



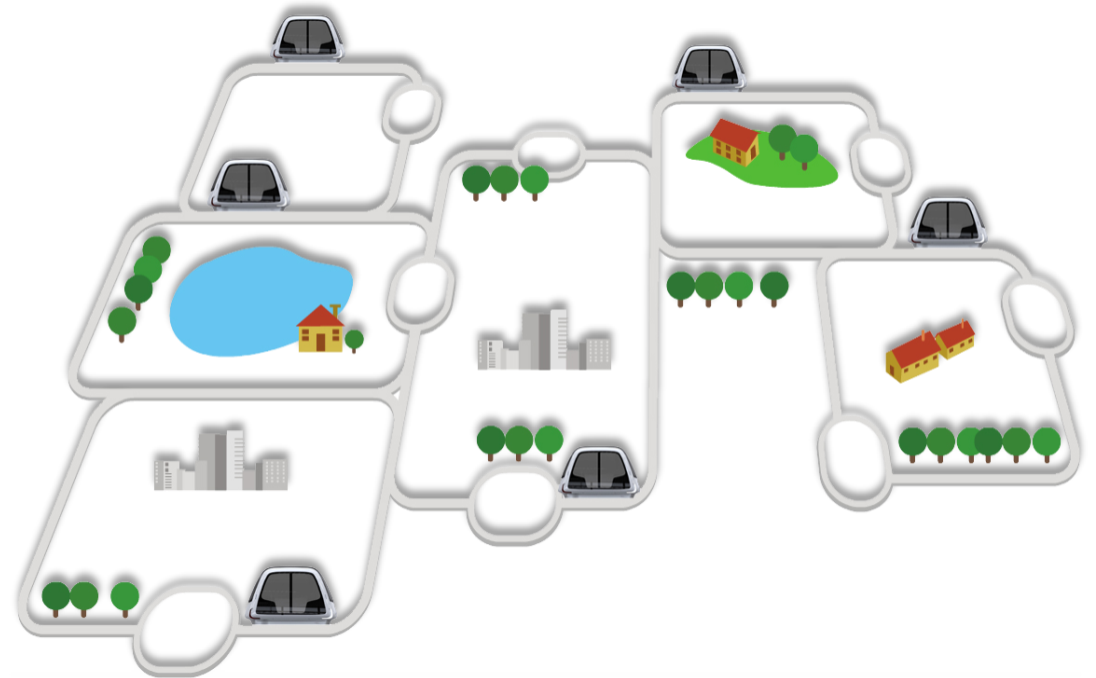
# VECTUS PRT – Automatbaneprojekt Korea

Svante Lennartsson, konsult inom transportsäkerhet på Lloyd's Register Consulting

# Personal Rapid Transit (PRT)

Även kallat "Spårtaxi"

- Små förarlösa fordon för enskild resa eller resa i liten grupp
- Transport efter behov, inte tabellbunden
- Spår i nätverksstruktur
- Fordonen kan utnyttja hela spårnätverket och alla stationer
- Direktresa



# Personal Rapid Transit (PRT)

- Distribuerat kontrollsystem
- Dynamic Moving Block
- Spår utan rörliga delar

- Spår av lätt konstruktion
- Upphöjt system till lägre kostnad
- Växlar på fordonen
- Kort headways möjlig (3 – 10 s)



