

VÄXJÖ KOMMUN

# DETALJERAD RISKBEDÖMNING FÖR DETALJPLAN

ÖJABY 1:17 M.FL., ÖJABYMOTET

2019-11-27



wsp

# Detaljerad riskbedömning för detaljplan

## Öjaby 1:17 m.fl., Öjabymotet

### KUND

**Växjö kommun**

### KONSULT

#### **WSP Brand & Risk**

Box 34

371 21 Karlskrona

Besök: Högabergsgatan 3

Tel: +46 10 7225000

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

Styrelsens säte: Stockholm

<http://www.wspgroup.se>

### KONTAKTPERSONER

Fredrik Larsson

WSP Brand & Risk

[fredrik.j.larsson@wsp.com](mailto:fredrik.j.larsson@wsp.com)

Mikael Johansson

Växjö kommun

[mikael.johansson2@vaxjo.se](mailto:mikael.johansson2@vaxjo.se)

UPPDRAGSNAMN  
RB DP Öjaby 1:17 m.fl.

UPPDRAGSNUMMER  
10262038

FÖRFATTARE  
Fredrik Larsson

DATUM  
2019-11-27

ÄNDRINGSDATUM

GRANSKAD AV  
Gustav Nilsson

GODKÄND AV  
Fredrik Larsson

## Sammanfattning

WSP har av Växjö kommun fått i uppdrag att upprätta en riskbedömning i samband med ny detaljplan för verksamhetsområde inom fastigheten Öjaby 1:17 m.fl. i Växjö kommun.

Syftet med riskbedömningen är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk. Målet med riskbedömningen är att belysa risker förknippade med transporter av farligt gods på närliggande riksväg 25 och riksväg 30 samt risker med hantering av brandfarliga vätskor och gaser vid två planerade drivmedelsstationer inom planområdet. Därtill belyses risker förknippade med flygtrafiken vid Växjö Småland Airport. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa.

Risiknivåerna alstrade av transporter av farligt gods på riksväg 25 och riksväg 30 är acceptabla vid lägen för planerad etablering inom planområdet. Individrisken är att betrakta som låg och acceptabel bortom 25 meter från vägkant.

- Skyddsavstånd mellan riksväg 25 och planerad bebyggelse uppgår till minst 50 meter.
- Skyddsavstånd mellan riksväg 30 och planerad bebyggelse uppgår till minst 30 meter.
- Verksamhet som innefattar hotell (O på plankartan) placeras minst 150 meter från respektive transportled för farligt gods.

Vad gäller hanteringen av brandfarliga vätskor samt fordonsgas vid planerade drivmedelsstationer tillämpas skyddsavstånd till angränsande verksamheter i detaljplanen i enlighet med Länsstyrelsen i Stockholms läns riktlinjer *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transport av farligt gods samt bensinstationer*, MSB:s handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor vid bensinstationer* samt Energigas Sveriges *Anvisningar - Tankstationer för metangasdrivna fordon*.

- Skyddsavstånd kring drivmedelsstation för bensin, diesel och etanol uppgår till minst 27 meter.
- Skyddsavstånd kring tankstation för fordonsgas (med antaget gaslager med volym överstigande 4000 liter) uppgår till minst 25 meter för generell bebyggelse, 50 meter till verksamhet med stor brandbelastning och 100 meter till svårutrymda byggnader.

Det bör noteras att riskbedömningen för drivmedelsstationerna utförts övergripande och utifrån ett detaljplaneperspektiv. Den ersätter inte de riskbedömningar som ska upprättas i samband med projektering av anläggningarna eller av verksamhetsutövare i samband med tillståndsansökan för verksamhet. Skyddsavstånden ska beaktas och tillämpas i samband med bygglovsansökan.

För flygrelaterade risker har den nederländska konsultfirman NLR utfört beräkningar avseende individrisk kring Växjö Småland Airport. I dessa beräkningar har konservativa antaganden gjorts gällande flygplatsens eventuella framtida expansion och trafikökning. De individrisnivåer som beräknats kring flygplatsen vid detta scenario har, utifrån riskvärderingskriterier enligt Skåne läns *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, utgjort grund för placering av verksamhetstyper och aktuella användningsgränser inom detaljplaneområdet.

- Industri (J) och drivmedelsförsäljning (G) medges där individrisk understiger  $10^{-5}$  per år. Inom in- och utflygningszonen medges dock ej:
  - Drivmedelsförsäljning (G).
  - Industri (J<sub>1</sub>) som omfattar tillståndspliktig hantering av brandfarlig vara enligt lagen (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor (LBE).
- Kontor i ett plan (K), centrum (C) etc. medges där individrisk understiger  $10^{-6}$  per år.
- Samtliga verksamheter medges där individrisk understiger  $10^{-7}$  per år och om samtidigt samhällsrisk understiger  $10^{-5}$  per år där N=1 och  $10^{-7}$  per år där N=100.

## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>5</b>
1.1	SYFTE OCH MÅL	5
1.2	OMFATTNING	5
1.3	AVGRÄNSNINGAR	5
1.4	STYRANDE DOKUMENT	6
1.5	UNDERLAGSMATERIAL	9
1.6	INTERNKONTROLL	9
<b>2</b>	<b>OMRÅDESBESKRIVNING</b>	<b>10</b>
2.1	PLANOMRÅDET OCH DESS OMGIVNING	10
2.2	FARLIGT GODS-LEDER	13
2.3	DRIVMEDELSSTATIONER	14
2.4	VÄXJÖ SMÅLAND AIRPORT	15
<b>3</b>	<b>RISKIDENTIFIERING</b>	<b>16</b>
3.1	IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	16
3.2	TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ RIKSVÄG 25 OCH 30	16
3.3	RISKER VID DRIVMEDELSSTATIONER	16
3.4	RISKER MED FLYGTRAFIK VID VÄXJÖ SMÅLAND AIRPORT	18
<b>4</b>	<b>RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING</b>	<b>19</b>
4.1	KRITERIER FÖR RISKVÄRDERING	19
4.2	RISKNIVÅ AVSEENDE FARLIGT GODS-TRANSPORTER PÅ VÄG	21
4.3	RISKNIVÅ VID DRIVMEDELSSTATIONER	23
4.4	RISKNIVÅ AVSEENDE NÄRHET TILL VÄXJÖ SMÅLAND AIRPORT	24
4.5	KOMMENTARER KRING SAMMANLAGD RISKNIVÅ	28
<b>5</b>	<b>RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER</b>	<b>29</b>
5.1	SKYDDSAVSTÅND TILL FARLIGT GODS-LEDER	29
5.2	SKYDDSAVSTÅND TILL DRIVMEDELSSTATIONER	29
5.3	SKYDDSAVSTÅND GÄLLANDE FLYGRELATERADE RISKER	30
<b>6</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>SLUTSATSER</b>	<b>32</b>
<b>BILAGA A.</b>	<b>FREKVENSBERÄKNINGAR – VÄGNÄT</b>	<b>33</b>
<b>BILAGA B.</b>	<b>KONSEKVENSBERÄKNINGAR – VÄGNÄT</b>	<b>45</b>
<b>BILAGA C.</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>51</b>
<b>BILAGA D.</b>	<b>FLYGRISKANALYS</b>	<b>55</b>

# 1 INLEDNING

WSP har av Växjö kommun fått i uppdrag att upprätta en riskbedömning i samband med ny detaljplan för verksamhetsområde inom fastigheten Öjaby 1:17 m.fl. i Växjö kommun.

Enligt Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1]. Motsvarande riktlinjer saknas i Kronobergs län, men i aktuellt fall hänvisas till Skåne läns *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)* [2]. Planområdet angränsar i söder till riksväg 25 och i öster till riksväg 30, vilka båda är primära transportleder för farligt gods.

Inom planområdet planeras vidare för två drivmedelsstationer. *RIKTSAM* anger inga specifika skyddsavstånd etc. gällande denna typ av verksamhet. Länsstyrelsen i Stockholms län anger i dokumentet *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer* [3] att riskanalys ska utgöra underlag vid planering inom 100 meter från en drivmedelsstation.

I samrådsyttranden gällande planförslaget har Länsstyrelsen [4] och Trafikverket [5] därtill framställt krav på riskanalys gällande flygrelaterade risker med anledning av närheten till Växjö Småland Airport.

Med anledning av Länsstyrelsens och Trafikverkets krav upprättas denna riskbedömning som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-leder och flygplats samt hantering av brandfarlig vara inom de planerade drivmedelsstationerna.

## 1.1 SYFTE OCH MÅL

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

## 1.2 OMFATTNING

Riskbedömningen avser beskriva riskbilden med syfte att möjliggöra en bedömning av detaljplanens lämplighet med avseende på liv och hälsa i enlighet med krav för markanvändning i Plan- och bygglagen, samt att vid behov föreslå riskreducerande åtgärder. Bedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

- Vad kan inträffa? (riskidentifiering)
- Hur ofta kan det inträffa? (frekvensberäkningar)
- Vad är konsekvensen av det inträffade? (konsekvensberäkningar)
- Hur stor är risken? (riskuppskattning)
- Är risken acceptabel? (riskvärdering)
- Rekommenderas åtgärder? (riskreduktion)

## 1.3 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med transport av farligt gods på riksväg 25 och riksväg 30, hantering av brandfarlig vara vid de planerade drivmedelsstationerna inom planområdet samt

flygtrafik vid Växjö Småland Airport. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av elsäkerhet, påkörning eller kollision samt långvarig exponering av buller och luftföroreningar.

Flygrelaterade risker avser riskpåverkan på tredje man vid in- och utflygning och omfattar inte hinderfrihet, detaljplanens eventuella inverkan på ökad fågelförekomst, turbulens, buller etc.

Resultatet av riskbedömningen gäller under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras.

Det bör noteras att riskbedömningen för drivmedelsstationerna utförs övergripande och utifrån ett detaljplaneperspektiv. Den ersätter inte de riskbedömningar som ska upprättas i samband med projektering av anläggningar eller av verksamhetsutövare i samband med tillståndsansökan för verksamhet. Bedömningen utgår från uppförandet av nytt verksamhetsområde, vilket inkluderar två drivmedelsstationer och innefattar därmed i huvudsak en bedömning av avstånd och lokala förhållanden. Ingen bedömning av huruvida drivmedelsstationerna i sig uppfyller relevanta krav är möjlig i detta skede.

## 1.4 STYRANDE DOKUMENT

I detta avsnitt redogörs för de dokument som huvudsakligen varit styrande i framtagandet och utformningen av riskbedömningen.

### 1.4.1 Plan- och bygglagen

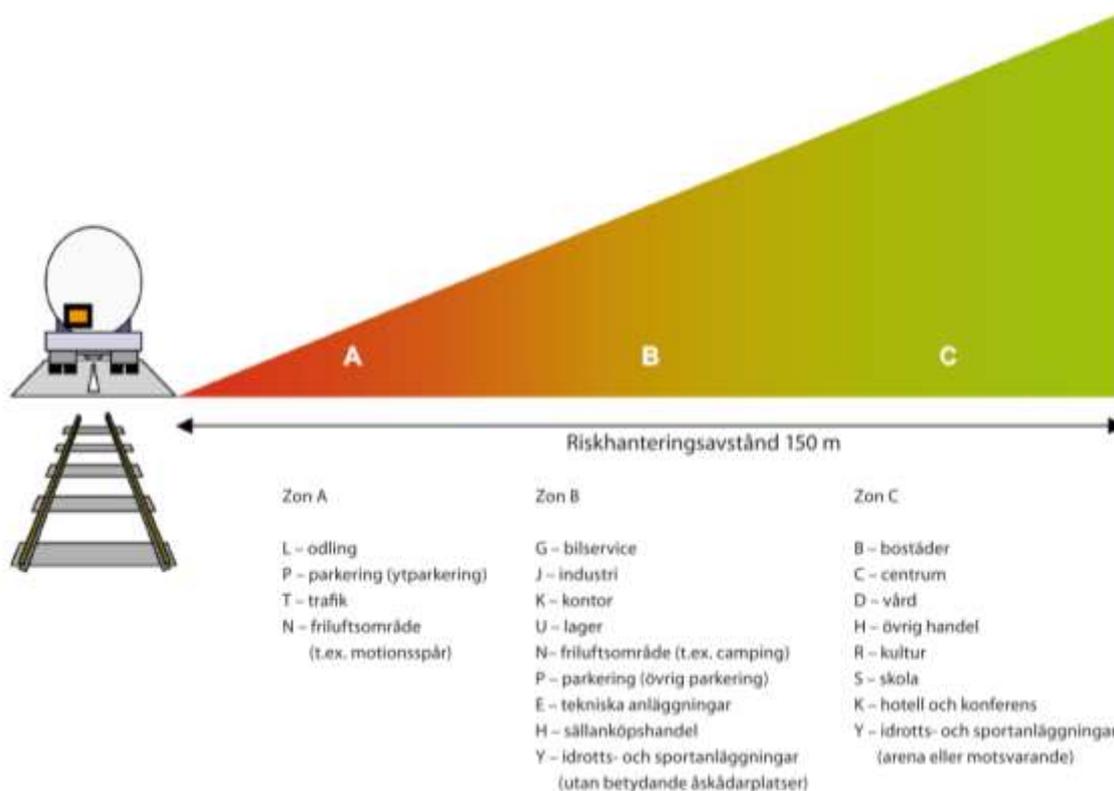
Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

*Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till [...] människors hälsa och säkerhet, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 5§)*

*Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till [...] skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 6§)*

### 1.4.2 Riktlinjer farligt gods-leder

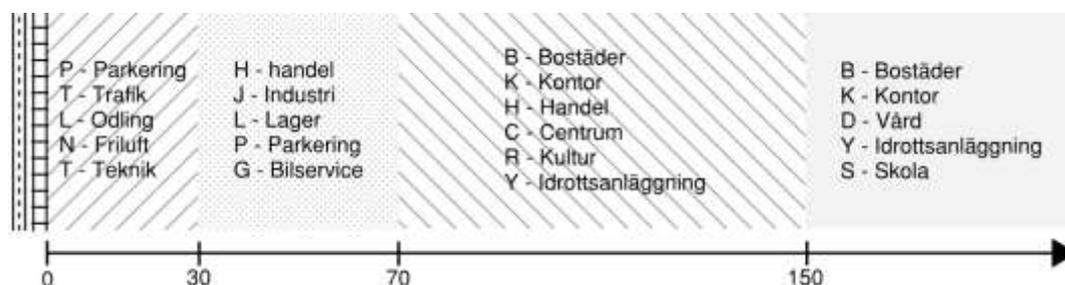
Länsstyrelsernas i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument *Riskhantering i detaljplaneprocessen* [1] anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods. Motsvarande riktlinjer saknas i Kronobergs län, men i aktuellt fall hänvisas till riktlinjer för Skåne län. I Figur 1 illustreras lämplig markanvändning i anslutning till transportleder för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering. En och samma markanvändning kan därmed tillhöra olika zoner.



Figur 1. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods [1].

Länsstyrelsen i Skåne län har därtill tagit fram *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods (RIKTSAM)* [2]. I RIKTSAM föreslås tre vägledningsnivåer för att säkerställa att tillfredsställande och jämförbar säkerhet åstadkoms i samhällsplaneringen. Vägledning 1 baseras enbart på skyddsavstånd, och uttrycks som minimiavstånd för god planering mellan transportleder och markanvändning, se Figur 2. Vägledning 2 baseras på deterministiska kriterier (hänsyn till konsekvenser som tänkbara scenarier medför). Vägledning 3 baseras på probabilistiska kriterier (hänsyn till såväl sannolikhet som konsekvens av tänkbara scenarier) avseende individ- och samhällsrisk. Vägledningarna ska tillämpas för bebyggelse som planeras inom vägledningsområdet 200 meter från transportleder för farligt gods.

I aktuellt fall nyttjas vägledning 3 som underlag för riskbedömning.



Figur 2. Föreslagna skyddsavstånd i Vägledning 1 [2].

Industri (verksamhet J) och bilservice (G) skall normalt placeras på ett avstånd om minst 30 meter från riskkälla, enligt Figur 2 ovan [2]. För exemplen kontor (K) och centrumverksamhet (C) gäller 70 meter. För användning K som även innefattar hotell gäller 150 meter. I aktuellt fall planeras avstånd till etableringen uppgå till som närmast ca 50 meter från riksväg 25 respektive 30 meter från riksväg 30, varvid angreppssättet probabilistisk analys tillämpas i enlighet med Vägledning 3 beskriven ovan.

### 1.4.3 Riktlinjer från Länsstyrelsen, MSB och Energigas Sverige

Länsstyrelsen i Skåne Läns riktlinjer *RIKTSAM* saknar avståndsangivelser gällande skyddsavstånd kring drivmedelsstationer. Länsstyrelsen i Stockholms län anger i dokumentet *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer* [3] att riskanalys ska utgöra underlag vid planering inom 100 meter från en drivmedelsstation.

I MSB:s handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på drivmedelsstationer* [6] redovisas rekommenderade avstånd till drivmedelsstationer beroende av bebyggelseyp och hanterade ämnen. Nedanstående riktvärden för avstånd utgår från cistern under jorden med brandfarlig vätska klass 1. Tabellen visar vilka avstånd (meter) som bör säkerställas (för projektering av respektive drivmedelsstation skall handboken studeras i detalj).

Tabell 1. Avståndskrav i meter inom och runt om drivmedelsanläggning för vätskeformiga drivmedel.

Objekt	Påfyllningsanslutning till cistern	Mätarskåp	Pejlförskruvning	Cisternavluftningens mynning
Plats där människor vanligen vistas <sup>1</sup>	25	18	6	12
Stor brandbelastning, gnistbildande verksamhet, öppen eld	25	18	6	12
Stationsbyggnad	12	6	3	6
Utrymningsväg från stationsbyggnad <sup>2</sup>	18	9	6	12
Byggnad där människor vanligen inte vistas <sup>3</sup> eller byggnad med låg brandbelastning	9	3	3	3
Förråd med lösa behållare med brandfarlig vara	12	3	3	6
Cistern ovan mark för brandfarlig vätska	3	3	-	-
Starkt trafikerad väg eller gata	3	3	3	3
Parkeringsplatser	6	3	3	6

1. Bostad, kontor, gatukök, butik, servering, busshållplats

2. Gäller för minst en utrymningsväg. Nödutgång bör inte mynna mot pumpområdet.

3. Fristående garage, förråd etc.

För tankstationer för fordonsgas gäller Energigas Sveriges anvisningar TSA 2015 "Anvisningar – tankstationer för metangasdrivna fordon". [7]

TSA 2015 är en anvisning framtagen av fordonsgasbranschen som avser visa ett säkert sätt att bygga tankstationer för metangasdrivna fordon som uppfyller lagstiftningens krav. Utgångspunkten är att det mesta som gäller avstånd kan tolkas in i de avståndstabeller som finns i anvisningen. Dessa avstånd är baserade på beräkningar om ömsesidig brandpåverkan som finns i föreskrifterna om brandfarlig gas i lös behållare (SÄIFS 1998:7). [8]

Tabell 2 redovisar minsta avstånd mellan gaslager och byggnader/verksamheter utanför stationsområdet. Om avstånden går in på annans fastighet bör servitut övervägas. Volymen avser gaslagrens geometriska volym ("vattenvolym"). [7]

Tabell 2. Avståndskrav i meter mellan tankstation för fordonsgas och verksamhet utanför stationsområdet [7].

Gaslager [liter] / Objekt	Byggnad, antändbart material, brandfarlig verksamhet	Stor brandbelastning <sup>3</sup>	Utgång från svårutrymda lokaler <sup>4</sup>
V > 4000	25 <sup>1</sup>	50 <sup>1</sup>	100
1000 < V ≤ 4000	6 <sup>1</sup>	25 <sup>1</sup>	100
60 < V ≤ 1000	3 <sup>2</sup>	25 <sup>2</sup>	100
Dispenser	6 <sup>1</sup>	25 <sup>1</sup>	100

1. Med avskiljning i lägst brandteknisk klass EI 60 får avståndet minskas till hälften

2. Med avskiljning i lägst brandteknisk klass EI 60 behövs inget minsta avstånd

3. Exempelvis brädgård, däckupplag, cistern för brandfarlig vätska eller gas ovan mark

4. Exempelvis skola eller lokal avsedd att inrymma en publik

## 1.5 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras på bland annat följande underlag:

- Detaljplan Öjaby 1:17 m.fl., Plankarta – samrådshandlig, utkast, Växjö kommun [9]
- Detaljplan Öjaby 1:17 m.fl., Planbeskrivning – samråd, utkast, Växjö kommun [10]
- An analysis of third party risk around Växjö Småland Airport, NLR – Netherland Aerospace Centre, se Bilaga D.

## 1.6 INTERNKONTROLL

Rapporten är upprättad av Fredrik Larsson (Brandingenjör/Civilingenjör Riskhantering). I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning är Gustav Nilsson (Brandingenjör/Civilingenjör Riskhantering).

## 2 OMRÅDESBESKRIVNING

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av planområdet med omgivning med syfte att beskriva de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen.

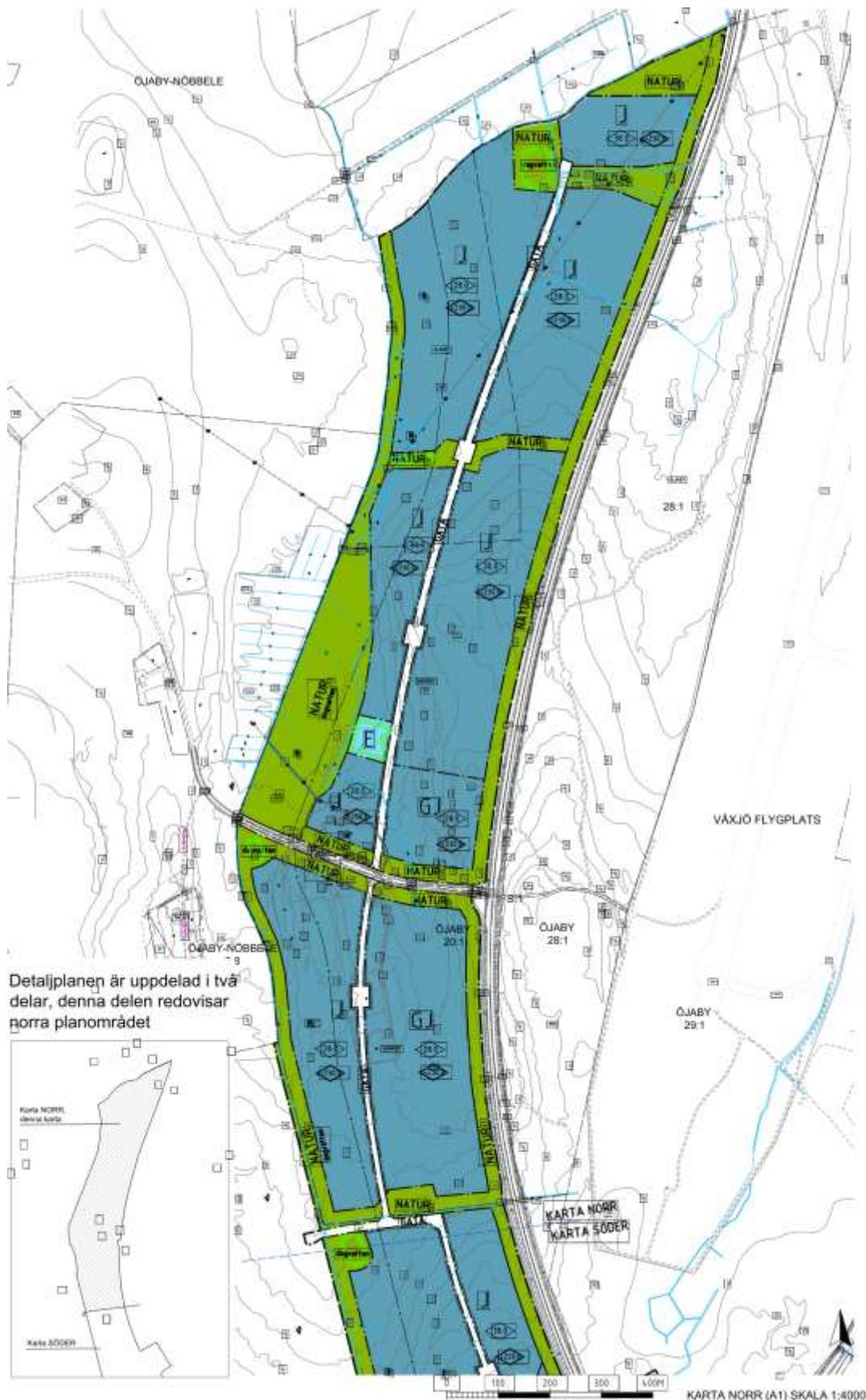
### 2.1 PLANOMRÅDET OCH DESS OMGIVNING

Planområdet är beläget väster om Öjaby och norrut längsmed riksväg 30. I söder angränsar det till riksväg 25. Det ligger vidare i nära anslutning till Växjö Småland Airport (Växjö flygplats), se Figur 3 nedan. Planområdet är idag i stort sett obebyggt.

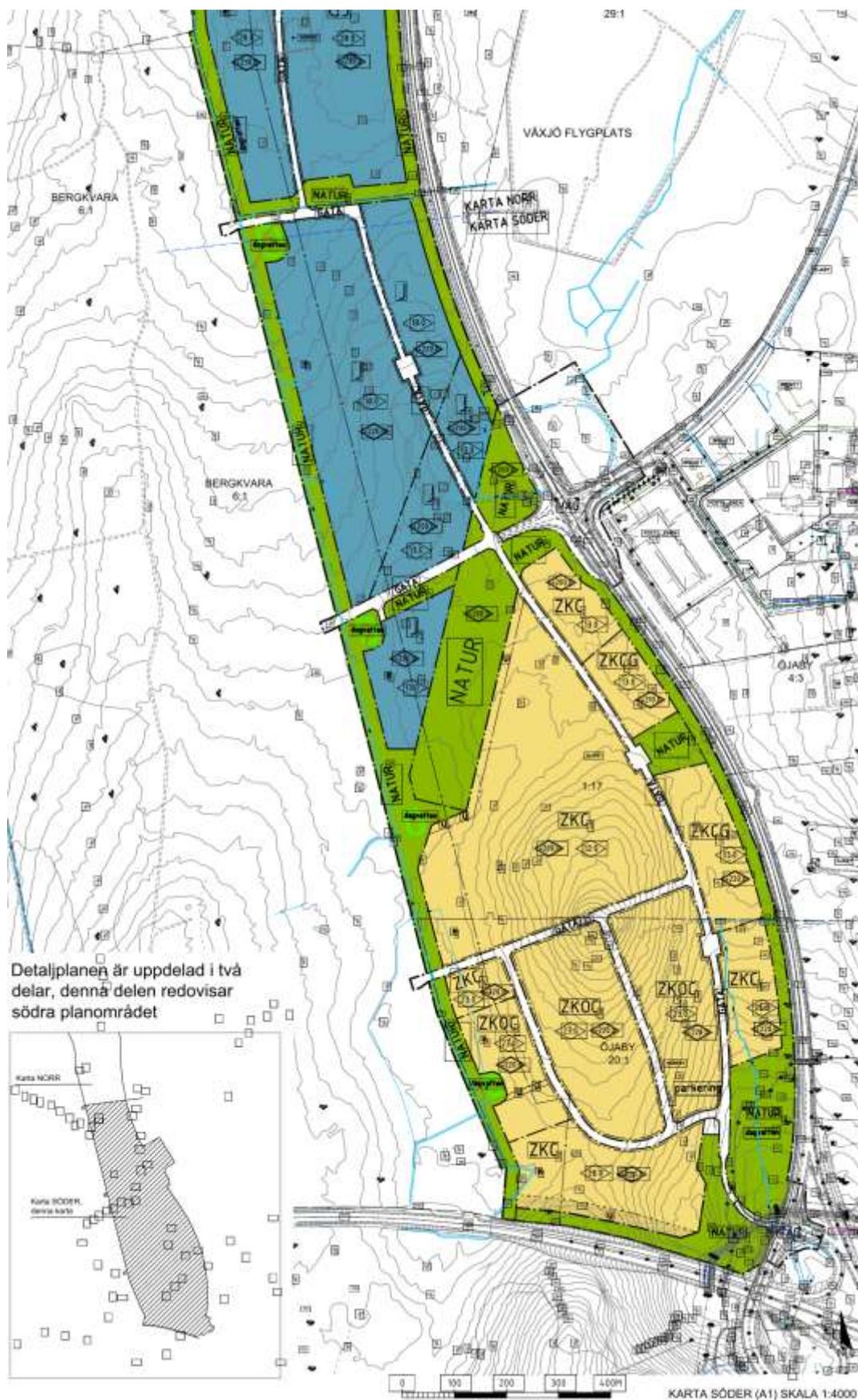


Figur 3. Planområdets ungefärliga utbredning markerat med vit punktstreckad linje. [10]

Planens syfte är bland annat att skapa ett verksamhetsområde med en bred variation av verksamheter som har god tillgänglighet och flexibla tomter för framtiden. I detta innefattas industri (J), drivmedelsförsäljning (G), verksamheter (Z), centrumverksamhet (C), kontor (K) och tillfällig vistelse i form av konferens/hotell (O). Den norra delen av detaljplaneområdet innefattar främst industri och den södra delen övriga verksamheter, se vidare Figur 4 och Figur 5.



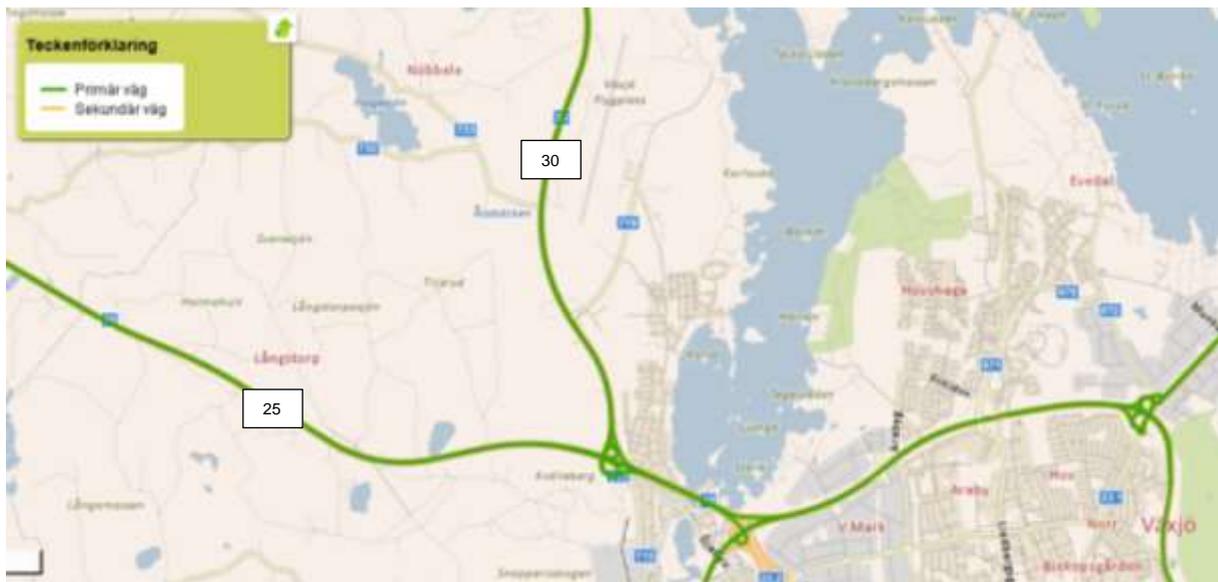
Figur 4. Planerad disponering av den norra delen av planområdet. [9]



Figur 5. Planerad disponering av den södra delen av planområdet. [9]

## 2.2 FARLIGT GODS-LEDER

Planområdet angränsar till riksväg 25 i söder och riksväg 30 i öster. Båda dessa vägar utgör primära transportleder för farligt gods, se Figur 6. Detta innebär att vägarna rekommenderas för transporter med farligt gods och att genomfartstrafik förekommer. Det finns ingen heltäckande statistik eller prognoser över hur stora mängder farligt gods som transporteras på svenska vägar. Det finns inga restriktioner för olika farligt gods-klasser på aktuella vägar och teoretiskt sett kan därför transporter av samtliga klasser av farligt gods förekomma på vägarna.



Figur 6. Primära transportleder för farligt gods i planområdets närhet. [11]

### 2.2.1 Riksväg 25

Riksväg 25 ingår i det nationella stamvägnätet som riksdagen fastställt. Vägarna i det nationella stamvägnätet är av särskild nationell betydelse. Riksväg 25 är en viktig tvärförbindelse mellan vägarna E6, E4 och E22 i södra Sverige samt förbinder Halmstad med Växjö och Kalmar.

Vägen förutsätts förbli oförändrad i samband med exploateringen inom planområdet. Aktuellt vägavsnitt utgörs av mötesfri väg med två filer i vardera riktningen. Invid Öjabymotet finns dessutom på- och avkörningsfiler. Mellan körriktningarna finns dike och dubbla avåkningsräcken. Hastighetsbegränsningen för vägavsnittet är 100 km/h.

Trafikprognoser för år 2030 anger att ÅDT kommer uppgå till ca 14 800 fordon per dygn, givet en utbyggnad enligt planförslaget. Tung trafik utgör 14 % enligt prognosen [12]. För aktuell riskbedömning görs konservativt en schablonmässig årlig uppräknings om ytterligare 2 % av ÅDT till horisontår 2040.

Länsstyrelsens beslut om utökat byggnadsfritt avstånd enligt Väglagen §47 utgör också ett underlag för planläggning. Enligt detta beslut gäller för riksväg 25 ett avstånd på 50 meter från vägområdet. Detta avstånd har legat till grund för utformning av plankartan enligt Figur 5.

### 2.2.2 Riksväg 30

Riksväg 30 utgör förbindelse mellan regionala centra, vilket innebär att vägen är av särskild regional betydelse. Vägen binder samman Växjö och Jönköping, och har i första hand stor betydelse för näringslivets transportbehov.

Vägen förutsätts utgöra mötesfri väg (2+1-väg med vajerräcke som åtskiljer köriktningarna) även efter exploatering enligt planförslaget. Två nya cirkulationsplatser planeras för anslutningar till planområdets södra del respektive mot flygplatsen. Hastighetsbegränsningen för vägvägnittet förväntas maximalt bli 100 km/h med sänkningar vid cirkulationsplatserna

Trafikprognoser för år 2030 anger att ÅDT kommer uppgå till ca 12 470 fordon per dygn, givet en utbyggnad enligt planförslaget. Tung trafik utgör 1 6% enligt prognosen [12]. För aktuell riskbedömning görs konservativt en schablonmässig årlig uppräknig om ytterligare 2 % av ÅDT till horisontår 2040.

Länsstyrelsens beslut om utökat byggnadsfritt avstånd enligt Väglagen §47 utgör också ett underlag för planläggning. Enligt detta beslut gäller för riksväg 30 ett avstånd på 30 meter från vägområdet. Detta avstånd har legat till grund för utformning av plankartan enligt Figur 4 och Figur 5.

## 2.3 DRIVMEDELSSTATIONER

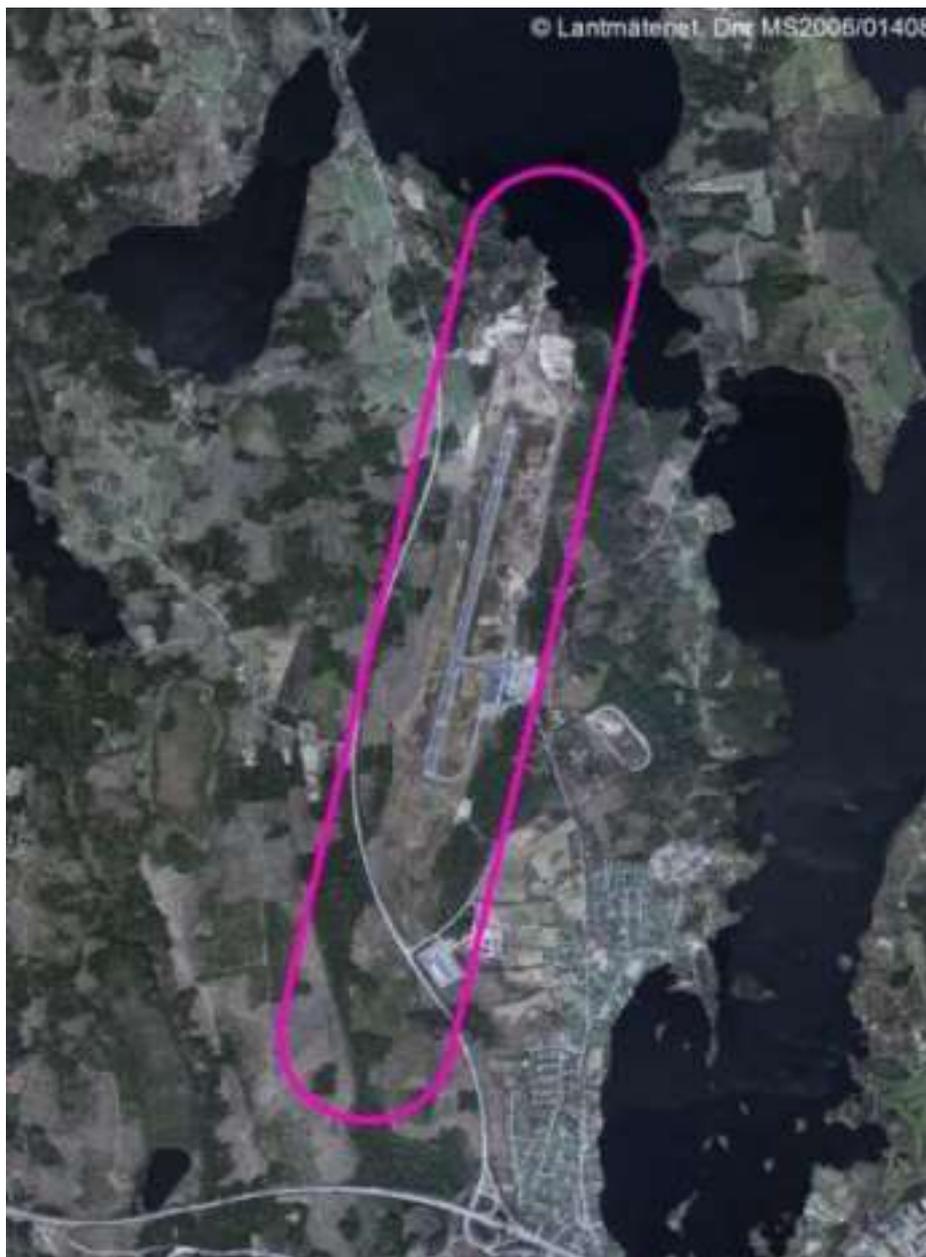
Drivmedelsförsäljning (G) planeras upplåtas inom tre av planområdets fastigheter, se Figur 7. Såväl ordinära bensinstationer för vätskeformiga drivmedel (bensin, diesel och E85) som drivmedelsstationer för fordonsgas kan komma att bli aktuellt. Stationsutformning, försäljningsvolymmer etc. finns ej att tillgå i detta skede.



Figur 7. Fastigheter som planeras upplåtas för drivmedelsförsäljning (G) gulmarkerade.

## 2.4 VÄXJÖ SMÅLAND AIRPORT

Planområdet ligger delvis inom riksintresset för flygplatsen. För att säkerställa flygplatsens funktion måste markanvändning som inte är luftfartsanknuten prövas från fall till fall innan den accepteras inom riksintresseområdet. Området sträcker sig 1500 meter norrut från landningsbanans norra spets respektive 2000 meter söderut från landningsbanans södra spets. Söderut har höjd tagits för en eventuell utökning av landningsbanan med 500 meter. Figur 8 redovisar området för riksintresset. [10]



Figur 8. Riksintresseområdet kring flygplatsen markerat med lila linje. [10]

I en flygbullerutredning [12] för Växjö Småland Airport redovisas flygtrafiken till och från Växjö flygplats från oktober år 2010 till september år 2011, som ca 7500 rörelser/år. I utredningen har antalet flygrörelser för prognosår 2030 beräknats till ca 13 000 rörelser/år. Under år 2018 uppgick antalet flygrörelser vid Växjö flygplats till ca 6400.

I flygplatsens miljö tillstånd medges maximalt 24 500 flygrörelser per år. [13]

### 3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen.

#### 3.1 IDENTIFIERING OCH BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR

Identifieringen av potentiella riskkällor grundar sig i litteratur- och kartstudier samt kontakter med Växjö kommun. De riskkällor som bedöms påverka risksituationen i planområdet är transporter av farligt gods på riksväg 25 och riksväg 30, hanteringen av brandfarliga varor vid de två planerade drivmedelsstationerna inom planområdet samt flygtrafiken vid Växjö Småland Airport.

Växjö Småland Airport utgör så kallad farlig verksamhet enligt Lag (2003:778) om skydd mot olyckor, bland annat med anledning av hantering av brandfarliga vätskor i form av flygbränsle. Avstånd mellan flygplatsens hantering av brandfarliga vätskor och aktuellt detaljplaneområde överstiger 800 meter varvid denna riskkälla (hantering av brandfarlig vätska) inte utreds vidare inom ramen för denna riskbedömning.

I övrigt har inga farliga verksamheter, Sevesoanläggningar etc. identifierats i planområdets omgivning.

#### 3.2 TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ RIKSVÄG 25 OCH 30

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; klass 1, 2, 3 och 5. Se även bilaga A.2.

Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 3.

Tabell 3. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarioer, förknippade med transporter av farligt gods, baserat på rådande förutsättningar.

Explosiva ämnen Klass 1	Brandfarlig gas Klass 2.1	Giftig gas Klass 2.3	Brandfarlig vätska Klass 3	Oxiderande ämnen Klass 5.1
Liten explosion	BLEVE	Litet läckage	Liten pölbrand	Explosion
Medelstor explosion	Gasmolns-explosion	Medelstort läckage	Medelstor pölbrand	Brand
Stor explosion	Liten jetflamma Mellan jetflamma Stor jetflamma	Stort läckage	Stor pölbrand	

#### 3.3 RISKER VID DRIVMEDELSSTATIONER

Det är inte fastlagt vilken typ av drivmedelsstationer som avses etableras inom detaljplaneområdet. Därför redogörs i följande avsnitt för såväl ordinära bensinstationer (bensin, diesel och etanol) som tankstationer för fordonsgas.

### 3.3.1 Risker med brandfarlig vätska

Två olika typer av läckage bedöms vara aktuella vid drivmedelsstationerna: olycka vid tankning och olycka vid påfyllnad av cistern för brandfarlig vätska.

De utsläpp som kan antas inträffa i samband med tankning är exempelvis då någon glömmer att hänga tillbaka pistolhandtaget på mätarskåpet efter avslutad tankning, låser pistolhandtaget men inte ansluter handtaget till bilens drivmedelstank etc. Dagens mätarskåp är i regel utrustade med flödesbegränsare som stryker pumpen efter 100 liter. Med ett pöldjup på ca 1 cm skulle den resulterande pölen bli ca 10 m<sup>2</sup>.

Större olyckor vid drivmedelsstationer sker generellt i samband med lossning av drivmedel från tankfordon till cistern. Olyckor kan uppkomma exempelvis om slangen mellan bilen och cisternen brister eller lossnar, handhavandefel av operatör, påkörning under lossning, felfungerande pump/nödstopp etc. Vid ett läckage kan det uppkomma en bränslepöl som i sin tur kan antändas och därmed hota såväl byggnader som tankbilen och omgivningen. Dagens tankbilar gör det dock möjligt för chauffören att snabbt kunna stoppa lossningen. Det dimensionerande skadefallet för läckage på drivmedelsstation anges till en bränslepöl på 300 m<sup>2</sup> [3]. En bränslepöl på 300 m<sup>2</sup> motsvarar ett läckage på cirka 10 m<sup>3</sup>. Detta värde bedöms vara något högt eftersom tankbilar idag är sektionerade. Ett mer troligt fall är istället att ett helt fack i tankbilen rinner ut, viket motsvarar cirka 5 m<sup>3</sup> bränsle.

Vid antändning av nämnda bränslepölar bildas så kallade pölbränder med varierande storlek baserat på pölens diameter.

Vid trafikolyckor som involverar tankfordon/drivmedelsleveranser till drivmedelsstationen kan också läckage och pölbränder uppstå med motsvarande storlekar som nämnts ovan.

Baserat på ovanstående scenariobeskrivningar, har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 4.

Tabell 4. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarioer, kopplade till hantering av brandfarlig vätska, baserat på rådande förutsättningar.

Brandfarlig vätska	Typ av händelse	Utläckt volym
Liten pölbrand	Olycka vid tankning	100 liter
Medelstor pölbrand	Olycka vid lossning	5 m <sup>3</sup>
Stor pölbrand	Stor olycka vid lossning	10 m <sup>3</sup>

### 3.3.2 Risker med brandfarlig gas

Metangas är lättare än luft, vilket innebär att den stiger om den läcker ut. Brännbarhetsområdet för metangas är ca 5-15 %. Gasen förvaras under högt tryck i gaslager bestående av flera cylinderformade tryckkärl. Metan som fordonsbränsle kan kallas för fordonsgas, biogas, naturgas eller CNG. En tankstation för metangas består i huvudsak av en leveranspunkt, en kompressorbyggnad och en eller flera dispensers. Leverans av metangas till aktuell anläggning sker via markledning. Kompressorbyggnaden är i sin tur vanligtvis uppdelad i flera brandtekniskt avskilda rum. Ett för ett stationärt gaslager, ett för kompressorer, samt ett med övrig utrustning (t.ex. el- och styrutrustning). [14]

Det vanligaste tillbudet på tankstationer är när någon åker från tankstället med slangen kopplad till bilen. Tankningsslangen är försedd med en dragbrottsventil som stänger flödet från dispensern. Den mängd metangas som kommer ut är därför mycket begränsad. Allvarigare olyckor har dock inträffat på

grund av felhantering från konsumenter som har försökt tanka bilar avsedda för andra typer av bränslen med hjälp av adapter. [14]

Vid all hantering av gas kan olika typer av läckage ske, exempelvis på grund av den mänskliga faktorn (felhantering) eller på grund av felande material. Olyckor med läckage av brandfarlig gas bedöms generellt kunna leda till tre olika scenarier:

- Utsläppet antänds direkt och bildar en jetflamma.
- Gasen antänds inte direkt utan ett brännbart gasmoln sprids med hjälp av vinden och kan antändas senare vid kontakt med en tändkälla.
- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) där behållare värms upp av extern låga till den rämnar av övertryck.

Tabell 5. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarier, kopplade till hantering av brandfarlig gas, baserat på rådande förutsättningar.

