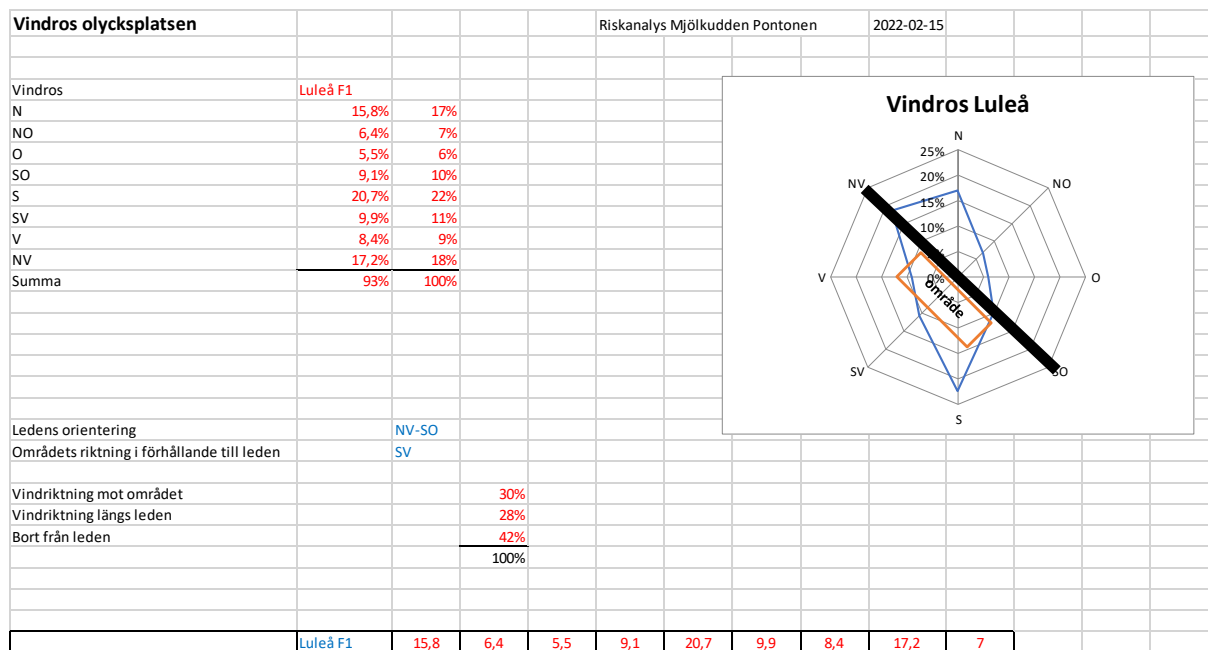
Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor på vägsträckan med antagandet en viss andel av olyckorna är singelolyckor och resten olyckor har två fordon inblandade. Uppgifterna om hur stor andel av olyckorna är singelolyckor fås från rapporten Farligt gods – Riskbedömning vid transport (SRV 1996).

Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt. Ingångsdata och beräkningsresultaten för sannolikhet för olyckor finns i *figur 1*. I *figur 1* framgår också ungefärliga avstånd till planområdet samt uppskattning av bredd på hus.

Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Riskanalys Mjölkkudden Pontonen	2022-02-15
Olycksrisk				
Risk för olycka	1,80E-07	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,30			
Olycksrisk fordon	3,37E-07	1/km, år		
Område enl nedan	3	ange siffervärde		
Sannolikhet utströmning > 100 kg				
Område		Kondenserade gaser	Vätskor	
Motorväg	1	0,052	0,101	
Utanför tätort	2	0,034	0,077	
Inom tätort	3	0,006	0,021	
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089	
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid				
Andel transporter dagtid	0,7			
Faktor för osäkerhetsanalys (1,0 i vanliga fall 1,25 vid osäkerhetsanalys)	1			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år
Klass 1, massexplösiv	9,8	1	2,3E-06	9,9E-07
Klass 2.1	1700,0	0,006	2,4E-06	1,0E-06
Klass 2.3	12,0	0,006	1,7E-08	7,3E-09
Klass 3, bensin	13500,0	0,021	6,7E-05	2,9E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	300,0	0,021	1,5E-06	6,4E-07
Bredd på hus första raden [m]	15			
Medelavstånd till område inne [m]	23			
Medelavstånd till område ute [m]	10			
Områdets längd längs leden [m]	135			

Figur 1. Ingångsdata för riskberäkning

I figur 2 visas vindrosen som används vid beräkningar av vissa scenarier med gasutsläpp. Beräkningen av andelen av tiden som vinden kan föra gasen mot området respektive längs vägen framgår. Närmaste mätstation där det finns tillgänglig vindstatistik från SMHI (SMHI 2006) har använts i beräkningarna.