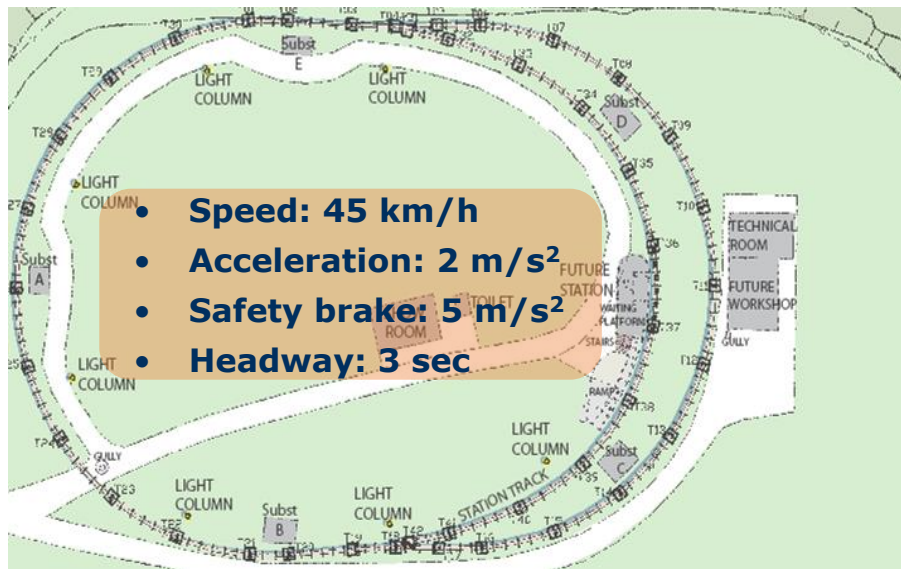
# Vectus Intelligent Transport

- Sydkoreanskt företag  
Moderbolag Posco
- Utveckling i Sverige  
och England
- Testbana i Uppsala,  
Sverige
- Fullskalig anläggning i  
Suncheon, Sydkorea



# Testbana i Uppsala

- Verifiera den tekniska lösningen, speciellt kontrollsystemet
- Genomföra ett komplett safety case (inkluderande verifiering & validering)
- Godkännande från Transportstyrelsen
- Långsiktigt prestanda (tillförlitlighet, underhåll mm)