<b>Brandfarlig gas</b>
Gasmolnsexplosion
Liten jetflamma
Mellan jetflamma
Stor jetflamma
BLEVE

### 3.4 RISKER MED FLYGTRAFIK VID VÄXJÖ SMÅLAND AIRPORT

Den nederländska konsultfirman NLR har som underlag för detaljplanen tagit fram en separat riskanalys gällande flygrelaterade risker, se Bilaga D. I NLR:s riskanalys studeras individrisknivåer kring flygplatsen för tre olika scenarier gällande flygplatsens förekommande trafik och läge för landningsbanan:

- Risknivåer med 6400 flygrörelser per år (motsvarande trafik år 2018)
- Risknivåer med 24 500 flygrörelser per år (motsvarande fullt utnyttjat miljötillstånd)
- Risknivåer med 24 500 flygrörelser per år (motsvarande fullt utnyttjat miljötillstånd) och förlängd landningsbana 500 meter i riktning söderut (enligt riksintressepreciseringen för flygplatsen)

De riskscenarier som studeras i NLR:s riskanalys beskrivs utförligt i Bilaga D (Bilaga D, avsnitt 4). Riskberäkningarna utförs med en beräkningsmodell som är framtagen i samarbete med, och förankrad hos, nederländska myndigheter.

## 4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods-transporter på riksväg 25 och 30 samt hantering av brandfarliga vätskor och fordonsgas på de planerade drivmedelsstationerna. Därtill redovisas individrisknivåer alstrade av flygtrafiken vid Växjö Småland Airport. Resonemang ges kring samlad risknivå och riskvärdering genomförs.

### 4.1 KRITERIER FÖR RISKVÄRDERING

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk [15].

**Individrisk** – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas i en specifik punkt omkommer. Individrisken är platsspecifik och oberoende av hur många personer som vistas inom det givna området. Syftet med riskmålet är att kvantifiera risken på individnivå för att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabel risk.

Individrisk redovisas ofta med en individriskprofil (t.v. i Figur 9) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Kan även redovisas som konturer på karta.

**Samhällsrisk** – Beaktar hur stor konsekvensen kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika scenarier där hänsyn tas till befolkningstätheten inom det aktuella området. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Risker kan kategoriskt delas upp i oacceptabla, acceptabla med restriktioner och acceptabla risker.

Risker som klassificeras som **oacceptabla** värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.

De risker som bedöms vara **acceptabla med restriktioner** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttoanalys.

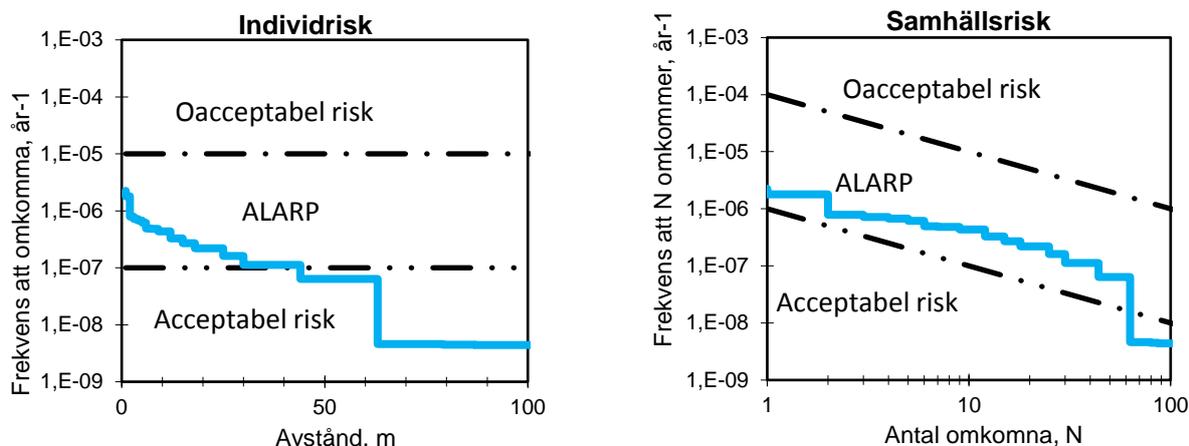
De risker som kategoriseras som låga kan värderas som **acceptabla**. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas där åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

I Tabell 6 redogörs för DNV:s uppställda kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Gränserna markeras med streckade linjer enligt Figur 9.

Tabell 6. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV [15].

Riskmätt	Acceptabel risk	ALARP	Oacceptabel risk
Individrisk	$< 10^{-7}$	$10^{-7}$ till $10^{-5}$	$> 10^{-5}$
Samhällsrisk*	$< 10^{-6}$	$10^{-6}$ till $10^{-4}$	$> 10^{-4}$

\* För N=1 med lutning på F/N-kurva: -1



Figur 9. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [15].

Samhällsrisken redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 9) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.

I *RIKTSAM* [2] anges ytterligare kriterier för riskvärdering vad gäller risker förknippade med transporter av farligt gods. I vägledning 3 anges att risksituationen bör kunna bedömas tolerabel vid planering av bland annat industri (J), bilservice (G) etc. vid ett kortare skyddsavstånd än 30 meter från transportleden om följande kombinationer av kriterier uppfylls:

- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att individrisken understiger  $10^{-5}$  per år.
- Den deterministiska analysen kan påvisa att riskerna med hårda konstruktioner eller motsvarande, som kan orsaka skada på eventuellt avåkande fordon, kan undvikas.

Vid planering av bland annat kontor i ett plan, dock ej hotell (K), centrum (C) etc. vid ett kortare skyddsavstånd än 70 meter från transportleden gäller följande kombinationer av kriterier:

- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att individrisken understiger  $10^{-6}$  per år.
- Den deterministiska analysen kan påvisa att det "nettotillskott" av oönskade händelser reduceras eller elimineras av förhållandena på platsen eller efter åtgärder.

Vid planering av bland annat kontor innefattande användning hotell (K), vilket betraktas som känsligare verksamhet, vid ett kortare skyddsavstånd än 150 meter från transportleden, bör risksituationen kunna bedömas tolerabel om följande kombinationer av kriterier uppfylls:

- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att individrisken understiger  $10^{-7}$  per år.
- Den probabilistiska riskanalysen kan påvisa att samhällsrisken understiger  $10^{-5}$  per år där  $N=1$  och  $10^{-7}$  per år där  $N=100$ .
- Den deterministiska analysen kan påvisa att det "nettotillskott" av oönskade händelser reduceras eller elimineras av förhållandena på platsen eller efter åtgärder.

Notera att samtliga ovan nämnda kriterier för värdering av risk gäller risker förknippade med farligt gods-transporter på väg och järnväg. För flygrelaterade risker saknas motsvarande kriterier.

I aktuell riskbedömning görs riskvärdering avseende risker förknippade med farligt gods-transporter primärt utifrån *RIKTSAM*:s värderingskriterier eftersom Länsstyrelsen i Kronobergs län hänvisat till dessa riktlinjer.

Vad gäller riskberäkningarna som utförs för de flygrelaterade riskerna utförs riskvärdering också enligt *RIKTSAM*:s värderingskriterier. Angreppssättet bedöms vara rimligt då t.ex. den beräknade individrisken är platsspecifik och i princip inte beror av riskkällans art.

Ovanstående tolkning och tillämpning av *RIKTSAM*:s värderingskriterier görs i avsaknad av vedertagna kriterier för värdering av flygrelaterade risker såväl internationellt som nationellt. Som jämförelse kan nämnas de nederländska och brittiska kriterier som tillämpas i motsvarande sammanhang, se vidare Bilaga D, avsnitt 5:

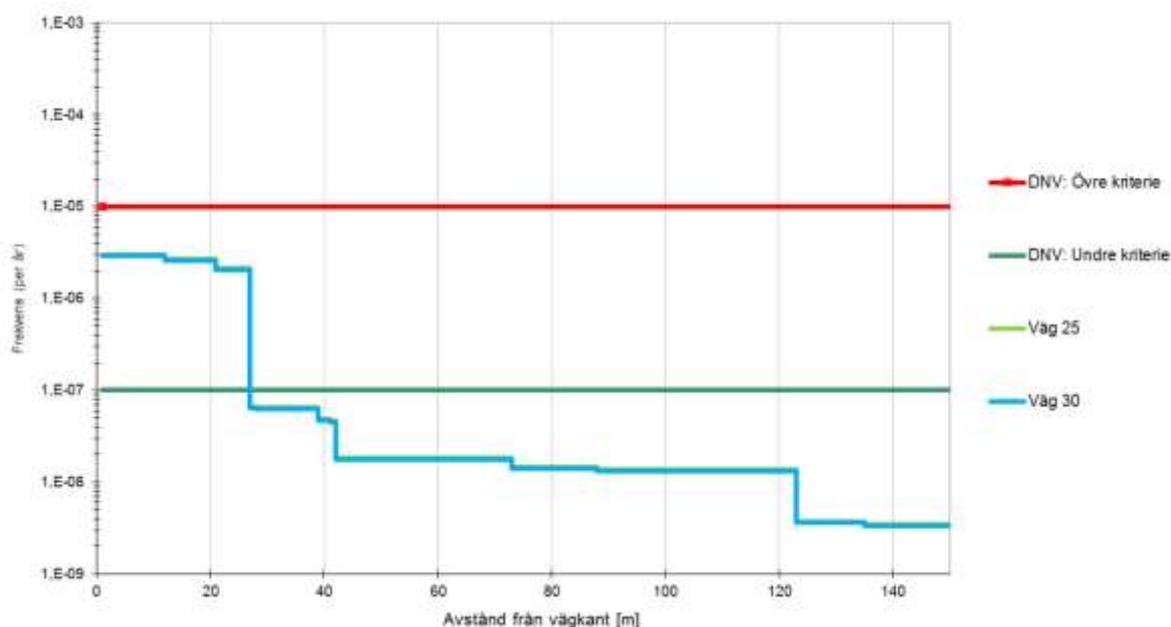
- Inom zon med individrisk som överstiger  $10^{-5}$  per år medges inga nya byggnader enligt de nederländska kriterierna. För befintliga byggnader erbjuds inlösen och rivning på frivillig basis. Motsvarande gräns i Storbritannien är  $10^{-4}$ .
- Inom zon med individrisk som överstiger  $10^{-6}$  per år medges inga nya byggnader om inte undantag kan beviljas enligt de nederländska kriterierna. Undantag kan beviljas för t.ex. byggnader med låg personintensitet. Motsvarande gräns i Storbritannien är  $10^{-5}$ .
- Inom zon med individrisk som understiger  $10^{-6}$  per år medges nya byggnader. Motsvarande gräns i Storbritannien är  $10^{-5}$ .

Jämförelsevis är *RIKTSAM*:s och de nederländska kriterierna likartade för zoner med individrisknivåer överstigande  $10^{-5}$  och  $10^{-6}$  per år. Både *RIKTSAM*:s och de nederländska kriterierna är mer konservativa än de brittiska. *RIKTSAM*:s kriterier är mer konservativa än de nederländska vad gäller känslig bebyggelse.

## 4.2 RISKNIVÅ AVSEENDE FARLIGT GODS-TRANSPORTER PÅ VÄG

Det är nödvändigt att använda sig av både individrisk och samhällsrisk vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas.

### 4.2.1 Individrisknivå orsakad av farligt gods-transporter



Figur 10. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på riksväg 25 och riksväg 30.

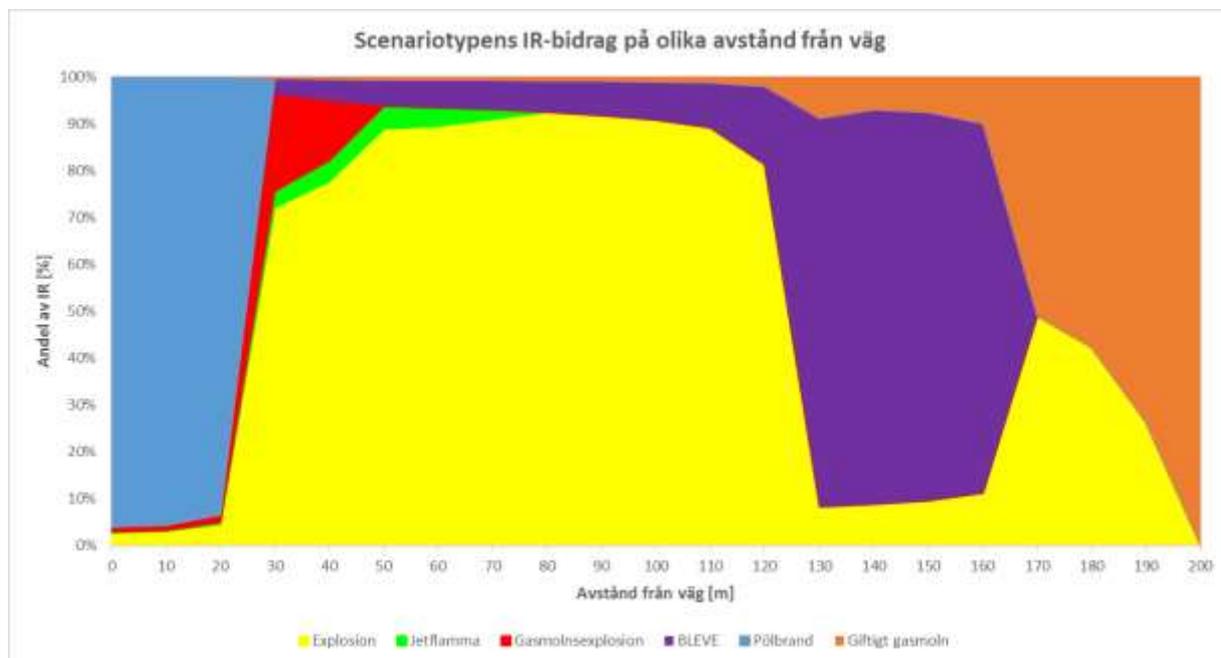
Individrisknivån är högre än  $10^{-7}$  inom 25 meter från väggkant gällande både riksväg 25 och riksväg 30. Riskprofilerna för de båda vägarna är i stort sett identiska, varvid skillnaden i Figur 10 knappt kan urskiljas. Bortom 25 meter från respektive väg är individrisknivån mindre än  $10^{-7}$ .

Avståndet mellan riksväg 25 och planerad etablering inom detaljplaneområdet uppgår till ca 50 meter (baserat på Länsstyrelsens beslut om utökat byggnadsfritt avstånd enligt Väglagen §47). För riksväg 30 gäller ca 30 meter. På dessa avstånd är individrisknivån, orsakad av farligt gods-transporter på väg, acceptabel enligt såväl DNV:s som *RIKTSAM*:s kriterier.

Utifrån *RIKTSAM*:s kriterier skall därtill en deterministisk riskanalys påvisa att "nettotillskottet" av oönskade händelser, som avstegen från skyddsavstånden innebär, elimineras. Med nettotillskott avses den andel av individrisken som tillkommer genom att skyddsavstånden inte kan tillämpas.

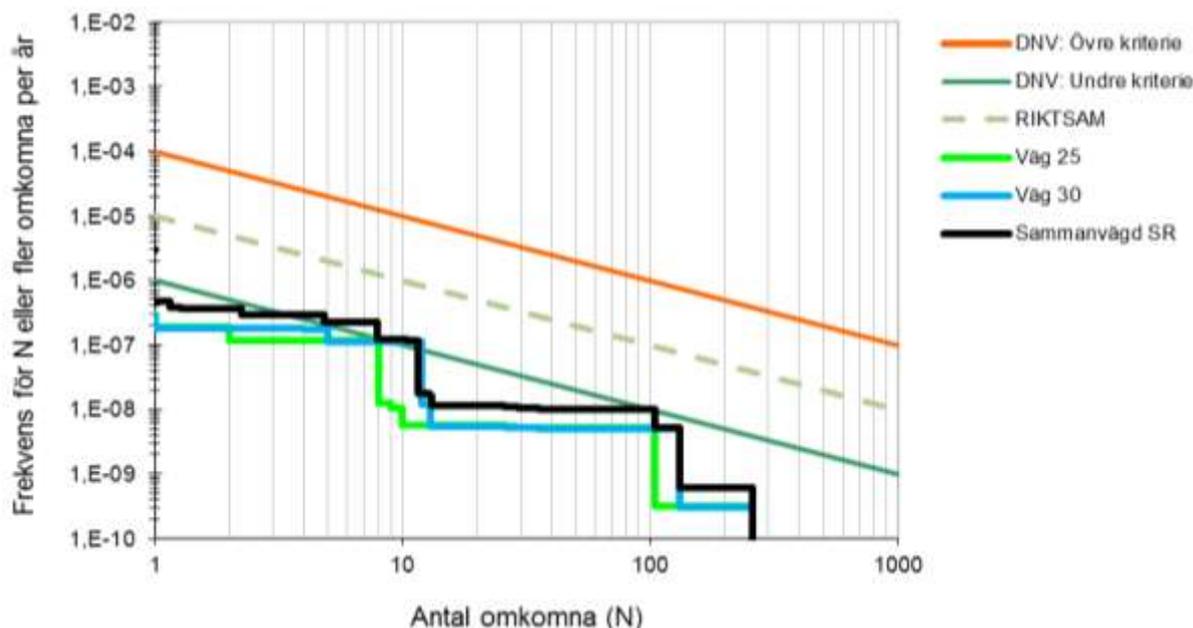
I Figur 11 redovisas beräkningar av respektive scenariotyps bidrag till individrisken på olika avstånd mätt från riskkällan för riksväg 25. Resultatet från beräkningar för riksväg 30 är i stort sett identiskt och redovisas därmed inte. I Figur 11 framgår att den dominerande scenariotypen är explosioner (här rörande från ADR-S-klass 5) på avstånd mellan ca 30-120 meter mätt från riskkällan. På avstånd mellan ca 120-160 meter är det BLEVE:s (ADR-S-klass 2.1) som är dominerande.

Det avsteg i skyddsavstånd som planförslaget innebär, relativt riktlinjerna i *RIKTSAM*, gäller användning som avser kontor (K) i ett plan, dock ej hotell, centrum (C) etc. Dessa verksamheter planeras som närmast cirka 50 meter från riksväg 25 respektive 30 meter från riksväg 30, istället för riktvärdet 70 meter enligt *RIKTSAM*. Nettotillskottet av scenariotyper är marginell mellan 70, 50 och 30 meter enligt Figur 11 varvid planerad markanvändning som innebär kontor (K) i ett plan, dock ej hotell, centrum (C) etc. kan medges enligt *RIKTSAM*:s värderingskriterier.



Figur 11. Respektive scenariotyps bidrag till individrisken vid olika avstånd från riksväg 25.

## 4.2.2 Samhällsrisknivå orsakad av farligt gods-transporter



Figur 12. Samhällsrisk för den södra delen av planområdet.

Samhällsrisk, orsakad av farligt gods-transporter, har beräknats för planområdets södra del. Anledningen är att denna del angränsar till såväl riksväg 25 som riksväg 30 och att persontätheten antas bli högst här baserat på vilka verksamheter som planeras. För den norra delen antas samhällsrisk bli lägre än för den södra.

Den beräknade samhällsrisk, orsakad av transporter av farligt gods, för den södra delen av planområdet åskådliggörs i Figur 12, dels som riskbidrag från respektive väg, samt dels som total sammanvägd samhällsrisk. Samhällsrisknivån orsakad av farligt gods-transporter tangerar och överskrider endast delvis det nedre av DNV:s kriterier. I förhållande till RIKTSAM:s kriterier är risknivån att betrakta som acceptabel. Givet mycket konservativa antaganden (främst beräkningsmässigt antagande om relativt höga schablonmässiga persontätheter samt att samtliga personer i området antas vistas oskyddade utomhus) görs bedömningen att samhällsrisk orsakad av farligt gods-transporter sammantaget är att betrakta som låg och acceptabel.

## 4.3 RISKIVÅ VID DRIVMEDELSSTATIONER

### 4.3.1 Risknivå avseende hantering av brandfarlig vätska

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma om vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m<sup>2</sup>. Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [16] [17].

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska redovisas i avsnitt 3.3. Normalt kommer ett utsläpp att begränsas av spillzonerna. Möjlighet finns dock att mängden utspillad brandfarlig vätska är större än vad spillzonen är designad för och att pölstorleken därmed blir mer omfattande än spillzonsytan. Detta gäller främst för det medelstora och stora utsläppet. För att inte

underskatta risken med de större utsläppen har storlekarna för vätskepölar antagits kunna bli större än vanligt förekommande spillzoner inom dylika anläggningar. Antagandet bedöms vara konservativt. Vidare antas all brandfarlig vätska (bensin, diesel och E85) utgöras av bensin, vilket också bedöms vara konservativt.

Strålningsberäkningar för pölbränder har genomförts med hjälp av handberäkningar [16]. I Tabell 7 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar. Beräkningsbilagor kan erhållas på begäran.

Tabell 7. Avstånd till kritisk strålningsnivå (15 kW/m<sup>2</sup>) på halva flammans höjd för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Infallande strålning > 15 kW/m <sup>2</sup> från pölkant
Litet utsläpp	50 m <sup>2</sup>	12 m
Mellanstort utsläpp	200 m <sup>2</sup>	22,5 m
Stort utsläpp	300 m <sup>2</sup>	27 m

Resultatet av strålningsberäkningarna visar att inga dödliga strålningsnivåer uppkommer bortom 27 meter från pölkant. Pölbegränsande åtgärder såsom spillplattor och dagvattenbrunnar anslutna till oljeavskiljare inom stationsområdet förutsätts tillämpas så att pölutbredning ej kan ske utanför fastighetsgräns/användningsgräns. Riskpåverkan från drivmedelsstation avsedd för försäljning av brandfarlig vätska (bensin, diesel och etanol), oavsett sannolikhet för eventuell pölbrand, bedöms således vara acceptabel bortom 27 meter från fastighetsgräns.

Stationsområdenas lägen inom utpekade fastigheter, utformning, placering av cisternpåfyllning, avluftningsrör, mätarskåp, spillplattor etc. är ej preciserat i detta skede.

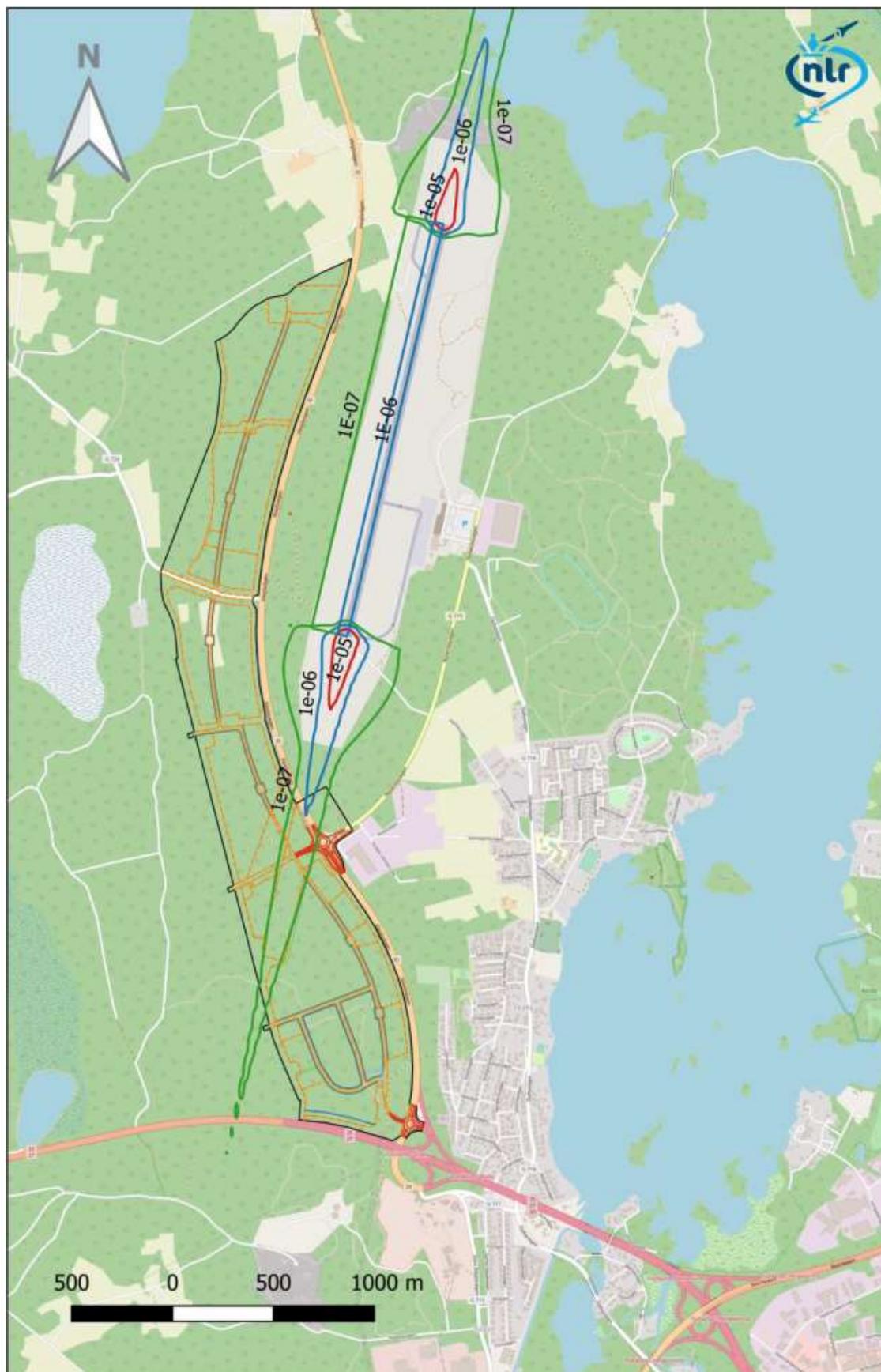
#### 4.3.2 Risknivå avseende hantering av brandfarlig gas

För metangas bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan ett eventuellt utsläpp antänts. När ett läckage av brandfarlig gas har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken rämnar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds.

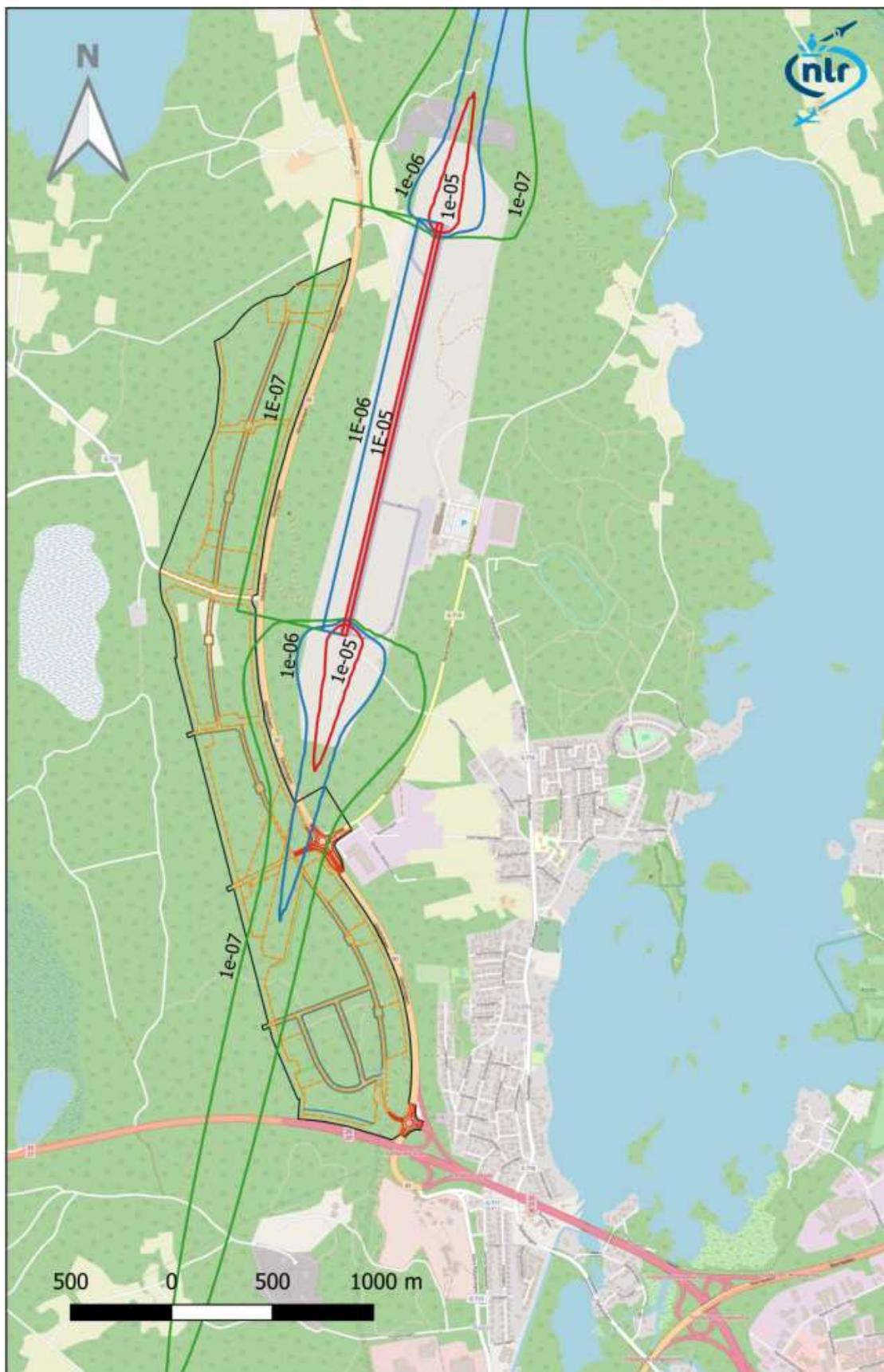
Samtliga risker, och säkerhetssystem, för den här typen av anläggningar har beaktats under framtagandet av TSA 2015 [7], varvid tillämpning av skyddsavstånd enligt Tabell 2, bedöms ge acceptabel risknivå för omgivningen.

## 4.4 RISKNIVÅ AVSEENDE NÄRHET TILL VÄXJÖ SMÅLAND AIRPORT

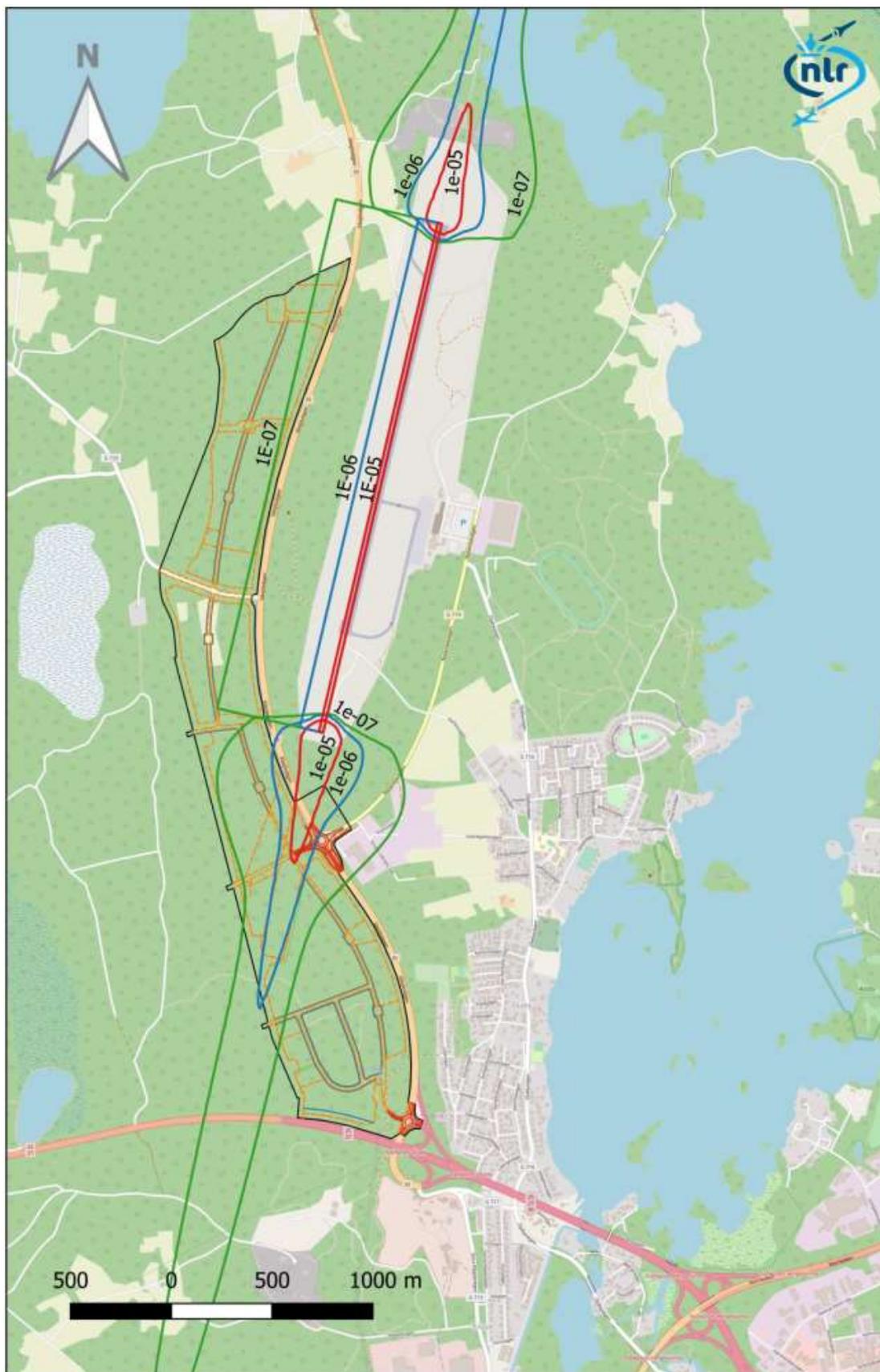
Den nederländska konsultfirman NLR har anlåtats för att utföra individriskberäkningar för de flygrelaterade riskerna kring Växjö Småland Airport, se separat utredning i Bilaga D **Error! Reference source not found.** Resultaten av beräkningarna åskådliggörs i Figur 13, Figur 14 och Figur 15.



Figur 13. Individriskkonturer orsakade av dagens flygtrafik (6400 rörelser/år, 2018).



Figur 14. Individriskkonturer orsakade av flygtrafik vid fullt utnyttjat miljötillstånd (24 500 rörelser/år).



Figur 15. Individriskkonturer orsakade av flygtrafik vid fullt utnyttjat miljötillstånd (24 500 rörelser/år) och förlängd landningsbana 500 meter i riktning söderut.

Vad gäller riskvärdering för de flygrelaterade riskerna utförs denna enligt *RIKTSAM:s* värderingskriterier ursprungligen avsedd för värdering av farligt gods-relaterade risker. Angreppssättet bedöms vara rimligt då t.ex. den beräknade individrisken är platsspecifik och i princip inte beror av riskkällans art. Följande risknivåer bedöms rimliga att betrakta som acceptabla för de olika planerade verksamheterna inom detaljplaneområdet, i enlighet med *RIKTSAM:*

- Inom zon med individrisk som överstiger  $10^{-5}$  accepteras inga verksamheter.
- Industri (J) och drivmedelsförsäljning (G) medges där individrisk understiger  $10^{-5}$  per år. Inom in- och utflygningszonen medges dock ej:
  - Drivmedelsförsäljning (G), i enlighet med samrådsyttrande från Trafikverket [5].
  - Industri (J<sub>1</sub>) som omfattar tillståndspliktig hantering av brandfarlig vara enligt lagen (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor (LBE). Denna bedömning baseras på en sammanvägning av de nederländska kriterierna, utförligt presenterade i Bilaga D, avsnitt 5, och *RIKTSAM:s* kriterier.
- Kontor i ett plan, dock ej hotell (K), centrum (C) etc. medges där individrisk understiger  $10^{-6}$  per år.
- Samtliga verksamheter medges där individrisk understiger  $10^{-7}$  per år och om samtidigt samhällsrisk understiger  $10^{-5}$  per år där N=1 och  $10^{-7}$  per år där N=100.

Eftersom osäkerheterna är stora gällande flygplatsens framtida flygtrafik och eventuella förlängning av landningsbanan bedöms konservativt scenariot med fullt utnyttjat miljötillstånd och 500 meter förlängd landningsbana, enligt Figur 15, vara dimensionerande vid utformning av detaljplaneområdet.

## 4.5 KOMMENTARER KRING SAMMANLAGD RISKKNIVÅ

Baserat på resultaten av de separata riskberäkningar som utförts för de olika riskkällorna är det inga platser inom detaljplaneområdet som bedöms få en överlagrad individrisk (risker från flera riskkällor som adderas till varandra i samma punkt) som överstiger oacceptabla nivåer utanför redan angivna zoner med förhöjd individrisk ( $>10^{-7}$ ).

Kring vägarna är riskbidraget från farligt gods-transporter avgörande. Riskavstånd alstrade av farligt gods-transporter får där ställas i relation till aktuella ansatta skyddsavstånd enligt planförslaget. För drivmedelsstationerna är det på motsvarande sätt hantering av brandfarliga vätskor och fordonsgas som avgör behovet av skyddsavstånd. För flygrelaterade risker är dessa dominerande inom in- och utflygningszonen och därmed överordnade övriga riskslag.

Frekvensen för olyckor med dödlig utgång i områden som planeras upplåtas för personintensiv verksamhet är generellt mycket liten och därmed anses inget behov föreligga avseende uppskattningar av överlagrad samhällsrisk. Individriskmålet bedöms i dessa fall vara utslagsgivande. Detta gäller såväl planområdets norra del med låg personintensitet som planområdets södra del med något högre personintensitet. Personintensiva verksamheter placeras i ytor med låg individrisk ( $<10^{-7}$ ).

## 5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Detaljplanen har i en iterativ process utformats mot bakgrund av resultaten i denna riskbedömning. Angreppssättet har varit att förlägga de olika planerade verksamheterna med tillräckliga skyddsavstånd till de identifierade riskkällorna. De skyddsavstånd som tillämpats redovisas i följande avsnitt med motiveringar. Med aktuella skyddsavstånd bedöms acceptabel risknivå erhållas för planerad etablering.

Skyddsavstånd innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas, t.ex. lokalgata, ytparkering, naturmark etc. Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder. Åtgärden är mest effektiv på korta avstånd, och effektiviteten avtar med avståndet.

### 5.1 SKYDDSAVSTÅND TILL FARLIGT GODS-LEDER

Avstånden mellan transportleder för farligt gods och planerade etableringar inom planområdet är generellt tillräckligt givet tillämpande av Länsstyrelsens beslut om utökad byggnadsfritt avstånd enligt Väglagen §47 (50 meter till riksväg 25 och 30 meter till riksväg 30).

I enlighet med riskvärderingskriterier angivna i *RIKTSAM* ska dock markanvändning K med innebörd kontor i flera plan samt hotell (benämns användning O, Tillfällig vistelse/hotell i planförslaget) inte förläggas inom 150 meter från någon av farligt gods-lederna. Övriga planerade verksamheter såsom K (kontor i ett plan), Z (verksamheter) och C (centrum) medges dock på aktuella avstånd.

### 5.2 SKYDDSAVSTÅND TILL DRIVMEDELSSTATIONER

För drivmedelsstationer avsedd för brandfarliga vätskor (bensin, diesel och etanol) gäller att ett generellt skyddsavstånd om 27 meter ska upprätthållas till byggnad eller annan plats för mer än tillfällig vistelse. För vissa byggnader och verksamheter inom drivmedelsstationens fastighet medges kortare avstånd enligt MSB:s handbok – *Hantering av brandfarliga vätskor och gaser på bensinstationer* [6]. Handbokens avstånd ska följas till fullo vid projektering av anläggningen.

För drivmedelsstationer avsedd för fordonsgas, med antaget gaslager större än 4000 liter, gäller att ett generellt skyddsavstånd om 25 meter ska upprätthållas till byggnad, antändbart material och brandfarlig verksamhet. Till verksamheter som innebär stor brandbelastning (t.ex. brädgård och däckupplag) gäller 50 meter. Till utgångar från svårutrymda lokaler (t.ex. lokal avsedd att inrymma en publik) gäller 100 meter. För mindre gaslager än 4000 liter medges i viss mån kortare skyddsavstånd i enlighet med Energigas Sveriges anvisningar – *Tankstationer för metangasdrivna fordon* [7]. Anvisningens avstånd ska följas till fullo vid projektering av anläggningen.

Ovanstående generella skyddsavstånd har använts vid placering och utformning av fastigheterna för de planerade drivmedelsstationerna och deras omgivningar så att en acceptabel risknivå bedöms kunna uppnås i detta avseende. Skyddsavstånden enligt ovan ska beaktas och tillämpas i samband med bygglovsansökan.

Det bör noteras att riskbedömningen för drivmedelsstationerna utförts övergripande och utifrån ett detaljplaneperspektiv. Den ersätter inte de riskbedömningar som ska upprättas i samband med projektering av anläggningarna eller av verksamhetsutövare i samband med tillståndsansökan för verksamhet.

### 5.3 SKYDDSAVSTÅND GÄLLANDE FLYGRELATERADE RISKER

Vad gäller skyddsavstånd avseende de flygrelaterade riskerna har utgångspunkt tagits i *RIKTSAM*:s värderingskriterier, ursprungligen avsedda för värdering av farligt gods-relaterade risker. Angreppssättet bedöms vara rimligt då t.ex. den beräknade individrisken är platsspecifik och i princip inte beror av riskkällans art.

Detaljplaneområdets gestaltning, användningsområden och användningsgränser har konservativt anpassats efter de beräknade risknivåerna för scenariot med fullt utnyttjat miljötillstånd och 500 meter förlängd landningsbana, för att ej underskatta eventuell utökning av flygplatsen och flygtrafiken. Tillämpning av de flygrelaterade individriskkonturerna och tolkning av *RIKTSAM*:s kriterier illustreras i Figur 16.



#### Förslag till tolkning av riskvärderingskriterier i *RIKTSAM*

- >1E-05 Inom röd zon medges ingen bebyggelse.
- >1E-06 Inom blå zon medges bl.a. industri (J) och drivmedelsförsäljning (G).
- >1E-07 Inom gul zon medges bl.a. kontor i ett plan (K), verksamheter (Z) och centrum (C).
- <1E-07 Utanför gul zon medges alla typer av verksamheter inklusive hotell och konferens (O).
- Gällande in- och utflygningszonen medges inte följande verksamheter:
  - Drivmedelsförsäljning (G).
  - Industri (J) som omfattar tillståndspliktig hantering av brandfarlig vara enligt lagen (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor (LBE).

Figur 16. Förslag till tolkning av riskvärderingskriterier i *RIKTSAM*.

## 6 DISKUSSION

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som påverkar resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på. De beräkningar, antaganden och förutsättningar som bedöms vara belagda med störst osäkerheter är:

- Personantal inom området,
- utformning och disposition av etableringar,
- farligt gods-transporter förbi och inom planområdet,
- schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar och
- antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario.

Beräkningarna har utförts med en rad mycket konservativa antaganden då brist på relevant information saknats. Detta bör innebära resultat på den säkra sidan och att risknivåerna inte underskattats. Detta förhållningssätt innebär vidare att behov av känslighetsanalyser inte bedöms föreligga.

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [18]

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. Riskanalyser utgör därigenom ett viktigt led i den demokratiska process som omger transporter av farligt gods i samhället. [18]

## 7 SLUTSATSER

Riskenivåerna alstrade av transporter av farligt gods på riksväg 25 och riksväg 30 är acceptabla vid lägen för planerad etablering inom planområdet. Individrisken är att betrakta som låg och acceptabel bortom 25 meter från väggkant.

- Skyddsavstånd mellan riksväg 25 och planerad bebyggelse uppgår till minst 50 meter.
- Skyddsavstånd mellan riksväg 30 och planerad bebyggelse uppgår till minst 30 meter.
- Verksamhet som innefattar hotell (O på plankartan) placeras minst 150 meter från respektive transportled för farligt gods.

Vad gäller hanteringen av brandfarliga vätskor samt fordonsgas vid planerade drivmedelsstationer tillämpas skyddsavstånd till angränsande verksamheter i detaljplanen i enlighet med Länsstyrelsen i Stockholms läns riktlinjer *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transport av farligt gods samt bensinstationer*, MSB:s handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor vid bensinstationer* samt Energigas Sveriges *Anvisningar - Tankstationer för metangasdrivna fordon*.

- Skyddsavstånd kring drivmedelsstation för bensin, diesel och etanol uppgår till minst 27 meter.
- Skyddsavstånd kring tankstation för fordonsgas (med antaget gaslager med volym överstigande 4000 liter) uppgår till minst 25 meter för generell bebyggelse, 50 meter till verksamhet med stor brandbelastning och 100 meter till svårutrymda byggnader.

Det bör noteras att riskbedömningen för drivmedelsstationerna utförts övergripande och utifrån ett detaljplaneperspektiv. Den ersätter inte de riskbedömningar som ska upprättas i samband med projektering av anläggningarna eller av verksamhetsutövare i samband med tillståndsansökan för verksamhet. Skyddsavstånden ska beaktas och tillämpas i samband med bygglovsansökan.

För flygrelaterade risker har den nederländska konsultfirman NLR utfört beräkningar avseende individrisk kring Växjö Småland Airport. I dessa beräkningar har konservativa antaganden gjorts gällande flygplatsens eventuella framtida expansion och trafikökning. De individrisknivåer som beräknats kring flygplatsen vid detta scenario har, utifrån riskvärderingskriterier enligt Skåne läns *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, utgjort grund för placering av verksamhetstyper och aktuella användningsgränser inom detaljplaneområdet.

- Industri (J) och drivmedelsförsäljning (G) medges där individrisk understiger  $10^{-5}$  per år. Inom in- och utflygningszonen medges dock ej:
  - Drivmedelsförsäljning (G).
  - Industri (J<sub>1</sub>) som omfattar tillståndspliktig hantering av brandfarlig vara enligt lagen (2010:1011) om brandfarliga och explosiva varor (LBE).
- Kontor i ett plan (K), centrum (C) etc. medges där individrisk understiger  $10^{-6}$  per år.
- Samtliga verksamheter medges där individrisk understiger  $10^{-7}$  per år och om samtidigt samhällsrisken understiger  $10^{-5}$  per år där  $N=1$  och  $10^{-7}$  per år där  $N=100$ .

## Bilaga A. Frekvensberäkningar – vägnät

I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

### A.1. Beräkning av olycksfrekvens

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [19] presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport [20] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Generellt gäller att vägtyper som tillåter högre hastighet är utformade på ett sätt vilket medför en lägre olyckskvot än där lägre hastighetsbegränsning råder. Korsningar, cirkulationsplatser och dylika utformningar ger högst olyckskvot. Antalet singelolyckor och sannolikheten att en olycka leder till en konsekvens med farligt gods (index) ökar med hastigheten.

Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens mot omgivningen beräknas enligt nedanstående metodik med indata enligt Tabell 8. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2030).

$$Olyckor_{Total}(O) = \dot{A}DT_{Total} \cdot 365 \cdot Sträcka(km) \cdot OK$$

$$Olyckor_{FG} = O \cdot \left[ \left( SiO \cdot \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} \right) + (1 - SiO) \left( \frac{2 \cdot \dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} - \frac{\dot{A}DT_{FG}^2}{\dot{A}DT_{Total}^2} \right) \right] \cdot Index$$

Tabell 8. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt *Farligt gods – riskbedömning vid transport*.

Indataparameter	Riksväg 25	Riksväg 30
ÅDT <sub>total</sub> (år 2040)	18 000	15 200
Andel tung trafik	14%	16%
Andel farligt gods av tung trafik	2,5%	2,5%
ÅDT <sub>FG</sub>	63	61
Hastighetsgräns	100	100
Olyckskvot (OK)	0,4	0,4
Andel Singelolyckor (SiO)	0,34	0,34
Index	0,22	0,22
Frekvens FG-olycka	1,25E-02	1,20E-02

## A.2. Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [21] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på väg delas in i nio olika klasser enligt ADR-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. I Tabell 9 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 9. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [21].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m [22].
Klass 2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
Klass 6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [20]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

År 2015 genomfördes omkring 540 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar och den totala mängden farligt gods var drygt 16 miljoner ton, fördelat på en total sträcka av cirka 55 miljoner kilometer. Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för omkring 2,5 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2009-2015. I Tabell 10 redovisas inbördes fördelning i körda kilometer för de olika klasserna baserat på uppgifter från TRAFKA mellan åren 2013-

2017 för hela landet [23]. Siffrorna anses representativa för utredda sträckor vid horisontåret, då det rör sig om primära transportleder där samtliga transportslag förväntas kunna förekomma.

Tabell 10. Antalet farligt gods-transporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser baserat på körda kilometer för respektive alternativ.

	Riksväg 25	Riksväg 30
ÅDT <sub>FG</sub>	52	50
ADR-S klass 1	0,32%	0,32%
ADR-S klass 2.1	6,73%	6,73%
ADR-S klass 2.3	0,04%	0,04%
ADR-S klass 3	47,32%	47,32%
ADR-S klass 5	2,62%	2,62%
ADR-S övriga	42,96%	42,96%

### A.3. ADR-S Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

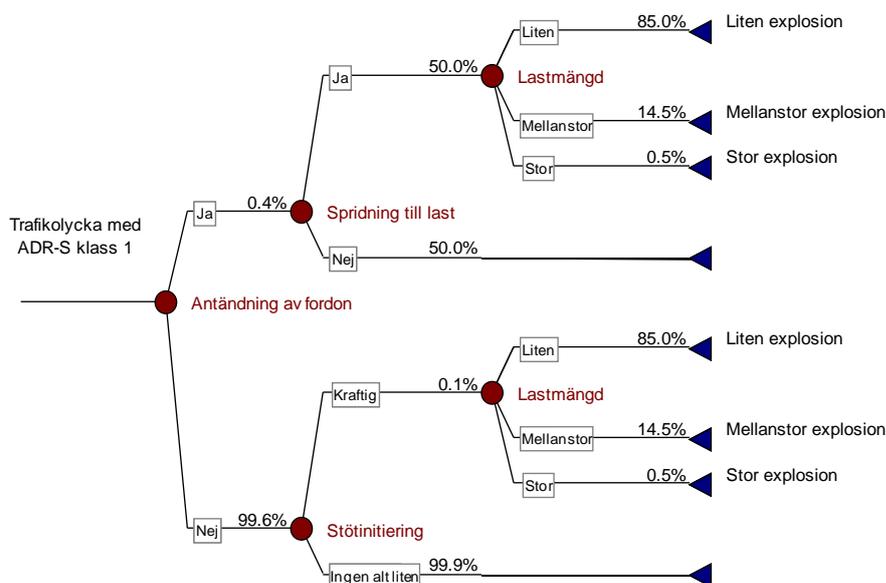
ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [21]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

#### A.3.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [24] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexplosion). Vid beräkningar används riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande. Transporterad mängd är avgörande för explosionsverkan. Maximal mängd massexplosiva varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor.

#### A.3.2 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 17 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur 17. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

### A.3.2.1. Antändning av fordon

De brandscenarier som kan leda till påverkan på lasten bedöms i huvudsak kunna uppkomma om transporten är involverad i en olycka som föranleder brand eller till följd av fordonsfel som leder till brand, till exempel överhettade bromsar eller elektriska fel.

Tillgänglig statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn är begränsad. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer [25]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [26] [27].

### A.3.2.2. Brandspridning till lasten

Sannolikheten för spridning till last och detonation beror på vilken typ av ADR-S klass som involveras, vilket ämne, brandens storlek, mängden transporterat ämne med mera.

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats [28], med hjälp av enklare släckutrustning. Sådan släckutrustning finns dock sällan tillgänglig på ytvägnäten, men regelverken för transporter av farligt gods ställer krav på transportören att ha handbrandsläckare, och andelen släckta bränder i ADR-S klassade transporter bedöms vara något högre än vid andra olyckor. Resterande bränder antas bli släckta av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om insattstiden kan det inte förutsättas att räddningstjänsten alltid förhindrar att branden sprider sig till den explosiva lasten. Utifrån detta resonemang görs samma bedömning som i Göteborgs fördjupade översiktsplan [29], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

### A.3.2.3. Stöt

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [30]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [31] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. Med hänsyn till den utveckling som skett inom fordonsutformning och trafiksäkerhet de senaste 20 åren antas

sannolikheten för en stötinitierad detonation vara lägre än de 0,2 % som HMSO anger. Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

#### A.3.2.4. Fördelning mellan lastmängder

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen [32] [33].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [34] anger att genomfartstrafik utgör omkring 0,5 % av alla transporter med farligt gods. Transporter med 16 ton antas därmed utgöra mindre än 0,5 % av samtliga transporter i klass 1. Detta överensstämmer med uppgifter från tre stora transportörer, som anger att andelen transporter med så stora lastmängder utgör mindre än 1 % av det totala antalet transporter med explosiva varor [35]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktklasserna uppgår enligt Polisens [36] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen enligt Tabell 11, för lastmängder av explosiva ämnen.

Tabell 11. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

Lastmängd	Inkluderat viktintervall	Andel	Representativ lastmängd för konsekvensberäkningar
Mycket stor	(16 000 kg)	0,5 %	16 000 kg
Mellanstor	(500-5000 kg)	14,5 %	1 500 kg
Liten	(<500 kg)	85 %.	150 kg

## A.4. ADR-S Klass 2 – Gaser

ADR-S klass 2 omfattar rena gaser, gasblandningar och blandningar av en eller flera gaser med ett eller flera andra ämnen samt föremål innehållande sådana ämnen.

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) [21]. Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brandfarliga gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

### A.4.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

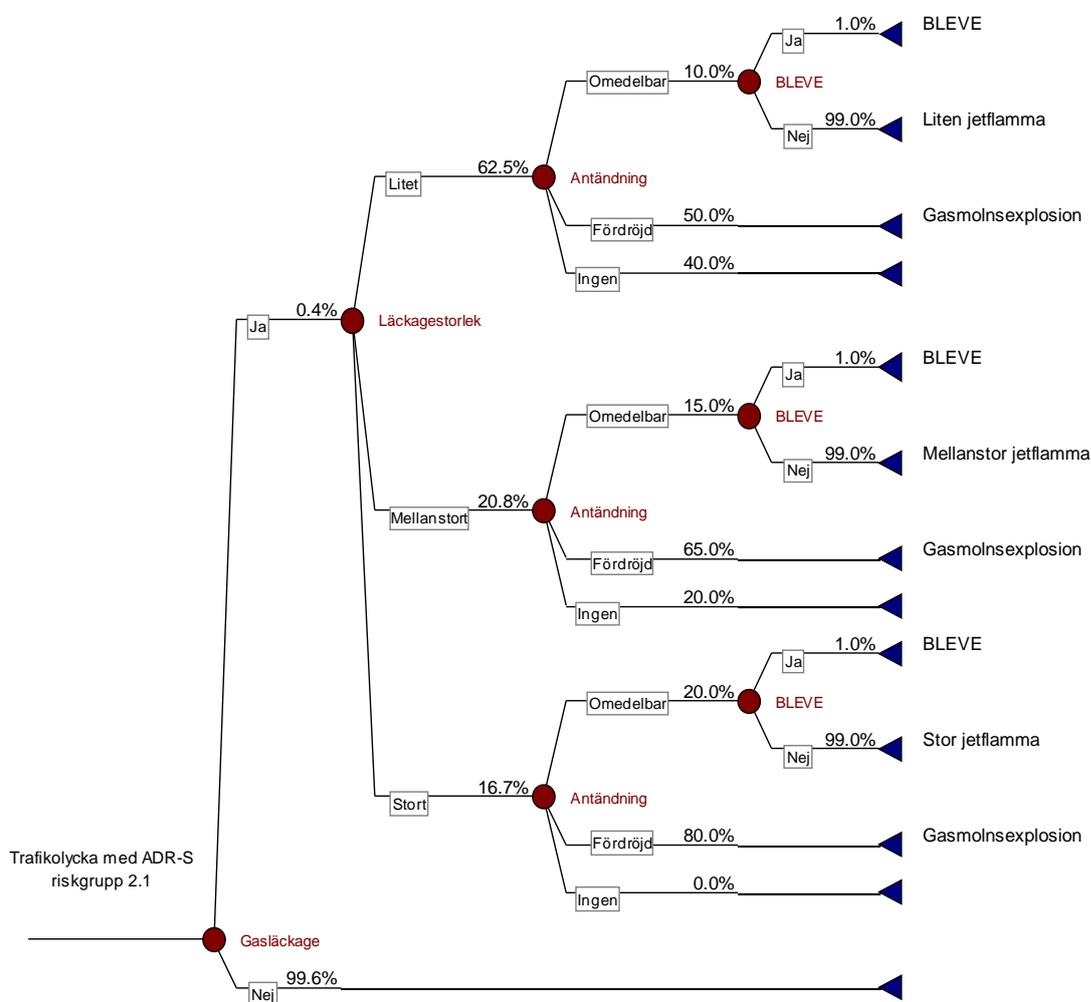
ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga<sup>1</sup>. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [37]. Gasol ansätts som dimensionerande ämne att basera beräkningarna på, eftersom gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns samt att den transporteras tryckkondenserad och i stor utsträckning gör ämnet till ett konservativt val [29].

För brandfarliga gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Nedanstående avsnitt beskriver hur en olycka med gods i klass 2.1 kan ta uttryck, samt vilka dimensionerande scenarier och tänkbara skadehändelser som kan uppträda.

<sup>1</sup> Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.

### A.4.2 Händelseträed med sannolikheter

Figur 18 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 18. Händelseträed med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

#### A.4.2.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [38]. Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 [19].

#### A.4.2.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i [19] utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm<sup>2</sup>. Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % [19].

#### A.4.2.3. Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [39], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

#### A.4.2.4. BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken rämnar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds. Detta resulterar i ett mycket stort eldklot. En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank, utan fungerande säkerhetsventil eller där säkerhetsventilen inte snabbt nog hinner avlasta tycket. Det krävs då att en direkt antändning har skett vid en intilliggande tank och orsakat jetflamma som är riktad direkt mot den oskadade tanken. Sannolikheten för att ovan givna förutsättningar ska infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

### A.4.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

#### A.4.3.1. Representativt ämne

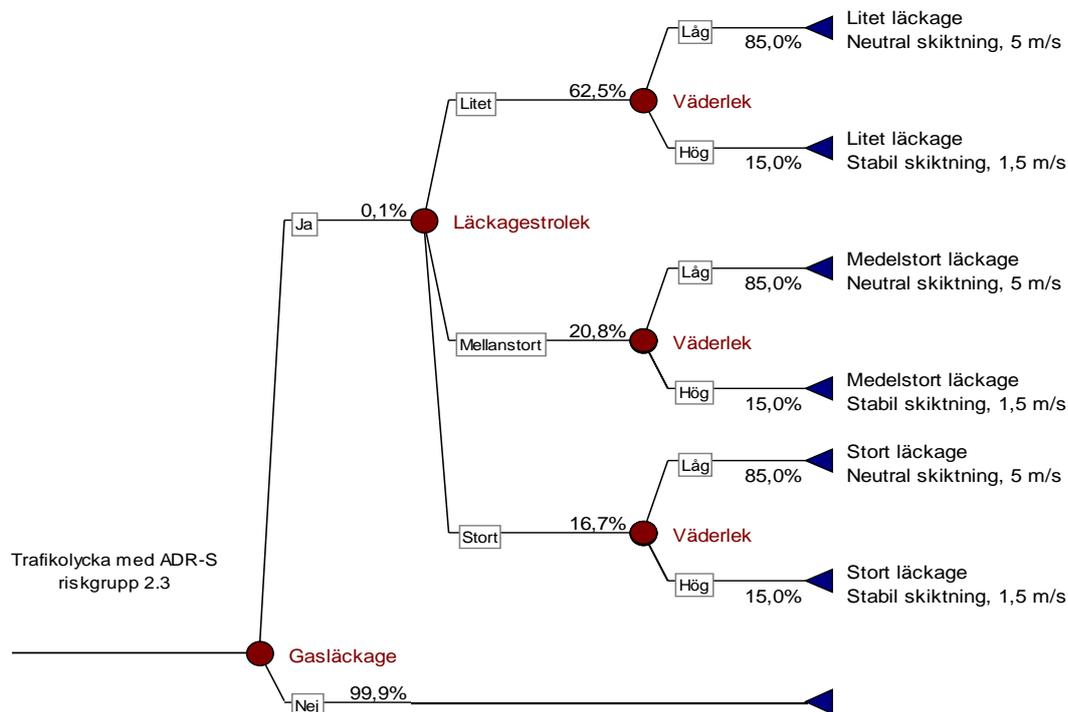
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

#### A.4.3.2. Toxikologiska gränsvärden

För att kvantifiera skadeutfallet vid exponering av ett giftigt ämne finns en rad olika gränsvärden. Då riskbedömningen baseras på frekvensen för dödsfall görs ansätts LC<sub>50</sub> som dimensionerande gränsvärde. LC<sub>50</sub> är den koncentration där mortaliteten i en normalfördelad population är 50 % för en given exponeringstid. I beräkningarna ansätts konservativt att skadeutfallet inom beräknat konsekvensområde är 100 %.

### A.4.4 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 19 redovisar sannolikheterna i händelsetrådet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 19. Händelse-träd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

#### A.4.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [19]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [38]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [19].

#### A.4.4.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm<sup>2</sup>. Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % [19].

#### A.4.4.3. Väderlek

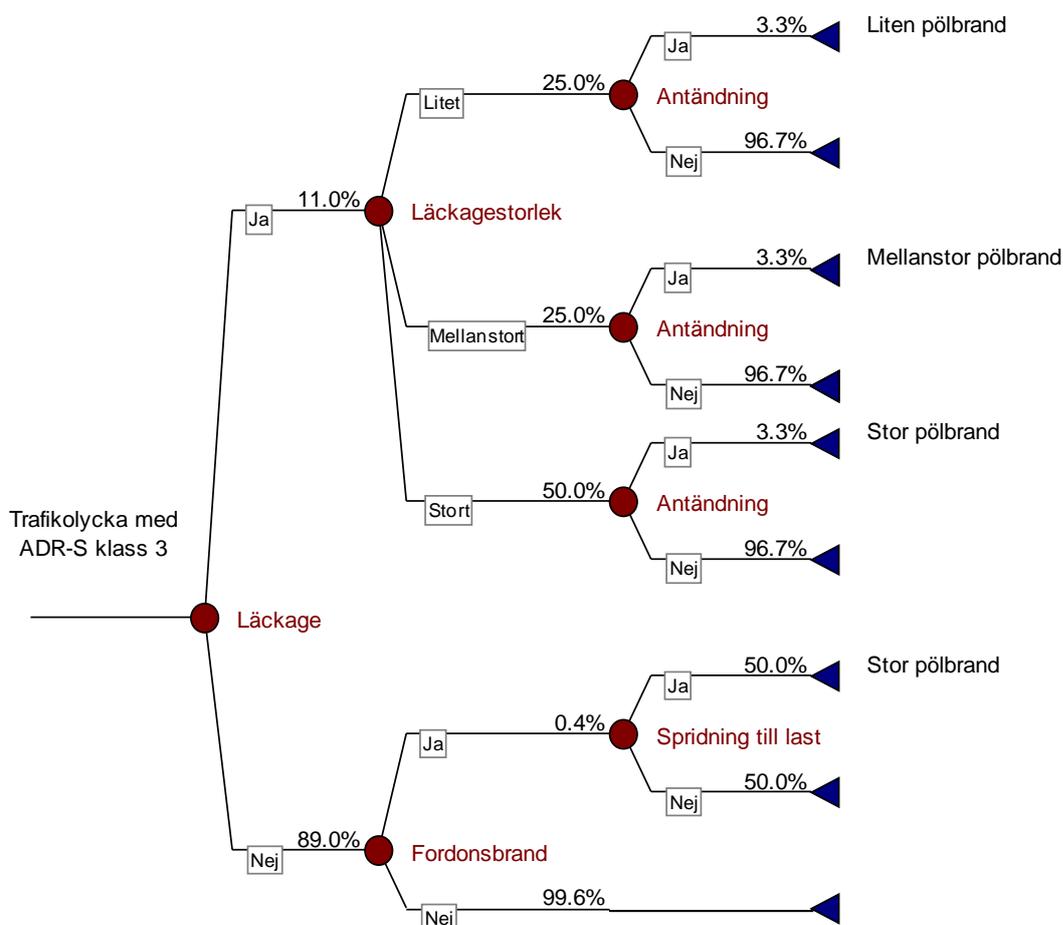
Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varierar gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två typer av väderlek – Neutral atmosfärisk skiktning D med en vindhastighet på 5 m/s samt med en Extremt stabil skiktning F med en vindhastighet på 1,5 m/s. Den förstnämnda representerar genomsnittligt väder, vilket förekommer omkring 85 % av tiden, och den sistnämnda representerar ogynnsamt väder vilket ansätts råda under resterande 15 %.

## A.5. ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

ADR-S klass 3 omfattar brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel etc. De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor.

### A.5.1 Händelseträd med sannolikheter

Figur 20 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 20. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 8.

#### A.5.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av sträckans farligt gods-index, se Tabell 8.

#### A.5.1.2. Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset [40] [41]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och

stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [19]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m<sup>2</sup> (*litet*), 200 m<sup>2</sup> (*mellanstort*) samt 400 m<sup>2</sup> (*stort*).

#### A.5.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [42]. Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % [31].

#### A.5.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt A.3.2) är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

## A.6. ADR-S Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

ADR-S klass 5 är indelad i två riskgrupper; oxiderande ämnen (riskgrupp 5.1) och organiska peroxider (riskgrupp 5.2).

### A.6.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen, samt i vissa fall detonera [21].

Ett vanligt förekommande ämne är ammoniumnitrat (AN) som ingår i många gödningsmedel och tillhör riskgrupp 5.1. Ammoniumnitrat kan i samband med vissa omständigheter sönderfalla explosivt genom detonation. Detta kan ske genom ett brandförlopp där ämnet är inneslutet och värms upp under tryckuppbyggnad, eller om det blandas med organiskt material [43]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [44] och FOI [45] kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensin, vegetabiliska oljor, eller om ett annat explosivämne detonerar i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och organiskt material ska detonera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt stor energi. Natriumklorat är ett annat ämne som ingår i ADR-S riskgrupp 5.1 och har liknande egenskaper [46].

### A.6.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

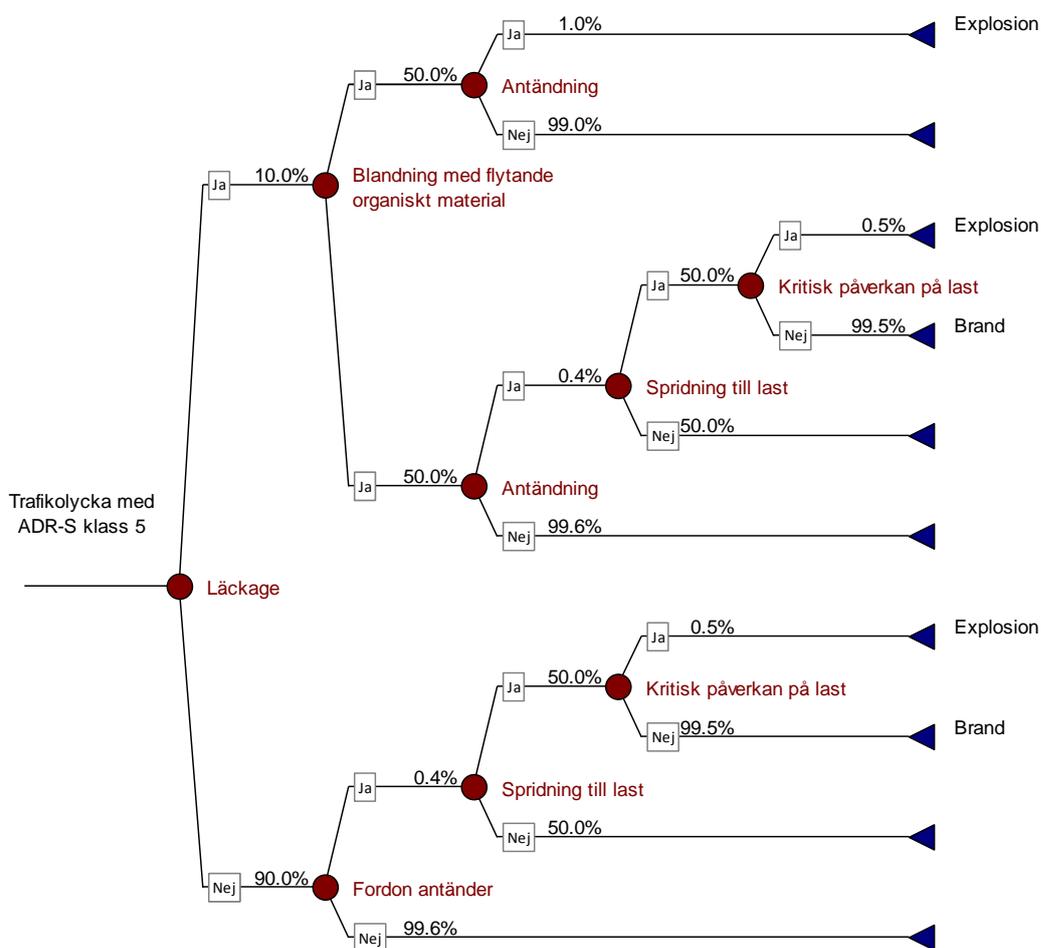
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [37]. I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

### A.6.3 Transporterade mängder och representativt ämne

Enligt rekommendationer från holländska myndigheter [47], bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

### A.6.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur 21 redovisar ett händelseträd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.



Figur 21. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

#### A.6.4.1. Läckage

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerade i säckar om 1000 kg. Transporterade mängder med bil omfattar ca 36 ton [48]. Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkänning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

#### A.6.4.2. Blandning med flytande organiskt material

Antändning och sönderfall genom deflagration eller detonation kan ske i samband med en olycka som involverar ammoniumnitrat om det först blandas med ett organiskt flytande ämne såsom bensin. Idealt för att ett explosivt förlopp ska inträffa är att ammoniumnitratet blandas med bränslet homogent eller att de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitraten. Till följd av begränsat statistiskt underlag ansätts kontaminering av utsläppt ammoniumnitrat ske i 50 % av de fall olycka leder till utsläpp.

#### A.6.4.3. Antändning av blandning

För att blandningen av ammoniumnitrat och bränsle ska explodera krävs att energi tillförs. I denna bedömning har explosion till följd av olyckan antagits ske med en sannolikhet av 1 %. Antagandet baseras på statistik avseende antändning av ett utsläpp med brandfarlig vätska och bedöms vara en konservativ uppskattning då brandfarlig vätska antas vara mer lättantändlig.

#### A.6.4.4. Antändning av oblandat gods

Sannolikheten för en antändning efter ett utsläpp av lasten, men utan att den blandats med organiskt material, bedöms utifrån ämnets egenskaper vara lika stor som sannolikheten att fordonet i sig fattar eld vid olyckan, det vill säga 0,4 %.

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt A.3.2) är denna cirka 0,4 %.

#### A.6.4.5. Brandspridning till lasten

För att ett explosivt förlopp ska ske i detta fall krävs tillförsel av energi i form av antingen en brand eller detonation i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. Sannolikheten för att fordonsbranden ska sprida sig till lastutrymmet beror bland mycket annat på fordonets utformning och hur lasten förvaras. Enligt tidigare resonemang antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 50 %.

#### A.6.4.6. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [44]. Antändning av ammoniumnitrat/bränsleblandning kan övergå till ett självunderhållande sönderfall (som behandlats ovan) medan ren ammoniumnitrat är så stabil att ett eventuellt sönderfall upphör då värmekällan avlägsnas [43]. Baserat på detta bedöms explosiva förlopp initierade av brand vara relativt långsamma förlopp. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

## A.7. Ackumulerad olyckspåverkan

Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga B).

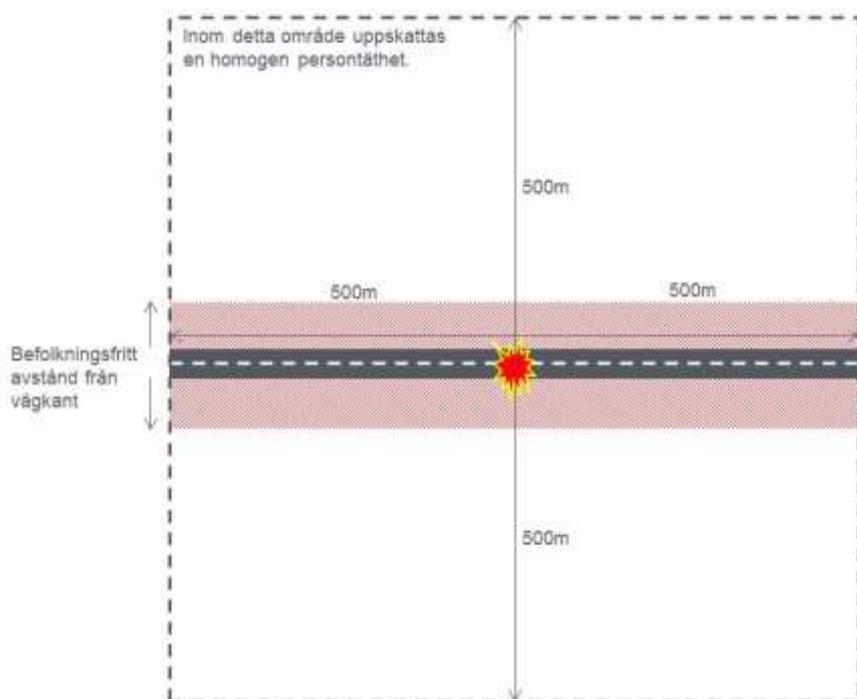
## Bilaga B. Konsekvensberäkningar – vägnät

I detta avsnitt beskrivs hur konsekvensområdet och det förväntade skadeutfallet för olika klasser kvantifierats. Beräkningarna redogörs separat för respektive ADR-S klass.

### B.1. Persontäthet

I samhällsrisikberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring vägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer enligt Figur 22. Antagandet om persontäthet grundar sig i anvisningar i *RIKTSAM* [2] gällande för Malmö stad, vilket bedöms konservativt i detta sammanhang gällande Växjö, som generellt har en lägre persontäthet.

I beräkningarna ansätts en persontäthet om 4100 personer/km<sup>2</sup> dagtid i enlighet med *RIKTSAM*. Eftersom planerad markanvändning inte innebär bostäder kommer persontätheten nattetid vara mindre. Hotell kan dock komma att förekomma, varvid persontätheten 410 personer/km<sup>2</sup> ansätts gälla nattetid. Som jämförelse kan nämnas att de mest tätbefolkade delarna av Malmö har en persontäthet om mellan 6000 och 10 000 personer/km<sup>2</sup> [2].



Figur 22. Principskiss för hur persontätheten har uppskattats. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast väggkant. Detta antagande är grovt varför en befolkningsfri yta baserad på avståndet till väg ansätts i beräkningarna. För aktuellt planområde uppgår befolkningsfritt område till 50 meter utmed riksväg 25 och 30 meter utmed riksväg 30. Detta innebär att personantalet inom detta område subtraheras från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisikberäkningarna.

I enlighet med *RIKTSAM* görs beräkningarna för en hel kvadratkilometer med det aktuella planområdet beläget i centrum.

## B.2. Antagande om olyckans placering

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas utgå från väggkant närmast området.

## B.3. ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

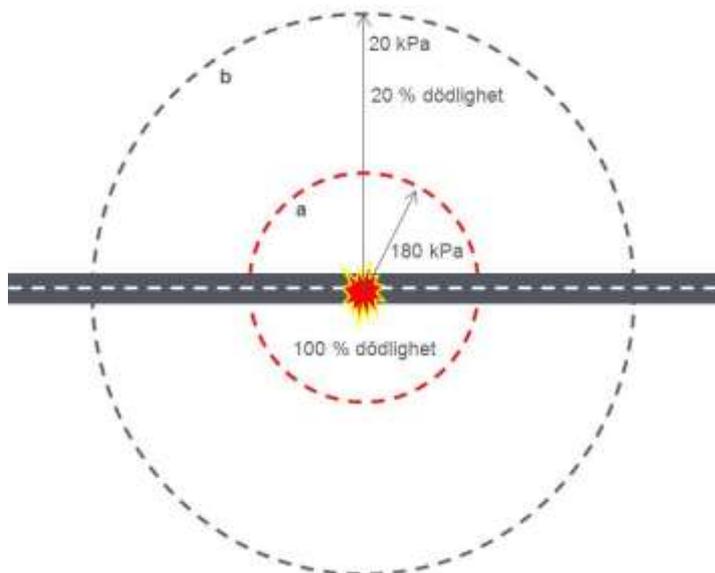
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [49].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splittersverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splittersverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer, och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa [50]. Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

Sammantaget bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två zoner, med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan, beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts vad gäller konsekvenserna:

- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa enligt Figur 23.



Figur 23. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika. Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [51] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 12. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 12. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstövågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180 \text{ kPa}$	Avstånd $P \geq 20 \text{ kPa}$
Liten explosion	150 kg	13 meter	41 meter
Mellanstor explosion	1 500 kg	28 meter	88 meter
Stor explosion	16 000 kg	62 meter	193 meter

## B.4. ADR-S klass 2 – Gaser

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brandfarliga och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får.

Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet, vilket innebär att konsekvensområdets utbredning har samma sannolikhet i alla riktningar från läckaget.

### B.4.1 ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brandfarlig gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av tankbilar, och att mängden gas i en tankbil är 25 ton.

Programvaran *Spridning Luft* [52] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [19] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 13. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q	Läckagestorlek, $\emptyset$	Läckagestorlek, A
Litet	0,09 kg/s	0,32 cm	0,08 cm <sup>2</sup>
Mellanstort	0,9 kg/s	1,03 cm	0,83 cm <sup>2</sup>
Stort	17,9 kg/s	4,56 cm	16,4 cm <sup>2</sup>

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

- Gasen antas vara propan (gasol).
- Hålet antas vara intryckt utifrån.
- En jetflamma antas vara horisontell.

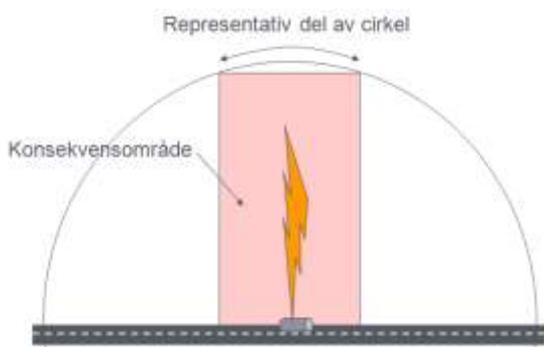
#### B.4.1.1. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [50]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

#### B.4.1.2. Jetflamma

En jetflamma kan uppstå om ett utsläpp av en brännbar gas antänds och förbränns direkt i anslutning till själva läckaget. En mycket kraftig stående flamma uppstår då när gasen trycks ut från kärlet.

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [50], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [53] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden  $t = 10$  s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflamas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 24.



Figur 24. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

#### B.4.1.3. Gasmolnsexplosion

En gasmolnsexplosion kan uppstå vid en fördröjd antändning av en utsläppt gasmassa som hunnit sprida sig och inte längre befinner sig under tryck. Konsekvensområdet beror på hur gasen sprids i omgivningen, vilket i sin tur beror på en mängd faktorer som vind, stabilitetsförhållanden, hinder, utströmmande flöde och densitet, med mera.

Vid en antändning förbränns hela den gasvolym som befinner sig inom brännbarhetsområdet. I det fysiska område där detta sker blir konsekvenserna mycket allvarliga med dödliga förhållanden. Utanför detta område förväntas dock konsekvenserna bli lindriga, men strålningspåverkan kan uppkomma.

Programvaran *Spridning Luft* [52] används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns.

Gasmolnsexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 24.

#### B.4.1.4. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

Nedan sammanställs de framräknade konsekvensavstånden för ADR-S klass 2.1.

- BLEVE 170 meter
- Liten jetflamma 5 meter
- Medelstor jetflamma 17 meter
- Stor jetflamma 73 meter
- Gasmolnsexplosion 42 meter

### B.4.2 ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmen *Spridning Luft* och med *ALOHA* för totalt 6 scenariere enligt Tabell 14. Redovisat konsekvensavstånd för respektive scenario utgörs genomgående av det högre värdet från simulering med de båda programmen. Indata till beräkningarna utgörs av underlag enligt Bilaga A och med en ytråhet på 0,5 m.

Tabell 14. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Väderlek	Avstånd till LC <sub>50@30 min</sub>	Spridningsvinkel
Litet	Stabilitetsklass D, 5 m/s	10 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	30 meter	30°
Mellanstort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	30 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	150 meter	30°
Stort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	135 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	690 meter	30°

## B.5. ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m<sup>2</sup>. Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [29] [17].

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m<sup>2</sup> (*litet*), 200 m<sup>2</sup> (*mellanstort*) respektive 300 m<sup>2</sup> (*stort*). All brandfarlig vätska (bensin, diesel och E85) antas i beräkningarna utgöras av bensin, vilket bedöms vara konservativt.

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar [29]. I Tabell 15 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 15. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m<sup>2</sup>) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Avstånd till 15 kW/m <sup>2</sup> från pölkant
Litet utsläpp	50 m <sup>2</sup>	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m <sup>2</sup>	23 meter
Stort utsläpp	300 m <sup>2</sup>	27 meter

## B.6. ADR-S klass 5

Två typer av olycksscenarioer med påverkan på omgivningen har identifierats i samband med olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider: Explosion och brand.

### B.6.1 Explosion

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i

tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [46]. Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

Resultaten visar att personer i omgivningen omkommer inom drygt 30 meter, medan byggnader skadas inom drygt 120 meter.

### **B.6.2 Brand**

En brand som inkluderar ämnen i ADR-S klass 5 är mycket intensiv, eftersom dessa ämnen är brandunderstödjande. Grovt antas en sådan brand motsvara en stor pölbrand så som den beaktas inom ADR-S klass 3 ovan. Konsekvensavståndet blir därmed 30 meter.

## **B.7. Bedömning av antal omkomna i respektive scenario**

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario multipliceras aktuellt konsekvensområde med den persontäthet som antagits i området. Vid beräkningarna har antagits att samtliga personer inom området vistas oskyddade utomhus. Detta antagande är medvetet mycket konservativt och ger resultat på den säkra sidan. För flertalet av de identifierade olycksscenarierna har byggnaders omslutande effekt en stor skyddsgrad för personer som vistas inomhus.

## Bilaga C. Referenser

- [1] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [2] Länsstyrelsen i Skåne Län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, 2007.
- [3] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transport av farligt gods samt bensinstationer," Räddnings och säkerhetsavdelningen.
- [4] Länsstyrelsen, "Samrådsyttrande - Ärendenummer 402-700-19".
- [5] Trafikverket, "Samrådsyttrande - Ärendenummer 2019/13518".
- [6] MSB, "Handbok - Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer," 2015.
- [7] Energigas Sverige, "Anvisningar - tankstationer för metangasdrivna fordon," 2015.
- [8] MSB, "Tankstationer och fordonsgas," [Online]. Available: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/brandfarligt-och-explosivt/brandfarliga-gaser/tankstationer-och-fordonsgas/>. [Använd 25 10 2019].
- [9] Växjö kommun, "Detaljplan Öjaby 1:17 m.fl., Plankarta - samråd, utkast," 2019-11-12.
- [10] Växjö kommun, "Detaljplan Öjaby 1:17 m.fl., Planbeskrivning - samråd, utkast," 2019-01-22.
- [11] Trafikverket, "Nationell vägdatabas - NVDB på webb," [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/>.
- [12] WSP, "Bullerutredning för detaljplan Öjabymotet i Växjö kommun," 2019-07-02.
- [13] Koncessionsnämnden för miljöskydd, "Beslut, Dnr 171-491-95," 1996-10-03.
- [14] MSB, "Tankstationer för metangasdrivna fordon, Vägledning vid tillståndsprövning," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2011.
- [15] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [16] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, *Översiktsplan - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods*, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [17] BBR, Boverket, 2006.
- [18] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [19] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [20] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [21] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [22] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.

- [23] TRAFKA, "Lastbilstrafik 2013-2017 Swedish national and international road goods transport," Trafikanalys, 2018.
- [24] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [25] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [26] SIKKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [27] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [28] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [29] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [30] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [31] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [32] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [33] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [34] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [35] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [36] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [37] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [38] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [39] G. Purdy, "Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [40] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [41] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [42] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [43] G. Marlair och Kordek, M-A, "Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers," *Journal of Hazardous Materials*, pp. A123. pp 13-28, 2005.
- [44] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [45] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.

- [46] R. Forsén, FOI, 2009.
- [47] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [48] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [49] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [50] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [51] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [52] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [53] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.



UPPDRAGSNAMN  
RB DP Öjaby 1:17 m.fl.

UPPDRAGSNUMMER  
10262038

FÖRFATTARE  
Fredrik Larsson

DATUM  
2019-11-27

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. [wsp.com](http://wsp.com)

### WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[wsp.com](http://wsp.com)



## Bilaga D. Flygriskanalys

An analysis of third party risk around Växjö Småland Airport

With a focus on the development area near Öjaby

November 2019

NLR Netherlands Aerospace Centre



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2019-445 | November 2019

# An analysis of third party risk around Växjö Småland Airport

With a focus on the development area near Öjaby

CUSTOMER: WSP Sverige AB

NLR – Netherlands Aerospace Centre



# An analysis of third party risk around Växjö Småland Airport

With a focus on the development area near Öjaby



## Problem area

WSP Sverige AB supports Växjö Municipality in establishing a spatial development plan nearby Växjö Småland Airport in South Sweden. The development area is located west of Öjaby and stretches northwards along national highway 30 towards Tunatorp. Considered in the development plan are among others small industries, offices and hotels which will be realised west and south of the airport.

One of the WSP supporting services is to analyse the risks due to the transportation of dangerous goods on national highways 25 and 30, which bound the development plan on the south and the east, respectively. However, since the development lies close to the airport, the planned buildings could also be affected by third party risk as a consequence of the air traffic.

### REPORT NUMBER

NLR-CR-2019-445

### AUTHOR(S)

Y.S. Cheung

### REPORT CLASSIFICATION

UNCLASSIFIED

### DATE

November 2019

### KNOWLEDGE AREA(S)

Safety  
Third Party Risk and Policy Support

### DESCRIPTOR(S)

Third party risk  
Individual risk  
Veer-off

## Description of work

The authority of the municipality requests an analysis of third party risk as a consequence of the air traffic of Växjö Småland Airport. WSP Sverige AB has subcontracted Royal Netherlands Aerospace Centre NLR to carry out this analysis, with focus on the risk posed to the development area near Öjaby.

The primary objective of the NLR study is to calculate the third party risk in terms of Individual Risk (IR) for three airport scenarios. The first scenario considers the actual traffic in the year 2018. The second and third scenario regard a licensed situation in the future in which the airport is allowed to handle up to 24,500 movements per year. In the third scenario it is foreseen that the airport will have the runway extended to 2,600 metres for which operation with larger aircraft types is possible. The impacts of these three scenarios on the development area are visualised by means of individual risk contours. Presented are the levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year.

The secondary objective of the NLR study is to address the practices of third party risk around airports in the Netherlands. The purpose of this information is to provide the authority (Växjö Municipality) some insight on how the third party risk information is applied in decision-making and policy.

## Applicability

An application of analysis of third party risk around an airport could have a value in the policy-making regarding protection of third party and occupants of aircraft, and in decision-making for spatial planning and development near an airport.

### NLR

Anthony Fokkerweg 2

1059 CM Amsterdam, The Netherlands

p ) +31 88 511 3113

e ) [info@nlr.nl](mailto:info@nlr.nl) i ) [www.nlr.nl](http://www.nlr.nl)



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2019-445 | November 2019

# An analysis of third party risk around Växjö Småland Airport

With a focus on the development area near Öjaby

CUSTOMER: WSP Sverige AB

**AUTHOR(S):**

Y.S. Cheung

NLR

No part of this report may be reproduced and/or disclosed, in any form or by any means without the prior written permission of the owner.

<b>CUSTOMER</b>	WSP Sverige AB
<b>CONTRACT NUMBER</b>	WSP assignment number 10262038, activity no. 16 (NLR project 2499149)
<b>OWNER</b>	WSP Sverige AB
<b>DIVISION NLR</b>	Aerospace Operations
<b>DISTRIBUTION</b>	Limited
<b>CLASSIFICATION OF TITLE</b>	UNCLASSIFIED

APPROVED BY :		
AUTHOR	REVIEWER	MANAGING DEPARTMENT
Y.S. Cheung 	R. de Jong 	A.D.J. Rutten 
DATE 201119	DATE 201119	DATE 201119

## Summary

WSP Sverige AB supports Växjö Municipality in establishing a development plan nearby Växjö Småland Airport in South Sweden. Since the development lies close to the airport the planned buildings could be affected by third party risk as a consequence of the air traffic. So there is a need to evaluate what people located in the development area could be exposed to.

For this reason, the authority of the municipality thus requests an analysis of third party risk as a consequence of the air traffic of Växjö Småland Airport. For the analysis of third party risk around Växjö Småland Airport, in particular the risk posed to the development area near Öjaby, WSP Sverige AB has subcontracted Royal Netherlands Aerospace Centre NLR to carry out a study.

In the study, the third party risk around Växjö Småland Airport is assessed as part of the development plan nearby the airport. In the assessment individual risk calculations are carried out for three airport scenarios. The first scenario considers the actual traffic in the year 2018. The second and third scenarios regard a licensed situation in the future in which the airport is allowed to handle up to 24,500 movements per year. In the third scenario it is foreseen that the airport will have the runway extended to 2,600 metres for which operation with larger aircraft types is possible. The impacts of these three scenarios on the development area are visualised by means of individual risk contours. Presented are the levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year.

The policy of third party risk around an airport as applied in the Netherlands is also shown. It could provide the authority in Sweden some insight on how the third party risk due to air traffic can be regulated by means of restrictions in land use. The application examples show that third party risk around an airport could have a value in the policy-making regarding protection of third party and occupant of aircraft, and in decision-making for spatial planning and development near an airport.

# Contents

<b>Abbreviations and definitions</b>	<b>6</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>8</b>
<b>2 Växjö Småland Airport</b>	<b>10</b>
<b>3 Assumptions for risk calculations</b>	<b>13</b>
3.1 Model selection	13
3.2 Traffic scenarios	13
3.3 Description of inputs	16
<b>4 Results of third party risk</b>	<b>17</b>
<b>5 Applications of third party risk around airports and policy in the Netherlands</b>	<b>22</b>
5.1 Amsterdam Schiphol airport	23
5.1.1 Zoning	23
5.1.2 Safety enforcement	25
5.2 Regional airports	25
5.3 Two examples of applications of third party risk analysis	25
5.3.1 Airport zoning for protection of third party and occupants of aircraft	26
5.3.2 Evaluation of development plans	27
<b>6 Conclusions</b>	<b>29</b>
<b>7 References</b>	<b>30</b>
<b>Appendix A Third party risk metrics</b>	<b>31</b>
Appendix A.1 Individual Risk	31
Appendix A.2 Societal Risk	33
<b>Appendix B NLR third party risk calculation model</b>	<b>35</b>
Appendix B.1 Model set-up and components	35
Appendix B.1.1 Accident Probability Model (Accident Rates)	37
Appendix B.1.2 Accident Location Model	37
Appendix B.1.3 Accident Consequence Model	38
Appendix B.2 Veer-off risk and Mid Air Collision risk	38
Appendix B.3 Approval and acceptance of NLR third party risk model	39
<b>Appendix C Input data</b>	<b>40</b>
Appendix C.1 Study area, coordinate system and grid size	40
Appendix C.2 Runway endpoints	40
Appendix C.3 Departure and arrival routes	41
Appendix C.4 Traffic and aircraft types	43

Appendix C.4.1	Calendar Year 2018	43
Appendix C.4.2	Future 24500-movements – 2100m runway	44
Appendix C.4.3	Future 24500-movements – 2600m runway	45
<b>Appendix D</b>	<b>Identification of risk calculations</b>	<b>46</b>

## Abbreviations and definitions

ACRONYM	DESCRIPTION
a/c	Aircraft
AIP	Aeronautical Information Publication
BJ / Bizjet	Business Jet
CAA	Civil Aviation Authority
DTHR	Displaced Threshold (for landing)
ECAC	European Civil Aviation Conference
ft	Foot (feet) (= 0.3048 metre)
GA	General Aviation
(1 <sup>st</sup> / 2 <sup>nd</sup> / 3 <sup>rd</sup> ) gen	(First, Second or Third) Generation (of Aircraft)
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organisation
ILS	Instrument Landing System
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport (Human Environment and Transport Inspectorate)
kg	Kilogramme(s)
km	Kilometre(s)
lat-lon	Latitude and longitude
m	Metre(s)
MTOW	Maximum Take Off Weight
NLR	Royal Netherlands Aerospace Centre
t	(Metric) Tonne(s)
THR	Threshold
TORA	Take Off Run Available
UTM	Universal Transverse Mercator (coordinate system)
VFR	Visual Flight Rules
WGS	World Geodetic System

DEFINITION AND CONCEPT	DESCRIPTION
Aircraft accident (third party)	Any unintended contact with the ground outside the runway. This includes all types of occurrences including for instance fatal accidents, non-fatal accidents, major losses and hull losses.
Aircraft movement or Air traffic movement	A take-off or a landing (equivalent: a departure or an arrival).
Calculation grid	A small square area for which risk value is calculated.
Heavy aircraft	Fixed wing aircraft with an MTOW of 5,700 kg or more.
ICAO code (aircraft)	ICAO Aircraft Type Designator (Doc 8643). Aircraft type is (mostly) denoted by a combination of four letters and numbers.
L1500	Aircraft type with MTOW up to 1500 kg. A category in the NLR third party risk model for regional airports.
L5700	Aircraft type with MTOW between 1500 kg and 5700 kg. A category in the NLR third party risk model for regional airports.
Light aircraft	Fixed wing aircraft with an MTOW less than 5,700 kg.
Overrun	An accident in which the aircraft runs off the end of the runway during either take-off or landing.
Overshoot	An accident in which the aircraft contacts the ground beyond the end of the runway.
Straight-in	A straight landing flight route or approach path to the runway.
Third party	Inhabitant around an airport.
Undershoot	An accident in which the aircraft contacts the ground before the runway while on (final) approach.
Veer-off	An accident in which the aircraft runs off either side of a runway during either take-off or landing.

