

Bilaga 3 till riskutredning Dp Storsätra 1, m fl

- Olycka vid transport av farligt gods -

Scenario- och konsekvensbeskrivningar

2022-02-22

Rev 2022-03-11

Upprättad av: Tomas Sandman
Risk Management, Fire & Safety
Ramböll Fire Engineering Network

Ramböll Sverige AB
Box 17009, Krukmakargatan 21
104 62 Stockholm

Telefon 010-615 60 00
www.ramboll.se

organisationsnummer 556133-0506

Uppdragsnummer 1320058667

Uppdragsgivare Corem Property Group

Objektsadress Hela Sverige

Myndighetskrav MSB

PBL

MILJÖBALKEN

Läsanvisning

Revideringsdatum
Revideringsnummer

Upprättad av

Tomas Sandman
Senior Technical Manager
Risk Manager, Fire and Safety
Stockholm, 2022-03-11

Innehållsförteckning

1. SCENARIO- OCH KONSEKVENSBESKRIVNINGAR.....	1
1.1 VÅDAHÄNDELSE MED EXPLOSIVA VAROR, KLASS 1.....	1
1.2 VÅDAHÄNDELSE MED KONDENSERAD, BRÄNNBAR GAS (GASOL), KLASS 2.1.....	2
1.3 VÅDAHÄNDELSE MED KONDENSERAD, GIFTIG (KLOR), KLASS 2.3.....	3
1.4 VÅDAHÄNDELSE MED GIFTIGA GASER KLASS 2.3.....	3
1.5 VÅDAHÄNDELSE MED BRANDFARLIGA VÄTSKOR KLASS 3.....	4
1.6 BRANDFARLIGA FASTA ÄMNER KLASS 4.....	5
1.7 OXIDERANDE ÄMNER OCH ORGANISKA PEROXIDER, KLASS 5.....	5
1.8 GIFTIGA ÄMNER, KLASS 6.....	5
1.9 RADIOAKTIVA ÄMNER, KLASS 7.....	5
1.10 FRÄTANDE ÄMNER, KLASS 8.....	5
1.11 ÖVRIGA FARLIGA ÄMNER, KLASS 9.....	5
2. FREKVENSAMMANSTÄLLNING – TILLBUD MED FARLIGT GODS.....	6
2.1 RISKBIDRAG FRÅN ADR KLASS 1.....	6
2.2 RISKBIDRAG FRÅN ADR KLASS 2.....	6
2.3 RISKBIDRAG FRÅN ADR KLASS 3.....	6
2.4 RISKBIDRAGEN FRÅN ADR KLASS 4-9.....	7
3. ENGELSK OLYCKSSTATISTIK.....	7
3.1 TILL HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE I ENGLAND RAPPORTERADE OLYCKOR OCH TILLBUD	7
4. REFERENSER.....	8

1. Scenario- och konsekvensbeskrivningar

Vid en vådahändelse kommer det farliga godset att visa sina farliga egenskaper genom att explodera, brinna, förgifta eller på annat sätt skada omgivningen. I denna bilaga beskrivs vad som kan hända vid vådahändelse med typmängder och typsubstanser för de olika ADR-godsklasserna. Scenarierna är emellertid mest teoretiska men knappast realistiska för ändamålet med riskanalysen, nämligen att utgöra underlag för riskhänsyn i samhällsplaneringen. Riskhänsynen ligger i det rigorösa säkerhetsregelverk som transporter av farligt gods omfattas av, ADR-S.

1.1 Vådahändelse med explosiva varor, Klass 1

I vissa riskutredningar förekommer att man anger att explosivämnen kan detonera på grund av stötar i samband med en olycka och värmepåverkan i samband med fordonsbrand. Även påkänningar såsom friktion och elektriska urladdningar kan under speciella situationer initiera ett sprängämne. Dessa scenarier kan teoretiskt inträffa men de är knappast relevanta i samband med transporter på väg. Egenskaperna hos emulsionssprängämnen (explosiv vara) och emulsionsmatris (inte känsliggjord, oxiderande vara) som LKAB Kimit AB levererar till sprängningsarbeten (t.ex. i gruvor) har undersökts i omfattande studier och experimentella försök. Som exempel kan nämnas att det krävs en stötvåg med högre hastighet än 500 m/s (1800 km/h) för att sprängämnet ska initieras. Sådana förhållanden råder inte vid transport på väg.