# Utveckling i Uppsala 2006 - 2014

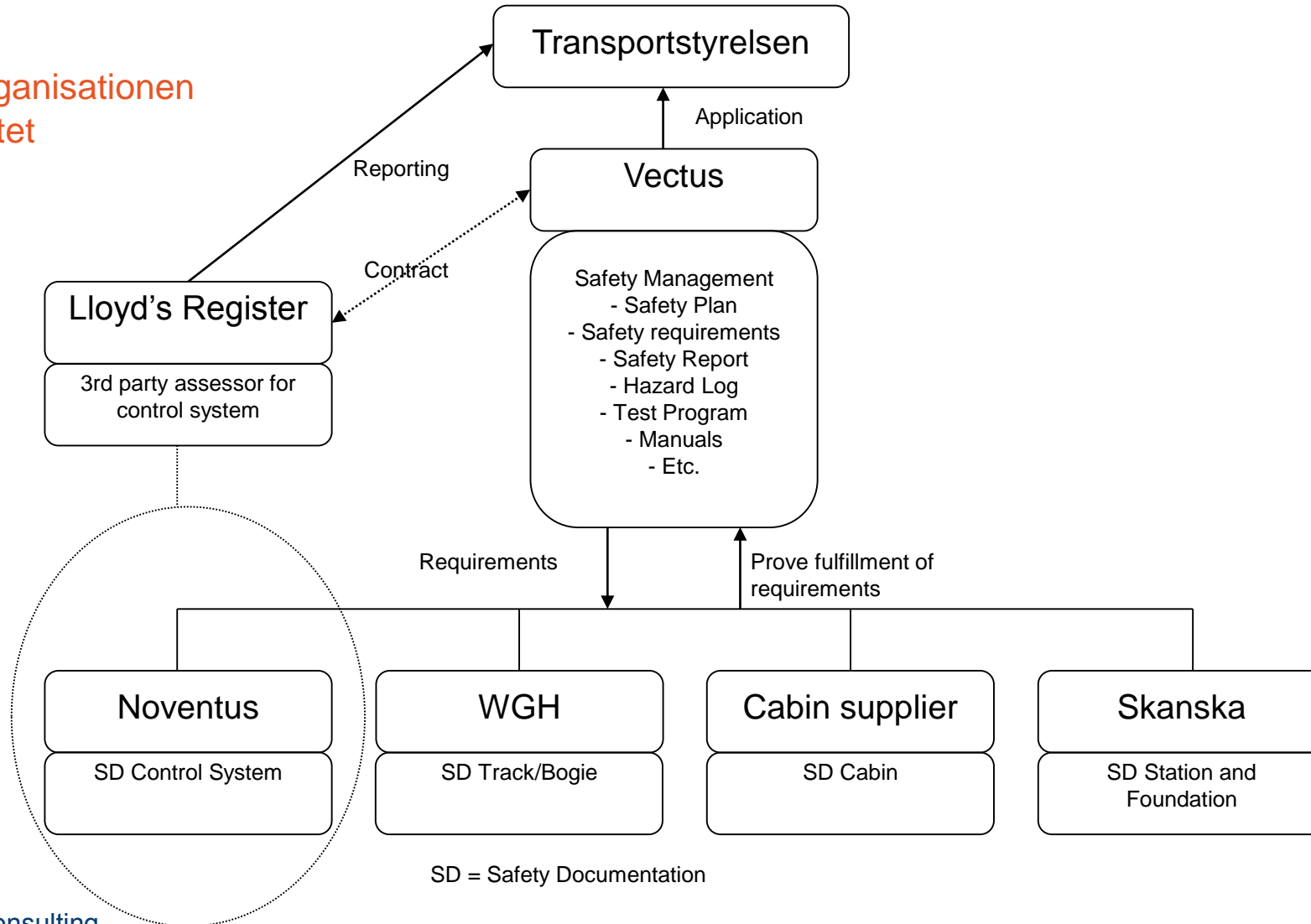
## Kort historia

- 2006: Konstruktion startade  
Dynamiska tests
- 2007: Station och hela spåret  
färdigställt. 1:a fordonet  
driftsatt. 2 fordon, tests med  
personal ombord, 3:e-parts-  
granskning av kontroll-  
systemet färdigställt
- 2008: 3 fordon, godkännande från  
Transportstyrelsen
- 2010: Design & test av nästa  
generations fordon
- 2014: Nedmontering och avslut



# Överblick av säkerhetsarbetet

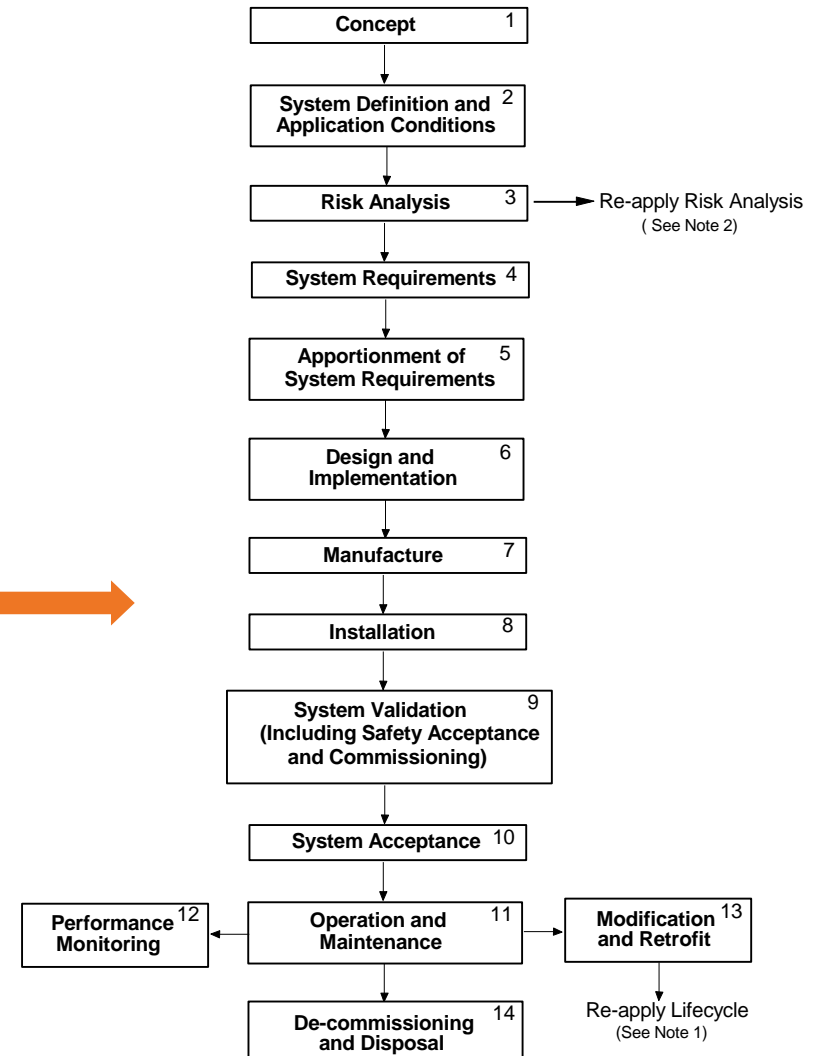
## Säkerhetsorganisationen i PRT-projektet