Figur 2. Vindros för planområdet.

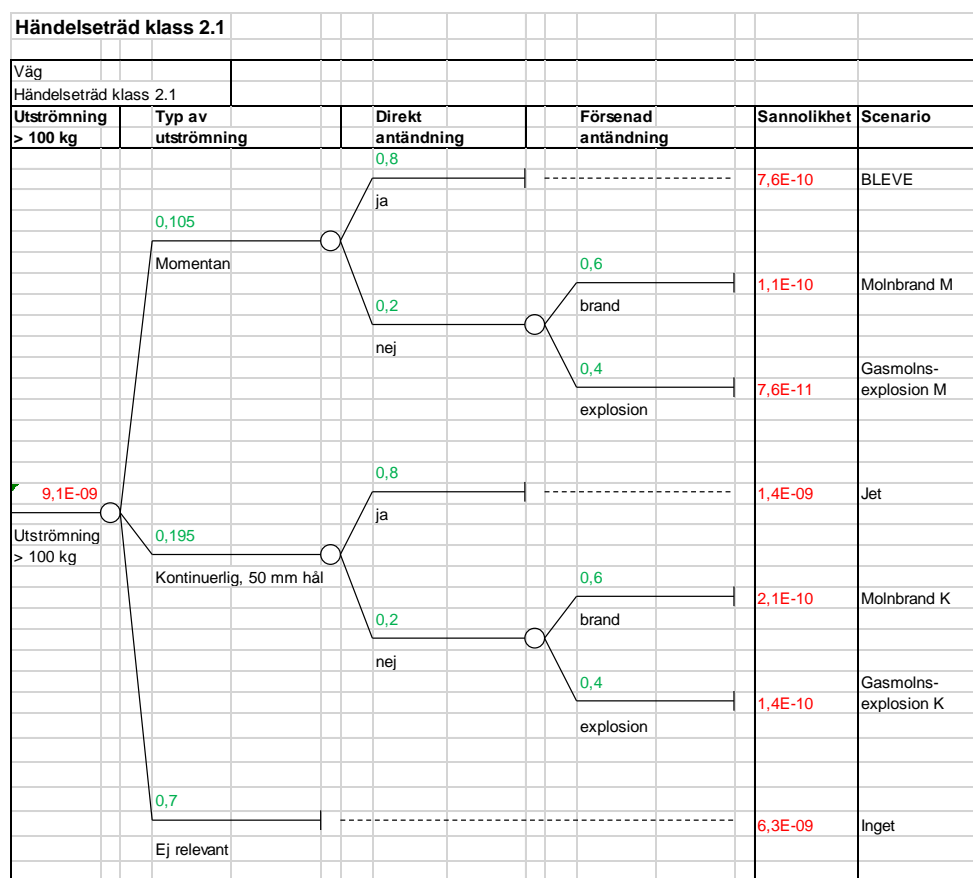
2 Händelseträäd

Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 har kopierats från RBM II och presenteras i *avsnitt 2.1*. Händelseträden för klasserna 1.1 och 5.1 är till viss del baserade på uppgifter från RBM II och beskrivs mer i detalj under deras underkategori. I beräkningsmodellen finns händelseträäd för dag och nattscenarion och det som skiljer dem åt är den initiala olycksfrekvensen som kan ses i *figur 1*.

2.1 Händelseträäd från RBM II

Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker momentant eller kontinuerligt för de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet av det farliga godset ut på en gång. Om utsläppet däremot sker kontinuerligt släpps innehållet ut över en längre tid och baseras på att ett hål på 5 cm uppkommer i tanken på tankvagnen. För klass 3 skiljer man på utsläppets storlek istället för om utsläppet är momentant eller kontinuerligt. Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 kan ses i *figur 3 – figur 5*.

2.1.1 Klass 2.1



Figur 3. Händelseträäd olycka brandfarlig gas.