Vad gäller känsligheten för värmepåverkan så har omfattande fullskaletester visat att emulsionsmatris som förvaras i aluminiumtank har ett inbyggt skydd mot tryckuppbyggnad genom aluminiumets svaghet under värmepåverkan vilket motverkar tryckuppbyggnad i tanken. I en ståltank som är mer värmeresistent sker en tryckuppbyggnad och en accelererande sönderdelning av ammoniumnitrat, vilket leder till ett explosionsartat förlopp. Av nämnda anledning sker all transport av explosivämne till gruvor i tankbilar med tankar av aluminium. Laboratieförsök har visat att ammoniumnitrat som är huvudbeståndsdel i emulsionsprodukter har egenskapen att vid upphettning under lågt tryck endast ge en endoterm reaktion, d.v.s. det innebär att energi måste tillföras produkten för att reaktionen ska fortgå. Alltså ingen detonation. Om uppvärmningen (>250 C) sker under tryckuppbyggnad sker sönderdelningsreaktionen exotermt, d.v.s. under avgivande av värme och reaktionshastigheten accelererar och reaktionen kan till slut övergå till detonation. För att möjliggöra exoterma reaktioner hos emulsionsmatris och emulsionssprängämne tillförs (vid arbetsstället) fast natriumnitrat (NaNO_2). Dessa förvaras därför inte i samma lokal som explosivämnena. De transporteras inte heller tillsammans. Om trycket i ett emulsionssprängämne stiger snabbt kan det bli känsligt för tryckimpulser om emulsionssprängämnet är känsliggjort (genom tillsats av gasbubblor). Det krävs dock mycket snabba tryckökningar till mycket höga tryck för att initiera emulsionen. Det är knappast möjligt att föreställa sig en realistisk situation när det ska kunna ske annat av en ren detonation.

Emulsionsmatriser är genomgående tämligen okänsliga för de påkänningar som kan förekomma vid transport av dem.

Med detta sagt så utgör inte vådaolyckor vid transport av explosivämnen (klass 1) någon riskpåverkan av betydelse i samband med riskhänsyn i samhällsplaneringen.

Om mot alla odds en explosion ändå skulle inträffa på E4/E20 leder en explosion med 16 ton (högsta tillåtna transportvikt på väg) explosivämne till mycket höga tryck och skador i omgivningen. Tegelbyggnader och äldre betongbyggnader raseras inom en radie av ca 350 meter och träbyggnader raseras inom en radie på 590 meter (FOA, 1998). Och människor i byggnaderna skulle ådra sig betydande skador och dödsfall. Utomhus exponerade människor skulle få trumhinneruptur på ett avstånd av 220 meter från explosionen. Om ett sådant scenario vore möjligt så skulle en skyddszon om 350-600 meter behöva etableras utmed landets väginfrastruktur. Men som väl är, vilket beskrivits ovan, så är detta scenario inte realistiskt.

1.2 Vådahändelse med Kondenserad, brännbar gas (gasol), Klass 2.1

Scenariot vid en transportolycka kan vara att fordonet gått av vägen eller kolliderat så att tanken med gasol skadats så mycket att hål på tanken uppkommit. Tankarna tål kraftig buckling utan att brista men de kan skadas av utstickande föremål som penetrerar tanken med en våldsam kraft. För trycktankar är utflödessannolikhet 1/40-del jämfört med tunnväggiga tankar (Purdy 1993). Purdy (1993) anger också att sannolikheten för antändning är ca 40% vid mindre läckage. Vid ett större krockvåld och en större läcka ökar sannolikheten för antändning.