# Underlag för säkerhetsprocessen i PRT-projektet

- EN 50126 / IEC 62278 (RAMS-standard)
- IEC 61508 for electronic safety systems (denna standard är mer generell än EN 50128 och EN 50129 som också kan tillämpas)
- APM-standarderna del 1-3 från ASCE

RAMS-faserna enligt EN 50126 



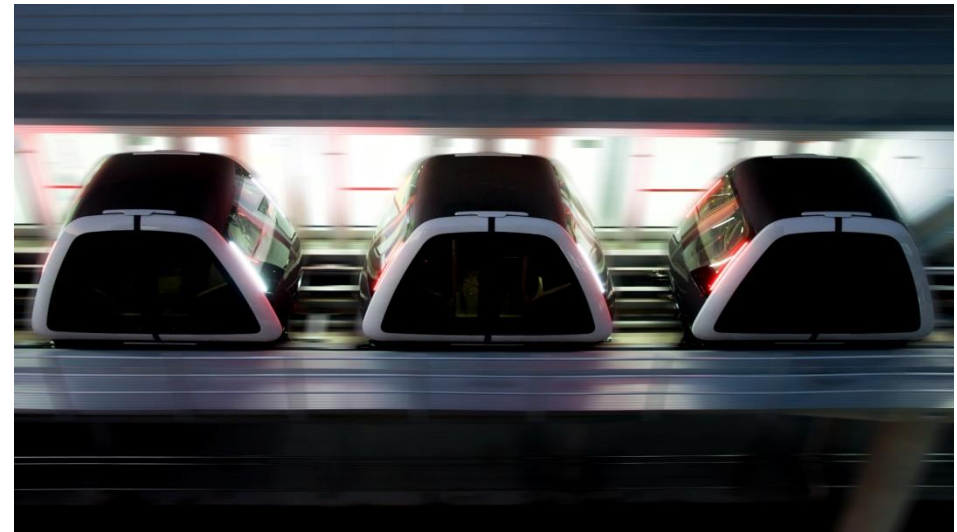


# Säkerhetsprocessen

1. **Koncept** avsett för drift och preliminära säkerhetsmål
2. **Specifikation** med teknisk beskrivning, säkerhetsplan och säkerhetskrav
3. **Design** med standarder, riskanalys och säkerhetsåtgärder
4. **Validering** med testrapporter, underhållsplaner och framtida modifieringsprocessen
5. **Safety case**, oberoende granskning och godkännande som infrastrukturförvaltare
6. **Godkännande** för drift med villkor