2.1.2 Klass 2.3

Händelseträäd klass 2.3			
Väg			
Händelseträäd klass 2.3			
Olycksfrekvens	Utströmning	Sannolikhet	Scenario
3,9E-06	Momentant	0,105	4,1E-07 Momentant utsläpp
	Kontinuerligt 5 cm hål	0,195	7,6E-07 Kontinuerligt utsläpp
	Ej relevant	0,7	2,7E-06 Inget

Figur 4. Händelseträäd för olycka giftiga gaser.

2.1.3 Klass 3

Händelseträäd klass 3.1				
Väg				
Händelseträäd klass 3				
Utströmning > 100 kg	Typ av utströmning	Direkt antändning	Sannolikhet (per km)	Scenario
1,4E-04	Hela innehållet	ja	0,13	2,7E-06 Pölbrand
		nej	0,87	1,8E-05 Ingen
0,60	5,0 m ³	ja	0,13	1,1E-05 Pölbrand
		nej	0,87	7,3E-05 Ingen
0,25	0,5 m ³			3,5E-05 Ingen

Figur 5. Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.

2.2 Klass 1

Sannolikheten för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av *figur 1*.

Vid en olycka finns olika utfall som här förenklas till följande:

- ingen brand eller explosion,
- explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan,
- brand i fordon som inte leder till explosion,
- brand i fordon som leder till explosion.

Sannolikhet för explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan

Sprängämnen som transporteras antas vara av emulsionstyp som är den typen som huvudsakligen används inom gruvindustrin. Ett antal studier har rapporterats (ERM 2008, FOA 2000) som visar att den hastighet som krävs för att en stöt skall leda till explosion av sprängämnet är jämförbara med typiska hastigheter för kulor från skjutvapen (500 m/s dvs. 1800 km/t). Vid förhöjda temperaturer sänks visserligen denna hastighet men ligger fortfarande vida över vad som förekommer vid en olycka.

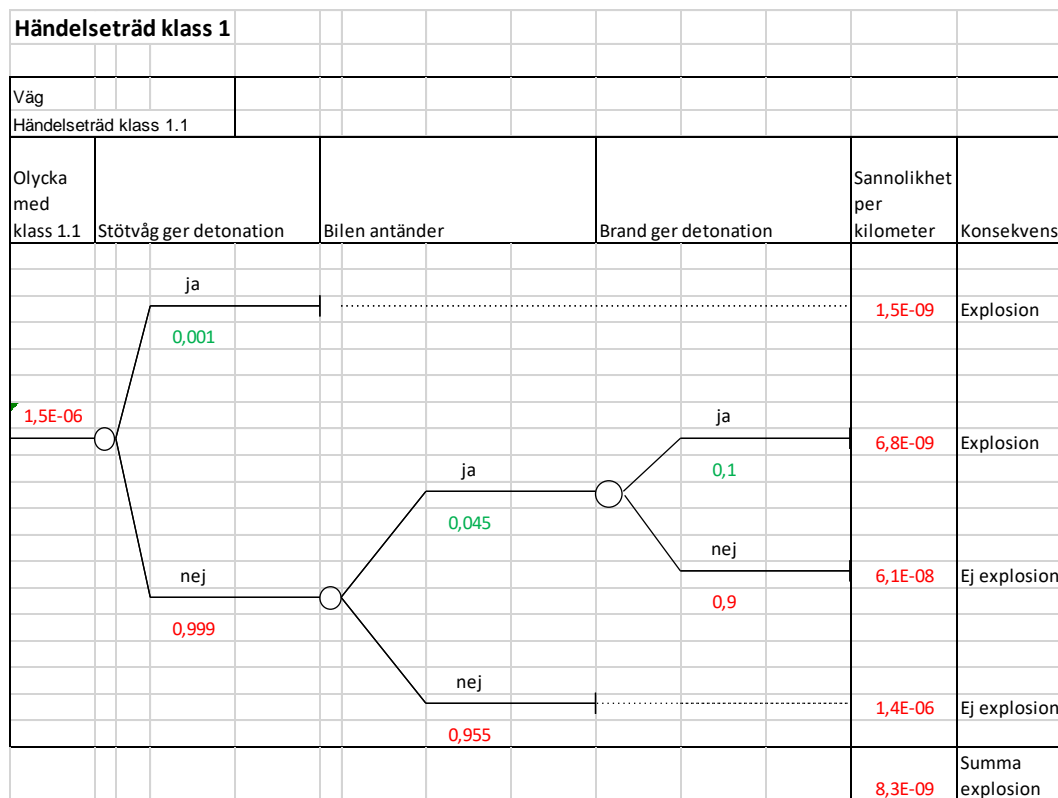
Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %. I studien simulerades den stöten som skulle orsakas av ett fall på 12 m.