Om krockvåldet är tillräckligt stort kan det ge upphov till ett stansningshål. Internationella studier visar att en rimlig hålarea kan antagas vara 15-20 cm². Ett sådant hål släpper ut ca 10 kg gasol/s vid hål ovanför vätskenivån, 48 kg gasol/s vid hål under. Siffrorna här och nedan kommer från S Lamnevik & R Forsén: "Riskanalys av gasolvagnar, med och utan säkerhetsventil", FOA dnr 93-3527/S, 1993. Om den läckande gasen antänds omedelbart uppstår en flamma. Flamman ger upphov till värmestrålning som kan skada människor och materiel. Flammans längd kan beräknas till ca 21 m med diametern ca 1,1 m vid gasutsläpp och 85 m med diameter 4,5 m vid vätskeutsläpp.

Vid ett mindre gasutsläpp och antändning kan det leda till ett skadeområde på 20 meters radie. *Samtliga huskroppar ligger utom fara för det beskrivna scenariot.*

Vid ett större vätskeutsläpp som antändes omedelbart kan flamman beräknas till ca 85 m med en diameter om 4,5 m. *Enstaka personer i den närmst huskroppen löper därmed risk att drabbas. Enligt DNVs/MSBs/samhällets kriterier så är toleransen för denna osannolika händelse mer än 1000-talet dödsfall. Risknivån ligger därmed långt under vad samhället förhåller sig till.*

Vid ett större gasutsläpp som bildar ett gasmoln som antändes i ett senare skede kan skadeområdet uppskattas till 10*50 m. *Det kan inte uteslutas att ett fåtal personer i den närmst huskroppen löper risk att drabbas.*

Worst case är en **BLEVE** (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). För att få en BLEVE ska kunna uppstå krävs en utbredd och uthållig brand och hela tanken måste värmas under minst 15 minuter (däcksbrand är ej tillräcklig för att åstadkomma en BLEVE). Eftersom

förloppet är så utdraget hinner människor fly undan om de inser faran. Sannolikheten för en BLEVE har beräknats till 1% av sannolikheten för jetflamma. Konsekvenserna av en BLEVE är att personer utomhus skadas, personer inomhus har normalt skydd för den uppkomna värmestrålningen. På öppen mark är risken att dö följande vid 50 tons BLEVE:

Avstånd (m)	%döda
0-175	100
175-225	15
225-275	14
275-325	6
325-375	1

Byggnadsskador som fönsterkrossning och brand kan väntas för byggnader mitt för en BLEVE.

Vid explosion utomhus i fri rymd blir trycket som mest ca 0,02 bar. Normalt styrs riskavståndet utomhus inte av trycket utan av uppkommen strålningsvärme. *Byggnadskropparna kommer att utgöra ett skydd för strålningsvärmerna från en BLEVE.*

Den extremt låga sannolikheten för en BLEVA vid transport på väg gör att scenariot inte utgör något relevant scenario i samhällsplaneringen varför scenariot på goda grunder kan exkluderas som underlag för beslut rörande riskhänsyn i samhällsplaneringen.

1.3 Vådahändelse med Kondenserad, giftig (klor), Klass 2.3

I ett värsta fall uppkommer ett hål under vätskeytan. Utströmningen leder till att klor delvis förgasas (ca 10-15 %), resten bildar en vätske aerosol som successivt övergår till gas. Som regel blir all substans luftburen. Klor är giftigt och leder till döden vid inandning vid högre koncentrationer. Riskområdet för allvarligt skadade/döda har beräknats till 400 m i vindriktningen och 100 m tvärs vindriktningen vid utsläpp ur "typhålet". Den förhärskande vindriktningen vid planområdet är gynnsam med avseende på detta scenario.

Personer som är utomhus och som är inom riskområdet får livshotande skador. Utsläppet kommer att hålla på en dryg timme, vilket innebär att åtgärder hinner vidtagas för att hindra ytterligare personer att komma in i riskområdet.