# 1 Introduction

WSP Sverige AB supports Växjö Municipality in establishing a spatial development plan nearby Växjö Småland Airport in South Sweden. The development area is located west of Öjaby and stretches northwards along national highway 30 towards Tunatorp. The area comprises approximately 210 acres of land (Ref. [1]). Considered in the development plan (Figure 1-1) are among others small industries, offices and hotels which will be realised west and south of the airport.

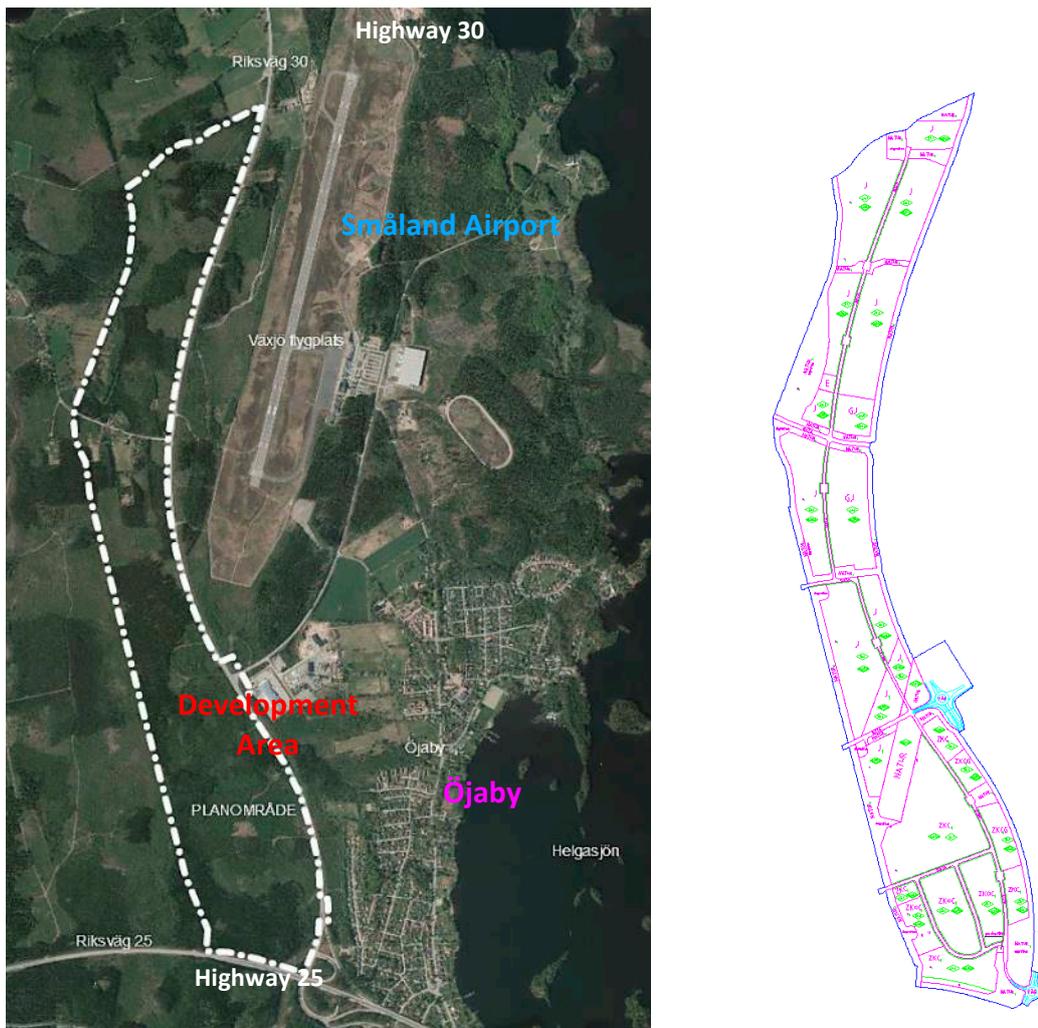


Figure 1-1: (Left) Växjö Småland Airport and the area for development plan (shown in dash-dot line). (Right) The development plan near Öjaby with a layout of roads and areas for various purposes

One of the WSP supporting services is to analyse the risks due to the transportation of dangerous goods on national highways 25 and 30, which bound the development plan on the south and the east, respectively. However, since the development lies close to the airport, the planned buildings could also be affected by third party risk as a consequence of the air traffic.

For the above-mentioned reason, the authority of the municipality requests an analysis of third party risk as a consequence of the air traffic of Växjö Småland Airport. WSP Sverige AB has subcontracted Royal Netherlands Aerospace Centre NLR to carry out this analysis, with focus on the risk posed to the development area near Öjaby.

The primary objective of the NLR study is to calculate the third party risk in terms of Individual Risk (IR) for three airport scenarios:

- The first airport scenario is the “existing situation”. The current airport operation and traffic movements are considered.
- The second scenario is the “licensed situation”, in which the airport is allowed to handle up to 24,500 movements per year. This scenario is related to a potential development and operation situation.
- The third scenario is again the “licensed situation” with a maximum of 24,500 movements per year in the future and the runway extended to 2600 metres. But, it is assumed that due to the longer runway length the airport will accommodate larger aircraft types for passenger transport.

The secondary objective of the NLR study is to address the practices of third party risk around airports in the Netherlands. The purpose of this information is to provide the authority (Växjö Municipality) some insight on how the third party risk information is applied in decision-making and policy.

### **Report structure**

This report is organised as follows. After this introduction, **chapter 2** gives a description of the airport and its operational aspects. **Chapter 3** presents concisely the third party risk method applied, traffic scenarios and a description of inputs used in risk analysis. **Chapter 4** covers the analysis of third party risk around Växjö Småland Airport for three operational scenarios. **Chapter 5** addresses the policy and practices of third party risk for airports in the Netherlands. Conclusions are drawn in **Chapter 6**, the final chapter of this report.

For the interested readers, various appendices of this report give additional details. These cover the third party risk metrics in general (**Appendix A**), the NLR third party risk methodology (**Appendix B**), the detailed calculation input data applied in the risk analysis (**Appendix C**) and the identification of risk calculations (**Appendix D**).

## 2 Växjö Småland Airport

Växjö Småland Airport (ICAO code: ESMX; IATA code: VXO) is located in the south of Sweden and lies about 5 km northwest of the municipality Växjö. The city Öjaby lies adjacent to the airport. Figure 2-1 shows the airport and its surroundings. The airport is designed and operated in accordance with an ICAO reference code 4E airport. The aerodrome elevation is 610 ft (185.9 m).



Figure 2-1: Växjö Småland Airport and its runway (RWY) 01/19 (source: Google Earth)

Växjö Småland Airport operates with a single runway system: RWY 01 and RWY 19. Both runway directions are used for take-offs and landings. The runway physical characteristics, according to the AIP Sweden, are given in Table 2-1 and Table 2-2.

Table 2-1: Physical characteristics of runway 01/19 (AIP Sweden, AD 2 ESMX 1-4, 25 May 2017)

Designations RWY	True Bearing & Magnetic Bearing	Dimensions of RWY [m]	THR coordinates RWY coordinates	THR elevation [ft]
01	013.05° GEO 008° MAG	2106 x 45	56°55'11.72" N 014°43'26.69" E	610
19	193.06° GEO 188° MAG	2106 x 45	56°56'18.05" N 014°43'54.82" E	563.2

There are no stopways (SWY), but two clearways (CWY) are available. For RWY 01 the dimension of the CWY is 500 x 150 m, whilst the CWY for RWY 19 is only 300 x 150 m. Further, no displaced threshold (DTHR) is used for landing on each runway.

Table 2-2: Declared distances of runway 01/19 (AIP Sweden, AD 2 ESMX 1-4, 25 May 2017)

RWY designator	TORA [m]	TODA [m]	ASDA [m]	LDA [m]
01	2106	2606	2106	2106
19	2106	2606	2106	2106

Based on the traffic data provided by Växjö Småland Airport for calendar year 2018 (CY2018), the total number of air traffic movements is 6475. The traffic is comprised of movements of fixed wing aircraft and helicopters. For the analysis of third party risk the civil air traffic movements are categorised into three groups in general:

1. Heavy aircraft: these are the fixed wing aircraft with an Maximum Take Off Weight (MTOW) of 5,700 kg or more. The aircraft types included are the jet aircraft (e.g. Boeing 737) or turboprops (e.g. ATR 72) for passenger transport, and the business jet and corporate aircraft (Cessna Citation, Learjet and Beech King Air).
2. Light aircraft: these are fixed wing aircraft with an MTOW less than 5,700 kg. They are mostly used for General Aviation, like recreational, training/ instructional, and personal flights. Typical light aircraft types are Cessna 172 and Piper 28.
3. Helicopters: all rotary-wing aircraft with purposes like transport, personal flight, recreation and training.

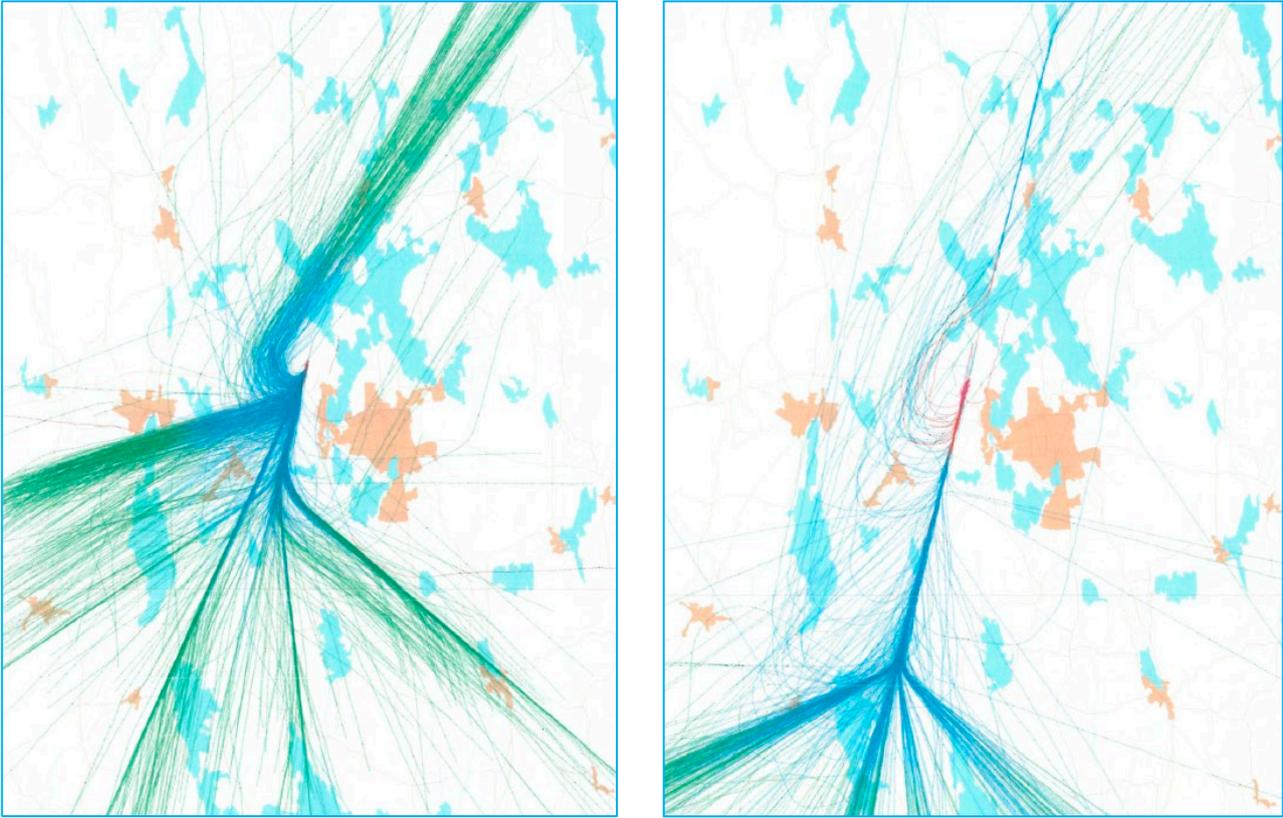
The movements of the heavy aircraft represent about two-third of the total traffic. The movements of the light fixed wing aircraft is responsible for less than 30% and helicopter traffic represents less than 7% of the total. More details on the traffic data will be shown in Chapter 3 and in Appendix C.4.

There are no exact flight route instructions given in the AIP Sweden, AD 2 ESMX 1-6. But based on the communication with Småland Airport it is known that:

“There are restrictions due to other air traffic or noise abatement procedures are taken into account. When traffic is free of obstacles/restrictions, it is then common in Sweden that ATC provides direct routing towards destination or at least some RNAV point closer to the destination or border to other countries boundary entry or exit points for IFR flights.”

In addition, the airport has provided several plots of radar tracks for NLR consideration in the construction of flight routes which are required in the third party risk analysis. The plots of radar tracks belong to the aircraft types with the (ICAO) Wake Turbulence Category (WTC) “Medium” and “Heavy” combined and those with the Wake Turbulence Category “Light”. The tracks concerns the departures on RWY 19 and arrivals on RWY 01. Figure 2-2 depicts the plot of radar tracks for aircraft types with WTC Medium & Heavy. The figure shows recognisable patterns of flight directions.

Remark: the Wake Turbulence Categories are not the same as the aircraft categories used by NLR in the analysis of third party risk.



*Figure 2-2: Plots of radar tracks for Wake Turbulence Category “Medium” and “Heavy”. Left – the departures on RWY 19. Right – the arrivals on RWY 01. Both plots show recognisable patterns of the departure and arrival flights*

The plots of radar tracks for WTC Light are not shown here because the flight paths do not help discerning distinct flight directions.

## 3 Assumptions for risk calculations

This chapter briefly addresses the principles and assumptions applied in the analysis of third party risk. These include the selection of the model, a description of the traffic scenarios, and the input data derived for the Individual Risk calculations.

### 3.1 Model selection

Two variants of the NLR risk model for civil airports have been developed, that reflect relevant differences in operations, number of movements and infrastructure. The first one is the 'Large Airport model' (Ref. [3]) which is meant for major airports with a large number of movements as an important criterion. Examples for large airports are London Heathrow, Amsterdam Schiphol and Stockholm Arlanda. The second one is the 'Regional Airport model' (Ref. [4]) that is set up for regional airports and small airfields that are mainly serving regional traffic and general aviation. Regional airports in this regard are Rotterdam-The Hague, Maastricht-Aachen and Stockholm-Bromma.

Based on the fleet mix and the number of movements at Växjö Småland Airport as shown in section 3.2, the risk analysis is made with the **Regional Airport model**. Operation and level of safety at regional airports are considered different from those at the major airports due to the varied traffic mix and operator types. In order to reflect the differences in safety, the accident probabilities are differentiated for the types of operation: passenger traffic, cargo traffic, business jet traffic and light-weight general aviation traffic.

Due to the presence of helicopter movements at the airport, NLR applies the **heliport risk model** (Ref. [5]) to analyse that risk as well. In the risk model the helicopter traffic movements are differentiated by the engine types: Single Engine Piston (training or non-training), Single Engine Turbine and Multi Engine Turbine.

Furthermore, in view of the location of the development area, part of the area could be affected by the veer-off risk due to take-off and landing movements of fixed wing aircraft. For this reason, NLR applies a separate **veer-off risk** method (Refs. [6] and [7]) to determine the magnitude of the risk.

It is noteworthy that the combination of Regional Airport model, heliport risk model and veer-off risk method has been applied in the analysis of third party risk around Bromma Airport (Ref. [2]). In summary, the analysis method for Växjö Småland airport is the same as the one previously applied to a risk study regarding Stockholm-Bromma Airport.

### 3.2 Traffic scenarios

The analysis of third party risk around Växjö Småland Airport is conducted for three traffic scenarios. In the analysis calculations of Individual Risk are executed and the impact on the development area is visualised by means of Individual Risk contours for the levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year.

The three scenarios are considered in the present risk analysis are as follows.

### Calendar Year 2018

The first scenario is the existing situation which is based on the 2018 air traffic movement data provided by the airport. The runway is 2100 metres long. The traffic movements are discerned for different traffic segments. They are shown in Table 3-1.

Table 3-1: Movements per category in year 2018

Traffic segment	Movements	Percentage
Heavy aircraft	4225	65 %
Light aircraft	1809	28 %
Helicopter	441	7 %
Total	6475	100 %

The heavy aircraft traffic segment is comprised of movements with passenger transport jets, large turboprop aircraft and business jets. Table 3-2 shows that the most used flight directions for heavy aircraft are RWY 01 for departures and RWY 19 for arrivals. This means that the northern direction is the preferred operation direction for heavy aircraft: take-off to the north from the airport and landing from the north towards the airport.

Based on the details included in the traffic data, the most-used jet aircraft and turboprop aircraft for passenger transport are Boeing 737(-800/-700), Airbus A320, Embraer E170/175, ATR 72-600 and Fokker 50. Several distinct flight destinations can be discerned. The most frequent flights are in the northern direction: to and from Bromma and other cities in Sweden. To the southwest is Amsterdam, to the south are the Spanish destinations including the Canary Islands, and to the southeast are the destinations including Poland, Turkey and Greece.

Table 3-2: Runway usage for heavy aircraft

Heavy aircraft	Arrival	Departure
RWY 01	12 %	30 %
RWY 19	38 %	20 %

The light aircraft traffic segment includes the movements of General Aviation. The most frequent types are Cessna 172 Skyhawk, Piper PA28 and Diamond DA42. These aircraft types are typical for pilot training, recreational use, personal flight, etc. Table 3-3 shows that RWY 19 is the preferred direction for both departure and arrival.

Table 3-3: Runway usage for light aircraft

Light aircraft	Arrival	Departure
RWY 01	22 %	22 %
RWY 19	28 %	28 %

Helicopter traffic forms only a small part of the air traffic. The most used types are Aerospatiale AS350 and Eurocopter 120. According to the traffic data provided, the helicopter departures and arrivals are mainly in unknown direction "H", from and to a helipad.

### Future 24500 movements with 2100m-runway

The second scenario is the licensed situation in which the airport is allowed to handle a maximum of 24,500 aircraft movements per year. Details for this scenario are not available. In consultation with the airport and WSP, NLR has

derived a set of traffic movements which suits the best for use in the calculation of third party risk. For the traffic movements, only the heavy traffic is adjusted and the remainder of the traffic, i.e. light aircraft and helicopter, is the same as for Year 2018. To obtain the movements of heavy traffic a scale factor is first derived (see following box for the derivation) and then the heavy traffic movements of CY2018 is multiplied with this factor. Table 3-4 presents the number of movements per traffic segment used in the scenario.

#### Derivation<sup>1</sup> of scale factor

In CY2018, there are 6475 movements – 4225 heavy aircraft movements, 1809 light aircraft movements and 441 helicopter movements.

For Future 24500-movements scenario, the number of heavy aircraft movements is  $24500 - 1809 - 441 = 22250$ .  
Scale factor =  $22250 / 4225 = 5.2663$

Table 3-4: Movements per traffic segment in Future 24500-movements scenario

Traffic segment	Movements	Percentage
Heavy aircraft	22250	91 %
Light aircraft	1809	7 %
Helicopter	441	2 %
Total	24500	100 %

#### Future 24500 movements with 2600m-runway

The third scenario considers the licensed situation in which the runway is extended to 2600 metres. The location of runway threshold 01 will be moved 500 metres towards the south. The maximum number of aircraft movements remains 24,500 per year.

Due to the extended runway it is assumed that the airport is able to handle larger aircraft types in this scenario. With such runway length a medium-size wide-body aircraft like A330-200 is allowed to operate. The accommodation of movements with larger aircraft types implies that some aircraft types used in scenario 1 and 2 have to be replaced. For this scenario NLR derives on her own the composition of the traffic for this calculation using her experiences with risk studies for other comparable airports in terms of size and operations. It must be noted that it is not necessary to consider this scenario as “worst-case”, even though larger aircraft types are assumed in the traffic.

The replacement of aircraft types concerns the following. The heavy air traffic is assumed to comprise only the passenger traffic using third-generation aircraft (which is safer than the first and second generation). This means that the business jet aircraft are replaced entirely in favour of the passenger transport jet A330-200. Furthermore, the relatively older or smaller turboprops in the heavy traffic are replaced by ATR 72-600 since this type is the most used at Växjö Småland Airport. Finally, some movements of miscellaneous jet aircraft which have been assumed as first-generation aircraft in the previous two calculation scenarios are now assigned to third-generation Boeing 737-800 types.

<sup>1</sup> Originally it was the intention to apply the growth figures of Eurocontrol (reference [10]) for a derivation of scale factor. However, it is found that even if the figures of Eurocontrol for a very long period (up to 2040) are applied, the scaled-up number of movements is still not large enough in order to obtain the maximum 24,500 movements per year.

### 3.3 Description of inputs

In order to calculate the risk around an airport, input data are needed. With the support of Växjö Småland Airport, the traffic data are made available to NLR for processing into calculation inputs. The risk calculation input data set is comprised of the following:

- **The traffic movements.** The traffic data contain the number of movements (departures and arrivals) per aircraft type, and the information of those aircraft types. The movement data also indicate which runway and route for arrival and departure is used by the aircraft. Each aircraft or helicopter movement has to be assigned to its accompanied category (see next point).
- **Weights and categories.** For each aircraft or helicopter type, the Maximum Take-Off Weight (MTOW) expressed in metric tonnes has to be known. In the risk model MTOW is a parameter to express the size of the aircraft and thus the accident consequences. The aircraft MTOW is derived from the list of aircraft data published by the Dutch government for use in the calculation of third party risk. Official sources like aircraft manufacturers and Jane's All the World's Aircraft are consulted for newer aircraft types. Occasionally, other internet sources like the German website Flugzeug.info and Wikipedia are consulted for checking on a few general aviation aircraft types.

Based on the third party risk methodology applied, the traffic data for Växjö Småland Airport are differentiated into the following (operation) categories:

- Heavy aircraft types: Passenger and Cargo transport, with the first, second, or third generation of aircraft types, and Business Jet. It is noteworthy that Cargo operation, however, is not used in the risk calculations for Småland Airport.
- Light aircraft types: L1500 (aircraft with MTOW up to 1500 kg) and L5700 (aircraft with MTOW between 1500 and 5700 kg).
- Helicopter types: Single Engine Piston (training and non-training), Single Piston Turbine, and Multi Engine Turbine.
- **Airport runways.** The airport runways in WGS84 latitude-longitude (lat-lon) coordinates are provided in the AIP Sweden. The characteristics of the runways have already been discussed in Chapter 2. In consultation with WSP and Växjö Municipality, the lat-lon coordinates are converted into SWEREF 99 15 00 coordinate reference system using the online conversion tool<sup>2</sup> as instructed by the municipality.
- **Flight routes.** Flight routes or nominal flight paths, together with the runway, are required in the calculations as this information determines the risk distribution over the surrounding of the airport. The departure and arrival routes for the risk calculation are derived and constructed by NLR mainly using the plots of radar tracks provided by Växjö Småland Airport, and based on experiences with studies with some comparable airports. All flight routes are constructed for the SWEREF 99 15 00 coordinate reference system.
- **Helicopter sectors.** Helicopter traffic is assigned to helicopter departure and arrival sectors. The sectors are assigned to the location of the runway endpoint for the sake of conservativeness of the risk calculations.

Details on the input data can be found in Appendix C.

<sup>2</sup> <https://www.lantmateriet.se/sv/Sjalvservice/koordinattransformation/>

## 4 Results of third party risk

This chapter presents the calculation results of the third party risk around Växjö Småland Airport, in particular its effects on the development area of Öjaby. The risk calculation results are visualised as Individual Risk (IR) contours, i.e. lines with the iso-probability, for the risk levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  (per year). The justification of the use of these risk levels is given in reference [8].

For the sake of completeness, the risk contours determined with the standard risk model for the aircraft take-off and landing overruns, take-off overshoots and landing undershoots are presented in combination with the risk contours determined separately for the take-off and landing veer-offs. Figure 4-1 depicts an illustration of the different risk types (third party) posed to the development area.

The risk contours are presented in Figure 4-2 through Figure 4-4.

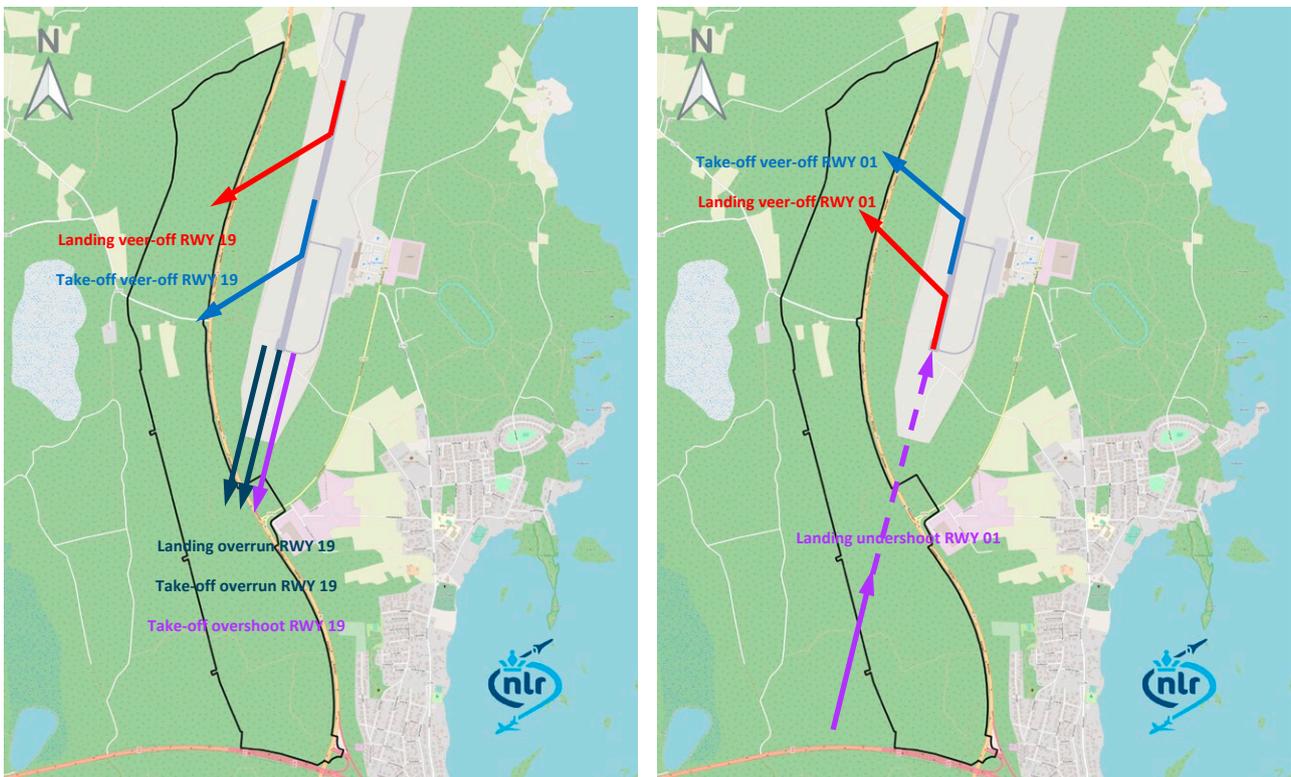


Figure 4-1: (Left) The development area is exposed to different risk types from the air traffic operation in the southerly direction. (Right) The development area is exposed to the different risk types from the air traffic operation in the northerly direction

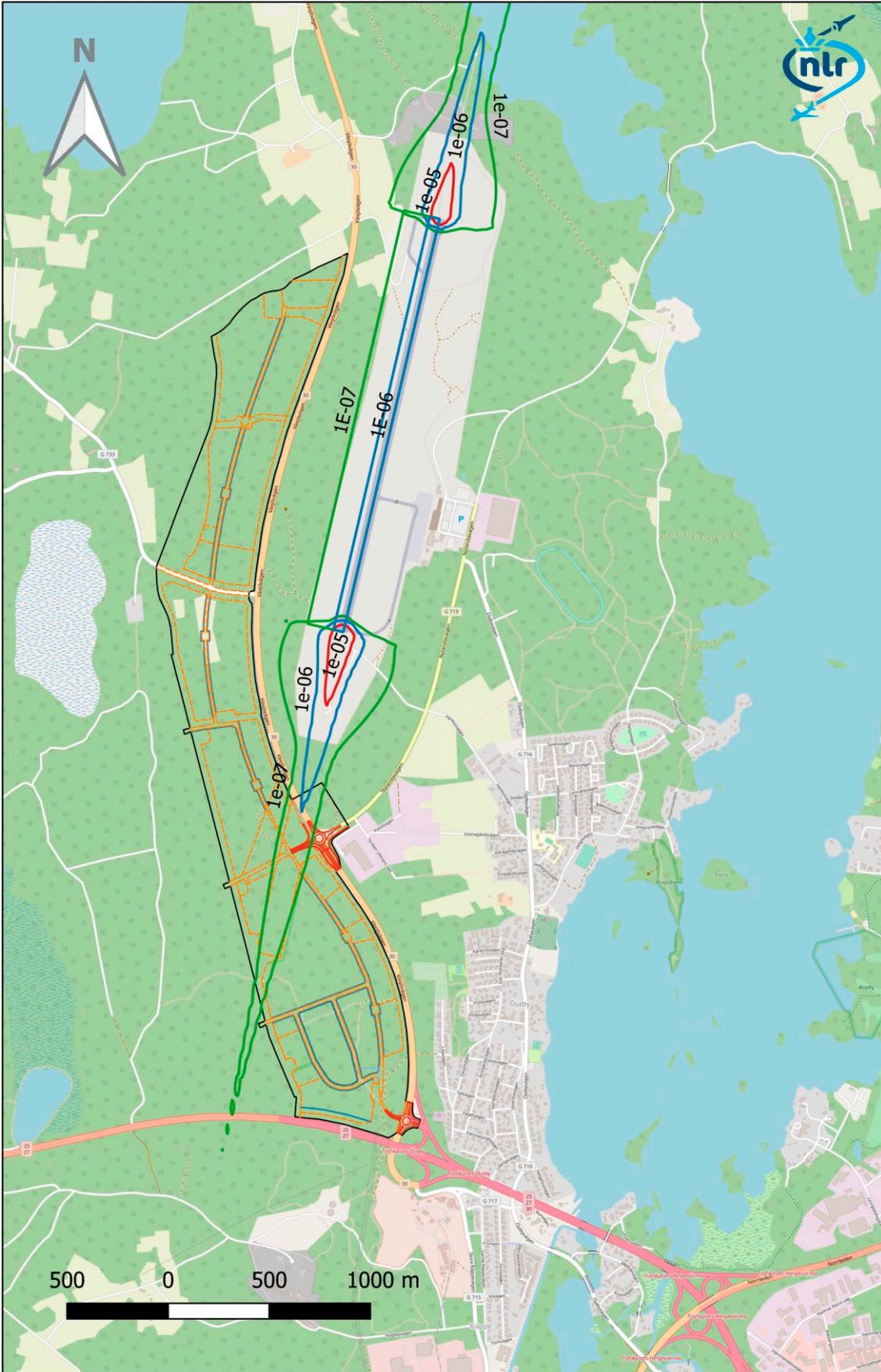


Figure 4-2: Individual risk contours of  $10^5$  (red),  $10^6$  (blue) and  $10^7$  (green) for the Calendar Year 2018

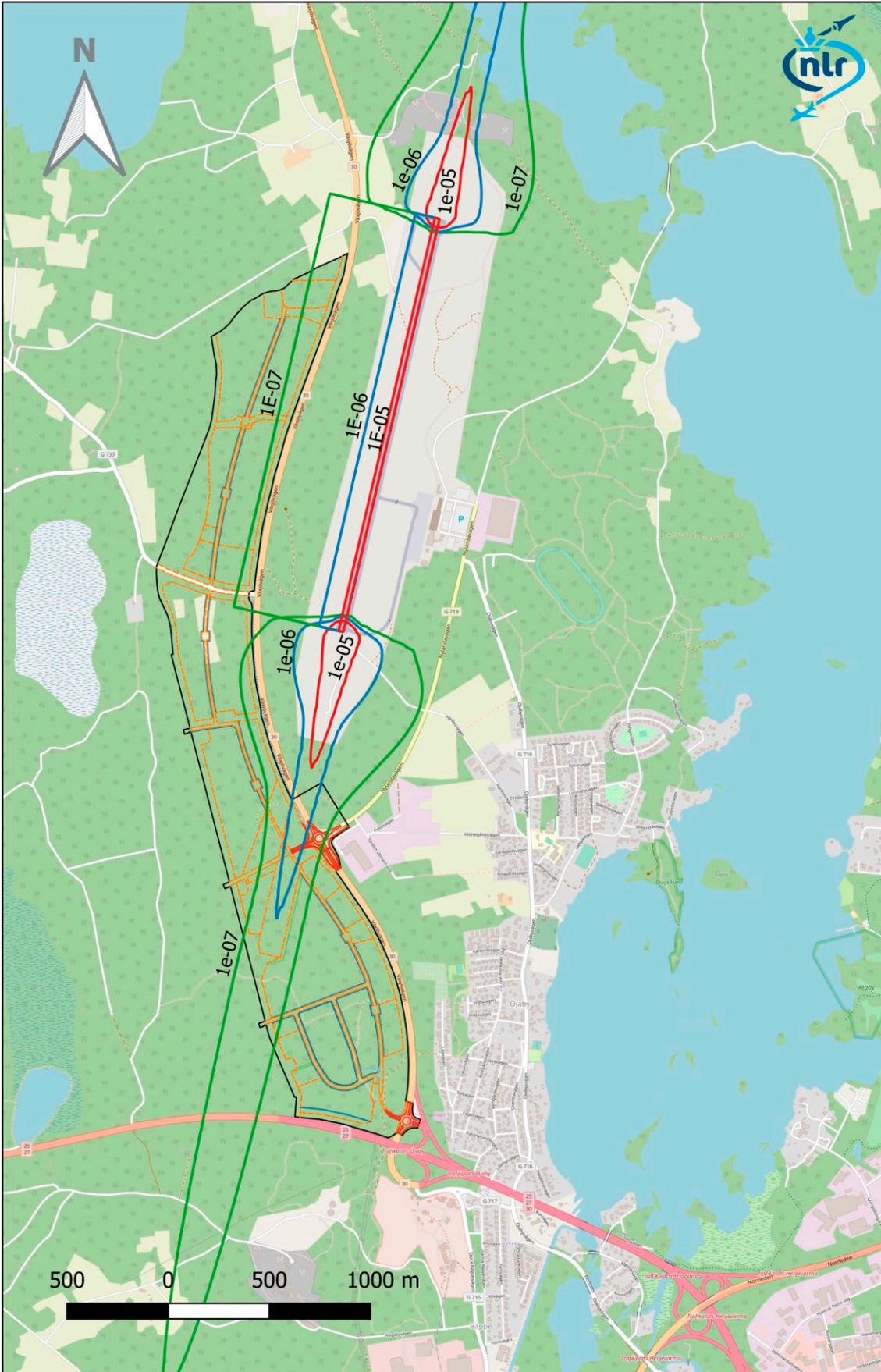


Figure 4-3: Individual risk contours of  $10^{-5}$  (red),  $10^{-6}$  (blue) and  $10^{-7}$  (green) for the Future 24500-movements scenario on the present 2100m runway

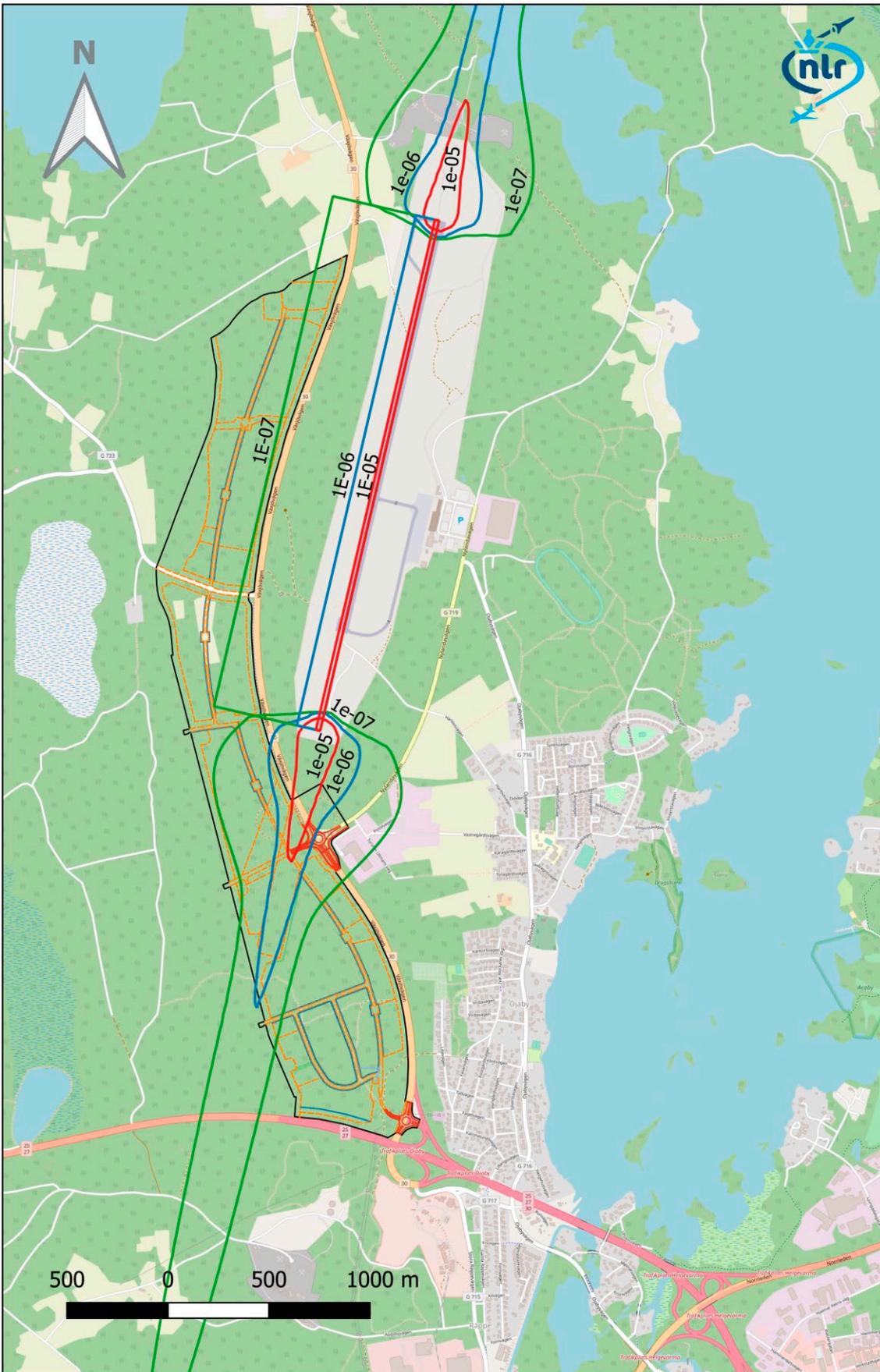


Figure 4-4: Individual risk contours of  $10^{-5}$  (red),  $10^{-6}$  (blue) and  $10^{-7}$  (green) for the Future 24500-movements scenario on the extended 2600m runway and with larger aircraft types replacing part of the heavy aircraft traffic

### Discussion of veer-off risk

As mentioned earlier veer-off is an occurrence in which an aircraft runs off either side of a runway. The risk calculated for a veer-off is in theory valid for all sorts of terrain next to runway: flat/slope, hard/soft ground, with or without objects/obstacles (e.g. trees). Due to the fairly woody and slightly sloping terrain on the west side of the airport and along the national highway 30 (Figure 4-5), the veer-off risk calculated for the different scenarios could be smaller in practice. This is the consequence of some shielding effects of the trees and the terrain sloping upwards which could help limit the distance travelled by the aircraft in the occurrence of a veer-off. However, an exact value for the reduced veer-off risk affecting the development area cannot be provided. For conservative reason it is recommended to apply the calculated risk values in the evaluation and discussion of the development plan.



Figure 4-5: The airport surroundings viewed from national highway 30 northbound (source: Google Maps street view)

# 5 Applications of third party risk around airports and policy in the Netherlands

This chapter presents the applications of third party risk around airports and the policy established in the Netherlands. Sections 5.1 and 5.2 address concisely the restrictions in accordance with third party risk for Amsterdam Schiphol Airport and the regional airports respectively. Section 5.3 gives two application examples.

### Third party risk around airports

Both UK and the Netherlands have an advanced and transparent policy for third party risk around airports. Their methodologies in assessing the risk have been validated with experts; the risk calculation models are made public and are established in the national regulations.

There is neither international agreement on how the third party risk around an airport (methodology) should be determined, nor any internationally agreed norms, criteria or guidelines available which define acceptable levels of third party risk or external safety around an airport.

For UK and the Netherlands, criteria only exist for certain Individual Risk levels. UK chooses  $10^{-4}$  and  $10^{-5}$  (per year) for their Public Safety Zones (PSZs) around an airport, whilst the Netherlands applies  $10^{-5}$  and  $10^{-6}$  levels for building restrictions and spatial planning in the vicinity of an airport.

In the Netherlands, third party risk policy is established and risk assessment is required for different risk sources, among others storage and transport of dangerous goods, and rail transport. For air transport, only airports are considered as risk source since the airport is a location where aircraft departures and arrivals concentrate. Statistically most aircraft accidents occurred during these phases of flight whilst these phases take only a fraction of flight time in duration (Figure 5-1). Therefore an airport poses risk to the people in the surroundings.

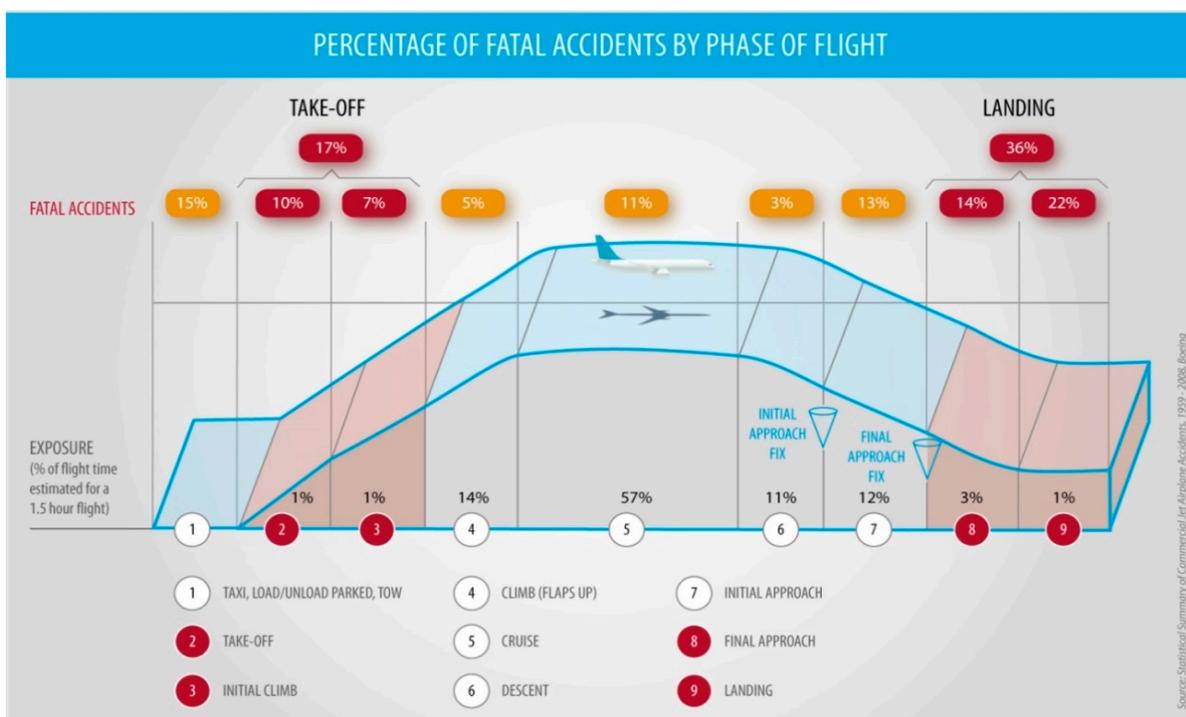


Figure 5-1: Percentage of fatal accidents by phase of flight (figure adapted from Boeing’s Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents - Worldwide Operations 1959-2008)

Third party risk around an airport has different purposes:

1. In the Environmental Impact Assessment (EIA) study, third party risk together with airport noise, emission & air quality are always the compulsory components and are considered as undesired environmental impacts due to air traffic operations at an airport. Mostly required by Netherlands Commission for Environmental Assessment that not only Individual Risk is to be investigated in the EIA study, but also a Societal Risk analysis is requested.
2. For changes in the operational concept of the airport or in the master planning, an analysis of the risk to the surrounding (third party) may be required as well. Changes in runway usage, flight routes, fleet mix and number of air traffic movements could have impact on the surroundings of an airport in terms of safety risk.
3. For risk zoning and protection of third parties. For airports of importance like Amsterdam Schiphol Airport and other larger regional airports, (local) government may define risk zones to limit the land use in the vicinity of an airport in order to protect persons on the ground and or limit the societal risk due to air traffic.
4. For spatial planning policy and decision-making: an assessment of third party risk is necessary when authorities from (local) government like municipalities and or developers require insight into to what extent aviation could pose a risk to their development plans in the vicinity of an airport.

## 5.1 Amsterdam Schiphol airport

### 5.1.1 Zoning

The Schiphol Act i.e. Chapter 8.2 of the Netherlands Aviation Act [4], and the two Airport Decrees, “Airport Traffic Decree” and “Airport Layout Decree”, came into effect on 20 February 2003. This also marked the commissioning of the Schiphol’s new fifth runway 18R-36L. Regulations regarding limitations of noise pollution, third party risk and air pollution (emissions) to the airport surroundings are established in the Schiphol Act and the Decrees.