# Säkerhetsmål för Vectus

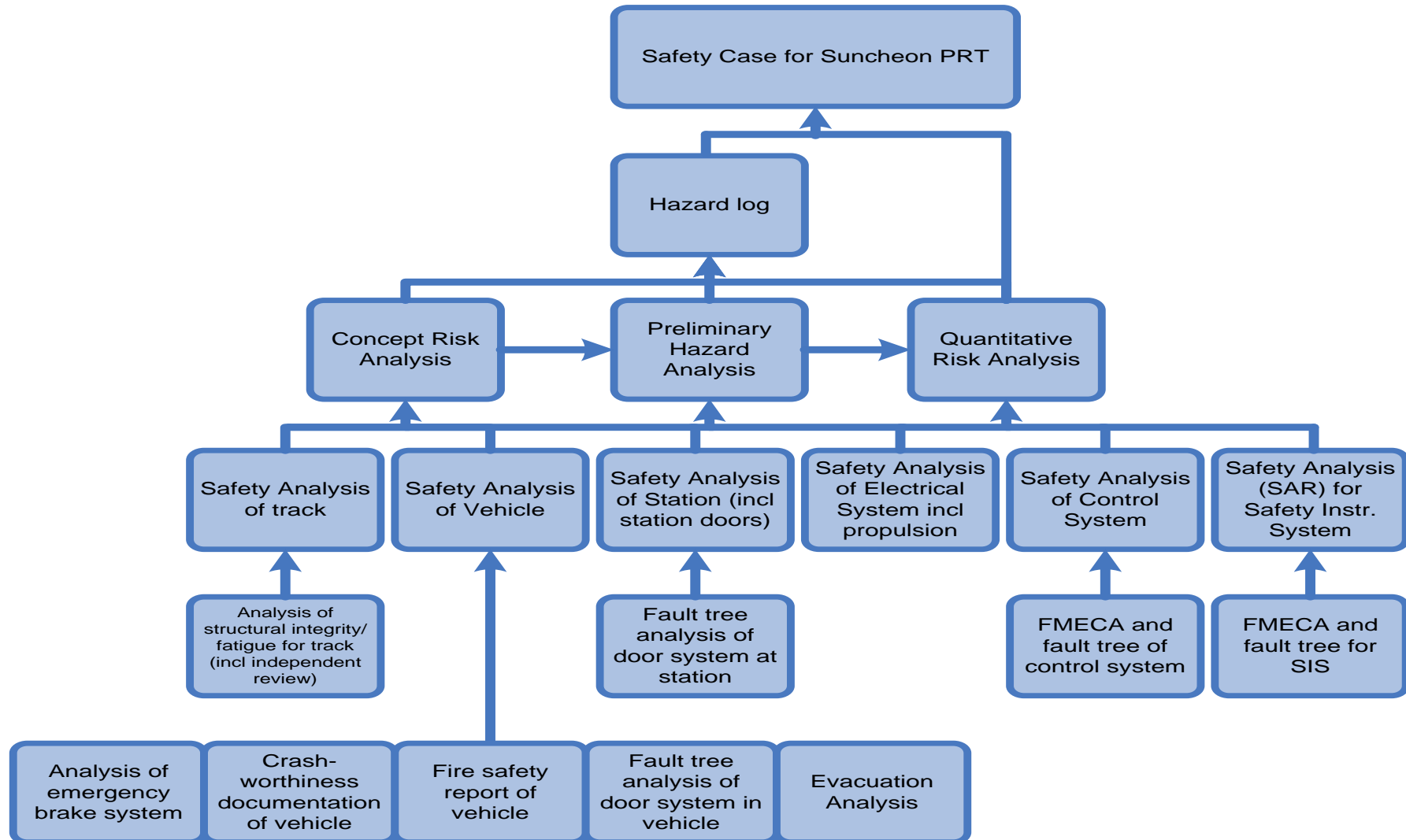
- Högre säkerhetsnivå än för konkurrerande transportsystem som buss, spårvagn och taxi.
- Inga enkelfel ska leda till en olycka med allvarliga konsekvenser.
- Passagerarna ska känna sig trygga och säkra under hela resan.
- Spårtaxisystemet ska byggas utan några allvarliga olyckor under bygg- och testfasen.