Personer inomhus kommer troligen att klara sig om fönster är stängda och om ventilationen är lämpligt placerad.

1.4 Vådahändelse med giftiga gaser klass 2.3

Klor, svaveldioxid, ammoniak

Ett runt, 1 cm stort hål uppkommer på nedre delen av en gastank vid kollision med fordon eller fast utstickande föremål, så att vätskeformig gas strömmar ut. Genom hålet strömmar 1,66 kg/s klor. Detta motsvarar 0,52 m³/s (NTP) gas som blandas in i luften. Offer är personer utomhus, personer på nedre bottenvåningen i hus och personer i fordon. Skadeområde ca 100 * 400 m.

Risk för personskada utomhus och på nedre bottenvåningen.

Inerta gaser (kväve, argon)

Ett runt, 1 cm stort hål uppkommer på nedre delen av en gastank (kryo-tank) vid kollision med fordon eller fast utstickande föremål, så att vätskeformig gas strömmar ut. Genom hålet strömmar 0,2 kg/s kväve. Detta motsvarar 0,16 m³/s (NTP) gas efter avkokning. Avkokning sker med måttlig och avtagande häftighet, då erforderligt ångbildningsvärme tas från en allt kallare vägbana och luften. I närzon uppkommer risk för svåra kylskador samt risk för kvävning.

Ingen eller negligerbar risk för livshotande personskada inom planområdet.

Oxiderande gaser (syrgas, ozon, kväveoxider)

Ett runt, 1 cm stort hål uppkommer på nedre delen av en gastank (kryo-tank) vid kollision med fordon eller fast utstickande föremål, så att vätskeformig gas strömmar ut. Genom hålet strömmar 0,3 kg/s syrgas. Detta motsvarar 0,21 m³/s (NTP) gas efter avkokning. Avkokning sker med måttlig och avtagande häftighet, då erforderligt ångbildningsvärme tas från en allt kallare vägbana och luften. Endast i närzon vid pölen uppkommer risk för svåra kylskador samt en hög syrgashalt som kan medföra självantändning av porösa material och av varma material såsom t.ex. heta katalysatorer/avgasrör. Uppkommen brand blir mycket häftig. Skadeområde inom 10 m.

Ingen eller negligerbar risk för livshotande personskada inom planområdet.

1.5 Vådahändelse med brandfarliga vätskor klass 3

Brandfarliga vätskor (bensin)

Cisternvagnar för bensin har lägre hållfasthet än motsvarande för trycksatta gaser (t ex gasol och klor). Materialvalet är ofta aluminium i stället för stål av viktskäl. Sannolikheten är därför större att hål uppkommer vid avkörning och kollision.

Vid utsläpp på hårdgjord mark kan stora pölar bildas som om de antänds kan ge värmestrålningsskador på avstånd upp mot 20-25 meter.

Givet den vägstandard som E4/E20 har förbi planområdet är det väsentligt större sannolikhet med ett mindre läckage än ett större. Men även ett "worst case" scenario ger inte livshotande strålningsnivåer i eller i anslutning till de aktuella byggnadskropparna. Först vid strålningsnivåer över 7 kW/m² innebär fara för personer som vistas utomhus. I tabellen nedan framgår att värmestrålningen även från ett "worst case" scenario är lägre än vad som utgör en fara för människor.

<i>Avstånd från E4/E20</i>	<i>Brandarea (pölbrand-bensin)</i>			
	<i>27,5 kvm/50 MW</i>	<i>55 kvm/100 MW</i>	<i>110 kvm /200 MW</i>	<i>220 kvm /400 MW</i>
<i>45 m till huskroppen i sydväst</i>	< 1	<1,5	< 2,5 kW/m ²	< 4 kW/m ²
<i>95 m till huskroppen i mitten</i>	< 0,5	< 0,5	< 1 kW/m ²	< 1 kW/m ²

Slutsatsen av detta är att utsläpp och vådaolycka på E4/E20 inte bidrar till att påverka risknivån för den planerade verksamheten på planområdet Storsätra 1 m.fl.