In the Airport Layout Decree, the two zones defined for third party risk are Restricted Area 1 and 3. Restricted Area 1 is based on the  $10^{-5}$  individual risk contour whereas Restricted Area 3 is based on the  $10^{-6}$  individual risk contours. These safety zones as shown in Figure 5-2 are specified to keep people on the ground at a safe distance from air traffic risk and they are based on risk calculations of a number of scenarios in an Environmental Impact Assessment study. The zones are all established in the Airport Layout Decree of Schiphol Airport.

#### The restrictions of Area 1

This area is also known as demolition zone. Outside this zone no individual risk above  $10^{-5}$  (per year) is allowed. Within this zone the following applies:

- No building of new houses;
- No building of new offices and industrial buildings/factories;
- Existing houses are purchased and demolished on a voluntary basis;
- No “sensitive” (hazardous) industrial buildings.

#### The restrictions of Area 3

The construction of new buildings in areas exposed to local risks between  $10^{-5}$  and  $10^{-6}$  (per year) is not permitted, with the exception of buildings for small-scale business (including agricultural activities). An additional guideline is provided to govern the societal risk, i.e. by limiting the number of persons per hectare present in the area.

It is noteworthy that there are Areas 2 and 4 as well and these are based on the noise contours. The restrictions of these areas are comparable to those based on third party risk.

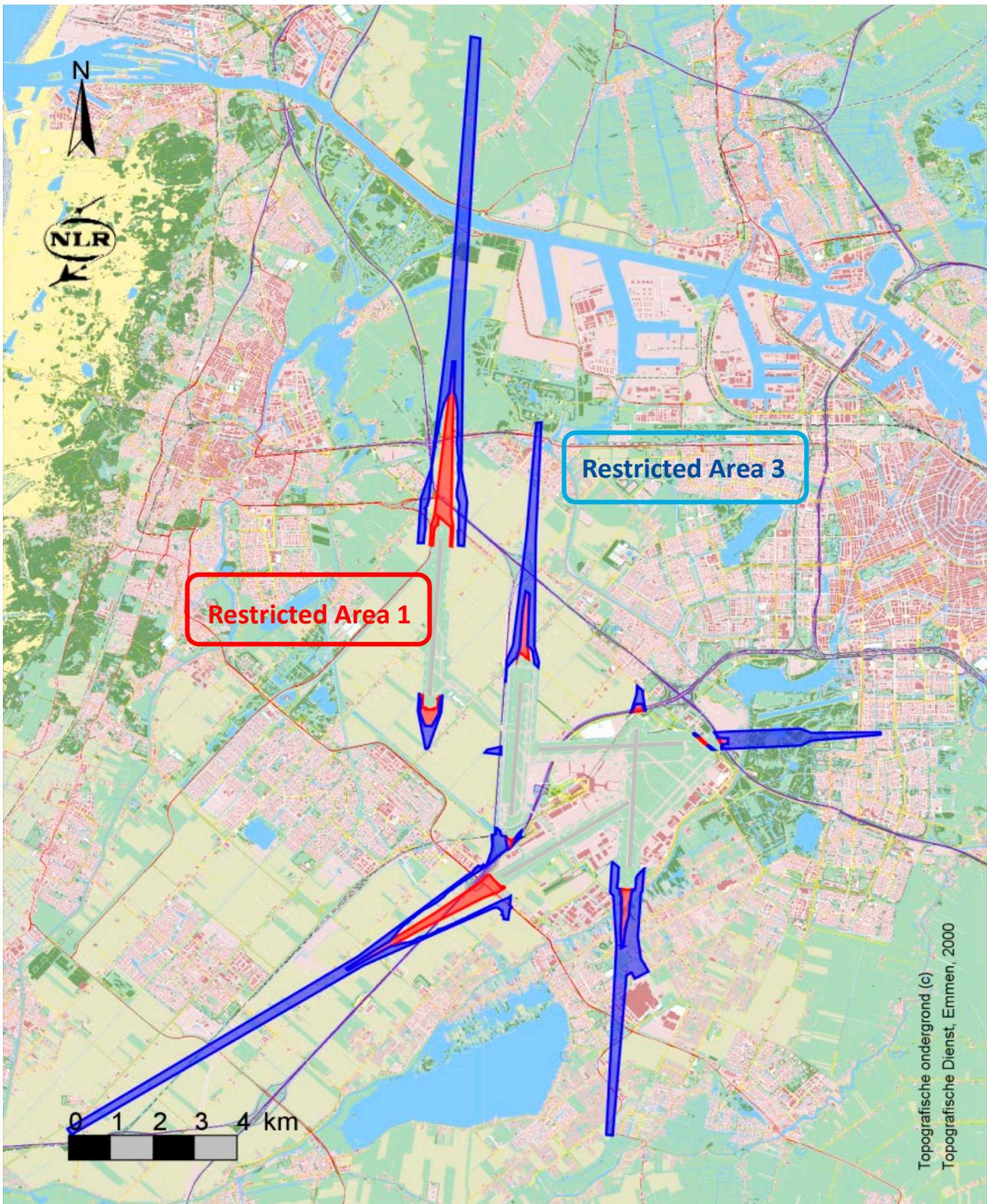


Figure 5-2: Amsterdam Schiphol Airport and Restricted Areas 1 and 3 as marked in Airport Layout Decree 2003. Restricted Area 1 is given in red, while Restricted Area 3 is shown in blue. These areas are derived from calculations and contours of individual risk. Note: the area between these areas is regulated by noise restrictions (Restricted Area 2) and this is not shown here

## 5.1.2 Safety enforcement

According to the enforcement policy for Schiphol airport only the third party risk metric devised by Ministry is applied: Total Risk Weight. It is a number or risk index (total value) to indicate the third party risk of an airport by incorporating three parameters in risk determination: accident probabilities (for take-off/landing and per accident type), number of aircraft movements in a year, and the maximum take-off weight corresponding to the aircraft per movement. The method of determination is established in the Environmental Information Regulation Schiphol airport (in Dutch: Regeling Milieu-Informatie luchthaven Schiphol).

Total Risk Weight (TRW) is expressed in metric tonnes per year and a limit value is set for Schiphol airport. For enforcement Schiphol airport is required to provide Inspectorate of Human Environment and Transport (ILT, which includes the CAA the Netherlands) information about noise pollution at the enforcement points, the total noise volume index, the total risk weight, and the amount of air pollutants emitted.

According to the most recent information the use of the total risk weight will soon be superseded by a complete calculation of individual risk based on the current airport traffic operations. The new enforcement regime includes a check on the number of dwellings (houses) within the risk contours of level  $10^{-6}$  per year.

## 5.2 Regional airports

Since the end of 2009 the Regulations on civil and military airports came into effect. With the introduction of these regulations, the proper authorities are those directly involved, i.e. the regional government like province and municipalities. Within this responsibility, requirements with respect to noise pollution and third party risk for regional airports will be set in line with the policy for Schiphol airport.

For each regional airport, an airport decree must be made and determined by the end of 2014<sup>3</sup>. In the airport decree, the consequences for the environment will be shown for the future scenario of the airport. The intention is that after a period of a few years the airport situation will be evaluated and compared with the scenario that was initially used as baseline for the airport. This evaluation is to check whether or not the risk calculated with the current traffic remains within the originally determined risk contours of  $10^{-6}$  per year.

## 5.3 Two examples of applications of third party risk analysis

The NLR third party risk models have been applied in context of third party risk discussions and in supporting decision-making in the Netherlands. Two applications of third party risk analysis are presented here.

---

<sup>3</sup> At the time of preparing this document there are still airports undergoing the process of Airport Decree.

### 5.3.1 Airport zoning for protection of third party and occupants of aircraft

It is recalled that restricted areas around the runways of Schiphol airport have been effected since in the introduction of both “Airport Layout Decree” and “Airport Traffic Decree” in 2003. These areas were established for limiting noise pollution and third party risk.

In 2009 a Boeing 737 of Turkish Airlines crashed on an open farmland north of Amsterdam Schiphol airport. The location of the crash lies within the Restricted Area 1 (Figure 5-3) as marked in the Airport Layout Decree. In Area 1 construction of new buildings is not allowed and the existing buildings should be removed on a voluntary base. Had those restriction zones not been established, buildings might have been allowed. The accident could have ended worse if constructions were located on the farmland. Then, the result of the crash could be aggravated for both the persons on board and third parties.

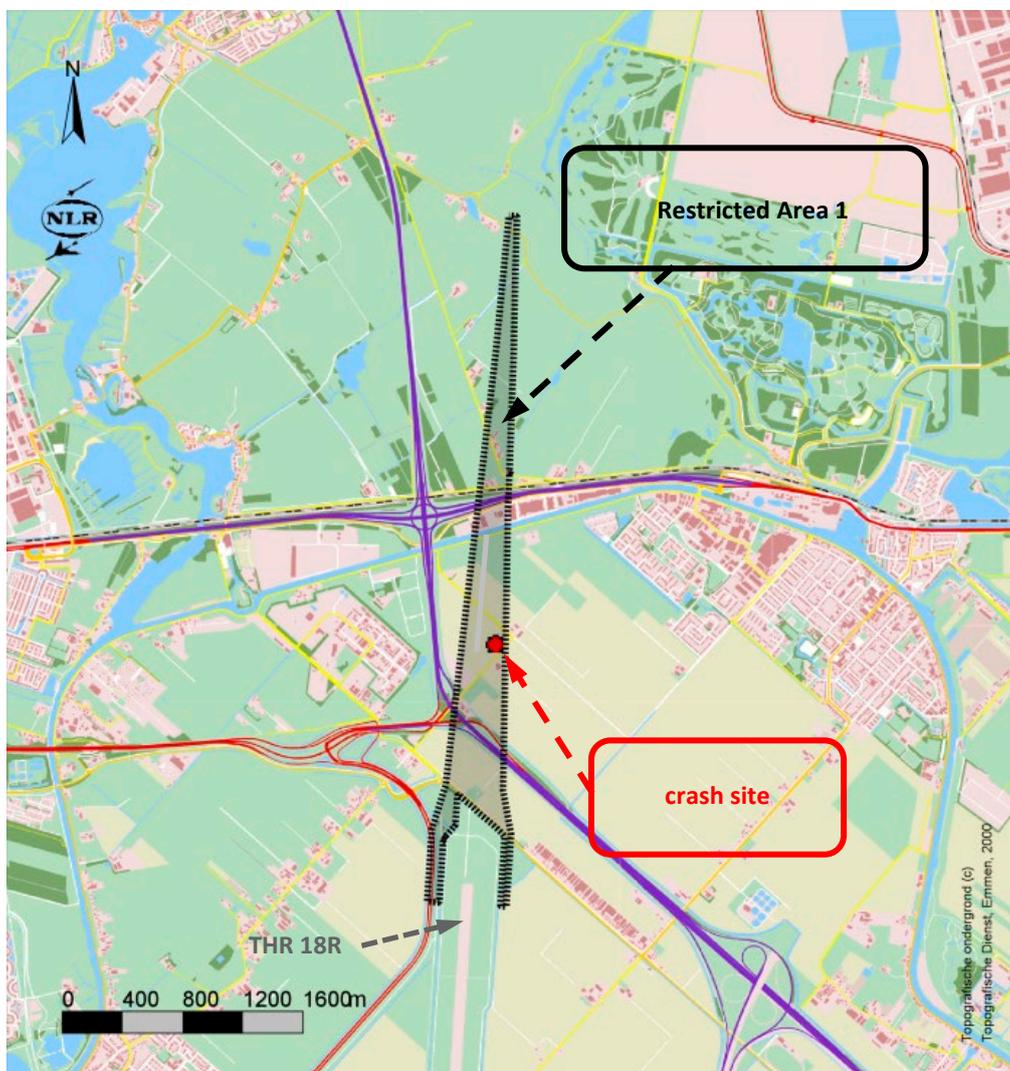


Figure 5-3: The crash site of Turkish Airlines aircraft on 25 February 2009 (red circle), Flight 1951, lied at the north of runway 18R of Amsterdam Schiphol Airport. Depicted in the figure are the crash site (red dot) and the Restricted Area 1 (in grey shade) as established in the Airport Layout Decree of Schiphol Airport

### 5.3.2 Evaluation of development plans

In supporting the regional spatial planning and area development around Eindhoven airport in the Netherlands, an analysis is carried out to provide an insight into the societal risk as a consequence of various building plans. The results of the risk analysis are discussed and used by the City-Region Eindhoven, other cities and municipalities around the airport and the regional fire-fighting service.

The societal risk due to the air traffic has been analysed in detail. Besides the classic use of FN-curve for presenting the societal risk, an alternative way of showing the risk for a certain group size in an area is also applied [18]. For this area-specific presentation of societal risk, use of a risk reference is made. This reference is derived from the Orientation Value for Establishments (OVE<sup>4</sup>) used in the Netherlands. As a guideline, the societal risk of a risk source must not exceed this value. The OVE is described by the relation:  $10^{-3}/N^2$ , where N is the group size number. For a group of ten persons (N=10), the value is  $10^{-5}$ . It is noteworthy that for air transport no such orientation value is available.

In the area-specific presentation, the societal risk is visualised on a topographic map. The societal risk determined for each calculation grid cell (e.g. 1 hectare) and relates to the OVE for different group sizes of number of fatalities. For each grid cell, colour presentation is applied to show if the probabilities for a group size are lower or higher than the OVE. Figure 5-4 depicts the area-specific presentation of societal risk for Eindhoven airport. Through this way of presenting the societal risk the City-region Eindhoven together with the municipalities in the airport surrounding can easily obtain insight into the distribution of the risk over the area and the magnitude of risk for a particular group size. The information also helps the regional fire-fighting service to define her contingency plan to cope with aircraft accident.

---

<sup>4</sup> Officially it is "Orientatiewaarde voor Inrichtingen" (OWI) in Dutch

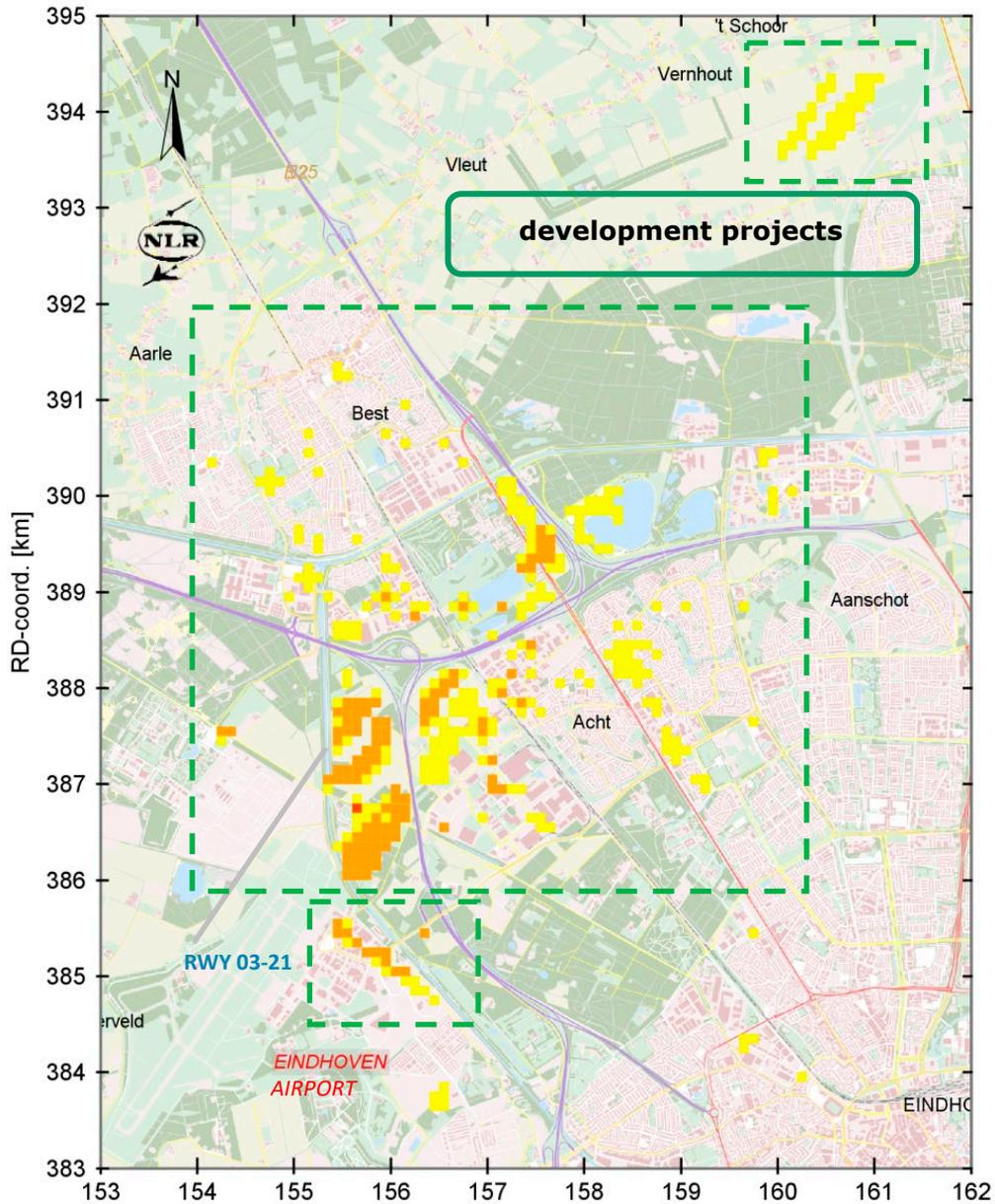


Figure 5-4: The area-specific presentation of societal risk for a group of 10 persons (or more). Presented is the north region of the Eindhoven airport where a number of building projects is planned. Yellow squares show the area (per hectare) in which the societal risk lies between 1% to 10% of Orientation Value for Establishments (OVE) used in the Netherlands. Orange squares are meant for the range 10% to 100% OVE; and red squares are 100% or above OVE. Note: the OVE for  $N=10$  persons is determined by the relation  $10^{-3}/N^2 = 10^{-3}/10^2 = 10^{-5}$

## 6 Conclusions

In the study, the third party risk around Växjö Småland Airport is assessed as part of the development plan of Öjaby nearby the airport. In the assessment individual risk calculations are carried out for three airport scenarios. The first scenario considers the actual traffic in the year 2018. The second and third scenario regard a licensed situation in the future in which the airport is allowed to handle up to 24,500 movements per year. In the third scenario it is foreseen that the airport will have the runway extended to 2,600 metres for which operation with larger aircraft types is possible. The impacts of these three scenarios on the development area are visualised by means of individual risk contours. Presented are the levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year.

Some conclusions regarding the risk analysis are drawn here:

- Due to the smaller number of traffic movements the risk contours of calendar year 2018 (first calculation scenario) affect only a limited part of the development area on the south. The area is not exposed to veer-off risk of level  $10^{-7}$  or higher.
- The Future 24500-movements scenarios (the second and third scenarios) have a larger part of the heavy aircraft traffic and total number of movements is larger than the actual traffic for year 2018. As a result, the risk contours are larger and cover a substantial part of the development area south of the airport.
- Due to the runway of extension of 500 m to the south, in the third scenario the development area is exposed to risk contours of level  $10^{-5}$ . Also a much larger part of the development area is exposed to risk levels of  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year.
- The risk contours of the third calculation scenario in terms of dimension are not much larger than or deviate from those of the second calculation scenario. Although larger aircraft types are assumed in the traffic, this does not necessarily mean the resulting risk contours become much larger. Larger aircraft imply a larger accident consequence area. However, those larger aircraft types assumed in the traffic are the third-generation passenger transport aircraft which have smaller accident probabilities based on the applied third party risk model. These aircraft replace the relatively more unsafe types like business jet aircraft and “older” turboprops. In effect, a small increase in the individual risk contours is observed.
- Veer-off risk is calculated for the three scenarios and visualised by means of individual risk contours for levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year. Only the scenarios with 24500-movements have impact on the development area. Part of the development area lying to the west of the airport is exposed to the risk level  $10^{-7}$ , but no higher than  $10^{-6}$  per year. Due to the fairly woody terrain on the west side of the airport and along the national highway 30, the veer-off risk calculated could be in practice smaller. This is the consequence of some shielding effect of the trees which could limit the distance travelled by the aircraft in the occurrence of a veer-off. An exact value for the veer-off risk due to this shielding effect, however, cannot be provided.
- The policy of third party risk around an airport as applied in the Netherlands is shown. It could provide the authority in Sweden some insight on how the third party risk due to air traffic can be regulated by means of restrictions in land use. The application examples show that third party risk around an airport could have a value in the policy-making regarding protection of third party and occupants of aircraft, and in decision-making for spatial planning and development near an airport.

## 7 References

- [1] Detaljplan för Öjaby 1:17 m.fl, Öjaby, Öjabymotet, Dnr. 2017BN206, 2019 ([https://www.vaxjo.se/download/18.c9ab8701686e14dc6fe0283/1548922884639/Planbeskrivning\\_%2020190129.pdf](https://www.vaxjo.se/download/18.c9ab8701686e14dc6fe0283/1548922884639/Planbeskrivning_%2020190129.pdf))
- [2] <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1813327>
- [3] Pikaar, A.J., de Jong, C.J.M. and Weijts, J. (2000), An enhanced method for the calculation of third party risk around large airports, NLR report NLR-CR-2000-147.
- [4] Vercammen et al (2002), Re-assessment of the model for analysis of third party risk around regional airports, NLR-report NLR-CR-2002-178.
- [5] Cheung et al (2008), A model to calculate third party risk due to civil helicopter traffic at heliports, NLR-CR-2007-003.
- [6] Van Es, G.W.H. (1999), Verdeling ongevallocaties tussen de baankoppen, NLR-internal note in Dutch, 9 August 1999.
- [7] Van Es, G.W.H. (1999), Aantekeningen omtrent dwarsspredingsmodel (locatie data versie 10 augustus 1999), NLR internal note in Dutch (Revised version).
- [8] Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen -Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, SAMHÄLLSPANERING, SKÅNE I UTVECKLING 2007:06, LÄNSSTYRELSEN, I SKÅNE LÄN.
- [9] Boeing (2018), Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, Worldwide Operations 1959-2017.
- [10] Eurocontrol (2018), European Aviation in 2040, Challenges of Growth.
- [11] S.N. Jonkman, P.H.A.J.M. van Gelder and J.K. Vrijling (2003), An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage, Journal of Hazardous Materials A99 (2003) 1-30.
- [12] Baarse Beleidsondersteuning & Consult B.V. en NLR, Evaluatie van de methodiek en het instrumentarium voor de bepaling van externe veiligheidsrisico's nabij luchthavens, Suggesties voor aanpassing, maart 2004, NLR-CR-2006-468. (report in Dutch).
- [13] B.J.M. Ale et al, Contra-expertise externe-veiligheid Schiphol, rapport nr. 610066005, RIVM, 11 oktober 1996. (report in Dutch).
- [14] A. Hale, Risk contours and risk management criteria for safety at major airports, with particular reference to the case of Schiphol, Safety Science 40 (2002) 299-323.
- [15] F. Netjasov and M. Janic, A review of research on risk and safety modelling in civil aviation, Journal of Air Transport Management 14 (2008) 213-220.

## Appendix A Third party risk metrics

Third party risk concerns those people that are at risk while they are not involved in the activity that induces this risk. Typically, regarding aviation, the third party concerns people living and working on the ground. While not involved in any aircraft flying overhead, they are certainly exposed to risk due to an aircraft crash. The fatality risk of people on board the aircraft, crew and passengers, is not taken into account, because these people are involved in the risk inducing activity and therefore they are not regarded as third party.

Air transport is considered a relatively safe mode of transportation. However airports generate a concentration of air traffic over the area around the airport. Furthermore, historically aircraft accident data shows that the majority (about 70%) of the accidents occur during the initial and final phases of the flight (Figure A-1). As a result, the risk to people nearby an airport will be significantly above average. Therefore, the third party risk analysis is concentrated on the people living and working in the vicinity of the airport and on the risk caused by aircraft departing from or arriving at the airport.

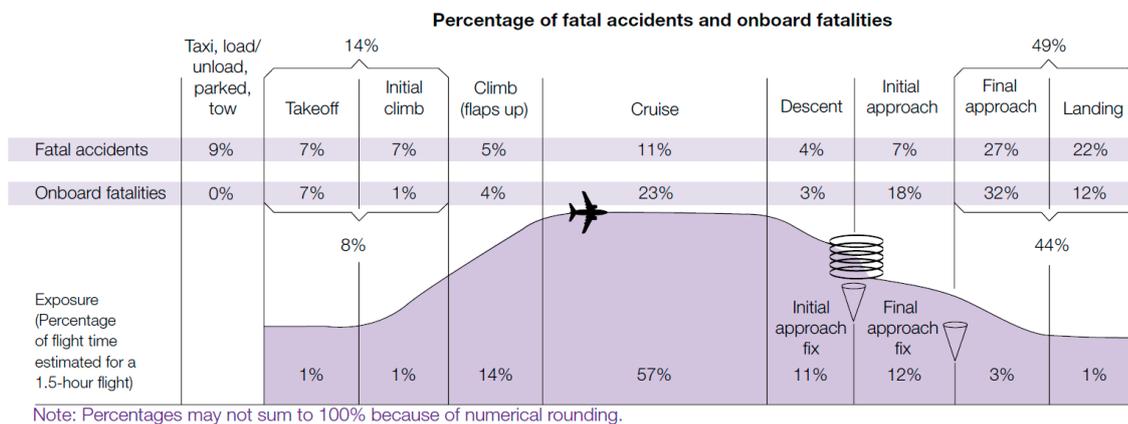


Figure A-1: Percentage of accidents in different phases of an aircraft flight cycle (source: Boeing 2018)

In an analysis of third party risk, two metrics, Individual Risk (IR) and Societal Risk (SR), are used. Both risk metrics have their own characteristics in expressing risk. They are complementary to each other and are commonly used as basic information for third party risk studies and risk communications.

### Appendix A.1 Individual Risk

Individual Risk (IR) is defined as: “the local probability per year that a person, who is permanently residing at this particular location, suffers fatal injury as a direct consequence of an aircraft accident on or near his position.”

Two important characteristics of the Individual Risk are:

- Individual Risk represents a point-location risk; it is calculated separately for every location around the airport and differs from location to location.
- Individual Risk is independent of the actual population around the airport; it is calculated for a fictive person who is presumed to stay permanently in one single location.

In general, the Individual Risk decreases with increasing distance to the runway and flight routes. Individual Risk is commonly visualized by iso-risk contours, plotted on a topographical map (Figure A-2). This way of presentation is comparable to visualizing a mountainous landscape, where the altitude of the mountain represents the level of Individual Risk (see Figure A-3). Customarily, the Individual Risk contours are plotted for the contour values  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year. Depending on study purpose, presentation of other contour values is possible.



Figure A-2: The individual risk values are presented as iso-probability contours. Depicted are the individual risk contours of a scenario for Schiphol airport. Red indicates high risk value and green indicates low risk value

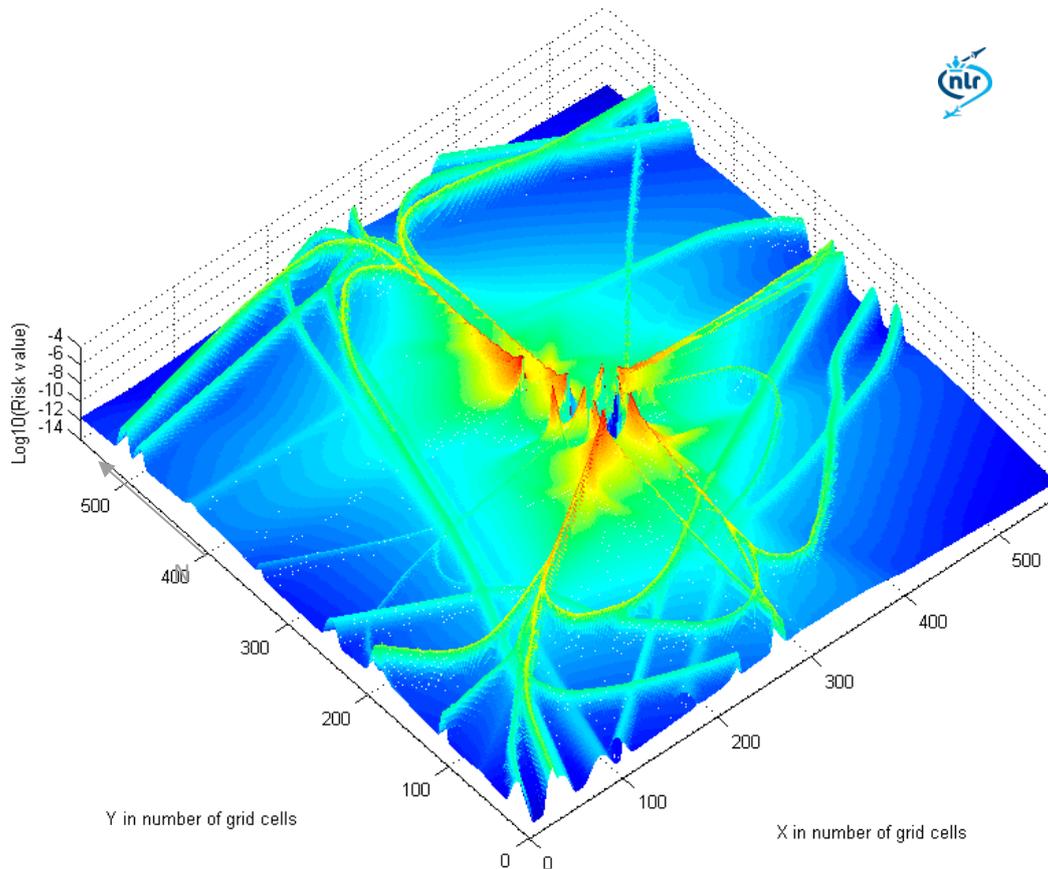


Figure A-3: The three-dimensional presentation of Figure A-2. In this figure the Individual Risk is presented as a mountainous landscape. The red and orange colour present the high risk values, whereas the green and blue colour present the low risk values. Remark: Individual Risk values here are presented on a logarithmic-scale

## Appendix A.2 Societal Risk

Societal Risk (SR) is defined as “the probability per year that a group larger than a given number of persons (third parties) is killed due to a single aircraft accident”.

Societal Risk is presented as an FN-curve, where F (frequency)<sup>5</sup> stands for the probability per year and N stands for the group size. Due to the wide range of values of probability and group sizes, the FN-curve is practically plotted on a double-logarithmic scale. In practice, only a selected number of group sizes is calculated, for example,  $N \in \{1, 3, 5, 10, 20, 40, 100, 200, 400, 1000\}$ ; other selection of group sizes is possible. An example of FN-curve of Amsterdam Schiphol Airport is given in Figure A-4.

Two important characteristics of the Societal Risk are:

- Societal Risk represents the risk over the total study area around the airport.
- Societal Risk depends on the actual population distribution around the airport; in a hypothetical situation where no population is present anywhere around an airport, the Societal Risk for this airport would be null (zero).

<sup>5</sup> In terms of statistics this quantity is a frequency that depends on the distribution of group sizes in the population sample.

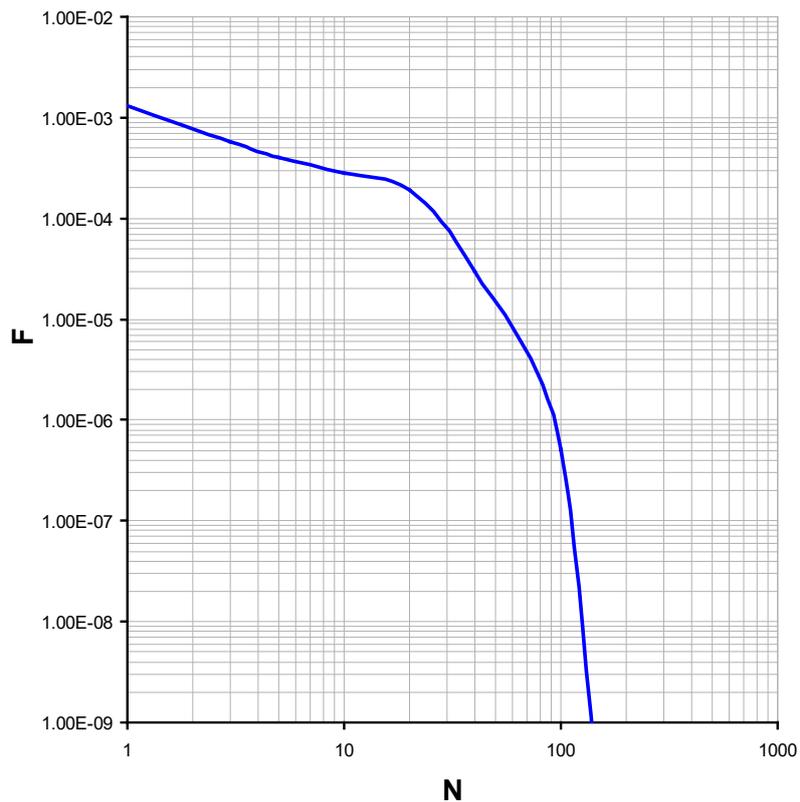


Figure A-4: Societal Risk result, FN-curve, for an example airport. The vertical axis is the frequency  $F$  of more than  $N$  number of fatalities, while the horizontal axis expresses the group sizes  $N$

The essential difference between Individual Risk and Societal Risk is shown in Figure A-5. Depicted in the figure are two situations, A and B, with an identical risk source. Although both situations could have the same individual risk as a consequence of the risk source, due to the different population distributions in the surrounding of the risk source, situation B has larger societal risk than situation A. It may be clear that the use of both main risk metrics can be important in expressing third party risk.

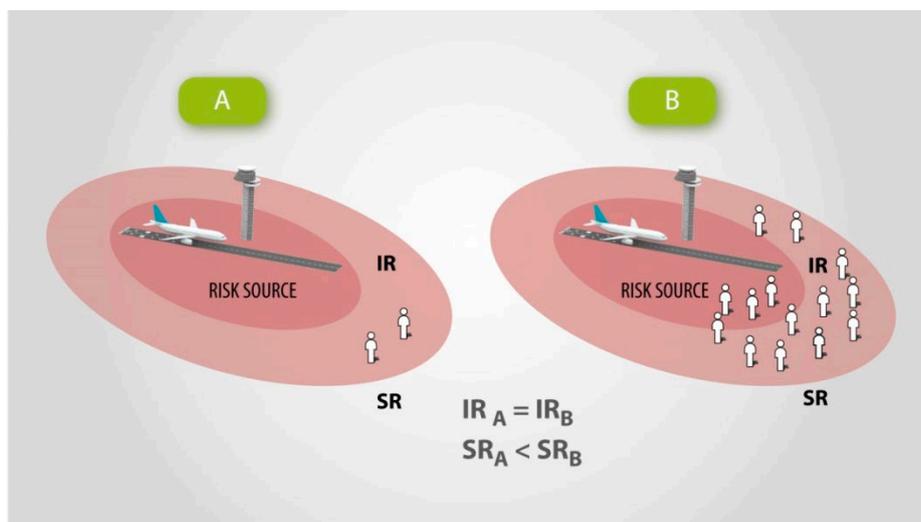


Figure A-5: Difference between Individual Risk (IR) and Societal Risk (SR). The Individual Risk levels are for situation A and B the same. However, due to the different distribution of population, Societal Risk for situation B is higher than that for A. Figure is adapted from reference Jonkman et al, reference [11]

## Appendix B NLR third party risk calculation model

To assess the third party risk, the NLR Third Party Risk calculation model is applied. The NLR model is developed for the Dutch Ministry of Transport to analyse the third party risk around the airports in the Netherlands. The NLR model has a legal status in the Dutch Aviation Law, and is the only legitimate instrument to calculate third party risk for the airports including Amsterdam Schiphol Airport. The Dutch practice of Third Party Risk assessment and the NLR model have also been referred in the ICAO Airport Planning Manual (Doc. 9184, Part 2).

Most accidents in air transport occur in the vicinity of airports during take-off, initial climb, final approach or landing. The probability of an aircraft accident could be such that the risk to the population around the airport (third party risk) might be of relevance for airport policy and land-use planning. The NLR third party risk model has been developed to quantify this risk and to support the decision-making process.

### Appendix B.1 Model set-up and components

The NLR third party risk analysis model comprises three components (sub-models): **Accident Probability**, **Accident Location** and **Accident Consequences**. The three model components answer the following questions regarding the risk for which an inhabitant living in the vicinity of an airport or a heliport is exposed to (thus, third party risk):

- What is the chance that an aircraft accident occurs in the vicinity of an airport? (**Accident probability**)
- What is the likelihood of an accident occurring at a given location around the airport, given that an aircraft accident occurred in the airport surrounding? (**Accident location probability**)
- What is the consequence of an aircraft accident, given that an aircraft accident occurred in the airport surrounding? (**Accident consequence**)

The model parameters of these three components were derived from an extensive set of data concerning historical aircraft accidents, operations and airports. These data are extracted from the NLR Air Safety Databases. Within the framework of third party risk model, the three components are brought together by means of statistical and mathematical formulations. A comprehensive description of the methodology adopted in the NLR third party risk model is given in reference [3].

When the airport scenario input data, which comprise airport runways data, flight routes and traffic and fleet composition data, are fed into the model, individual risk can be calculated. For a societal risk calculation, population distribution data are also required. Figure B-1 gives a schematic depicting the relationship of different input data, risk model components and calculation results.

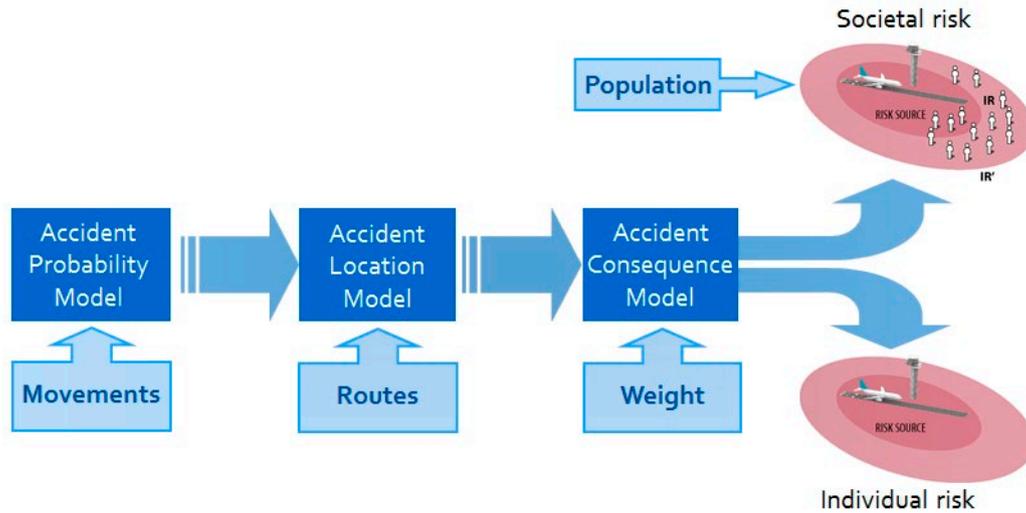


Figure B-1: A schematic representation of the third party risk model for calculation individual risk and societal risk. Required input data are traffic movements and aircraft types, flight routes, aircraft weights, population density data. The latter is meant for a calculation of societal risk

The model distinguishes six different accident types: landing undershoot, landing overrun, landing veer-off, take-off overshoot, take-off overrun and take-off veer-off. These accident types are depicted in Figure B-2.

A “Landing Undershoot” is an event in which an aircraft during approach crashes before reaching the runway. An “Overrun” is an event in which an aircraft rolls off the runway and comes to a stop beyond the runway. Overrun accidents may occur during both take-off roll and landing roll. A “Take-off Overshoot” is an event in which an aircraft crashes after being airborne during take-off and initial climb phase. A “veer-off” is an event in which an aircraft runs off either side of a runway during take-off or landing.

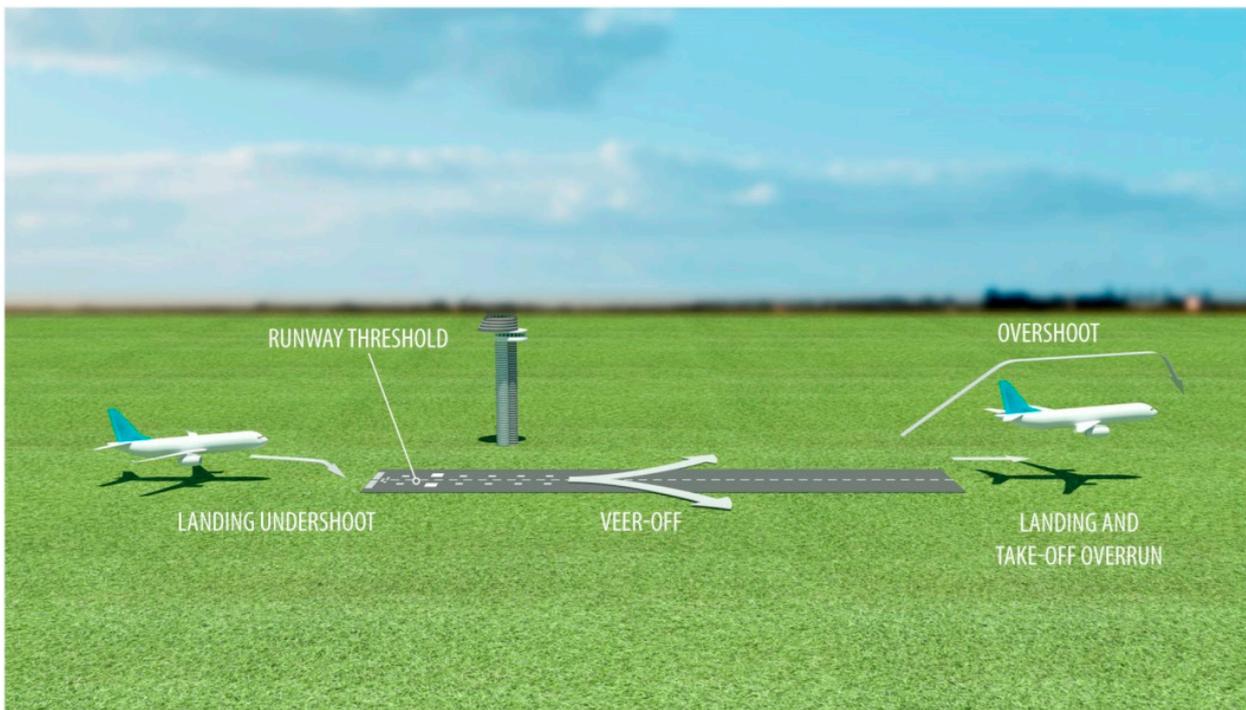


Figure B-2: The accident types on and around the airport: landing undershoot, take-off overshoot, landing overrun, take-off overrun, landing veer-off and take-off veer-off

The risk due to landing undershoot, take-off overshoot, landing overrun and take-off overrun are a part of the standard calculation in the NLR third party risk model. The risk due to veer-offs is thus not standard included. Veer-off risk can be determined using methodology which has been applied for several studies in the context of risk to buildings adjacent to the runway.

### **Appendix B.1.1 Accident Probability Model (Accident Rates)**

The accident probability (or accident rate) describes the probability of an aircraft accident during take-off and or landing. Only accident probabilities during these flight phases are adopted in the NLR third party risk model. Safety levels may differ considerably between airports and the risk analysis for a specific airport should require appropriate accident rates for that airport. However, an accident rate based solely on the accidents that occurred at that specific airport is likely to be statistically unreliable, because the number of data points (accidents) is probably too small to achieve an acceptable estimate. In order to achieve a solid statistical estimate of the accident rate, accident data of a selection of several airports must be used.

The accident probability model includes different accident rates for the above defined accident types: overruns, overshoots and undershoots. These are based on historical accident data and have been related to the corresponding number of movements. In the NLR accident model for large airports (e.g. Schiphol and Heathrow), three generations of aircraft are distinguished in order to accommodate the improvement of aircraft safety over the years. The first-generation aircraft are the oldest type of aircraft, an example is Boeing 707. And the third-generation aircraft are the modern types such as Airbus 320 and Boeing 737-700. The applied definition of the aircraft generations can be found in reference [3].

### **Appendix B.1.2 Accident Location Model**

The accident location model gives the probability that a crashing airplane will hit a certain location. Given the occurrence of an accident in the vicinity of an airport, the local probability of an accident to take place on that particular location is not equal for all locations around the airport. That probability is larger in the proximity of the runways than at larger distances from the runway. Also, that probability is larger in the proximity of arrival and departure routes. This dependence is represented in the distribution functions that are used in the accident location probability model. These functions distribute the accident probability over the area around the airport and are defined relative to the runways and air traffic routes. Separate accident location probability distributions have been derived for overruns, overshoots and undershoots.

As mentioned, the layout of traffic routes and runways may play an important role in the impact location of accidents and hence must be taken into account while calculating risk for an airport. It is known from historical data however that in some accidents aircraft impacted the ground while following a route to/from the airport, whereas in other accidents no particular route was being followed due to the difficulties encountered by the accident flight. Therefore the accident location model is split into a route dependent part and a runway dependent part. In addition, the distribution function for each accident type is also constructed of two more separate distributions: the longitudinal distribution calculates the risk as a function of the distance travelled along the route (or extended centreline) and the lateral distribution calculates the risk as a function of the distance perpendicular to the route.

### Appendix B.1.3 Accident Consequence Model

The accident consequence model defines the direct consequences of an aircraft accident at a particular location in terms of the consequence area size and lethality. The consequence area is the area around the crash impact location, which is exposed to a lethal threat. Obviously, not only people on the impact location itself are at risk, but also the people in the area around the impact may be killed. On the other hand, not everybody present in the consequence area will be killed as a result of the accident. There remains a fair chance to survive. The lethality is the probability of not surviving an aircraft crash, while present in the consequence area. Accident reports and supporting information have been used to determine the size of a consequence area and the lethality of actual accidents that happened in the past.

The consequence area has been estimated from the distribution of the larger pieces of the aircraft. If no additional information was available, the size of the consequence area was calculated by multiplying the wingspan of the aircraft with the reported skid distance. In the model the consequence area is modeled circular around the impact location, with the surface area as a linear function of the aircraft weight.

Lethality is derived as the ratio of the number of third party fatalities and the total number of people present in the consequence area. Although the sources are clear about the number of fatalities, they usually do not provide information on the number of people that were present in the consequence area at the time of the crash. To estimate the number of people present at a crash site, engineering judgements have been made based on information from the accident report such as photos and drawings showing the density of houses and offices.