Sammantaget bedöms det att sannolikheten för detonation på grund av stöt vid en olycka med emulsionssprängämnen ligger under 0,1 %. Detta värde kommer att användas vid sannolikhetsberäkningarna.

Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för att en olycka leder till en fordonsbrand beräknas utifrån statistik från USA då pålitlig svensk statistik saknas. Enligt statistiken (NFPA 2012, FEMA 2008, USCB 2012) förekom det under perioden 2005–2009 ca 52,7 miljoner trafikolyckor på motorvägar i USA. Av dessa var lastbilar inblandade i ca 3,1 % eller 1,6 miljoner olyckor. Av trafikolyckorna på motorväg under perioden 2005–2009 ledde ca 1,13 miljoner till brand i fordon. Av dessa olyckor med brand i fordon berörde ca 6,4 % eller 72 600 lastbilar. Andelen trafikolyckor med lastbilar som ledde till brand är således $72\,600 / 1\,600\,000 = 4,5\%$ under 2005–2009 i USA. Denna siffra används som sannolikhet för att lastbil fattar eld vid en olycka.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för hela händelseförloppet vid olycka med sprängämnen visas i *figur 6*.



Figur 6. Händelsetråd för olycka med sprängämnen, klass 1.1.

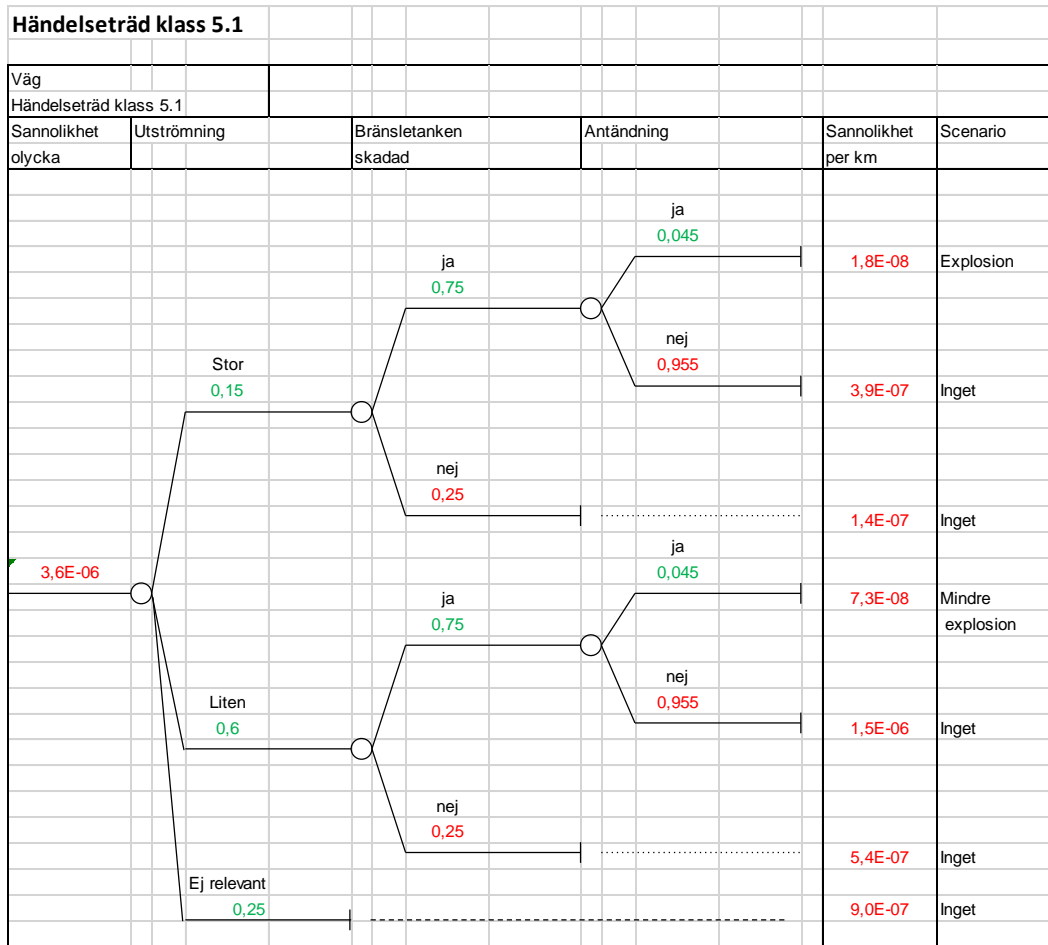
2.3 Klass 5.1

Detta scenario baseras på att transporter sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 3 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer att ske om båda ämnena rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket egentligen kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