1.6 Brandfarliga fasta ämnen klass 4

Brandfarliga fasta ämnen, självantändande ämnen, ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten

En vådahändelse med dessa ämnen blir normalt koncentrerad till den omedelbara närheten av fordonet efter som de är i fast form. Brand kommer knappast att hota någon person till livet.

Med undantag för spontantändande ämnen, varav de flesta är vätskor och ger verkan som antända brandfarliga vätskor, ger denna klass inga extra effekter.

Ingen eller negligerbar risk för livshotande personskada inom planområdet.

1.7 Oxiderande ämnen och organiska peroxider, klass 5

Ett utsläpp som däremot råkar **blandas med brännbara ämnen** och antänds ger mycket kraftiga **explosioner**, i klass med klass 1, explosiva varor. Sådana olyckor har inträffat vid sjö- och vägtrafik i Sverige. Vid vägtrafik är det blandning med utrunnet bränsle från eget eller annat fordon som är det viktigaste faromomentet. Konsekvensbeskrivning görs som vid klass 1.1, massexploderande vara.

En vådahändelse med dessa ämnen leder normalt ej till risk för personskador.

1.8 Giftiga ämnen, klass 6

Förutsättning för personskada vid en vådahändelse är här att man kommer i direkt kontakt eller får i sig dessa ämnen, som är i fast eller flytande form.

Ingen risk för livshotande personskada inom planområdet.

1.9 Radioaktiva ämnen, klass 7

Dessa ämnen transporteras i små mängder och i kraftiga behållare (av strålningsskäl). Erfarenheten talar för att behållarna ej går sönder vid "vanliga" olyckor.

Negligerbar risk för livshotande personskada inom planområdet

1.10 Frätande ämnen, klass 8

Till frätande ämnen hör starkt sura eller alkaliska ämnen i fast eller i flytande form, såsom saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, oleum, natrium- och kaliumhydroxid. Risk för personskada uppkommer om man träffas av direkt sprut av frätande vätska från skadad cisternvagn vid kollision/avkörning. "Splash-zonens" utsträckning skattas till högst ca 20 m.

Ingen risk för livshotande personskada inom planområdet.

1.11 Övriga farliga ämnen, klass 9

Ingen risk för livshotande personskada inom planområdet.

2. Frekvenssammanställning – tillbud med farligt gods

Tillbudsfrekvensen på det svenska vägnätet ligger stadigt på i storleksordningen $1,5 \cdot 10^{-7}$ per fordons-km, se bilaga 2. Då över 95 % av tillbudet inträffar i landsbygdsmiljö företrädesvis i kurvor (bilaga 2) och att över 80 % är singelolyckor leder det till en tillbudsfrekvens på mindre än $1 \cdot 10^{-8}$ per fordons-km varav en mindre del utgörs av ett större krockvåld vilket är en förutsättning för utläckage och risk för en vådahändelse, antag 10%, vilket då leder till mindre än $1 \cdot 10^{-9}$ per fordons-km.

Den höga säkerheten vid transport av farligt gods som här beskrivits styrks också av officiell incident- och skadestatistik som visar att inträffade händelser de senaste 100 åren inte drabbat tredje person, se bilaga 2.

Vilket scenariobeskrivningarna i kapitel 1 visar så utgör inte värmestrålning på grund av vådaolycka någon påtaglig fara för personer inomhus eller utomhus på vistelseytorna som ligger skyddade bakom byggnadskropparna. Det skadescenario som kan skapa störst skada är höga tryckvågor från vådaolycka med explosion med explosiva ämnen klass 1.