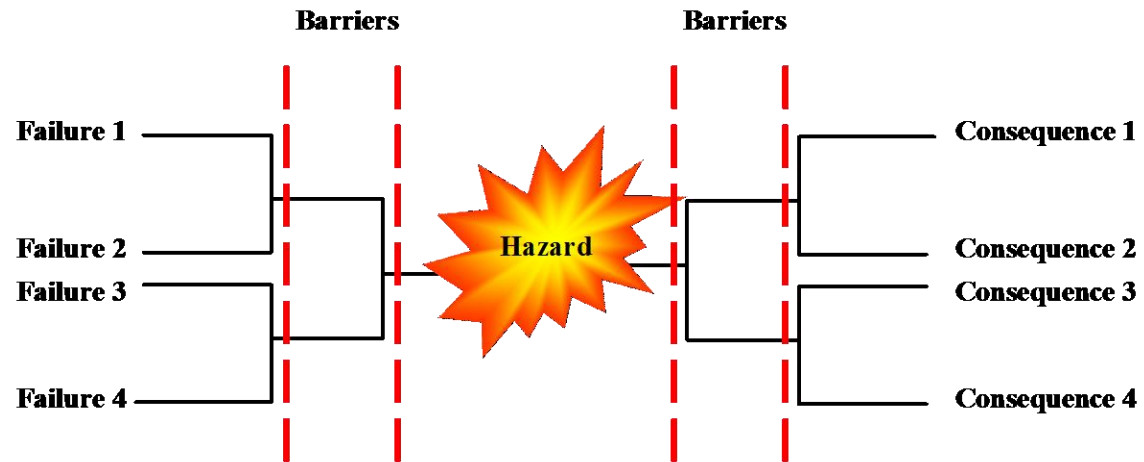
# Vad särskiljer detta system från konventionella järnvägssystem med avseende på säkerheten?

- **Hela systemet planerades som ETT system**
  - Fokus på funktioner och inte infrastrukturen vs. rullande materiel
  - Inte bundna av traditionella lösningar, möjligt att vara mer innovativa och kreativa
- **Helt automatiserat system där rutter inte är förprogrammerade**
  - Höga krav på tillförlitlighet i systemet
  - Hög säkerhetskrav
- **Mindre erfarenheter från tidigare projekt och system**
  - Många tester nödvändiga under konstruktion och idrifttagning
  - Brist på ordentlig statistik som input till studierna