För att en olycka med en transport med oxiderande ämnen skall leda till betydande konsekvenser krävs att det oxiderande ämnet blandas med dieselolja och att blandningen antänds. För att detta skall ske måste flera förutsättningar vara uppfyllda:

1. Ett betydande utsläpp av oxiderande ämnen måste ske.
2. Utsläpp av dieselolja måste ske.
3. Blandningen måste antändas.

Sannolikheten för detta framgår av händelsetrådet i *figur 7* nedan. Händelsetrådet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar.



Figur 7. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion.

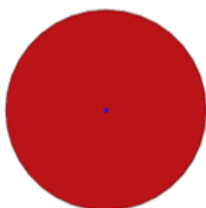
3 Konsekvenser av scenario

Detta steg görs i QGIS där antalet omkomna i var och ett av scenariona beräknas med ekvationen nedan.

$$N = \text{Överlappande område} \times \text{sannolikhet omkomna} \times \text{befolkningstäthet}$$

Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenariona. Sannolikheter för omkomna (P) samt effektområdets form och storlek kan ses i *figur 8*. För klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 har sannolikhet för omkomna och effektområdets storlek tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBM II. För klass 1.1 och klass 5.1 beskrivs mer i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats i *avsnitt 3.1* respektive *3.2*.

Klass 1 och klass 5



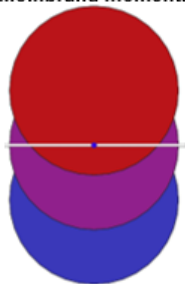
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	130 meter	72 meter	57 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



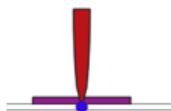
	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längd)	37 meter	40 meter
Minor axis (halva bredd)	20 meter	34 meter
Avstånd centrum	29,5 meter	29,5 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



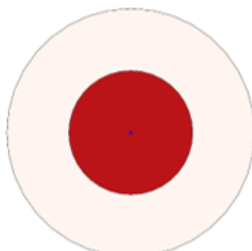
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	93 meter	93 meter	93 meter
Avstånd centrum	60 meter	0	-60 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



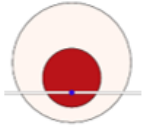
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	50 meter	50 meter
Maximala bredd	8,5 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



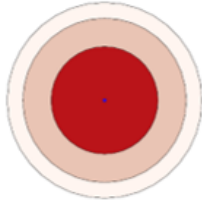
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	126 meter	252 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



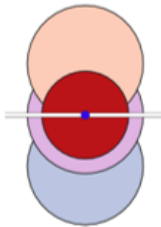
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	33 meter	67 meter
Avstånd centrum	16,5 meter	33,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



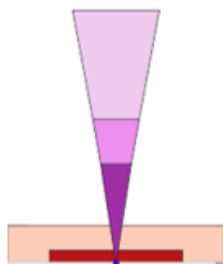
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	80 meter	108 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,3

Giftiga gaser momentan



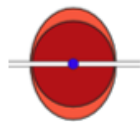
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	30 meter	40 meter	40 meter	40 meter
Avstånd centrum	0	35 meter	0	-35 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

Giftiga gaser kontinuerligt



	Vind mot (lila yta), effektområde 1	Vind mot (lila yta), effektområde 2	Vind mot (lila yta), effektområde 3	Vind längs (röd yta), effektområde 1	Vind längs (röd yta), effektområde 2
Maximala längd	100 meter	145 meter	255 meter	135 meter	220 meter
Maximala bredd	31 meter	47 meter	88 meter	13 meter	38 meter
P (inne)	0,1	0,06	0,03	0,1	0,03
P (ute)	1	0,6	0,3	1	0,3

Pölbrand



	Pölbrand stor		Pölbrand liten	
	Effektområde 1	Effektområde 2	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (Halva längd)	24 meter	32 meter	11 meter	16 meter
Minor axis (Halva bredd)	23 meter	24 meter	10 meter	12 meter
P (inne)	1	0	1	0
P (ute)	1	0,12	1	0,4

Figur 8. Effektområdenas form och sannolikhet för omkomna. Figuren är ej skalenlig.