2.1 Riskbidrag från ADR klass 1

På avståndet 45-50 m kan en explosion med TNT 1000 kg skada den byggnadskropp som ligger närmast E4/E20. Den transportinventering som redovisas i bilaga visar dock att mindre än 1 % av transporter utgörs av transporter med 1000 kg eller mer. Konsekvenserna av en sådan händelse torde begränsas till ett fåtal skadade. I tillägg ska också beaktas att de emulsionsmatriser som transporteras genomgående är tämligen okänsliga för de påkänningar som kan förekomma vid transport av dem varför sannolikheten för händelsen är mycket låg.

Givet transportomfattningen och transportsäkerheten av ADR klass 1 bedöms riskbidraget vara negligerbart för bedömningen av det föreliggande planförslaget Dp Storsätra 1 m.fl.

2.2 Riskbidrag från ADR klass 2

Givet transportomfattningen och transportsäkerheten av ADR klass 2.1 och 2.3 förväntas en utflödesfrekvens i storleksordningen ett utflöde per 100 miljoner år varav klass 2.1 står för huvuddelen. Det ger en incidentfrekvens på i storleksordningen $1 \cdot 10^{-8}$ per år. Varav kanske 10 % har en skadepotential (enligt kap 1.2) med ett fåtal omkomna. Det är minst två tiopotenser lägre än de skadekriterier samhället (DNV/MSB 1997) rekommenderar.

Ibland förekommer att ett så kallat BLEVE scenario tas med i riskanalyser som grund detaljplanering utmed det svenska vägnätet. Scenariot är dock så osannolikt varför det inte kan ge någon vägledning i planfrågor såsom exempelvis Dp Storsätra 1 m.fl. Men om konsekvenserna av ett sådant scenario skulle beaktas i samhällsplaneringen skulle flera hundra på ömse sidor om vägarna i Sverige. Därför exkluderas detta scenario i balanserade analyser.

Även vådascenarier med ADR klass 2.3 har såsom vistelseytorna förhåller sig till riskobjektet en begränsad skadekonsekvens.

2.3 Riskbidrag från ADR klass 3

Det leder till ett utsläpp (Klass 3-bensin-tunnväggiga tankar) på ca 100 000 år. Vid en antändningssannolikhet för bensin på 6 % (Purdy 1993) uppstår brand på sin höjd 1 gång på 1,5 miljoner år. Det ger en incidentfrekvens med brand som är mindre än $1 \cdot 10^{-6}$ per år. Då

studerade scenarier resulterar i skadeområden som inte når varken personer i byggnaderna eller de som befinner sig på vistelseytorna i skydd av huskropparna så ökar inte risknivån inom planområdet.

2.4 Riskbidragen från ADR klass 4-9

Såsom framgår av kap 1.6 – 1.11 bidrar inte ADR klass 4-9 till förhöjda risknivåer för planerade verksamheter inom planområdet.

3. Engelsk olycksstatistik

I en jämförande studie av riskerna vid transport av farligt gods på väg kontra järnväg (Purdy, 1993) gav tillgänglig statistik en förväntade sannolikhet för utflöden följande resultat:

2	per 100 000 000 fordonskilometer (tunna tankar)
0,05	- ” - (trycktankar för gas)

I samma studie fann man att förväntad sannolikhet för antändning efter utflöde var

6 %	för bensin
40 %	för gasol (liten läcka)
100 %	för gasol (stor läcka)

3.1 Till Health and Safety Executive i England rapporterade olyckor och tillbud

Till Health and Safety Executive i England rapporterade olyckor och tillbud vid vägtransport av farligt gods som givit upphov till utflöde, med eller utan antändning, 1992-1993, (Owens & Hazeldean, 1995) var 29 fall, varav ett medförde att en person skadades lindrigt.

4. Referenser

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

K A Owens & J A Hazeldean: *Fires, explosions and related incidents at work in 1992-1993*,
Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 8, No. 5 (1995), 291 – 295.

S Lamnevik & R Forsén *Risikanalys av gasolvagnar, med och utan säkerhetsventil*, FOA dnr 93-3527/s, 1993.