## Appendix B.2 Veer-off risk and Mid Air Collision risk

**Veer-off risk:** Veer-off accident complies fully with the definition of a third party accident and poses risk to people living in the direct surrounding of the airport. However, calculation of veer-off risk is not included in the standard risk calculation model and is no compulsory part of a third party risk analysis in the Netherlands. Since the first model is developed for Schiphol-like airports where considerable space on both runway sides is available, veer-off risks are therefore assumed to be limited to the terrain within the airport boundary. As such, no third party risk is formed.

However, since the development area considered by Växjö municipality is comprised of a long streak of land which lies on the west of airport and parallel to the runway, risk of an aircraft veer-off exists. For this reason, NLR applies a veer-off risk calculation model which has been used in a few comparable studies before for assessing this risk to objects (buildings) next to a runway.

**Mid Air Collision Risk:** Mid-air collision accident in the vicinity of an airport could also pose risk to people living in the direct surrounding of the airport. However, the third party risk analysis model does not address the interaction between two or more aircraft. The risk to third party as a consequence of mid-air collision accident is therefore not considered in the model.

## Appendix B.3 Approval and acceptance of NLR third party risk model

Since the beginning in the early 1990s, the model development and updates were ordered and funded by the government of the Netherlands. Due to the rather sensitive nature of the third party risk issue, the NLR model and methodology have received intensive scrutiny and peer-reviews from different external experts and interested parties.

First of all, the development and update of the third party risk model was guided by a supervisory committee. The committee was chaired by the Ministry of Transport with members representing governmental organisations, local authorities, and research institutes in the Netherlands. Mentioned in this context are:

- The Netherlands Ministry of Infrastructure and Environment (formerly, the Ministry of Transport and the Ministry of Housing, Spatial planning and Environment).
- Airport authority (Amsterdam Schiphol Airport).
- The Netherlands National Institute of Public Health and Environment, RIVM.
- Local government and municipal councils.
- The environmental movement and the general public.

In the development of the model, the applied data and the research method adopted were discussed with and approved by the committee. This transparency in model development was intentionally chosen as part of the policy to obtain a general acceptance of the NLR model as third party risk policy instrument in the Netherlands. The use of this model in determining third party risk for airports in the Netherlands is established in the Dutch regulations.

In addition, the model was reviewed accurately in the past by a review committee appointed by the Ministry of Transport (Ref. [12]), and a contra-expertise of the risk calculation results for Amsterdam Schiphol Airport was conducted by the National Institute of Public Health and Environment (Ref. [13]).

Finally, the NLR model and third party risk methodology were also reviewed by different researchers independently, for example in references [14] and [15]. In their investigations the capabilities and limitations of the NLR model and third party risk methodology were fully discussed.

## Appendix C Input data

### Appendix C.1 Study area, coordinate system and grid size

The third party risk calculations concerns the risk in the vicinity of Växjö Småland airport. A square study area of 30 by 30 km is selected with the airport reference point (ARP) in the approximate centre. The ARP as given in AIP Sweden is given in lat-lon coordinates in WGS84 system. For risk calculation purpose it is necessary to use a Cartesian coordinates system. In consultation with WSP and Växjö Municipality, the Cartesian coordinate reference system **Sweref 99 15 00** is used. For the conversion from WGS 84 lat-lon coordinates in Sweref 99 15 00 system, NLR applies the official online conversion tool as instructed by the Växjö Municipality. The Sweref 99 15 00 coordinates are expressed in metres in X and Y directions.

The boundary of the study area is defined by the lower-left and upper-right corners of the square area. The coordinates of the corners are given in Table C-1.

*Table C-1: Coordinates of the lower-left and upper-right corners of the study area in Sweref 99 15 00 coordinate system*

Corner	X-coordinate [m] (Easting)	Y-coordinate [m] (Northing)
Lower-left	118500	6297500
Upper-right	148500	6327500

The study area is divided into a grid containing small calculation cells. The cell size used in the risk calculation is set to 25 metres by 25 metres. The risk value is calculated for the centre of each calculation cell.

### Appendix C.2 Runway endpoints

The positions of the runway thresholds THR 01 and THR 19 for Växjö Småland Airport are given in the AIP Sweden, AD 2 ESMX 1-4, 25 May 2017, Runway Physical Characteristics. The coordinates which are expressed in latitude and longitude (lat-lon) in WGS84 system are converted accordingly into Sweref 99 15 00 coordinates (Table C-2).

*Table C-2: Coordinates of the runway endpoints of Växjö Småland Airport in Sweref 99 15 00 coordinate system*

Runway	X-coordinate [m] (Easting)	Y-coordinate [m] (Northing)	Runway length
01	133195.80	6311030.40	2106 metres
19	133679.73	6313080.28	

For both take-off and landing the full runway length of 2106 metres is available. In the calculation of third party risk due to fixed wing aircraft, the entire runway is used.

Helicopters can operate from both the helipad and the runway. For the risk analysis it is chosen to adopt a conservative approach by setting the take-off and landing point at the runway thresholds (Table C-3).

*Table C-3: Coordinates of the helicopter take-off and landing points*

Helicopter take-off & landing point	X-coordinate [m] (Easting)	Y-coordinate [m] (Northing)
South West direction (RWY 01)	133195.80	6311030.40
North East direction (RWY 19)	133679.73	6313080.28

For the calculation scenario with 2600m runway the location of RWY 01 is adjusted. Table C-4 and Table C-5 show respectively the runway endpoints and the helicopter take-off and landing point.

*Table C-4: Coordinates of the runway endpoints of for the 2600 m runway*

Runway	X-coordinate [m] (Easting)	Y-coordinate [m] (Northing)	Runway length
01X	133080.90	6310544.00	2606 metres
19X	133679.73	6313080.28	

*Table C-5: Coordinates of the helicopter take-off and landing points for the 2600m runway*

Description	X-coordinate [m] (Easting)	Y-coordinate [m] (Northing)
South West direction (RWY 01X)	133080.90	6310544.00
North East direction (RWY 19)	133679.73	6313080.28

## Appendix C.3 Departure and arrival routes

Flight routes are required in the risk calculations. In the AIP Sweden only limited information is available on how the departures should be made. Upon the request of NLR Växjö Småland Airport has provided several plots of radar tracks for 01 arrivals and 19 departures by aircraft types with different Wake Turbulence Categories (WTC).

Further enquiries are made to the airport to provide flight instructions. However, due to the time planning the information is not made available for NLR. In consultation with WSP, NLR derived and constructed the flight routes for calculation purposes. The flight routes for heavy aircraft are mainly based on the visual inspection of the plots with radar tracks and partly based on assumptions and previous experiences with flight route construction for use in third party risk studies. The flight routes derived by NLR should be interpreted as the best estimate based on the information available at the moment the analysis is conducted.

For heavy aircraft, straight in arrival routes on RWY 01 and 19 are used. This choice is justified because it is assumed that the aircraft has to line up with the runway on ILS approach. The distance for lining up with the runway is based on the distance between the runway end and the Final Approach Fix (FAF). This distance is roughly 8 to 10 nautical miles.

The departure routes vary and depend on the flight destinations. Since the focus of present analysis is the development area which covers the west and south sides of the airport, the departure route to the north is assumed to be a straight-out only. That means all departures of heavy aircraft on RWY 01 use this straight-out flight route to the north.

The departure routes to the south (RWY19) depend on the destinations. Based on the Call sign and Trace Code (TrCode) information it is found that the airport has a number of distinct directions:

- North – to other cities in Sweden like Bromma
- South West - to destinations like Amsterdam (the Netherlands), Spain and Canary Islands
- South and South East – to destinations in Poland, Greece and Turkey.

Further a straight-out departure route is constructed for the flights which do not have information about the destinations. Figure C-1 depicts the departure flight routes on RWY 19 as used in the risk analysis. Note: the flight route in the direction of South-South-West is not applied in the risk calculation.

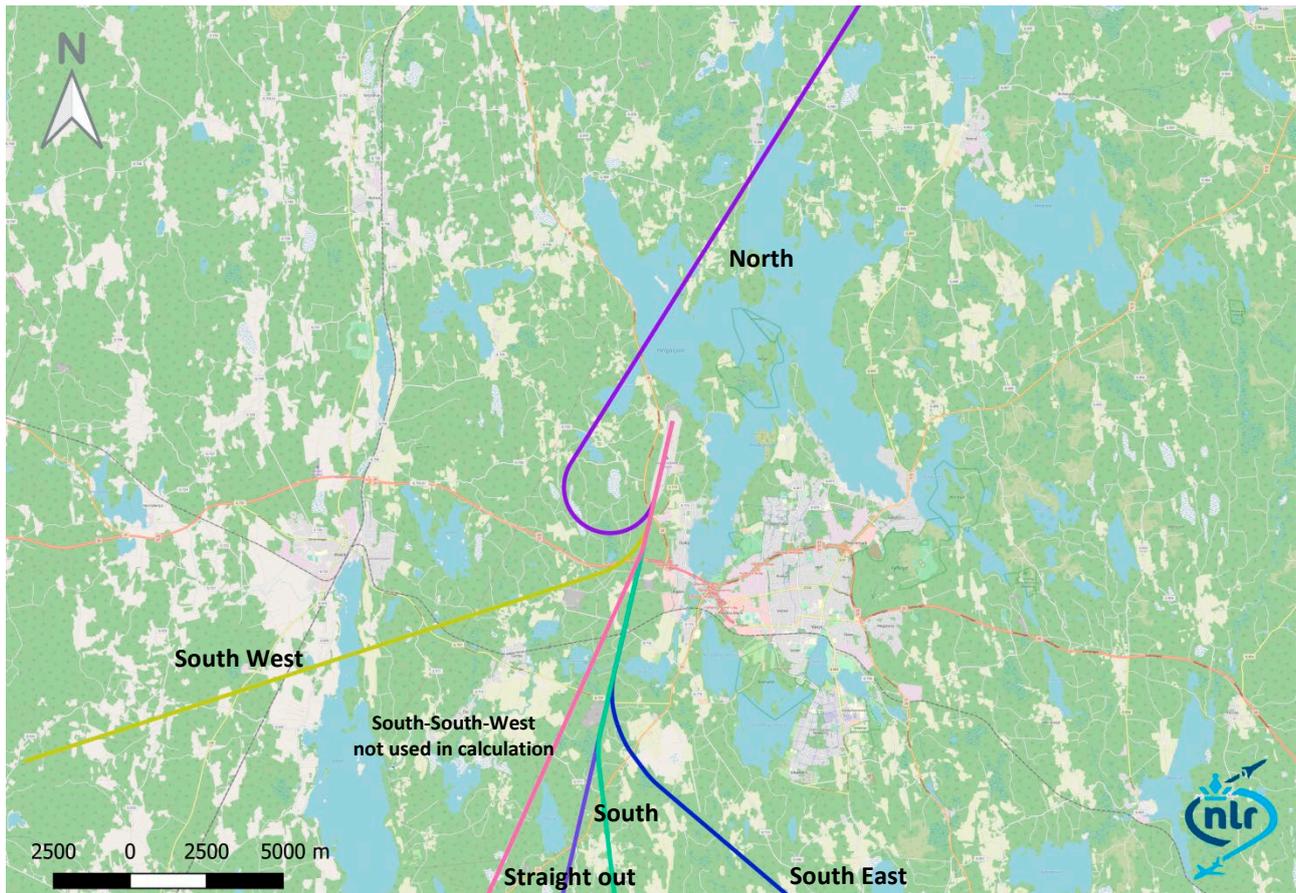


Figure C-1: Departure routes on RWY 19 for heavy aircraft traffic

For light aircraft it is assumed that the movements go to or come from four exit/entry points. These exit/entry points are KLINTA, GARDSBY, ALVESTA and VATTENTORN. The coordinates of these points are found in AIP Sweden AD 2 ESMX 6-1 Visual Approach Chart. The pattern of these flight routes is a basic VFR flying circuit. For departure, the route has only the take-off and cross-wind leg parts. For arrival, the route has only the base leg and final approach (or final leg) parts.

## Appendix C.4 Traffic and aircraft types

The risk analysis comprises calculations for three scenarios, they are:

1. Existing situation based on current traffic (Calendar Year 2018).
2. Licensed situation for 24500 movements a year (Future 24500-movements – 2100m runway) in which the current runway is used.
3. Licensed situation for 24500 movements a year in which the runway is extended to 2600m and with a replacement by large transport aircraft in the traffic (Future 24500-movements – 2600m runway).

An overview of the types of aircraft and number of movements per scenario is presented in this section.

### Appendix C.4.1 Calendar Year 2018

For current situation, the traffic information of calendar year 2018 is used. Table C-6 presents the number of movements per traffic segment. Table C-7 through Table C-9 present the categories and aircraft types for the heavy, light and helicopter traffic segment, respectively.

Table C-6: Traffic segments and movements for CY2018

Traffic segment	Movements	Total
<b>Heavy aircraft</b>	--	<b>4225</b>
- Passenger with 1 <sup>st</sup> gen a/c	56	
- Passenger with 2 <sup>nd</sup> gen a/c	92	
- Passenger with 3 <sup>rd</sup> gen a/c	3947	
- Business Jet	130	
<b>Light aircraft</b>	--	<b>1809</b>
- L1500	1323	
- L5700	486	
<b>Helicopter</b>	--	<b>441</b>
- Single Engine Piston (SEP)	15	
- Single Engine Turbine (SET)	362	
- Multi Engine Turbine (MET)	64	
<b>Total</b>	--	<b>6475</b>

Table C-7: Heavy traffic segment and aircraft types for CY2018

Heavy Traffic	Aircraft type	Movements
Passenger with 1 <sup>st</sup> gen a/c	C130 / SB35 / SB37 / SB39	56
Passenger with 2 <sup>nd</sup> gen a/c	B350 / BE20 / BE30	92
Passenger with 3 <sup>rd</sup> gen a/c	ATR 72-600/-500 & ATR 42-300/-500	1919
	B737-800/-700/-600/-500	837
	Embraer E175	412
	A320/A321/A319	382
	F50	295
	Miscellaneous 3 <sup>rd</sup> gen a/c	102
<b>Business Jet</b>	Cessna 56X / C560 / C55B / C650 / C680 etc.	80
	Miscellaneous business jets	50
	<b>Total</b>	<b>4225</b>

Table C-8: Light traffic segment and aircraft types for CY2018

Light Traffic	Aircraft type	Movements
<b>L1500</b>	C172	734
	Miscellaneous L1500	589
<b>L5700</b>	DA42	356
	Miscellaneous L5700	130
	<b>Total</b>	<b>1809</b>

Table C-9: Helicopter traffic segment and helicopter types for CY2018

Heli Traffic	Aircraft type	Movements
<b>SEP</b>	R22 and GYRO	15
<b>SET</b>	EC20	100
	Miscellaneous SET	262
<b>MET</b>	B429 / A139 etc.	64
	<b>Total</b>	<b>441</b>

## Appendix C.4.2 Future 24500-movements – 2100m runway

For this scenario only the movements of heavy aircraft traffic of scenario CY2018 are scaled up with a factor **5.2663**. The other traffic segments (light aircraft and helicopter) are assumed the same. Table C-10 presents the resulting number of movements for the traffic segments.

Table C-10: Traffic segments and movements for Future 24500-movements on 2100 m runway

Traffic segment	Movements	Total
<b>Heavy aircraft</b>	--	<b>22250</b>
- Passenger with 1 <sup>st</sup> gen a/c	295	
- Passenger with 2 <sup>nd</sup> gen a/c	484	
- Passenger with 3 <sup>rd</sup> gen a/c	20786	
- Business jet	685	
<b>Light aircraft</b>	--	<b>1809</b>
- L1500	1323	
- L5700	486	
<b>Helicopter</b>	--	<b>441</b>
- SEP	15	
- SET	362	
- MET	64	
<b>Total</b>	--	<b>24500</b>

### Appendix C.4.3 Future 24500-movements – 2600m runway

For this scenario the number of movements of heavy aircraft traffic is same as previous scenario but the fleet composition is adjusted. The passenger transport with 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> generation aircraft are replaced by new types whereas the business jets are replaced by larger transport jet, i.e. the twin-aisle wide-body aircraft A330-200.

Table C-11 shows the aircraft types replaced.

Table C-11: Heavy traffic segment and aircraft types with replacement types for Future 24500-movements on 2600m runway

Heavy Traffic	Aircraft type	Movements
Passenger with 1 <sup>st</sup> gen a/c replaced by 3 <sup>rd</sup> gen a/c	SB35 / SB37 / SB39 replaced by B738	284
	C130 replaced by ATR 72-600	11
Passenger with 2 <sup>nd</sup> gen a/c replaced by 3 <sup>rd</sup> gen a/c	B350 / BE20 / BE30 replaced by ATR 72-600	484
Passenger with 3 <sup>rd</sup> gen a/c	(-- no replacement in this segment--)	20786
	ATR 72-600/-500 & ATR 42-300/-500	
	B737-800/-700/-600/-500	
	Embraer E175	
	A320/A321/A319	
	F50	
	Miscellaneous 3 <sup>rd</sup> gen a/c	
Business Jet replaced by 3 <sup>rd</sup> gen a/c twin-aisle wide-body	All business jets replaced by A330-200	685
	<b>Total</b>	<b>22250</b>

## Appendix D Identification of risk calculations

Each third party risk calculation is registered with a calculation number. The identification for the risk calculations carried out for the three scenarios of Växjö Småland Airport is shown in Table D-1.

*Table D-1: Identification number for the risk calculations*

<b>NLR project number: 2499149</b>	
<b>Calculation identification number</b>	<b>Calculation description</b>
2499149_19102310	Existing situation (CY2018) on the current 2100m-runway
2499149_19102410	Licensed situation (Future 24500 movements) on the current 2100m-runway; heavy aircraft traffic is scaled from CY2018
2499149_19103010	Licensed situation (Future 24500 movements) on 2600m-runway and part of heavy aircraft traffic replaced by larger transport aircraft types



Dedicated to innovation in aerospace

## Netherlands Aerospace Centre

NLR is a leading international research centre for aerospace. Bolstered by its multidisciplinary expertise and unrivalled research facilities, NLR provides innovative and integral solutions for the complex challenges in the aerospace sector.

NLR's activities span the full spectrum of Research Development Test & Evaluation (RDT & E). Given NLR's specialist knowledge and facilities, companies turn to NLR for validation, verification, qualification, simulation and evaluation. NLR thereby bridges the gap between research and practical applications, while working for both government and industry at home and abroad.

NLR stands for practical and innovative solutions, technical expertise and a long-term design vision. This allows NLR's cutting edge technology to find its way into successful aerospace programs of OEMs, including Airbus, Embraer and Pilatus. NLR contributes to (military) programs, such as ESA's IXV re-entry vehicle, the F-35, the Apache helicopter, and European programs, including SESAR and Clean Sky 2. Founded in 1919, and employing some 600 people, NLR achieved a turnover of 76 million euros in 2017, of which 81% derived from contract research, and the remaining from government funds.

For more information visit: [www.nlr.org](http://www.nlr.org)

### Postal address

PO Box 90592  
1006 BM Amsterdam, The Netherlands  
e) [info@nlr.nl](mailto:info@nlr.nl) i) [www.nlr.org](http://www.nlr.org)

### NLR Amsterdam

Anthony Fokkerweg 2  
1059 CM Amsterdam, The Netherlands  
p) +31 88 511 3113

### NLR Marknesse

Voorsterweg 31  
8316 PR Marknesse, The Netherlands  
p) +31 88 511 4444



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2019-445 | November 2019

# An analysis of third party risk around Växjö Småland Airport

With a focus on the development area near Öjaby

CUSTOMER: WSP Sverige AB

NLR – Netherlands Aerospace Centre



# An analysis of third party risk around Växjö Småland Airport

With a focus on the development area near Öjaby



## Problem area

WSP Sverige AB supports Växjö Municipality in establishing a spatial development plan nearby Växjö Småland Airport in South Sweden. The development area is located west of Öjaby and stretches northwards along national highway 30 towards Tunatorp. Considered in the development plan are among others small industries, offices and hotels which will be realised west and south of the airport.

One of the WSP supporting services is to analyse the risks due to the transportation of dangerous goods on national highways 25 and 30, which bound the development plan on the south and the east, respectively. However, since the development lies close to the airport, the planned buildings could also be affected by third party risk as a consequence of the air traffic.

### REPORT NUMBER

NLR-CR-2019-445

### AUTHOR(S)

Y.S. Cheung

### REPORT CLASSIFICATION

UNCLASSIFIED

### DATE

November 2019

### KNOWLEDGE AREA(S)

Safety  
Third Party Risk and Policy Support

### DESCRIPTOR(S)

Third party risk  
Individual risk  
Veer-off

## Description of work

The authority of the municipality requests an analysis of third party risk as a consequence of the air traffic of Växjö Småland Airport. WSP Sverige AB has subcontracted Royal Netherlands Aerospace Centre NLR to carry out this analysis, with focus on the risk posed to the development area near Öjaby.

The primary objective of the NLR study is to calculate the third party risk in terms of Individual Risk (IR) for three airport scenarios. The first scenario considers the actual traffic in the year 2018. The second and third scenario regard a licensed situation in the future in which the airport is allowed to handle up to 24,500 movements per year. In the third scenario it is foreseen that the airport will have the runway extended to 2,600 metres for which operation with larger aircraft types is possible. The impacts of these three scenarios on the development area are visualised by means of individual risk contours. Presented are the levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year.

The secondary objective of the NLR study is to address the practices of third party risk around airports in the Netherlands. The purpose of this information is to provide the authority (Växjö Municipality) some insight on how the third party risk information is applied in decision-making and policy.

## Applicability

An application of analysis of third party risk around an airport could have a value in the policy-making regarding protection of third party and occupants of aircraft, and in decision-making for spatial planning and development near an airport.

### NLR

Anthony Fokkerweg 2

1059 CM Amsterdam, The Netherlands

p ) +31 88 511 3113

e ) [info@nlr.nl](mailto:info@nlr.nl) i ) [www.nlr.nl](http://www.nlr.nl)



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2019-445 | November 2019

# An analysis of third party risk around Växjö Småland Airport

With a focus on the development area near Öjaby

CUSTOMER: WSP Sverige AB

**AUTHOR(S):**

Y.S. Cheung

NLR

No part of this report may be reproduced and/or disclosed, in any form or by any means without the prior written permission of the owner.

<b>CUSTOMER</b>	WSP Sverige AB
<b>CONTRACT NUMBER</b>	WSP assignment number 10262038, activity no. 16 (NLR project 2499149)
<b>OWNER</b>	WSP Sverige AB
<b>DIVISION NLR</b>	Aerospace Operations
<b>DISTRIBUTION</b>	Limited
<b>CLASSIFICATION OF TITLE</b>	UNCLASSIFIED

APPROVED BY :		
AUTHOR	REVIEWER	MANAGING DEPARTMENT
Y.S. Cheung 	R. de Jong 	A.D.J. Rutten 
DATE 201119	DATE 201119	DATE 201119

## Summary

WSP Sverige AB supports Växjö Municipality in establishing a development plan nearby Växjö Småland Airport in South Sweden. Since the development lies close to the airport the planned buildings could be affected by third party risk as a consequence of the air traffic. So there is a need to evaluate what people located in the development area could be exposed to.

For this reason, the authority of the municipality thus requests an analysis of third party risk as a consequence of the air traffic of Växjö Småland Airport. For the analysis of third party risk around Växjö Småland Airport, in particular the risk posed to the development area near Öjaby, WSP Sverige AB has subcontracted Royal Netherlands Aerospace Centre NLR to carry out a study.

In the study, the third party risk around Växjö Småland Airport is assessed as part of the development plan nearby the airport. In the assessment individual risk calculations are carried out for three airport scenarios. The first scenario considers the actual traffic in the year 2018. The second and third scenarios regard a licensed situation in the future in which the airport is allowed to handle up to 24,500 movements per year. In the third scenario it is foreseen that the airport will have the runway extended to 2,600 metres for which operation with larger aircraft types is possible. The impacts of these three scenarios on the development area are visualised by means of individual risk contours. Presented are the levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year.

The policy of third party risk around an airport as applied in the Netherlands is also shown. It could provide the authority in Sweden some insight on how the third party risk due to air traffic can be regulated by means of restrictions in land use. The application examples show that third party risk around an airport could have a value in the policy-making regarding protection of third party and occupant of aircraft, and in decision-making for spatial planning and development near an airport.

# Contents

<b>Abbreviations and definitions</b>	<b>6</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>8</b>
<b>2 Växjö Småland Airport</b>	<b>10</b>
<b>3 Assumptions for risk calculations</b>	<b>13</b>
3.1 Model selection	13
3.2 Traffic scenarios	13
3.3 Description of inputs	16
<b>4 Results of third party risk</b>	<b>17</b>
<b>5 Applications of third party risk around airports and policy in the Netherlands</b>	<b>22</b>
5.1 Amsterdam Schiphol airport	23
5.1.1 Zoning	23
5.1.2 Safety enforcement	25
5.2 Regional airports	25
5.3 Two examples of applications of third party risk analysis	25
5.3.1 Airport zoning for protection of third party and occupants of aircraft	26
5.3.2 Evaluation of development plans	27
<b>6 Conclusions</b>	<b>29</b>
<b>7 References</b>	<b>30</b>
<b>Appendix A Third party risk metrics</b>	<b>31</b>
Appendix A.1 Individual Risk	31
Appendix A.2 Societal Risk	33
<b>Appendix B NLR third party risk calculation model</b>	<b>35</b>
Appendix B.1 Model set-up and components	35
Appendix B.1.1 Accident Probability Model (Accident Rates)	37
Appendix B.1.2 Accident Location Model	37
Appendix B.1.3 Accident Consequence Model	38
Appendix B.2 Veer-off risk and Mid Air Collision risk	38
Appendix B.3 Approval and acceptance of NLR third party risk model	39
<b>Appendix C Input data</b>	<b>40</b>
Appendix C.1 Study area, coordinate system and grid size	40
Appendix C.2 Runway endpoints	40
Appendix C.3 Departure and arrival routes	41
Appendix C.4 Traffic and aircraft types	43

Appendix C.4.1	Calendar Year 2018	43
Appendix C.4.2	Future 24500-movements – 2100m runway	44
Appendix C.4.3	Future 24500-movements – 2600m runway	45
<b>Appendix D</b>	<b>Identification of risk calculations</b>	<b>46</b>

## Abbreviations and definitions

ACRONYM	DESCRIPTION
a/c	Aircraft
AIP	Aeronautical Information Publication
BJ / Bizjet	Business Jet
CAA	Civil Aviation Authority
DTHR	Displaced Threshold (for landing)
ECAC	European Civil Aviation Conference
ft	Foot (feet) (= 0.3048 metre)
GA	General Aviation
(1 <sup>st</sup> / 2 <sup>nd</sup> / 3 <sup>rd</sup> ) gen	(First, Second or Third) Generation (of Aircraft)
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organisation
ILS	Instrument Landing System
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport (Human Environment and Transport Inspectorate)
kg	Kilogramme(s)
km	Kilometre(s)
lat-lon	Latitude and longitude
m	Metre(s)
MTOW	Maximum Take Off Weight
NLR	Royal Netherlands Aerospace Centre
t	(Metric) Tonne(s)
THR	Threshold
TORA	Take Off Run Available
UTM	Universal Transverse Mercator (coordinate system)
VFR	Visual Flight Rules
WGS	World Geodetic System

DEFINITION AND CONCEPT	DESCRIPTION
Aircraft accident (third party)	Any unintended contact with the ground outside the runway. This includes all types of occurrences including for instance fatal accidents, non-fatal accidents, major losses and hull losses.
Aircraft movement or Air traffic movement	A take-off or a landing (equivalent: a departure or an arrival).
Calculation grid	A small square area for which risk value is calculated.
Heavy aircraft	Fixed wing aircraft with an MTOW of 5,700 kg or more.
ICAO code (aircraft)	ICAO Aircraft Type Designator (Doc 8643). Aircraft type is (mostly) denoted by a combination of four letters and numbers.
L1500	Aircraft type with MTOW up to 1500 kg. A category in the NLR third party risk model for regional airports.
L5700	Aircraft type with MTOW between 1500 kg and 5700 kg. A category in the NLR third party risk model for regional airports.
Light aircraft	Fixed wing aircraft with an MTOW less than 5,700 kg.
Overrun	An accident in which the aircraft runs off the end of the runway during either take-off or landing.
Overshoot	An accident in which the aircraft contacts the ground beyond the end of the runway.
Straight-in	A straight landing flight route or approach path to the runway.
Third party	Inhabitant around an airport.
Undershoot	An accident in which the aircraft contacts the ground before the runway while on (final) approach.
Veer-off	An accident in which the aircraft runs off either side of a runway during either take-off or landing.

# 1 Introduction

WSP Sverige AB supports Växjö Municipality in establishing a spatial development plan nearby Växjö Småland Airport in South Sweden. The development area is located west of Öjaby and stretches northwards along national highway 30 towards Tunatorp. The area comprises approximately 210 acres of land (Ref. [1]). Considered in the development plan (Figure 1-1) are among others small industries, offices and hotels which will be realised west and south of the airport.

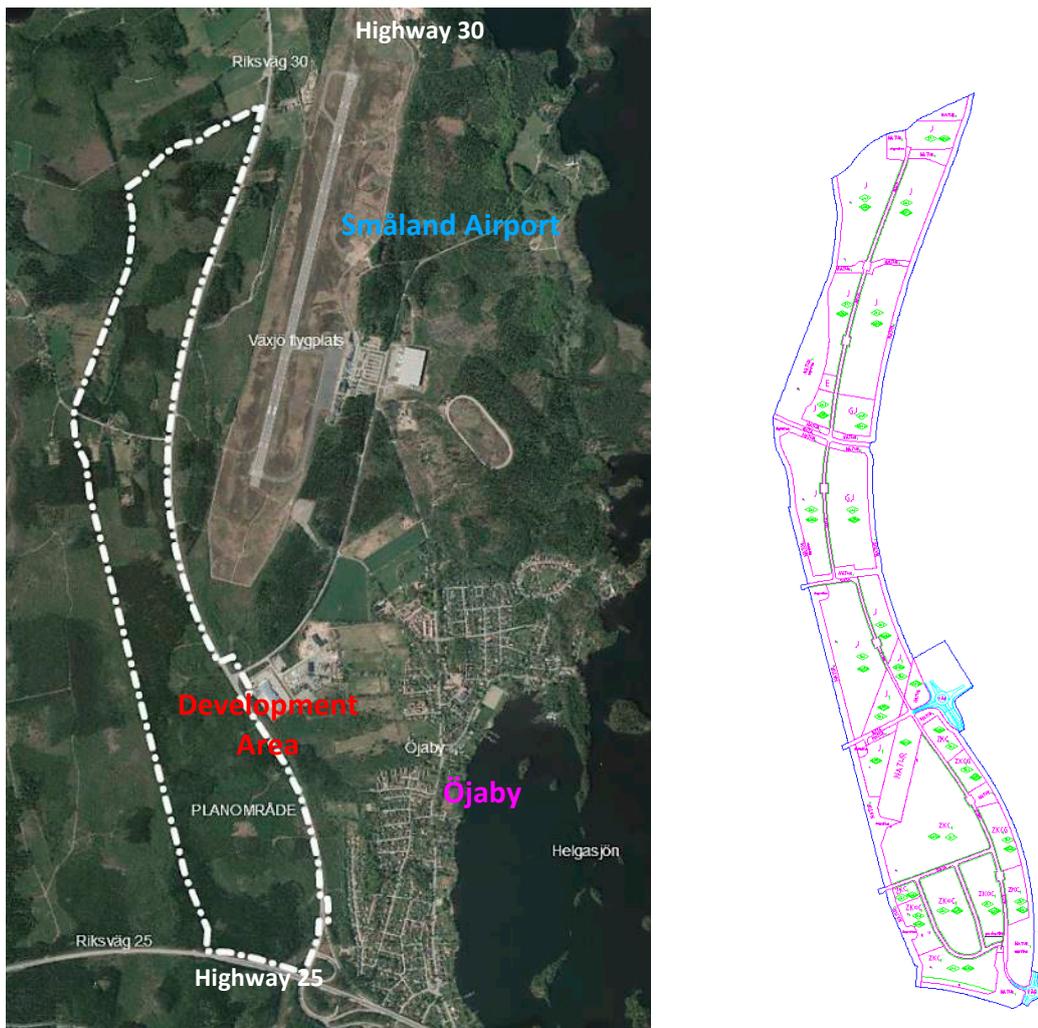


Figure 1-1: (Left) Växjö Småland Airport and the area for development plan (shown in dash-dot line). (Right) The development plan near Öjaby with a layout of roads and areas for various purposes

One of the WSP supporting services is to analyse the risks due to the transportation of dangerous goods on national highways 25 and 30, which bound the development plan on the south and the east, respectively. However, since the development lies close to the airport, the planned buildings could also be affected by third party risk as a consequence of the air traffic.

For the above-mentioned reason, the authority of the municipality requests an analysis of third party risk as a consequence of the air traffic of Växjö Småland Airport. WSP Sverige AB has subcontracted Royal Netherlands Aerospace Centre NLR to carry out this analysis, with focus on the risk posed to the development area near Öjaby.

The primary objective of the NLR study is to calculate the third party risk in terms of Individual Risk (IR) for three airport scenarios:

- The first airport scenario is the “existing situation”. The current airport operation and traffic movements are considered.
- The second scenario is the “licensed situation”, in which the airport is allowed to handle up to 24,500 movements per year. This scenario is related to a potential development and operation situation.
- The third scenario is again the “licensed situation” with a maximum of 24,500 movements per year in the future and the runway extended to 2600 metres. But, it is assumed that due to the longer runway length the airport will accommodate larger aircraft types for passenger transport.

The secondary objective of the NLR study is to address the practices of third party risk around airports in the Netherlands. The purpose of this information is to provide the authority (Växjö Municipality) some insight on how the third party risk information is applied in decision-making and policy.

### **Report structure**

This report is organised as follows. After this introduction, **chapter 2** gives a description of the airport and its operational aspects. **Chapter 3** presents concisely the third party risk method applied, traffic scenarios and a description of inputs used in risk analysis. **Chapter 4** covers the analysis of third party risk around Växjö Småland Airport for three operational scenarios. **Chapter 5** addresses the policy and practices of third party risk for airports in the Netherlands. Conclusions are drawn in **Chapter 6**, the final chapter of this report.

For the interested readers, various appendices of this report give additional details. These cover the third party risk metrics in general (**Appendix A**), the NLR third party risk methodology (**Appendix B**), the detailed calculation input data applied in the risk analysis (**Appendix C**) and the identification of risk calculations (**Appendix D**).

## 2 Växjö Småland Airport

Växjö Småland Airport (ICAO code: ESMX; IATA code: VXO) is located in the south of Sweden and lies about 5 km northwest of the municipality Växjö. The city Öjaby lies adjacent to the airport. Figure 2-1 shows the airport and its surroundings. The airport is designed and operated in accordance with an ICAO reference code 4E airport. The aerodrome elevation is 610 ft (185.9 m).



Figure 2-1: Växjö Småland Airport and its runway (RWY) 01/19 (source: Google Earth)

Växjö Småland Airport operates with a single runway system: RWY 01 and RWY 19. Both runway directions are used for take-offs and landings. The runway physical characteristics, according to the AIP Sweden, are given in Table 2-1 and Table 2-2.

Table 2-1: Physical characteristics of runway 01/19 (AIP Sweden, AD 2 ESMX 1-4, 25 May 2017)

Designations RWY	True Bearing & Magnetic Bearing	Dimensions of RWY [m]	THR coordinates RWY coordinates	THR elevation [ft]
01	013.05° GEO 008° MAG	2106 x 45	56°55'11.72" N 014°43'26.69" E	610
19	193.06° GEO 188° MAG	2106 x 45	56°56'18.05" N 014°43'54.82" E	563.2

There are no stopways (SWY), but two clearways (CWY) are available. For RWY 01 the dimension of the CWY is 500 x 150 m, whilst the CWY for RWY 19 is only 300 x 150 m. Further, no displaced threshold (DTHR) is used for landing on each runway.

Table 2-2: Declared distances of runway 01/19 (AIP Sweden, AD 2 ESMX 1-4, 25 May 2017)

RWY designator	TORA [m]	TODA [m]	ASDA [m]	LDA [m]
01	2106	2606	2106	2106
19	2106	2606	2106	2106

Based on the traffic data provided by Växjö Småland Airport for calendar year 2018 (CY2018), the total number of air traffic movements is 6475. The traffic is comprised of movements of fixed wing aircraft and helicopters. For the analysis of third party risk the civil air traffic movements are categorised into three groups in general:

1. Heavy aircraft: these are the fixed wing aircraft with an Maximum Take Off Weight (MTOW) of 5,700 kg or more. The aircraft types included are the jet aircraft (e.g. Boeing 737) or turboprops (e.g. ATR 72) for passenger transport, and the business jet and corporate aircraft (Cessna Citation, Learjet and Beech King Air).
2. Light aircraft: these are fixed wing aircraft with an MTOW less than 5,700 kg. They are mostly used for General Aviation, like recreational, training/ instructional, and personal flights. Typical light aircraft types are Cessna 172 and Piper 28.
3. Helicopters: all rotary-wing aircraft with purposes like transport, personal flight, recreation and training.

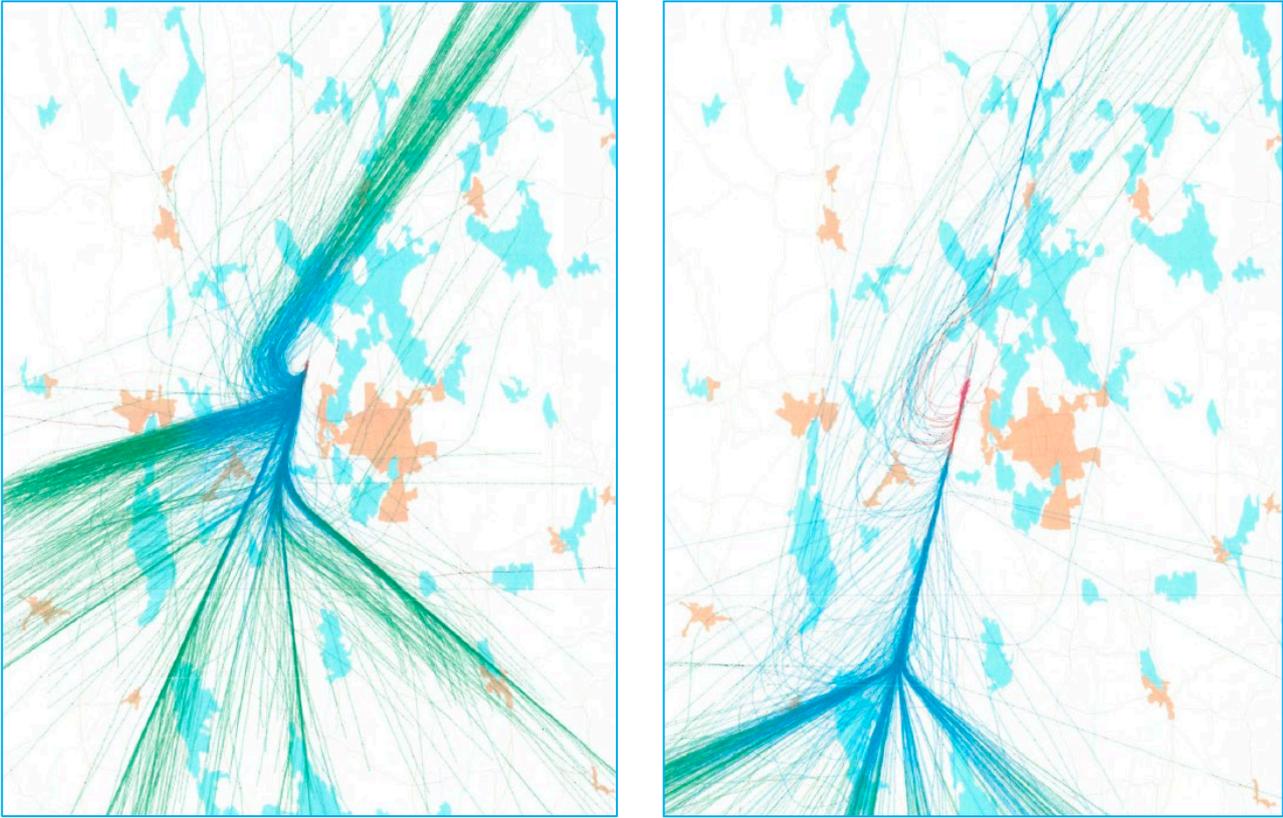
The movements of the heavy aircraft represent about two-third of the total traffic. The movements of the light fixed wing aircraft is responsible for less than 30% and helicopter traffic represents less than 7% of the total. More details on the traffic data will be shown in Chapter 3 and in Appendix C.4.

There are no exact flight route instructions given in the AIP Sweden, AD 2 ESMX 1-6. But based on the communication with Småland Airport it is known that:

“There are restrictions due to other air traffic or noise abatement procedures are taken into account. When traffic is free of obstacles/restrictions, it is then common in Sweden that ATC provides direct routing towards destination or at least some RNAV point closer to the destination or border to other countries boundary entry or exit points for IFR flights.”

In addition, the airport has provided several plots of radar tracks for NLR consideration in the construction of flight routes which are required in the third party risk analysis. The plots of radar tracks belong to the aircraft types with the (ICAO) Wake Turbulence Category (WTC) “Medium” and “Heavy” combined and those with the Wake Turbulence Category “Light”. The tracks concerns the departures on RWY 19 and arrivals on RWY 01. Figure 2-2 depicts the plot of radar tracks for aircraft types with WTC Medium & Heavy. The figure shows recognisable patterns of flight directions.

Remark: the Wake Turbulence Categories are not the same as the aircraft categories used by NLR in the analysis of third party risk.



*Figure 2-2: Plots of radar tracks for Wake Turbulence Category “Medium” and “Heavy”. Left – the departures on RWY 19. Right – the arrivals on RWY 01. Both plots show recognisable patterns of the departure and arrival flights*

The plots of radar tracks for WTC Light are not shown here because the flight paths do not help discerning distinct flight directions.

## 3 Assumptions for risk calculations

This chapter briefly addresses the principles and assumptions applied in the analysis of third party risk. These include the selection of the model, a description of the traffic scenarios, and the input data derived for the Individual Risk calculations.

### 3.1 Model selection

Two variants of the NLR risk model for civil airports have been developed, that reflect relevant differences in operations, number of movements and infrastructure. The first one is the 'Large Airport model' (Ref. [3]) which is meant for major airports with a large number of movements as an important criterion. Examples for large airports are London Heathrow, Amsterdam Schiphol and Stockholm Arlanda. The second one is the 'Regional Airport model' (Ref. [4]) that is set up for regional airports and small airfields that are mainly serving regional traffic and general aviation. Regional airports in this regard are Rotterdam-The Hague, Maastricht-Aachen and Stockholm-Bromma.

Based on the fleet mix and the number of movements at Växjö Småland Airport as shown in section 3.2, the risk analysis is made with the **Regional Airport model**. Operation and level of safety at regional airports are considered different from those at the major airports due to the varied traffic mix and operator types. In order to reflect the differences in safety, the accident probabilities are differentiated for the types of operation: passenger traffic, cargo traffic, business jet traffic and light-weight general aviation traffic.

Due to the presence of helicopter movements at the airport, NLR applies the **heliport risk model** (Ref. [5]) to analyse that risk as well. In the risk model the helicopter traffic movements are differentiated by the engine types: Single Engine Piston (training or non-training), Single Engine Turbine and Multi Engine Turbine.

Furthermore, in view of the location of the development area, part of the area could be affected by the veer-off risk due to take-off and landing movements of fixed wing aircraft. For this reason, NLR applies a separate **veer-off risk** method (Refs. [6] and [7]) to determine the magnitude of the risk.

It is noteworthy that the combination of Regional Airport model, heliport risk model and veer-off risk method has been applied in the analysis of third party risk around Bromma Airport (Ref. [2]). In summary, the analysis method for Växjö Småland airport is the same as the one previously applied to a risk study regarding Stockholm-Bromma Airport.

### 3.2 Traffic scenarios

The analysis of third party risk around Växjö Småland Airport is conducted for three traffic scenarios. In the analysis calculations of Individual Risk are executed and the impact on the development area is visualised by means of Individual Risk contours for the levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year.

The three scenarios are considered in the present risk analysis are as follows.

### Calendar Year 2018

The first scenario is the existing situation which is based on the 2018 air traffic movement data provided by the airport. The runway is 2100 metres long. The traffic movements are discerned for different traffic segments. They are shown in Table 3-1.

Table 3-1: Movements per category in year 2018

Traffic segment	Movements	Percentage
Heavy aircraft	4225	65 %
Light aircraft	1809	28 %
Helicopter	441	7 %
Total	6475	100 %

The heavy aircraft traffic segment is comprised of movements with passenger transport jets, large turboprop aircraft and business jets. Table 3-2 shows that the most used flight directions for heavy aircraft are RWY 01 for departures and RWY 19 for arrivals. This means that the northern direction is the preferred operation direction for heavy aircraft: take-off to the north from the airport and landing from the north towards the airport.

Based on the details included in the traffic data, the most-used jet aircraft and turboprop aircraft for passenger transport are Boeing 737(-800/-700), Airbus A320, Embraer E170/175, ATR 72-600 and Fokker 50. Several distinct flight destinations can be discerned. The most frequent flights are in the northern direction: to and from Bromma and other cities in Sweden. To the southwest is Amsterdam, to the south are the Spanish destinations including the Canary Islands, and to the southeast are the destinations including Poland, Turkey and Greece.

Table 3-2: Runway usage for heavy aircraft

Heavy aircraft	Arrival	Departure
RWY 01	12 %	30 %
RWY 19	38 %	20 %

The light aircraft traffic segment includes the movements of General Aviation. The most frequent types are Cessna 172 Skyhawk, Piper PA28 and Diamond DA42. These aircraft types are typical for pilot training, recreational use, personal flight, etc. Table 3-3 shows that RWY 19 is the preferred direction for both departure and arrival.

Table 3-3: Runway usage for light aircraft

Light aircraft	Arrival	Departure
RWY 01	22 %	22 %
RWY 19	28 %	28 %

Helicopter traffic forms only a small part of the air traffic. The most used types are Aerospatiale AS350 and Eurocopter 120. According to the traffic data provided, the helicopter departures and arrivals are mainly in unknown direction "H", from and to a helipad.

### Future 24500 movements with 2100m-runway

The second scenario is the licensed situation in which the airport is allowed to handle a maximum of 24,500 aircraft movements per year. Details for this scenario are not available. In consultation with the airport and WSP, NLR has

derived a set of traffic movements which suits the best for use in the calculation of third party risk. For the traffic movements, only the heavy traffic is adjusted and the remainder of the traffic, i.e. light aircraft and helicopter, is the same as for Year 2018. To obtain the movements of heavy traffic a scale factor is first derived (see following box for the derivation) and then the heavy traffic movements of CY2018 is multiplied with this factor. Table 3-4 presents the number of movements per traffic segment used in the scenario.