3.1 Klass 1

Vid beräkning av explosionslast utgår från en explosion av 16 ton TNT. Mängden sätts till 16 ton då detta är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras i en vägtransport. Att välja TNT görs för att inte underskatta explosionsstyrka, ämnet som transporteras mest är ANFO vars explosionsstyrka ligger på ca 82 % av TNT. För att inte underskatta riskerna väljs dock TNT.

Explosionens övertryck och impuls har beräknats nedan. Både oreflekterade och reflekterade värden har beräknats. De reflekterade värdena är aktuella när explosionen träffar en yta som är riktat vinkelrät mot explosionen. De oreflekterade värdena gäller för ytor som är riktade i samma riktning som explosionen.

Explosionsstyrkan beräknas med hjälp av *figur 9 och 10* som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

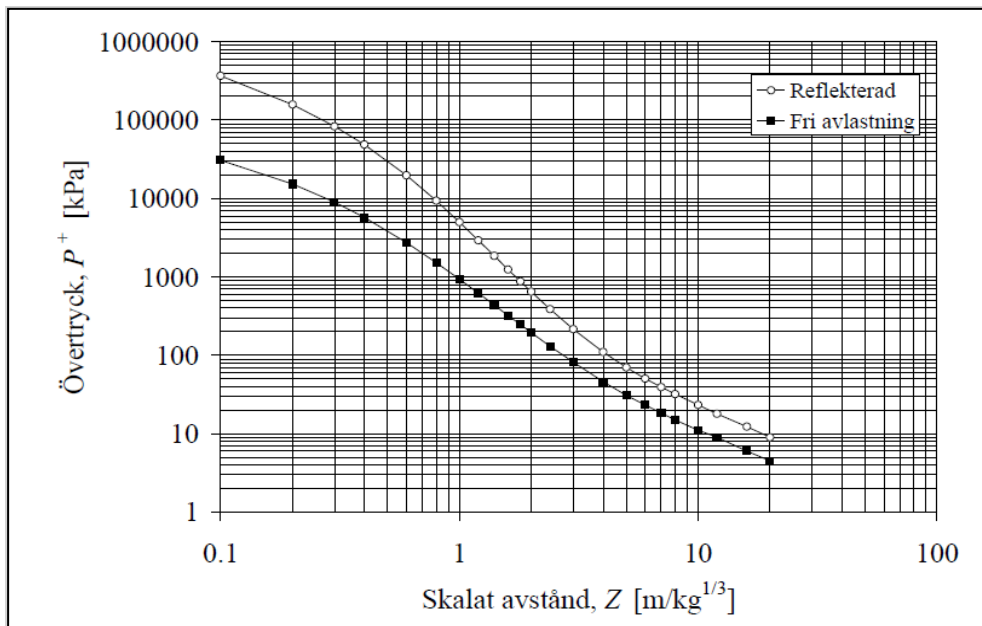
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

$$Z = \frac{R}{M^{1/3}}$$

R = avstånd från explosionscentrum (m)

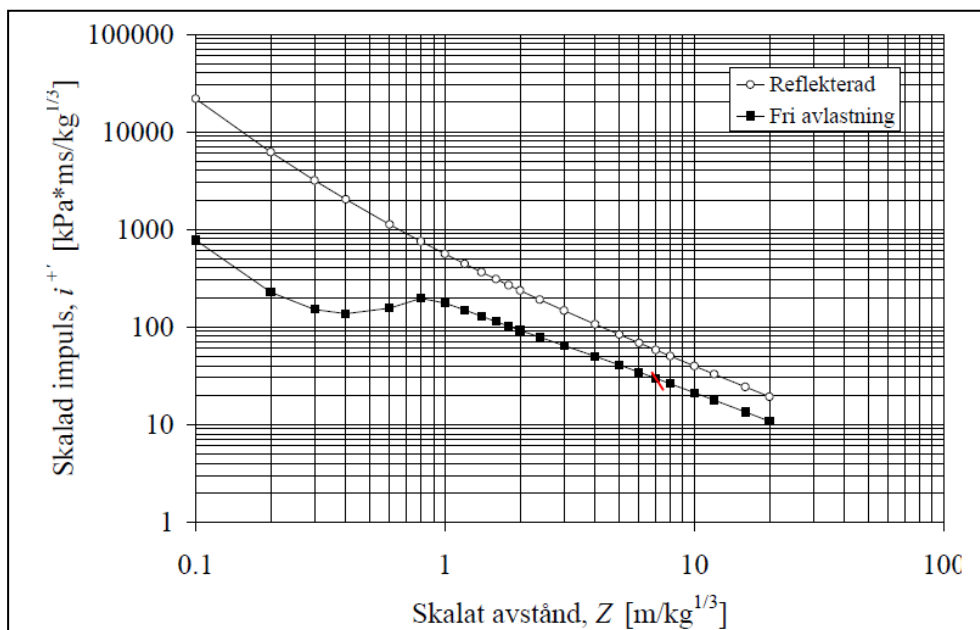
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 9 ger övertrycket p_+