#### Derivation<sup>1</sup> of scale factor

In CY2018, there are 6475 movements – 4225 heavy aircraft movements, 1809 light aircraft movements and 441 helicopter movements.

For Future 24500-movements scenario, the number of heavy aircraft movements is  $24500 - 1809 - 441 = 22250$ .  
Scale factor =  $22250 / 4225 = 5.2663$

Table 3-4: Movements per traffic segment in Future 24500-movements scenario

Traffic segment	Movements	Percentage
Heavy aircraft	22250	91 %
Light aircraft	1809	7 %
Helicopter	441	2 %
Total	24500	100 %

#### Future 24500 movements with 2600m-runway

The third scenario considers the licensed situation in which the runway is extended to 2600 metres. The location of runway threshold 01 will be moved 500 metres towards the south. The maximum number of aircraft movements remains 24,500 per year.

Due to the extended runway it is assumed that the airport is able to handle larger aircraft types in this scenario. With such runway length a medium-size wide-body aircraft like A330-200 is allowed to operate. The accommodation of movements with larger aircraft types implies that some aircraft types used in scenario 1 and 2 have to be replaced. For this scenario NLR derives on her own the composition of the traffic for this calculation using her experiences with risk studies for other comparable airports in terms of size and operations. It must be noted that it is not necessary to consider this scenario as “worst-case”, even though larger aircraft types are assumed in the traffic.

The replacement of aircraft types concerns the following. The heavy air traffic is assumed to comprise only the passenger traffic using third-generation aircraft (which is safer than the first and second generation). This means that the business jet aircraft are replaced entirely in favour of the passenger transport jet A330-200. Furthermore, the relatively older or smaller turboprops in the heavy traffic are replaced by ATR 72-600 since this type is the most used at Växjö Småland Airport. Finally, some movements of miscellaneous jet aircraft which have been assumed as first-generation aircraft in the previous two calculation scenarios are now assigned to third-generation Boeing 737-800 types.

<sup>1</sup> Originally it was the intention to apply the growth figures of Eurocontrol (reference [10]) for a derivation of scale factor. However, it is found that even if the figures of Eurocontrol for a very long period (up to 2040) are applied, the scaled-up number of movements is still not large enough in order to obtain the maximum 24,500 movements per year.

### 3.3 Description of inputs

In order to calculate the risk around an airport, input data are needed. With the support of Växjö Småland Airport, the traffic data are made available to NLR for processing into calculation inputs. The risk calculation input data set is comprised of the following:

- **The traffic movements.** The traffic data contain the number of movements (departures and arrivals) per aircraft type, and the information of those aircraft types. The movement data also indicate which runway and route for arrival and departure is used by the aircraft. Each aircraft or helicopter movement has to be assigned to its accompanied category (see next point).
- **Weights and categories.** For each aircraft or helicopter type, the Maximum Take-Off Weight (MTOW) expressed in metric tonnes has to be known. In the risk model MTOW is a parameter to express the size of the aircraft and thus the accident consequences. The aircraft MTOW is derived from the list of aircraft data published by the Dutch government for use in the calculation of third party risk. Official sources like aircraft manufacturers and Jane's All the World's Aircraft are consulted for newer aircraft types. Occasionally, other internet sources like the German website Flugzeug.info and Wikipedia are consulted for checking on a few general aviation aircraft types.

Based on the third party risk methodology applied, the traffic data for Växjö Småland Airport are differentiated into the following (operation) categories:

- Heavy aircraft types: Passenger and Cargo transport, with the first, second, or third generation of aircraft types, and Business Jet. It is noteworthy that Cargo operation, however, is not used in the risk calculations for Småland Airport.
- Light aircraft types: L1500 (aircraft with MTOW up to 1500 kg) and L5700 (aircraft with MTOW between 1500 and 5700 kg).
- Helicopter types: Single Engine Piston (training and non-training), Single Piston Turbine, and Multi Engine Turbine.
- **Airport runways.** The airport runways in WGS84 latitude-longitude (lat-lon) coordinates are provided in the AIP Sweden. The characteristics of the runways have already been discussed in Chapter 2. In consultation with WSP and Växjö Municipality, the lat-lon coordinates are converted into SWEREF 99 15 00 coordinate reference system using the online conversion tool<sup>2</sup> as instructed by the municipality.
- **Flight routes.** Flight routes or nominal flight paths, together with the runway, are required in the calculations as this information determines the risk distribution over the surrounding of the airport. The departure and arrival routes for the risk calculation are derived and constructed by NLR mainly using the plots of radar tracks provided by Växjö Småland Airport, and based on experiences with studies with some comparable airports. All flight routes are constructed for the SWEREF 99 15 00 coordinate reference system.
- **Helicopter sectors.** Helicopter traffic is assigned to helicopter departure and arrival sectors. The sectors are assigned to the location of the runway endpoint for the sake of conservativeness of the risk calculations.

Details on the input data can be found in Appendix C.

<sup>2</sup> <https://www.lantmateriet.se/sv/Sjalvservice/koordinattransforma/>

## 4 Results of third party risk

This chapter presents the calculation results of the third party risk around Växjö Småland Airport, in particular its effects on the development area of Öjaby. The risk calculation results are visualised as Individual Risk (IR) contours, i.e. lines with the iso-probability, for the risk levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  (per year). The justification of the use of these risk levels is given in reference [8].

For the sake of completeness, the risk contours determined with the standard risk model for the aircraft take-off and landing overruns, take-off overshoots and landing undershoots are presented in combination with the risk contours determined separately for the take-off and landing veer-offs. Figure 4-1 depicts an illustration of the different risk types (third party) posed to the development area.

The risk contours are presented in Figure 4-2 through Figure 4-4.

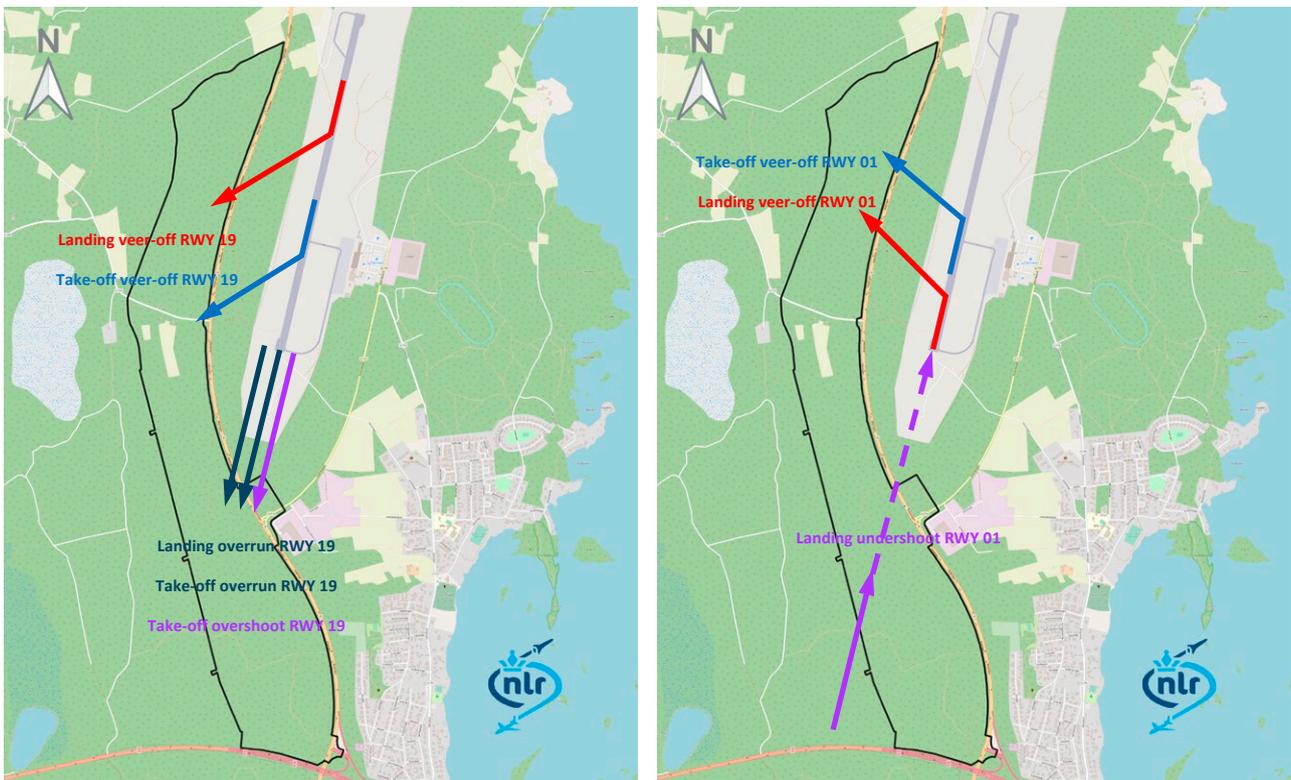


Figure 4-1: (Left) The development area is exposed to different risk types from the air traffic operation in the southerly direction. (Right) The development area is exposed to the different risk types from the air traffic operation in the northerly direction

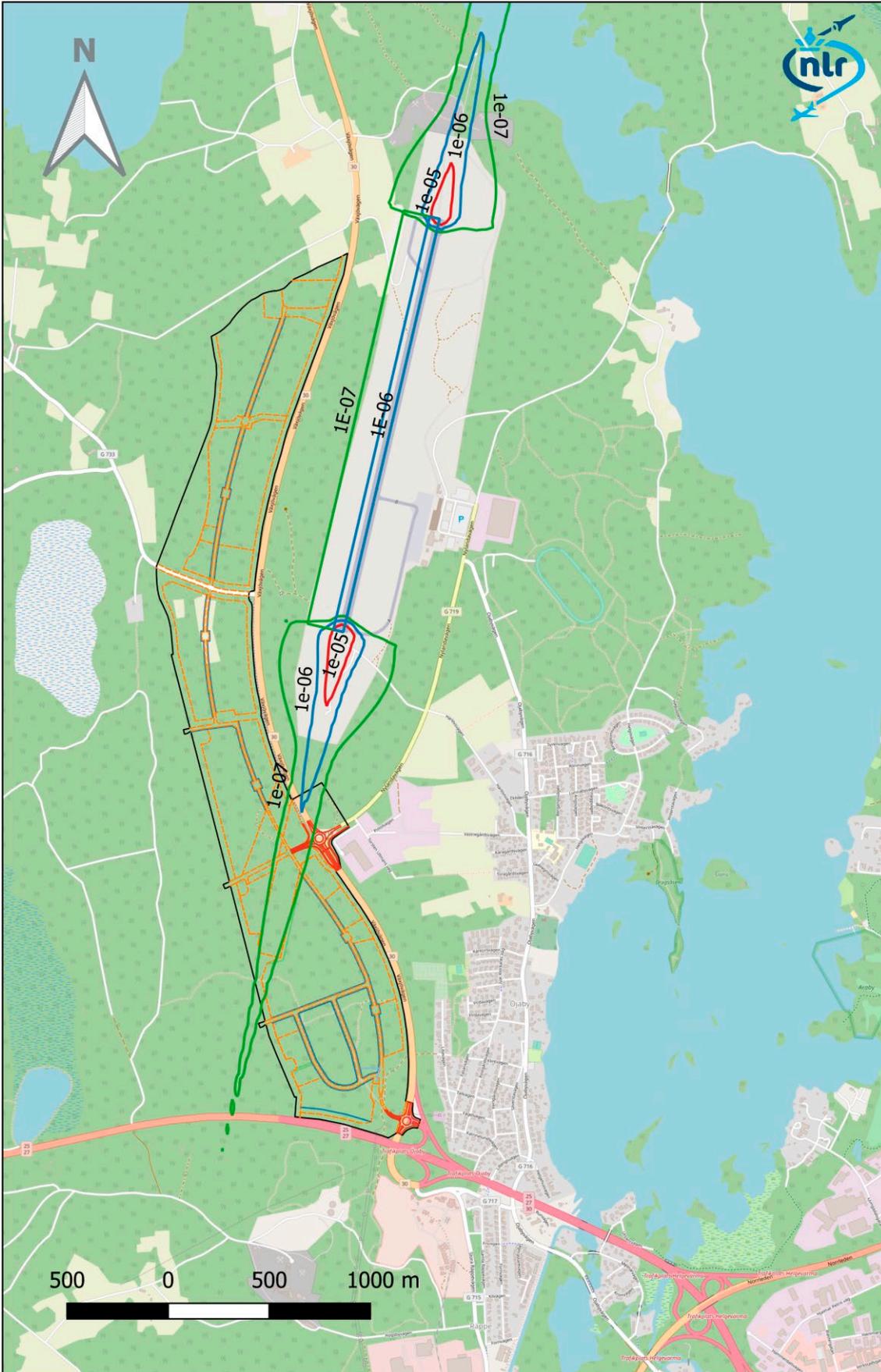


Figure 4-2: Individual risk contours of  $10^5$  (red),  $10^6$  (blue) and  $10^7$  (green) for the Calendar Year 2018

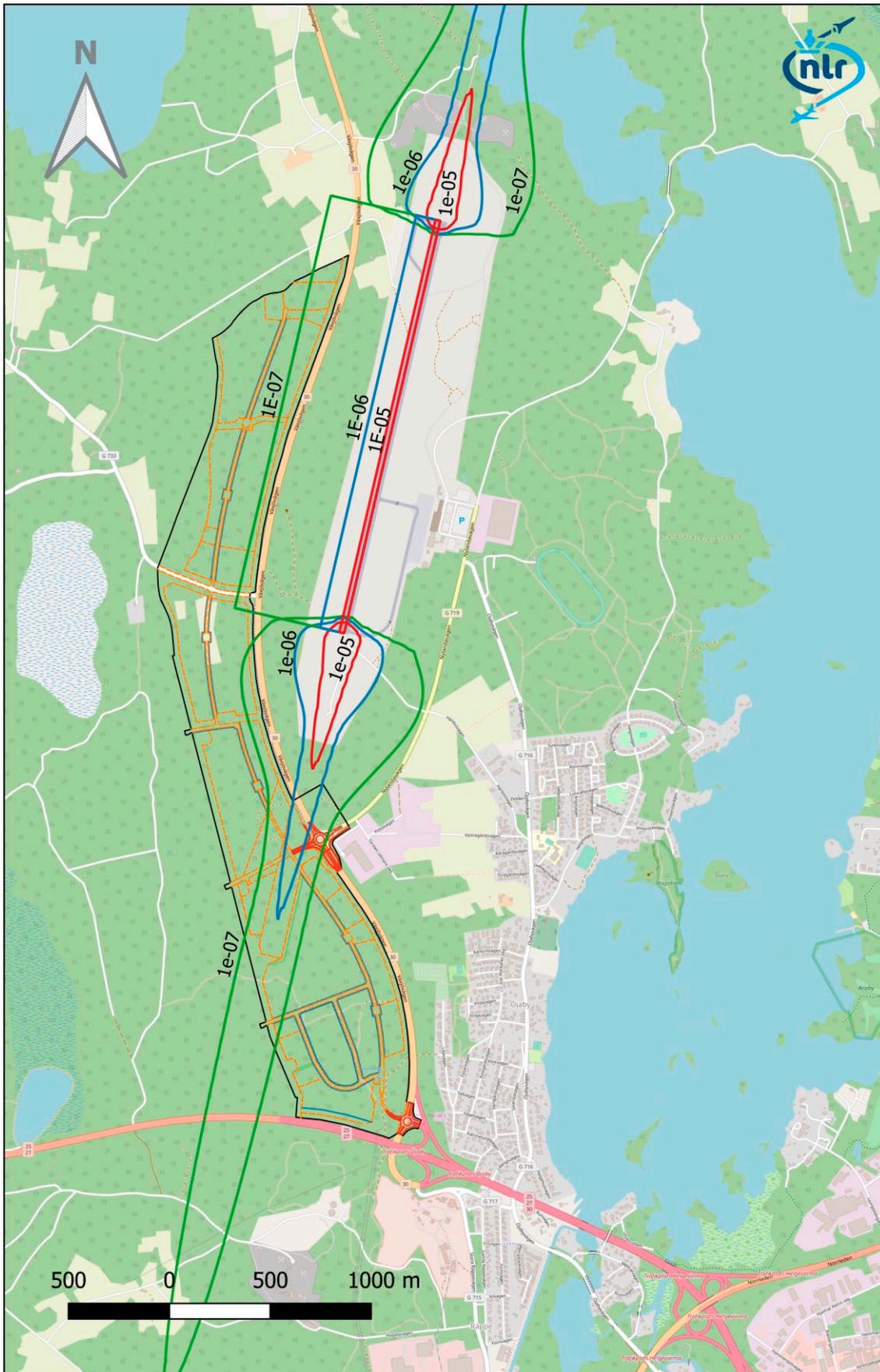


Figure 4-3: Individual risk contours of  $10^{-5}$  (red),  $10^{-6}$  (blue) and  $10^{-7}$  (green) for the Future 24500-movements scenario on the present 2100m runway

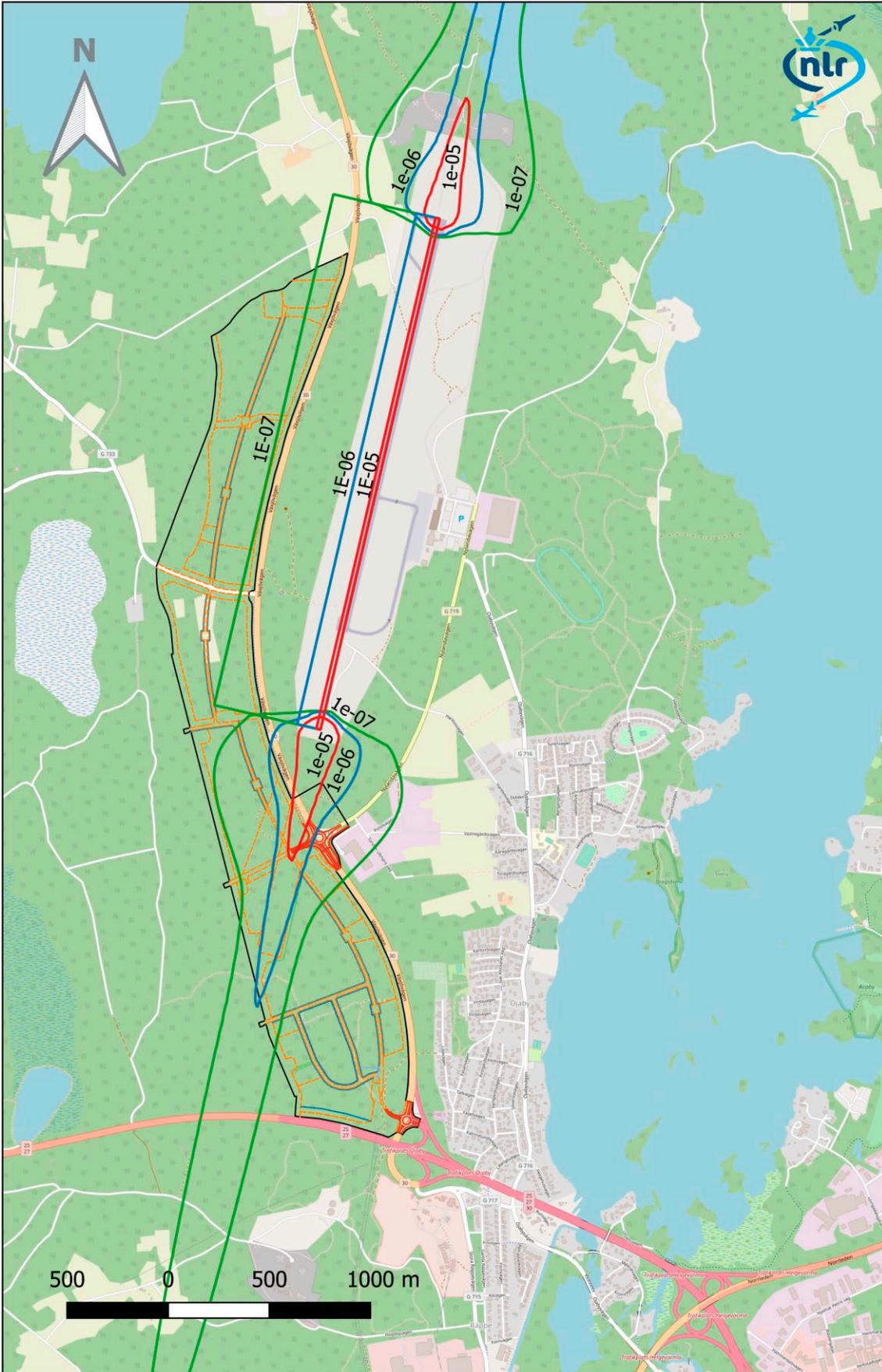


Figure 4-4: Individual risk contours of  $10^{-5}$  (red),  $10^{-6}$  (blue) and  $10^{-7}$  (green) for the Future 24500-movements scenario on the extended 2600m runway and with larger aircraft types replacing part of the heavy aircraft traffic

### Discussion of veer-off risk

As mentioned earlier veer-off is an occurrence in which an aircraft runs off either side of a runway. The risk calculated for a veer-off is in theory valid for all sorts of terrain next to runway: flat/slope, hard/soft ground, with or without objects/obstacles (e.g. trees). Due to the fairly woody and slightly sloping terrain on the west side of the airport and along the national highway 30 (Figure 4-5), the veer-off risk calculated for the different scenarios could be smaller in practice. This is the consequence of some shielding effects of the trees and the terrain sloping upwards which could help limit the distance travelled by the aircraft in the occurrence of a veer-off. However, an exact value for the reduced veer-off risk affecting the development area cannot be provided. For conservative reason it is recommended to apply the calculated risk values in the evaluation and discussion of the development plan.



Figure 4-5: The airport surroundings viewed from national highway 30 northbound (source: Google Maps street view)

# 5 Applications of third party risk around airports and policy in the Netherlands

This chapter presents the applications of third party risk around airports and the policy established in the Netherlands. Sections 5.1 and 5.2 address concisely the restrictions in accordance with third party risk for Amsterdam Schiphol Airport and the regional airports respectively. Section 5.3 gives two application examples.

### Third party risk around airports

Both UK and the Netherlands have an advanced and transparent policy for third party risk around airports. Their methodologies in assessing the risk have been validated with experts; the risk calculation models are made public and are established in the national regulations.

There is neither international agreement on how the third party risk around an airport (methodology) should be determined, nor any internationally agreed norms, criteria or guidelines available which define acceptable levels of third party risk or external safety around an airport.

For UK and the Netherlands, criteria only exist for certain Individual Risk levels. UK chooses  $10^{-4}$  and  $10^{-5}$  (per year) for their Public Safety Zones (PSZs) around an airport, whilst the Netherlands applies  $10^{-5}$  and  $10^{-6}$  levels for building restrictions and spatial planning in the vicinity of an airport.

In the Netherlands, third party risk policy is established and risk assessment is required for different risk sources, among others storage and transport of dangerous goods, and rail transport. For air transport, only airports are considered as risk source since the airport is a location where aircraft departures and arrivals concentrate. Statistically most aircraft accidents occurred during these phases of flight whilst these phases take only a fraction of flight time in duration (Figure 5-1). Therefore an airport poses risk to the people in the surroundings.

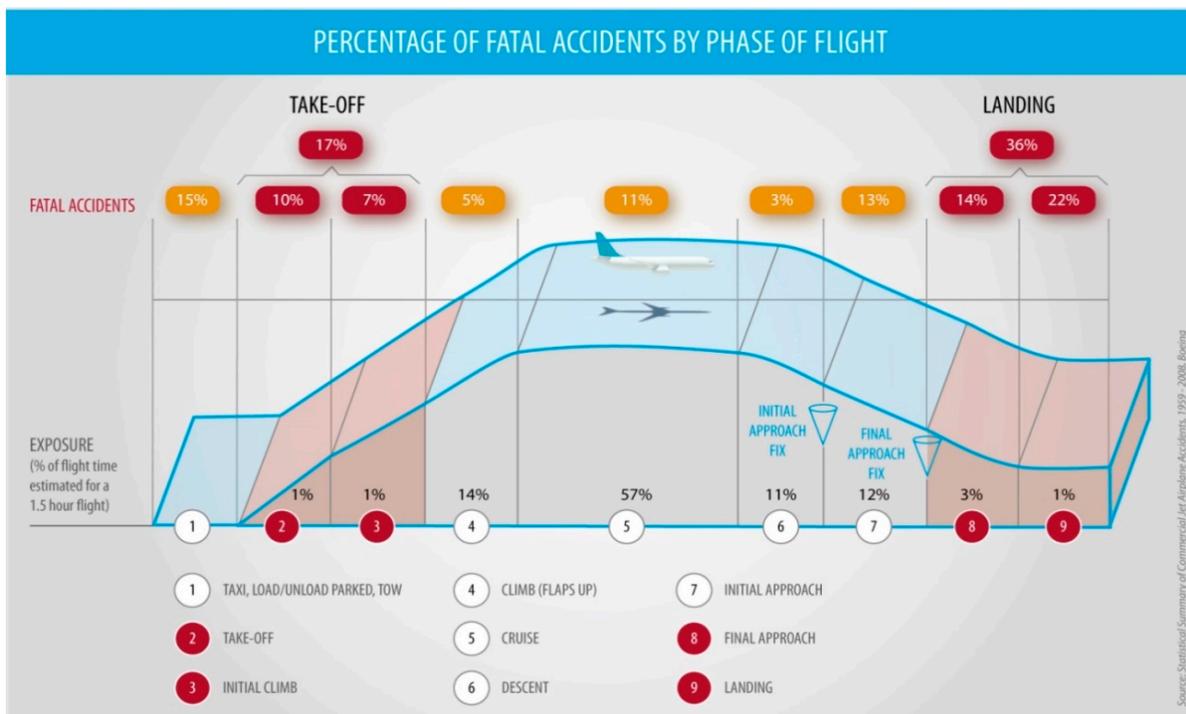


Figure 5-1: Percentage of fatal accidents by phase of flight (figure adapted from Boeing’s Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents - Worldwide Operations 1959-2008)

Third party risk around an airport has different purposes:

1. In the Environmental Impact Assessment (EIA) study, third party risk together with airport noise, emission & air quality are always the compulsory components and are considered as undesired environmental impacts due to air traffic operations at an airport. Mostly required by Netherlands Commission for Environmental Assessment that not only Individual Risk is to be investigated in the EIA study, but also a Societal Risk analysis is requested.
2. For changes in the operational concept of the airport or in the master planning, an analysis of the risk to the surrounding (third party) may be required as well. Changes in runway usage, flight routes, fleet mix and number of air traffic movements could have impact on the surroundings of an airport in terms of safety risk.
3. For risk zoning and protection of third parties. For airports of importance like Amsterdam Schiphol Airport and other larger regional airports, (local) government may define risk zones to limit the land use in the vicinity of an airport in order to protect persons on the ground and or limit the societal risk due to air traffic.
4. For spatial planning policy and decision-making: an assessment of third party risk is necessary when authorities from (local) government like municipalities and or developers require insight into to what extent aviation could pose a risk to their development plans in the vicinity of an airport.

## 5.1 Amsterdam Schiphol airport

### 5.1.1 Zoning

The Schiphol Act i.e. Chapter 8.2 of the Netherlands Aviation Act [4], and the two Airport Decrees, “Airport Traffic Decree” and “Airport Layout Decree”, came into effect on 20 February 2003. This also marked the commissioning of the Schiphol’s new fifth runway 18R-36L. Regulations regarding limitations of noise pollution, third party risk and air pollution (emissions) to the airport surroundings are established in the Schiphol Act and the Decrees.

In the Airport Layout Decree, the two zones defined for third party risk are Restricted Area 1 and 3. Restricted Area 1 is based on the  $10^{-5}$  individual risk contour whereas Restricted Area 3 is based on the  $10^{-6}$  individual risk contours. These safety zones as shown in Figure 5-2 are specified to keep people on the ground at a safe distance from air traffic risk and they are based on risk calculations of a number of scenarios in an Environmental Impact Assessment study. The zones are all established in the Airport Layout Decree of Schiphol Airport.

#### The restrictions of Area 1

This area is also known as demolition zone. Outside this zone no individual risk above  $10^{-5}$  (per year) is allowed. Within this zone the following applies:

- No building of new houses;
- No building of new offices and industrial buildings/factories;
- Existing houses are purchased and demolished on a voluntary basis;
- No “sensitive” (hazardous) industrial buildings.

#### The restrictions of Area 3

The construction of new buildings in areas exposed to local risks between  $10^{-5}$  and  $10^{-6}$  (per year) is not permitted, with the exception of buildings for small-scale business (including agricultural activities). An additional guideline is provided to govern the societal risk, i.e. by limiting the number of persons per hectare present in the area.

It is noteworthy that there are Areas 2 and 4 as well and these are based on the noise contours. The restrictions of these areas are comparable to those based on third party risk.

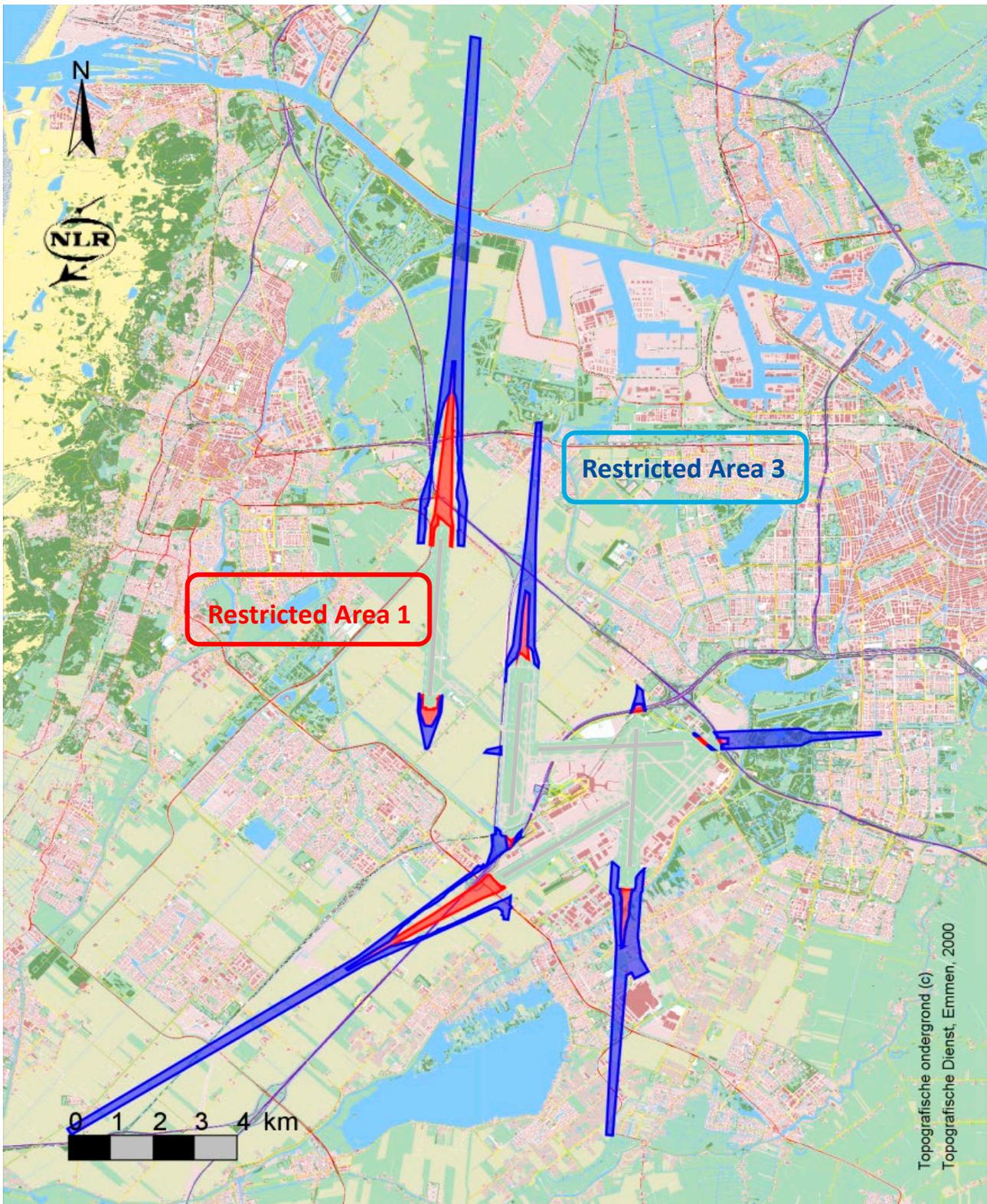


Figure 5-2: Amsterdam Schiphol Airport and Restricted Areas 1 and 3 as marked in Airport Layout Decree 2003. Restricted Area 1 is given in red, while Restricted Area 3 is shown in blue. These areas are derived from calculations and contours of individual risk. Note: the area between these areas is regulated by noise restrictions (Restricted Area 2) and this is not shown here

## 5.1.2 Safety enforcement

According to the enforcement policy for Schiphol airport only the third party risk metric devised by Ministry is applied: Total Risk Weight. It is a number or risk index (total value) to indicate the third party risk of an airport by incorporating three parameters in risk determination: accident probabilities (for take-off/landing and per accident type), number of aircraft movements in a year, and the maximum take-off weight corresponding to the aircraft per movement. The method of determination is established in the Environmental Information Regulation Schiphol airport (in Dutch: Regeling Milieu-Informatie luchthaven Schiphol).

Total Risk Weight (TRW) is expressed in metric tonnes per year and a limit value is set for Schiphol airport. For enforcement Schiphol airport is required to provide Inspectorate of Human Environment and Transport (ILT, which includes the CAA the Netherlands) information about noise pollution at the enforcement points, the total noise volume index, the total risk weight, and the amount of air pollutants emitted.

According to the most recent information the use of the total risk weight will soon be superseded by a complete calculation of individual risk based on the current airport traffic operations. The new enforcement regime includes a check on the number of dwellings (houses) within the risk contours of level  $10^{-6}$  per year.

## 5.2 Regional airports

Since the end of 2009 the Regulations on civil and military airports came into effect. With the introduction of these regulations, the proper authorities are those directly involved, i.e. the regional government like province and municipalities. Within this responsibility, requirements with respect to noise pollution and third party risk for regional airports will be set in line with the policy for Schiphol airport.

For each regional airport, an airport decree must be made and determined by the end of 2014<sup>3</sup>. In the airport decree, the consequences for the environment will be shown for the future scenario of the airport. The intention is that after a period of a few years the airport situation will be evaluated and compared with the scenario that was initially used as baseline for the airport. This evaluation is to check whether or not the risk calculated with the current traffic remains within the originally determined risk contours of  $10^{-6}$  per year.

## 5.3 Two examples of applications of third party risk analysis

The NLR third party risk models have been applied in context of third party risk discussions and in supporting decision-making in the Netherlands. Two applications of third party risk analysis are presented here.

---

<sup>3</sup> At the time of preparing this document there are still airports undergoing the process of Airport Decree.

### 5.3.1 Airport zoning for protection of third party and occupants of aircraft

It is recalled that restricted areas around the runways of Schiphol airport have been effected since in the introduction of both “Airport Layout Decree” and “Airport Traffic Decree” in 2003. These areas were established for limiting noise pollution and third party risk.

In 2009 a Boeing 737 of Turkish Airlines crashed on an open farmland north of Amsterdam Schiphol airport. The location of the crash lies within the Restricted Area 1 (Figure 5-3) as marked in the Airport Layout Decree. In Area 1 construction of new buildings is not allowed and the existing buildings should be removed on a voluntary base. Had those restriction zones not been established, buildings might have been allowed. The accident could have ended worse if constructions were located on the farmland. Then, the result of the crash could be aggravated for both the persons on board and third parties.

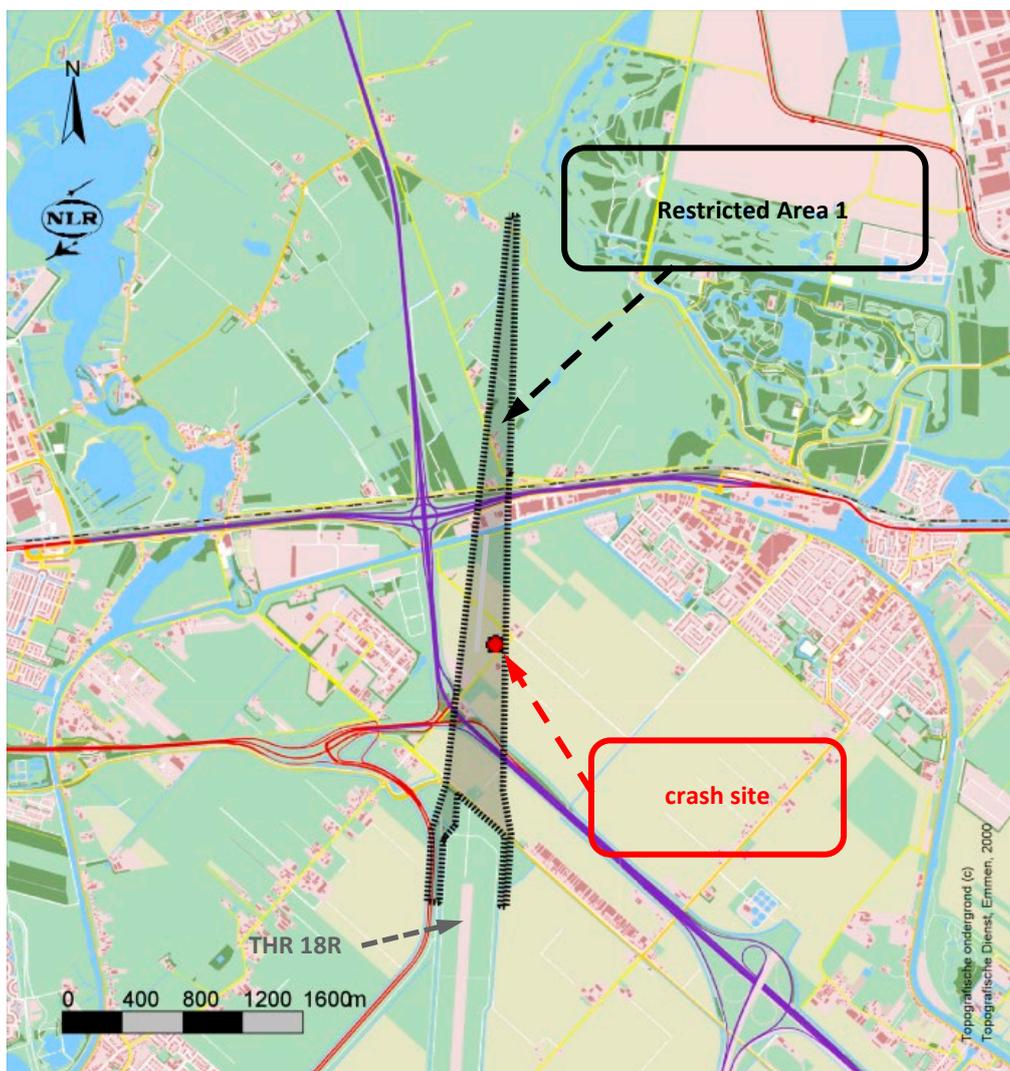


Figure 5-3: The crash site of Turkish Airlines aircraft on 25 February 2009 (red circle), Flight 1951, lied at the north of runway 18R of Amsterdam Schiphol Airport. Depicted in the figure are the crash site (red dot) and the Restricted Area 1 (in grey shade) as established in the Airport Layout Decree of Schiphol Airport

### 5.3.2 Evaluation of development plans

In supporting the regional spatial planning and area development around Eindhoven airport in the Netherlands, an analysis is carried out to provide an insight into the societal risk as a consequence of various building plans. The results of the risk analysis are discussed and used by the City-Region Eindhoven, other cities and municipalities around the airport and the regional fire-fighting service.

The societal risk due to the air traffic has been analysed in detail. Besides the classic use of FN-curve for presenting the societal risk, an alternative way of showing the risk for a certain group size in an area is also applied [18]. For this area-specific presentation of societal risk, use of a risk reference is made. This reference is derived from the Orientation Value for Establishments (OVE<sup>4</sup>) used in the Netherlands. As a guideline, the societal risk of a risk source must not exceed this value. The OVE is described by the relation:  $10^{-3}/N^2$ , where N is the group size number. For a group of ten persons (N=10), the value is  $10^{-5}$ . It is noteworthy that for air transport no such orientation value is available.

In the area-specific presentation, the societal risk is visualised on a topographic map. The societal risk determined for each calculation grid cell (e.g. 1 hectare) and relates to the OVE for different group sizes of number of fatalities. For each grid cell, colour presentation is applied to show if the probabilities for a group size are lower or higher than the OVE. Figure 5-4 depicts the area-specific presentation of societal risk for Eindhoven airport. Through this way of presenting the societal risk the City-region Eindhoven together with the municipalities in the airport surrounding can easily obtain insight into the distribution of the risk over the area and the magnitude of risk for a particular group size. The information also helps the regional fire-fighting service to define her contingency plan to cope with aircraft accident.

---

<sup>4</sup> Officially it is "Orientatiewaarde voor Inrichtingen" (OWI) in Dutch

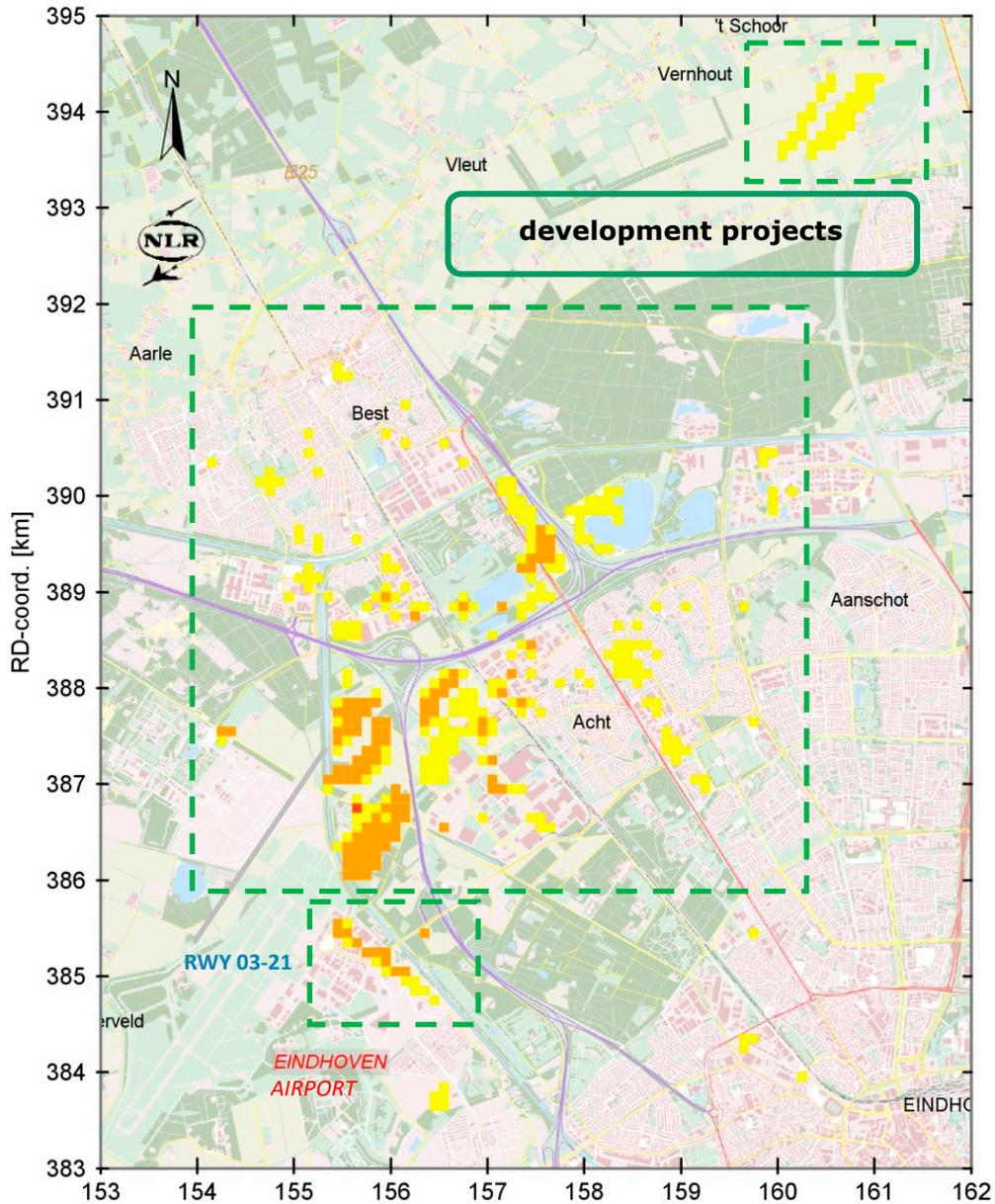


Figure 5-4: The area-specific presentation of societal risk for a group of 10 persons (or more). Presented is the north region of the Eindhoven airport where a number of building projects is planned. Yellow squares show the area (per hectare) in which the societal risk lies between 1% to 10% of Orientation Value for Establishments (OVE) used in the Netherlands. Orange squares are meant for the range 10% to 100% OVE; and red squares are 100% or above OVE. Note: the OVE for  $N=10$  persons is determined by the relation  $10^{-3}/N^2 = 10^{-3}/10^2 = 10^{-5}$

## 6 Conclusions

In the study, the third party risk around Växjö Småland Airport is assessed as part of the development plan of Öjaby nearby the airport. In the assessment individual risk calculations are carried out for three airport scenarios. The first scenario considers the actual traffic in the year 2018. The second and third scenario regard a licensed situation in the future in which the airport is allowed to handle up to 24,500 movements per year. In the third scenario it is foreseen that the airport will have the runway extended to 2,600 metres for which operation with larger aircraft types is possible. The impacts of these three scenarios on the development area are visualised by means of individual risk contours. Presented are the levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year.