Figur 9. Reflekterat och oreflekterat övertryck som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Figur 10 ger den skalade impulsen delat med kubikroten ur mängden sprängämne: $i_+/M^{1/3}$. Den skalade impulsintensiteten räknas sedan ut genom att multiplicera med $M^{1/3} = 16000^{1/3} = 25,2 \text{ kg}^{1/3}$.



Figur 10. Reflekterat och oreflekterat impulsintensitet som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Reflekterat och oreflekterat tryck och impultstäthet som funktion av avståndet till explosionscentrum.

Avstånd	Z	p^+	p_r	i^+	i_r
m	$m/kg^{1/3}$	kPa	kPa	kPas	kPas
25	1,0	900	5000	4,8	14,0
50	2,0	200	750	2,3	6,3
63	2,5	120	400	1,8	4,3
75	3,0	80	220	1,6	3,3
100	4,0	45	110	1,3	2,6
125	5,0	33	70	1,0	2,0
150	6,0	23	50	0,9	1,8
175	6,9	20	40	0,8	1,5
200	7,9	15	33	0,7	1,3

3.1.1 Skador på bebyggelsen

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar hus vid ett övertryck (p^+) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 125 m från platsen för explosionen.

Sammantaget antas att byggnader närmast vägen får allvarliga skador inom 125 m från explosionen. Bebyggelsen bakom skyddas i stor utsträckning av husen framför och antas inte få lika betydande skador.

Inom området där husen skadas allvarligt antas att husens raszon sträcker sig in mot ungefär halva huset och att det i raszonen omkommer cirka en tredjedel av de personer som vistas där (FOA 1997). Detta innebär att cirka en sjättedel av de boende inom detta område antas omkomma vid en explosion med sprängämnen. Antalet omkomna beräknas utifrån antal i husraden närmast vägen