Some conclusions regarding the risk analysis are drawn here:

- Due to the smaller number of traffic movements the risk contours of calendar year 2018 (first calculation scenario) affect only a limited part of the development area on the south. The area is not exposed to veer-off risk of level  $10^{-7}$  or higher.
- The Future 24500-movements scenarios (the second and third scenarios) have a larger part of the heavy aircraft traffic and total number of movements is larger than the actual traffic for year 2018. As a result, the risk contours are larger and cover a substantial part of the development area south of the airport.
- Due to the runway of extension of 500 m to the south, in the third scenario the development area is exposed to risk contours of level  $10^{-5}$ . Also a much larger part of the development area is exposed to risk levels of  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year.
- The risk contours of the third calculation scenario in terms of dimension are not much larger than or deviate from those of the second calculation scenario. Although larger aircraft types are assumed in the traffic, this does not necessarily mean the resulting risk contours become much larger. Larger aircraft imply a larger accident consequence area. However, those larger aircraft types assumed in the traffic are the third-generation passenger transport aircraft which have smaller accident probabilities based on the applied third party risk model. These aircraft replace the relatively more unsafe types like business jet aircraft and “older” turboprops. In effect, a small increase in the individual risk contours is observed.
- Veer-off risk is calculated for the three scenarios and visualised by means of individual risk contours for levels  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year. Only the scenarios with 24500-movements have impact on the development area. Part of the development area lying to the west of the airport is exposed to the risk level  $10^{-7}$ , but no higher than  $10^{-6}$  per year. Due to the fairly woody terrain on the west side of the airport and along the national highway 30, the veer-off risk calculated could be in practice smaller. This is the consequence of some shielding effect of the trees which could limit the distance travelled by the aircraft in the occurrence of a veer-off. An exact value for the veer-off risk due to this shielding effect, however, cannot be provided.
- The policy of third party risk around an airport as applied in the Netherlands is shown. It could provide the authority in Sweden some insight on how the third party risk due to air traffic can be regulated by means of restrictions in land use. The application examples show that third party risk around an airport could have a value in the policy-making regarding protection of third party and occupants of aircraft, and in decision-making for spatial planning and development near an airport.

## 7 References

- [1] Detaljplan för Öjaby 1:17 m.fl, Öjaby, Öjabymotet, Dnr. 2017BN206, 2019 ([https://www.vaxjo.se/download/18.c9ab8701686e14dc6fe0283/1548922884639/Planbeskrivning\\_%2020190129.pdf](https://www.vaxjo.se/download/18.c9ab8701686e14dc6fe0283/1548922884639/Planbeskrivning_%2020190129.pdf))
- [2] <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1813327>
- [3] Pikaar, A.J., de Jong, C.J.M. and Weijts, J. (2000), An enhanced method for the calculation of third party risk around large airports, NLR report NLR-CR-2000-147.
- [4] Vercammen et al (2002), Re-assessment of the model for analysis of third party risk around regional airports, NLR-report NLR-CR-2002-178.
- [5] Cheung et al (2008), A model to calculate third party risk due to civil helicopter traffic at heliports, NLR-CR-2007-003.
- [6] Van Es, G.W.H. (1999), Verdeling ongevallocaties tussen de baankoppen, NLR-internal note in Dutch, 9 August 1999.
- [7] Van Es, G.W.H. (1999), Aantekeningen omtrent dwarsspredingsmodel (locatie data versie 10 augustus 1999), NLR internal note in Dutch (Revised version).
- [8] Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen -Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, SAMHÄLLSPANERING, SKÅNE I UTVECKLING 2007:06, LÄNSSTYRELSEN, I SKÅNE LÄN.
- [9] Boeing (2018), Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, Worldwide Operations 1959-2017.
- [10] Eurocontrol (2018), European Aviation in 2040, Challenges of Growth.
- [11] S.N. Jonkman, P.H.A.J.M. van Gelder and J.K. Vrijling (2003), An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage, Journal of Hazardous Materials A99 (2003) 1-30.
- [12] Baarse Beleidsondersteuning & Consult B.V. en NLR, Evaluatie van de methodiek en het instrumentarium voor de bepaling van externe veiligheidsrisico's nabij luchthavens, Suggesties voor aanpassing, maart 2004, NLR-CR-2006-468. (report in Dutch).
- [13] B.J.M. Ale et al, Contra-expertise externe-veiligheid Schiphol, rapport nr. 610066005, RIVM, 11 oktober 1996. (report in Dutch).
- [14] A. Hale, Risk contours and risk management criteria for safety at major airports, with particular reference to the case of Schiphol, Safety Science 40 (2002) 299-323.
- [15] F. Netjasov and M. Janic, A review of research on risk and safety modelling in civil aviation, Journal of Air Transport Management 14 (2008) 213-220.

## Appendix A Third party risk metrics

Third party risk concerns those people that are at risk while they are not involved in the activity that induces this risk. Typically, regarding aviation, the third party concerns people living and working on the ground. While not involved in any aircraft flying overhead, they are certainly exposed to risk due to an aircraft crash. The fatality risk of people on board the aircraft, crew and passengers, is not taken into account, because these people are involved in the risk inducing activity and therefore they are not regarded as third party.

Air transport is considered a relatively safe mode of transportation. However airports generate a concentration of air traffic over the area around the airport. Furthermore, historically aircraft accident data shows that the majority (about 70%) of the accidents occur during the initial and final phases of the flight (Figure A-1). As a result, the risk to people nearby an airport will be significantly above average. Therefore, the third party risk analysis is concentrated on the people living and working in the vicinity of the airport and on the risk caused by aircraft departing from or arriving at the airport.

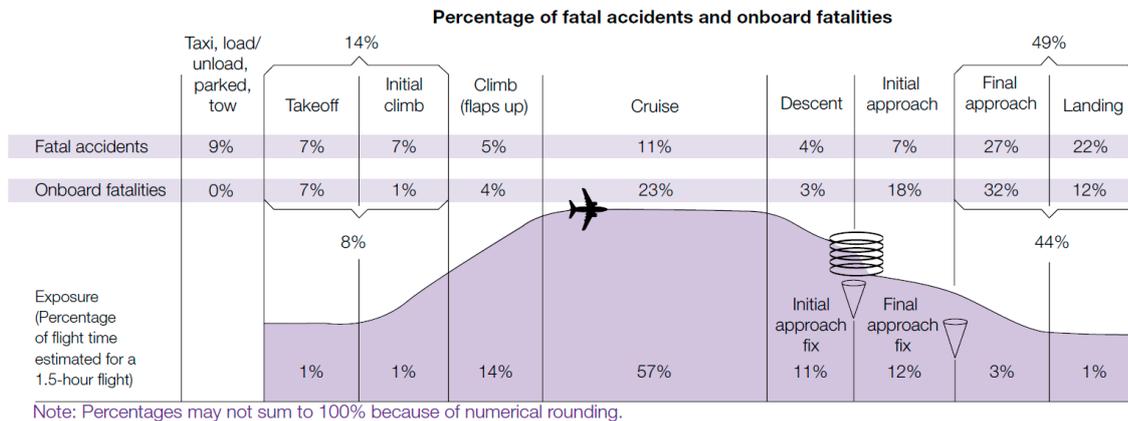


Figure A-1: Percentage of accidents in different phases of an aircraft flight cycle (source: Boeing 2018)

In an analysis of third party risk, two metrics, Individual Risk (IR) and Societal Risk (SR), are used. Both risk metrics have their own characteristics in expressing risk. They are complementary to each other and are commonly used as basic information for third party risk studies and risk communications.

### Appendix A.1 Individual Risk

Individual Risk (IR) is defined as: “the local probability per year that a person, who is permanently residing at this particular location, suffers fatal injury as a direct consequence of an aircraft accident on or near his position.”

Two important characteristics of the Individual Risk are:

- Individual Risk represents a point-location risk; it is calculated separately for every location around the airport and differs from location to location.
- Individual Risk is independent of the actual population around the airport; it is calculated for a fictive person who is presumed to stay permanently in one single location.

In general, the Individual Risk decreases with increasing distance to the runway and flight routes. Individual Risk is commonly visualized by iso-risk contours, plotted on a topographical map (Figure A-2). This way of presentation is comparable to visualizing a mountainous landscape, where the altitude of the mountain represents the level of Individual Risk (see Figure A-3). Customarily, the Individual Risk contours are plotted for the contour values  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  and  $10^{-7}$  per year. Depending on study purpose, presentation of other contour values is possible.



Figure A-2: The individual risk values are presented as iso-probability contours. Depicted are the individual risk contours of a scenario for Schiphol airport. Red indicates high risk value and green indicates low risk value

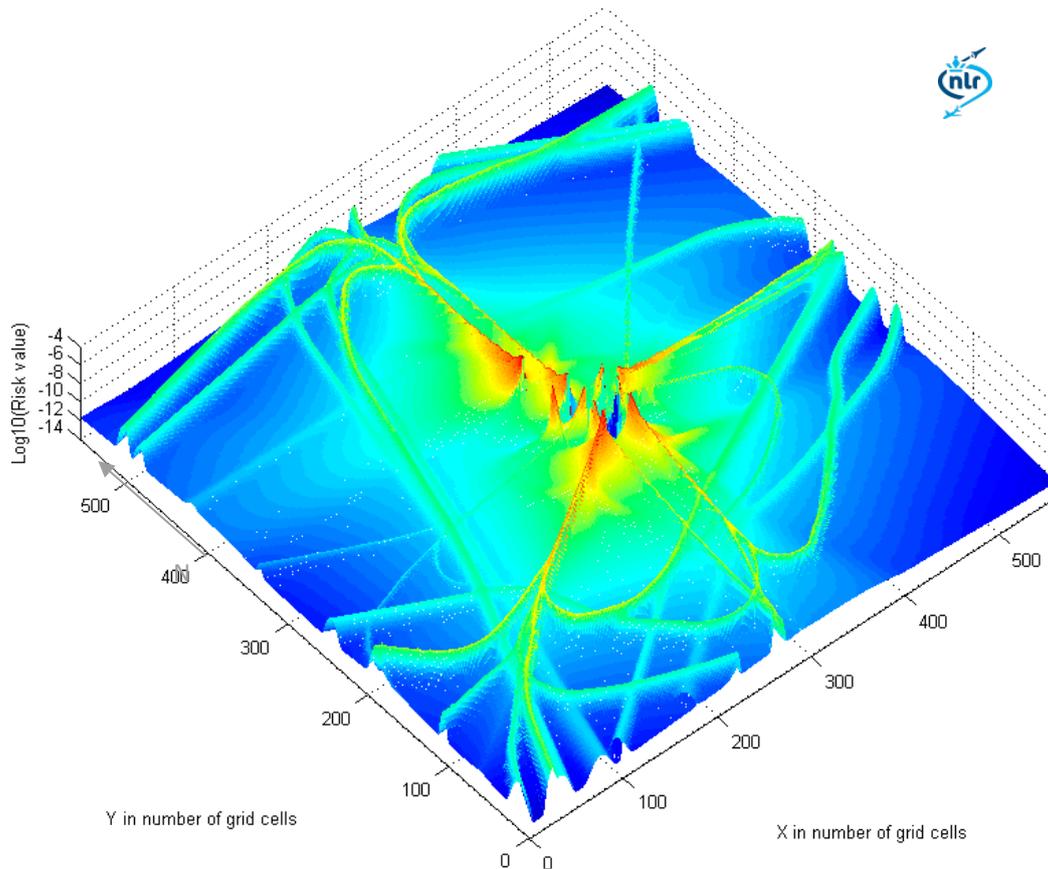


Figure A-3: The three-dimensional presentation of Figure A-2. In this figure the Individual Risk is presented as a mountainous landscape. The red and orange colour present the high risk values, whereas the green and blue colour present the low risk values. Remark: Individual Risk values here are presented on a logarithmic-scale

## Appendix A.2 Societal Risk

Societal Risk (SR) is defined as “the probability per year that a group larger than a given number of persons (third parties) is killed due to a single aircraft accident”.

Societal Risk is presented as an FN-curve, where F (frequency)<sup>5</sup> stands for the probability per year and N stands for the group size. Due to the wide range of values of probability and group sizes, the FN-curve is practically plotted on a double-logarithmic scale. In practice, only a selected number of group sizes is calculated, for example,  $N \in \{1, 3, 5, 10, 20, 40, 100, 200, 400, 1000\}$ ; other selection of group sizes is possible. An example of FN-curve of Amsterdam Schiphol Airport is given in Figure A-4.

Two important characteristics of the Societal Risk are:

- Societal Risk represents the risk over the total study area around the airport.
- Societal Risk depends on the actual population distribution around the airport; in a hypothetical situation where no population is present anywhere around an airport, the Societal Risk for this airport would be null (zero).

<sup>5</sup> In terms of statistics this quantity is a frequency that depends on the distribution of group sizes in the population sample.

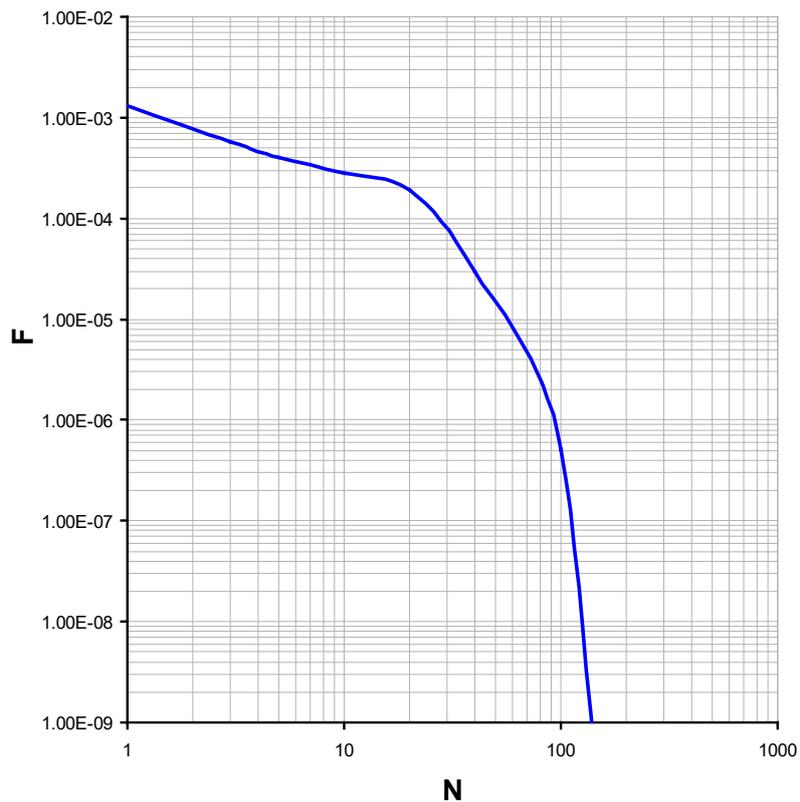


Figure A-4: Societal Risk result, FN-curve, for an example airport. The vertical axis is the frequency  $F$  of more than  $N$  number of fatalities, while the horizontal axis expresses the group sizes  $N$

The essential difference between Individual Risk and Societal Risk is shown in Figure A-5. Depicted in the figure are two situations, A and B, with an identical risk source. Although both situations could have the same individual risk as a consequence of the risk source, due to the different population distributions in the surrounding of the risk source, situation B has larger societal risk than situation A. It may be clear that the use of both main risk metrics can be important in expressing third party risk.

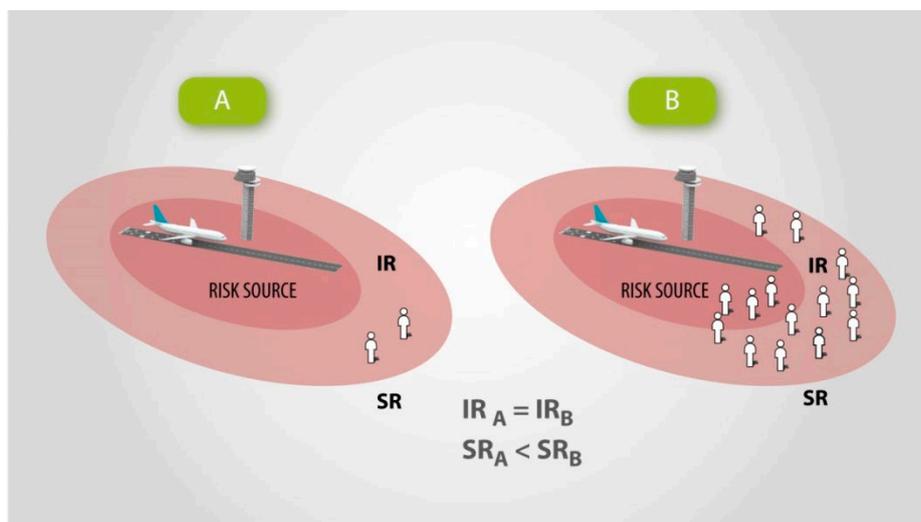


Figure A-5: Difference between Individual Risk (IR) and Societal Risk (SR). The Individual Risk levels are for situation A and B the same. However, due to the different distribution of population, Societal Risk for situation B is higher than that for A. Figure is adapted from reference Jonkman et al, reference [11]

## Appendix B NLR third party risk calculation model

To assess the third party risk, the NLR Third Party Risk calculation model is applied. The NLR model is developed for the Dutch Ministry of Transport to analyse the third party risk around the airports in the Netherlands. The NLR model has a legal status in the Dutch Aviation Law, and is the only legitimate instrument to calculate third party risk for the airports including Amsterdam Schiphol Airport. The Dutch practice of Third Party Risk assessment and the NLR model have also been referred in the ICAO Airport Planning Manual (Doc. 9184, Part 2).

Most accidents in air transport occur in the vicinity of airports during take-off, initial climb, final approach or landing. The probability of an aircraft accident could be such that the risk to the population around the airport (third party risk) might be of relevance for airport policy and land-use planning. The NLR third party risk model has been developed to quantify this risk and to support the decision-making process.

### Appendix B.1 Model set-up and components

The NLR third party risk analysis model comprises three components (sub-models): **Accident Probability**, **Accident Location** and **Accident Consequences**. The three model components answer the following questions regarding the risk for which an inhabitant living in the vicinity of an airport or a heliport is exposed to (thus, third party risk):

- What is the chance that an aircraft accident occurs in the vicinity of an airport? (**Accident probability**)
- What is the likelihood of an accident occurring at a given location around the airport, given that an aircraft accident occurred in the airport surrounding? (**Accident location probability**)
- What is the consequence of an aircraft accident, given that an aircraft accident occurred in the airport surrounding? (**Accident consequence**)

The model parameters of these three components were derived from an extensive set of data concerning historical aircraft accidents, operations and airports. These data are extracted from the NLR Air Safety Databases. Within the framework of third party risk model, the three components are brought together by means of statistical and mathematical formulations. A comprehensive description of the methodology adopted in the NLR third party risk model is given in reference [3].

When the airport scenario input data, which comprise airport runways data, flight routes and traffic and fleet composition data, are fed into the model, individual risk can be calculated. For a societal risk calculation, population distribution data are also required. Figure B-1 gives a schematic depicting the relationship of different input data, risk model components and calculation results.

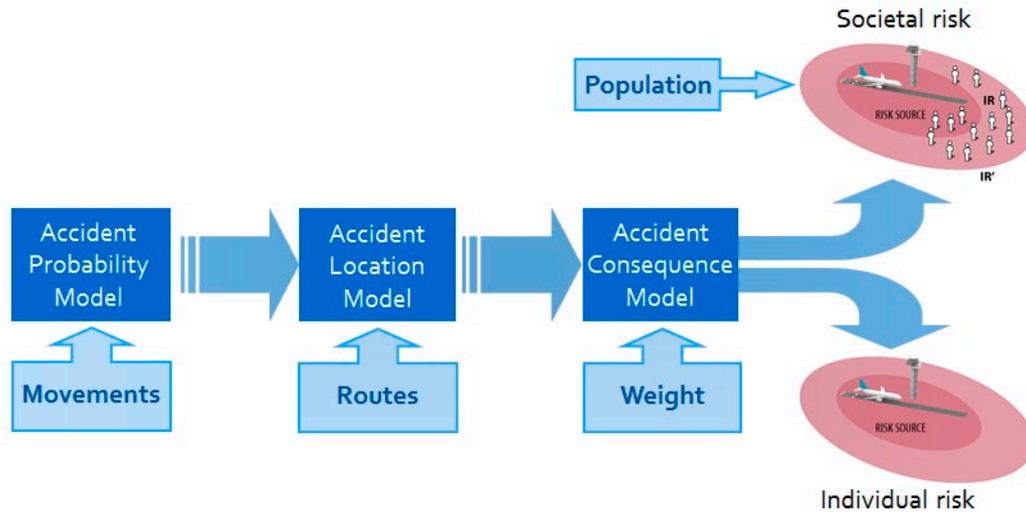


Figure B-1: A schematic representation of the third party risk model for calculation individual risk and societal risk. Required input data are traffic movements and aircraft types, flight routes, aircraft weights, population density data. The latter is meant for a calculation of societal risk

The model distinguishes six different accident types: landing undershoot, landing overrun, landing veer-off, take-off overshoot, take-off overrun and take-off veer-off. These accident types are depicted in Figure B-2.

A “Landing Undershoot” is an event in which an aircraft during approach crashes before reaching the runway. An “Overrun” is an event in which an aircraft rolls off the runway and comes to a stop beyond the runway. Overrun accidents may occur during both take-off roll and landing roll. A “Take-off Overshoot” is an event in which an aircraft crashes after being airborne during take-off and initial climb phase. A “veer-off” is an event in which an aircraft runs off either side of a runway during take-off or landing.

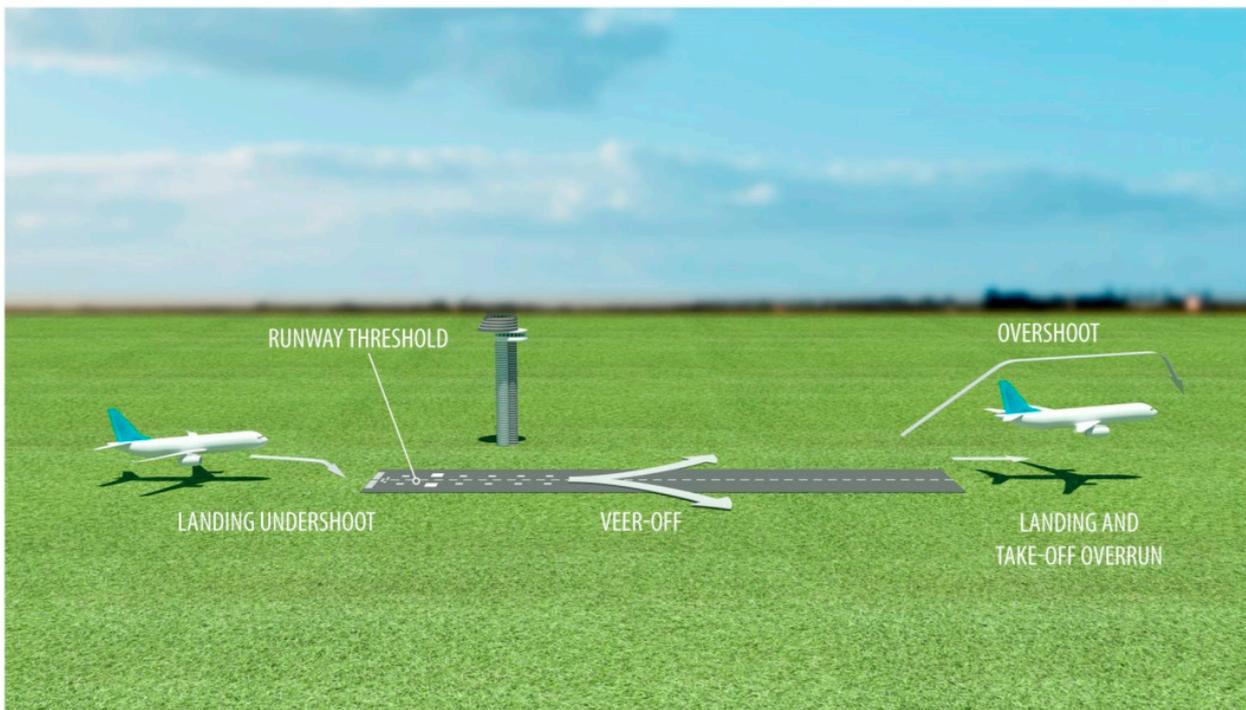


Figure B-2: The accident types on and around the airport: landing undershoot, take-off overshoot, landing overrun, take-off overrun, landing veer-off and take-off veer-off

The risk due to landing undershoot, take-off overshoot, landing overrun and take-off overrun are a part of the standard calculation in the NLR third party risk model. The risk due to veer-offs is thus not standard included. Veer-off risk can be determined using methodology which has been applied for several studies in the context of risk to buildings adjacent to the runway.

### **Appendix B.1.1 Accident Probability Model (Accident Rates)**

The accident probability (or accident rate) describes the probability of an aircraft accident during take-off and or landing. Only accident probabilities during these flight phases are adopted in the NLR third party risk model. Safety levels may differ considerably between airports and the risk analysis for a specific airport should require appropriate accident rates for that airport. However, an accident rate based solely on the accidents that occurred at that specific airport is likely to be statistically unreliable, because the number of data points (accidents) is probably too small to achieve an acceptable estimate. In order to achieve a solid statistical estimate of the accident rate, accident data of a selection of several airports must be used.

The accident probability model includes different accident rates for the above defined accident types: overruns, overshoots and undershoots. These are based on historical accident data and have been related to the corresponding number of movements. In the NLR accident model for large airports (e.g. Schiphol and Heathrow), three generations of aircraft are distinguished in order to accommodate the improvement of aircraft safety over the years. The first-generation aircraft are the oldest type of aircraft, an example is Boeing 707. And the third-generation aircraft are the modern types such as Airbus 320 and Boeing 737-700. The applied definition of the aircraft generations can be found in reference [3].

### **Appendix B.1.2 Accident Location Model**

The accident location model gives the probability that a crashing airplane will hit a certain location. Given the occurrence of an accident in the vicinity of an airport, the local probability of an accident to take place on that particular location is not equal for all locations around the airport. That probability is larger in the proximity of the runways than at larger distances from the runway. Also, that probability is larger in the proximity of arrival and departure routes. This dependence is represented in the distribution functions that are used in the accident location probability model. These functions distribute the accident probability over the area around the airport and are defined relative to the runways and air traffic routes. Separate accident location probability distributions have been derived for overruns, overshoots and undershoots.

As mentioned, the layout of traffic routes and runways may play an important role in the impact location of accidents and hence must be taken into account while calculating risk for an airport. It is known from historical data however that in some accidents aircraft impacted the ground while following a route to/from the airport, whereas in other accidents no particular route was being followed due to the difficulties encountered by the accident flight. Therefore the accident location model is split into a route dependent part and a runway dependent part. In addition, the distribution function for each accident type is also constructed of two more separate distributions: the longitudinal distribution calculates the risk as a function of the distance travelled along the route (or extended centreline) and the lateral distribution calculates the risk as a function of the distance perpendicular to the route.

### Appendix B.1.3 Accident Consequence Model

The accident consequence model defines the direct consequences of an aircraft accident at a particular location in terms of the consequence area size and lethality. The consequence area is the area around the crash impact location, which is exposed to a lethal threat. Obviously, not only people on the impact location itself are at risk, but also the people in the area around the impact may be killed. On the other hand, not everybody present in the consequence area will be killed as a result of the accident. There remains a fair chance to survive. The lethality is the probability of not surviving an aircraft crash, while present in the consequence area. Accident reports and supporting information have been used to determine the size of a consequence area and the lethality of actual accidents that happened in the past.

The consequence area has been estimated from the distribution of the larger pieces of the aircraft. If no additional information was available, the size of the consequence area was calculated by multiplying the wingspan of the aircraft with the reported skid distance. In the model the consequence area is modeled circular around the impact location, with the surface area as a linear function of the aircraft weight.

Lethality is derived as the ratio of the number of third party fatalities and the total number of people present in the consequence area. Although the sources are clear about the number of fatalities, they usually do not provide information on the number of people that were present in the consequence area at the time of the crash. To estimate the number of people present at a crash site, engineering judgements have been made based on information from the accident report such as photos and drawings showing the density of houses and offices.

## Appendix B.2 Veer-off risk and Mid Air Collision risk

**Veer-off risk:** Veer-off accident complies fully with the definition of a third party accident and poses risk to people living in the direct surrounding of the airport. However, calculation of veer-off risk is not included in the standard risk calculation model and is no compulsory part of a third party risk analysis in the Netherlands. Since the first model is developed for Schiphol-like airports where considerable space on both runway sides is available, veer-off risks are therefore assumed to be limited to the terrain within the airport boundary. As such, no third party risk is formed.

However, since the development area considered by Växjö municipality is comprised of a long streak of land which lies on the west of airport and parallel to the runway, risk of an aircraft veer-off exists. For this reason, NLR applies a veer-off risk calculation model which has been used in a few comparable studies before for assessing this risk to objects (buildings) next to a runway.

**Mid Air Collision Risk:** Mid-air collision accident in the vicinity of an airport could also pose risk to people living in the direct surrounding of the airport. However, the third party risk analysis model does not address the interaction between two or more aircraft. The risk to third party as a consequence of mid-air collision accident is therefore not considered in the model.

## Appendix B.3 Approval and acceptance of NLR third party risk model

Since the beginning in the early 1990s, the model development and updates were ordered and funded by the government of the Netherlands. Due to the rather sensitive nature of the third party risk issue, the NLR model and methodology have received intensive scrutiny and peer-reviews from different external experts and interested parties.

First of all, the development and update of the third party risk model was guided by a supervisory committee. The committee was chaired by the Ministry of Transport with members representing governmental organisations, local authorities, and research institutes in the Netherlands. Mentioned in this context are:

- The Netherlands Ministry of Infrastructure and Environment (formerly, the Ministry of Transport and the Ministry of Housing, Spatial planning and Environment).
- Airport authority (Amsterdam Schiphol Airport).
- The Netherlands National Institute of Public Health and Environment, RIVM.
- Local government and municipal councils.
- The environmental movement and the general public.

In the development of the model, the applied data and the research method adopted were discussed with and approved by the committee. This transparency in model development was intentionally chosen as part of the policy to obtain a general acceptance of the NLR model as third party risk policy instrument in the Netherlands. The use of this model in determining third party risk for airports in the Netherlands is established in the Dutch regulations.

In addition, the model was reviewed accurately in the past by a review committee appointed by the Ministry of Transport (Ref. [12]), and a contra-expertise of the risk calculation results for Amsterdam Schiphol Airport was conducted by the National Institute of Public Health and Environment (Ref. [13]).

Finally, the NLR model and third party risk methodology were also reviewed by different researchers independently, for example in references [14] and [15]. In their investigations the capabilities and limitations of the NLR model and third party risk methodology were fully discussed.

## Appendix C Input data

### Appendix C.1 Study area, coordinate system and grid size

The third party risk calculations concerns the risk in the vicinity of Växjö Småland airport. A square study area of 30 by 30 km is selected with the airport reference point (ARP) in the approximate centre. The ARP as given in AIP Sweden is given in lat-lon coordinates in WGS84 system. For risk calculation purpose it is necessary to use a Cartesian coordinates system. In consultation with WSP and Växjö Municipality, the Cartesian coordinate reference system **Sweref 99 15 00** is used. For the conversion from WGS 84 lat-lon coordinates in Sweref 99 15 00 system, NLR applies the official online conversion tool as instructed by the Växjö Municipality. The Sweref 99 15 00 coordinates are expressed in metres in X and Y directions.

The boundary of the study area is defined by the lower-left and upper-right corners of the square area. The coordinates of the corners are given in Table C-1.

*Table C-1: Coordinates of the lower-left and upper-right corners of the study area in Sweref 99 15 00 coordinate system*

Corner	X-coordinate [m] (Easting)	Y-coordinate [m] (Northing)
Lower-left	118500	6297500
Upper-right	148500	6327500

The study area is divided into a grid containing small calculation cells. The cell size used in the risk calculation is set to 25 metres by 25 metres. The risk value is calculated for the centre of each calculation cell.

### Appendix C.2 Runway endpoints

The positions of the runway thresholds THR 01 and THR 19 for Växjö Småland Airport are given in the AIP Sweden, AD 2 ESMX 1-4, 25 May 2017, Runway Physical Characteristics. The coordinates which are expressed in latitude and longitude (lat-lon) in WGS84 system are converted accordingly into Sweref 99 15 00 coordinates (Table C-2).

*Table C-2: Coordinates of the runway endpoints of Växjö Småland Airport in Sweref 99 15 00 coordinate system*

Runway	X-coordinate [m] (Easting)	Y-coordinate [m] (Northing)	Runway length
01	133195.80	6311030.40	2106 metres
19	133679.73	6313080.28	

For both take-off and landing the full runway length of 2106 metres is available. In the calculation of third party risk due to fixed wing aircraft, the entire runway is used.

Helicopters can operate from both the helipad and the runway. For the risk analysis it is chosen to adopt a conservative approach by setting the take-off and landing point at the runway thresholds (Table C-3).

*Table C-3: Coordinates of the helicopter take-off and landing points*

Helicopter take-off & landing point	X-coordinate [m] (Easting)	Y-coordinate [m] (Northing)
South West direction (RWY 01)	133195.80	6311030.40
North East direction (RWY 19)	133679.73	6313080.28

For the calculation scenario with 2600m runway the location of RWY 01 is adjusted. Table C-4 and Table C-5 show respectively the runway endpoints and the helicopter take-off and landing point.

*Table C-4: Coordinates of the runway endpoints of for the 2600 m runway*

Runway	X-coordinate [m] (Easting)	Y-coordinate [m] (Northing)	Runway length
01X	133080.90	6310544.00	2606 metres
19X	133679.73	6313080.28	

*Table C-5: Coordinates of the helicopter take-off and landing points for the 2600m runway*

Description	X-coordinate [m] (Easting)	Y-coordinate [m] (Northing)
South West direction (RWY 01X)	133080.90	6310544.00
North East direction (RWY 19)	133679.73	6313080.28

## Appendix C.3 Departure and arrival routes

Flight routes are required in the risk calculations. In the AIP Sweden only limited information is available on how the departures should be made. Upon the request of NLR Växjö Småland Airport has provided several plots of radar tracks for 01 arrivals and 19 departures by aircraft types with different Wake Turbulence Categories (WTC).

Further enquiries are made to the airport to provide flight instructions. However, due to the time planning the information is not made available for NLR. In consultation with WSP, NLR derived and constructed the flight routes for calculation purposes. The flight routes for heavy aircraft are mainly based on the visual inspection of the plots with radar tracks and partly based on assumptions and previous experiences with flight route construction for use in third party risk studies. The flight routes derived by NLR should be interpreted as the best estimate based on the information available at the moment the analysis is conducted.

For heavy aircraft, straight in arrival routes on RWY 01 and 19 are used. This choice is justified because it is assumed that the aircraft has to line up with the runway on ILS approach. The distance for lining up with the runway is based on the distance between the runway end and the Final Approach Fix (FAF). This distance is roughly 8 to 10 nautical miles.

The departure routes vary and depend on the flight destinations. Since the focus of present analysis is the development area which covers the west and south sides of the airport, the departure route to the north is assumed to be a straight-out only. That means all departures of heavy aircraft on RWY 01 use this straight-out flight route to the north.

The departure routes to the south (RWY19) depend on the destinations. Based on the Call sign and Trace Code (TrCode) information it is found that the airport has a number of distinct directions:

- North – to other cities in Sweden like Bromma
- South West - to destinations like Amsterdam (the Netherlands), Spain and Canary Islands
- South and South East – to destinations in Poland, Greece and Turkey.

Further a straight-out departure route is constructed for the flights which do not have information about the destinations. Figure C-1 depicts the departure flight routes on RWY 19 as used in the risk analysis. Note: the flight route in the direction of South-South-West is not applied in the risk calculation.

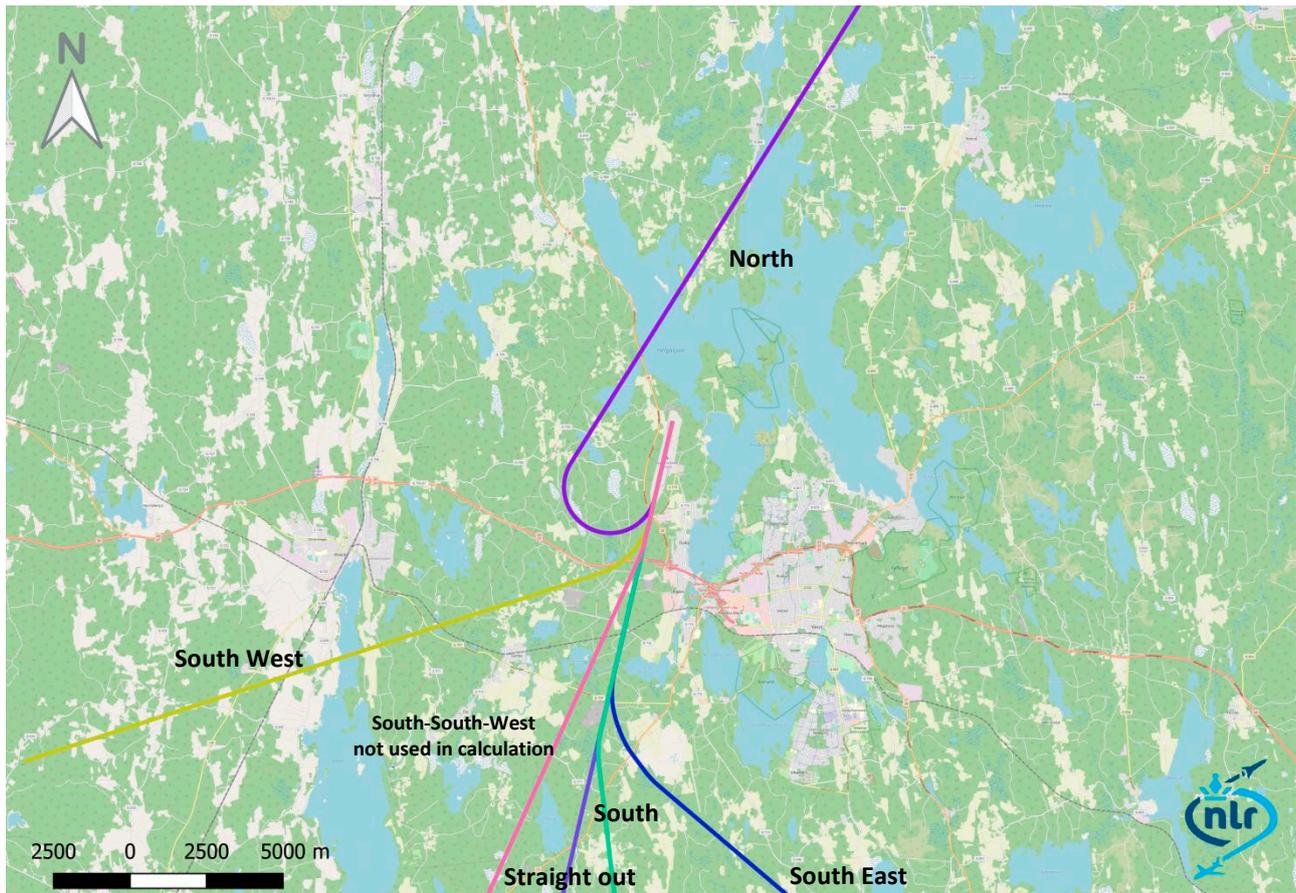


Figure C-1: Departure routes on RWY 19 for heavy aircraft traffic

For light aircraft it is assumed that the movements go to or come from four exit/entry points. These exit/entry points are KLINTA, GARDSBY, ALVESTA and VATTENTORN. The coordinates of these points are found in AIP Sweden AD 2 ESMX 6-1 Visual Approach Chart. The pattern of these flight routes is a basic VFR flying circuit. For departure, the route has only the take-off and cross-wind leg parts. For arrival, the route has only the base leg and final approach (or final leg) parts.

## Appendix C.4 Traffic and aircraft types

The risk analysis comprises calculations for three scenarios, they are:

1. Existing situation based on current traffic (Calendar Year 2018).
2. Licensed situation for 24500 movements a year (Future 24500-movements – 2100m runway) in which the current runway is used.
3. Licensed situation for 24500 movements a year in which the runway is extended to 2600m and with a replacement by large transport aircraft in the traffic (Future 24500-movements – 2600m runway).

An overview of the types of aircraft and number of movements per scenario is presented in this section.

### Appendix C.4.1 Calendar Year 2018

For current situation, the traffic information of calendar year 2018 is used. Table C-6 presents the number of movements per traffic segment. Table C-7 through Table C-9 present the categories and aircraft types for the heavy, light and helicopter traffic segment, respectively.

Table C-6: Traffic segments and movements for CY2018

Traffic segment	Movements	Total
<b>Heavy aircraft</b>	--	<b>4225</b>
- Passenger with 1 <sup>st</sup> gen a/c	56	
- Passenger with 2 <sup>nd</sup> gen a/c	92	
- Passenger with 3 <sup>rd</sup> gen a/c	3947	
- Business Jet	130	
<b>Light aircraft</b>	--	<b>1809</b>
- L1500	1323	
- L5700	486	
<b>Helicopter</b>	--	<b>441</b>
- Single Engine Piston (SEP)	15	
- Single Engine Turbine (SET)	362	
- Multi Engine Turbine (MET)	64	
<b>Total</b>	--	<b>6475</b>

Table C-7: Heavy traffic segment and aircraft types for CY2018

Heavy Traffic	Aircraft type	Movements
Passenger with 1 <sup>st</sup> gen a/c	C130 / SB35 / SB37 / SB39	56
Passenger with 2 <sup>nd</sup> gen a/c	B350 / BE20 / BE30	92
Passenger with 3 <sup>rd</sup> gen a/c	ATR 72-600/-500 & ATR 42-300/-500	1919
	B737-800/-700/-600/-500	837
	Embraer E175	412
	A320/A321/A319	382
	F50	295
	Miscellaneous 3 <sup>rd</sup> gen a/c	102
<b>Business Jet</b>	Cessna 56X / C560 / C55B / C650 / C680 etc.	80
	Miscellaneous business jets	50
	<b>Total</b>	<b>4225</b>

Table C-8: Light traffic segment and aircraft types for CY2018

Light Traffic	Aircraft type	Movements
<b>L1500</b>	C172	734
	Miscellaneous L1500	589
<b>L5700</b>	DA42	356
	Miscellaneous L5700	130
	<b>Total</b>	<b>1809</b>

Table C-9: Helicopter traffic segment and helicopter types for CY2018

Heli Traffic	Aircraft type	Movements
<b>SEP</b>	R22 and GYRO	15
<b>SET</b>	EC20	100
	Miscellaneous SET	262
<b>MET</b>	B429 / A139 etc.	64
	<b>Total</b>	<b>441</b>

## Appendix C.4.2 Future 24500-movements – 2100m runway

For this scenario only the movements of heavy aircraft traffic of scenario CY2018 are scaled up with a factor **5.2663**. The other traffic segments (light aircraft and helicopter) are assumed the same. Table C-10 presents the resulting number of movements for the traffic segments.

Table C-10: Traffic segments and movements for Future 24500-movements on 2100 m runway

Traffic segment	Movements	Total
<b>Heavy aircraft</b>	--	<b>22250</b>
- Passenger with 1 <sup>st</sup> gen a/c	295	
- Passenger with 2 <sup>nd</sup> gen a/c	484	
- Passenger with 3 <sup>rd</sup> gen a/c	20786	
- Business jet	685	
<b>Light aircraft</b>	--	<b>1809</b>
- L1500	1323	
- L5700	486	
<b>Helicopter</b>	--	<b>441</b>
- SEP	15	
- SET	362	
- MET	64	
<b>Total</b>	--	<b>24500</b>

### Appendix C.4.3 Future 24500-movements – 2600m runway

For this scenario the number of movements of heavy aircraft traffic is same as previous scenario but the fleet composition is adjusted. The passenger transport with 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> generation aircraft are replaced by new types whereas the business jets are replaced by larger transport jet, i.e. the twin-aisle wide-body aircraft A330-200.

Table C-11 shows the aircraft types replaced.

Table C-11: Heavy traffic segment and aircraft types with replacement types for Future 24500-movements on 2600m runway

Heavy Traffic	Aircraft type	Movements
Passenger with 1 <sup>st</sup> gen a/c replaced by 3 <sup>rd</sup> gen a/c	SB35 / SB37 / SB39 replaced by B738	284
	C130 replaced by ATR 72-600	11
Passenger with 2 <sup>nd</sup> gen a/c replaced by 3 <sup>rd</sup> gen a/c	B350 / BE20 / BE30 replaced by ATR 72-600	484
Passenger with 3 <sup>rd</sup> gen a/c	(-- no replacement in this segment--)	20786
	ATR 72-600/-500 & ATR 42-300/-500	
	B737-800/-700/-600/-500	
	Embraer E175	
	A320/A321/A319	
	F50	
	Miscellaneous 3 <sup>rd</sup> gen a/c	
Business Jet replaced by 3 <sup>rd</sup> gen a/c twin-aisle wide-body	All business jets replaced by A330-200	685
	<b>Total</b>	<b>22250</b>

## Appendix D Identification of risk calculations

Each third party risk calculation is registered with a calculation number. The identification for the risk calculations carried out for the three scenarios of Växjö Småland Airport is shown in Table D-1.

*Table D-1: Identification number for the risk calculations*

<b>NLR project number: 2499149</b>	
<b>Calculation identification number</b>	<b>Calculation description</b>
2499149_19102310	Existing situation (CY2018) on the current 2100m-runway
2499149_19102410	Licensed situation (Future 24500 movements) on the current 2100m-runway; heavy aircraft traffic is scaled from CY2018
2499149_19103010	Licensed situation (Future 24500 movements) on 2600m-runway and part of heavy aircraft traffic replaced by larger transport aircraft types



Dedicated to innovation in aerospace

## Netherlands Aerospace Centre

NLR is a leading international research centre for aerospace. Bolstered by its multidisciplinary expertise and unrivalled research facilities, NLR provides innovative and integral solutions for the complex challenges in the aerospace sector.

NLR's activities span the full spectrum of Research Development Test & Evaluation (RDT & E). Given NLR's specialist knowledge and facilities, companies turn to NLR for validation, verification, qualification, simulation and evaluation. NLR thereby bridges the gap between research and practical applications, while working for both government and industry at home and abroad.

NLR stands for practical and innovative solutions, technical expertise and a long-term design vision. This allows NLR's cutting edge technology to find its way into successful aerospace programs of OEMs, including Airbus, Embraer and Pilatus. NLR contributes to (military) programs, such as ESA's IXV re-entry vehicle, the F-35, the Apache helicopter, and European programs, including SESAR and Clean Sky 2. Founded in 1919, and employing some 600 people, NLR achieved a turnover of 76 million euros in 2017, of which 81% derived from contract research, and the remaining from government funds.

For more information visit: [www.nlr.org](http://www.nlr.org)

### Postal address

PO Box 90592  
1006 BM Amsterdam, The Netherlands  
e) [info@nlr.nl](mailto:info@nlr.nl) i) [www.nlr.org](http://www.nlr.org)

### NLR Amsterdam

Anthony Fokkerweg 2  
1059 CM Amsterdam, The Netherlands  
p) +31 88 511 3113

### NLR Marknesse

Voorsterweg 31  
8316 PR Marknesse, The Netherlands  
p) +31 88 511 4444