3.1.2 Skador utomhus

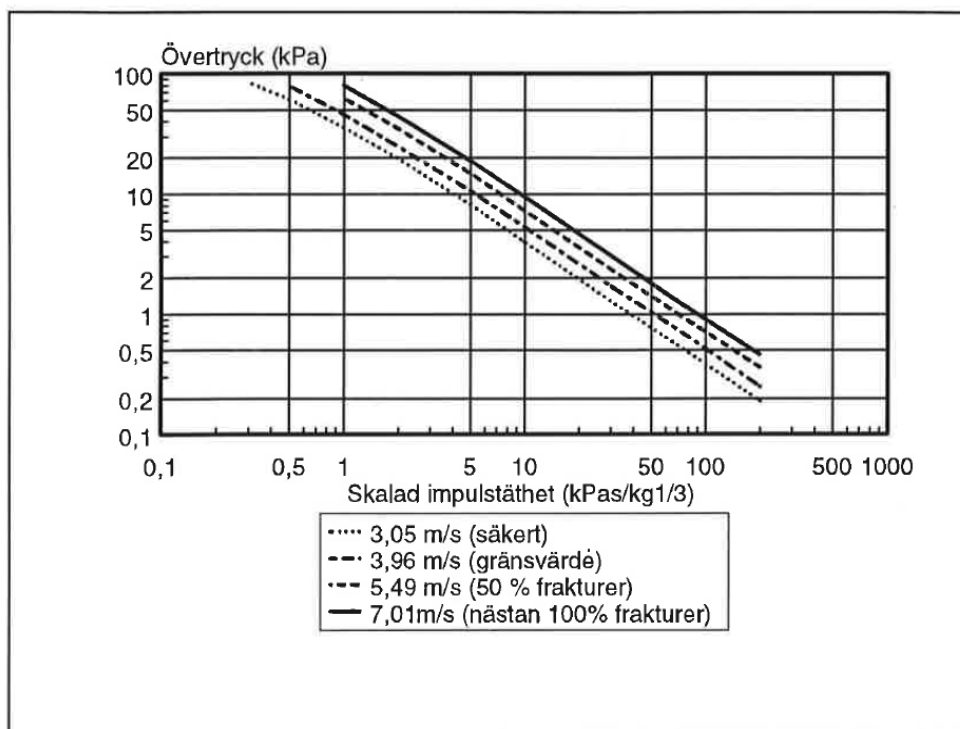
Direkta skador pga. tryck

Människan tål tryck relativt bra. Gränsen för lungskador anges vara ca 70 kPa, döda på grund av lungskador förväntas vid 180 kPa och 50 % omkomna vid 260 kPa. Detta innebär att inga omkomna förväntas pga. lungskador på ett avstånd på mer än 50 m från explosionen (FOA 1997).

Indirekta skador

Indirekta skador kan uppstå genom att någon kastas mot något hårt föremål av tryckvågen eller att personer träffas av nedfallande byggnadsdelar.

Som skademått för skador pga. att någon kastas av tryckvågen tas skullskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skullfraktur på ca 50 m från explosionen, se *figur 11* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 11. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid slag mot huvudet (från FOA 1997).

Personer utomhus kan även omkomma av fallande byggnadsdelar eller splitter och vi antar därför att alla personer som befinner sig kring hus som förväntas rasera omkommer i explosionen.

En gynnsam omständighet som inte beaktats i detta scenario är att det kommer att ta tid innan en brand i ett fordon med sprängämnen sprider sig till lasten och ger upphov till en explosion. Under denna tidsperiod finns möjligheter att evakuera personer från området. Praktiska erfarenheter från olyckor med sprängämnen visar att evakueringen ofta har kunnat genomföras och lett till en reduktion av antalet omkomna. Det här beskrivna scenariot ger därför konservativa värden för det förväntade antalet omkomna.

3.2 Klass 5.1

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt eftersom en explosiv blandning endast kräver en mindre mängd brandfarlig vätska (ca 1 del brandfarlig vätska på 7 delar oxiderande ämne).

Konsekvenserna av en stor explosion har antagits vara desamma som för en explosion av 3 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk beräknas på samma sätt som i scenariot för klass 1.1.

Konsekvenserna för en mindre explosion har antagits vara hälften av konsekvenserna av en stor explosion.

3.3 Individrisk

Individrisken beräknas med hjälp av följande ekvation:

$$IR(x) = F_{olycka} \times vind \times b(x) \div andel$$

I individrisken beräknas bredden $b(x)$ med bredden som anges i *figur 8*. För effektområden där centrum av ellipserna eller cirkelarna inte är på transportvägen räknades bredden $b(x)$ som maximala bredd fram till centrum.

Eftersom bredden $b(x)$ baseras på distans från transportvägen så beräknas individrisken med 2,5 meters mellanrum.

Referenser

- EAI 1997 High explosive assessment model, 5th industrial version in SI units, Engineering Analysis Inc. 1997
- ERM 2008 SAFEX-paper Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link: An overview of the explosives aspects cartridged emulsion explosives and accessories through a densely populated area. ERM-Hong Kong Ltd, 2008
- FEMA 2008 Highway Vehicle Fires, Topic Fire Report Series Volume 9, Issue 1, FEMA September 2008
- FOA 1997 Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
- FOA 2000 Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
- Kallin 2019 Risk assessment of transport of dangerous goods with GIS, Chalmers tekniska högskola, 2019. <https://hdl.handle.net/20.500.12380/300121> (Hämtad 2019-08-20)
- NFPA 2010 National Fire Protection Association, US Vehicle Fire Trends and Patterns, June 2010
- SMHI 2006 Vindstatistik för Sverige 1961–2004, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Nr 121 2006
- SRV 1996 Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Statens Räddningsverk, Risk- och miljöavdelningen 1996
- SRV 2005 Dynamisk lastpåverkan – Referensbok, Statens Räddningsverk, Karlstad, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2005
- SRV 2007 Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, delrapport 1 Last av luftstövåg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007
- USCB 2012 United States Census Bureau, Statistical Abstract of the United States: 2012
- Vägverket 2008 Effektsamband för vägtransportsystemet. Nybyggnad och förbättring, Effektkatalog Kap 6 Trafiksäkerhet, Vägverket publikation 2008:11