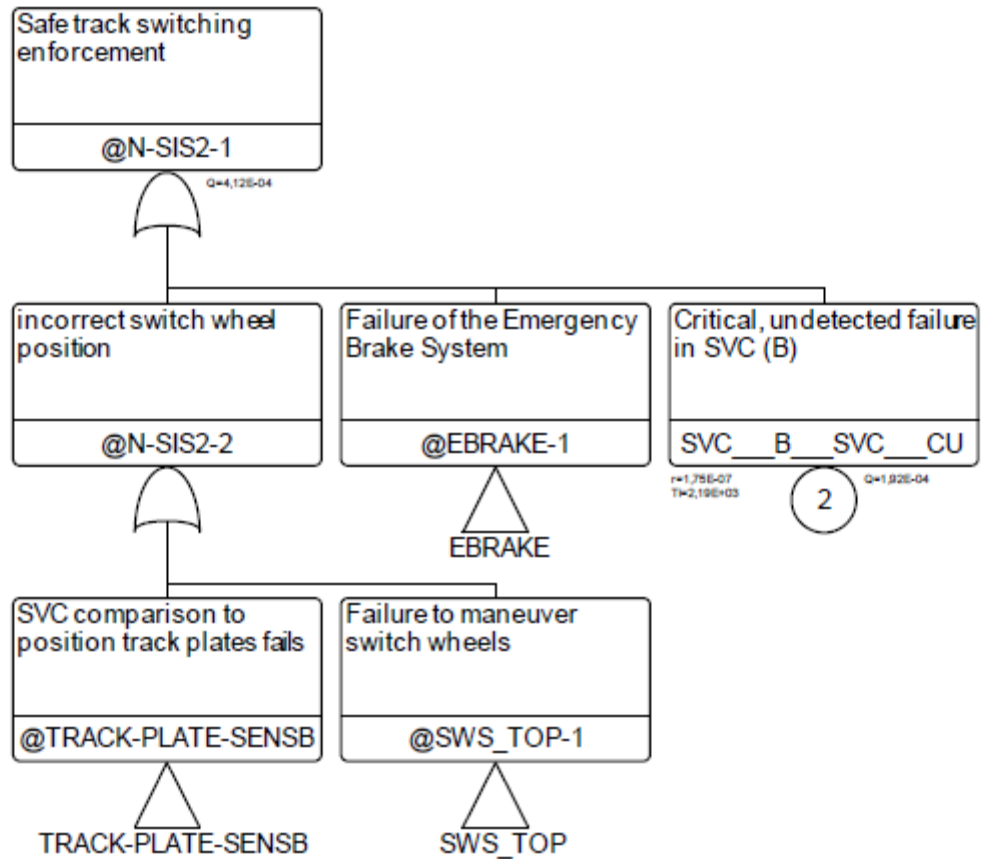
# Överblick av säkerhetsstudier



# Felträdsanalys (FTA)

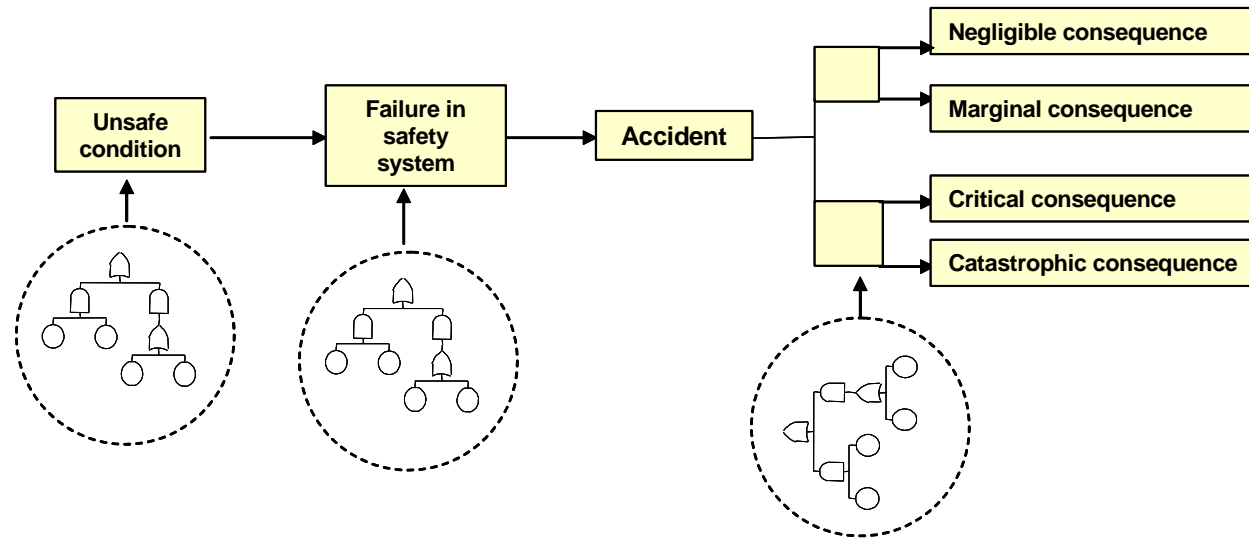


# Exempel på felträd i QRA och SIL-beräkningar



# Resultat av den kvantitativa riskanalysen

- Passagerarrisken kvantifierades till 0,15 dödsfall per miljard personkilometer (acceptanskriterium: högst 0,3).
- Dödsfrekvensen för den mest utsatta tredje person, det vill säga en person som inte väljer att bli utsatt för risken av spårtaxisystem, beräknas till  $2 \times 10^{-8}$  per år (acceptanskriterium: max  $1 \times 10^{-6}$ ).



# QRA & SIL kravställer hårdvara

Genomförda analyser ställer krav på systemkomponenter

- Tillgänglighet
- Tillförlitlighet

T.ex.

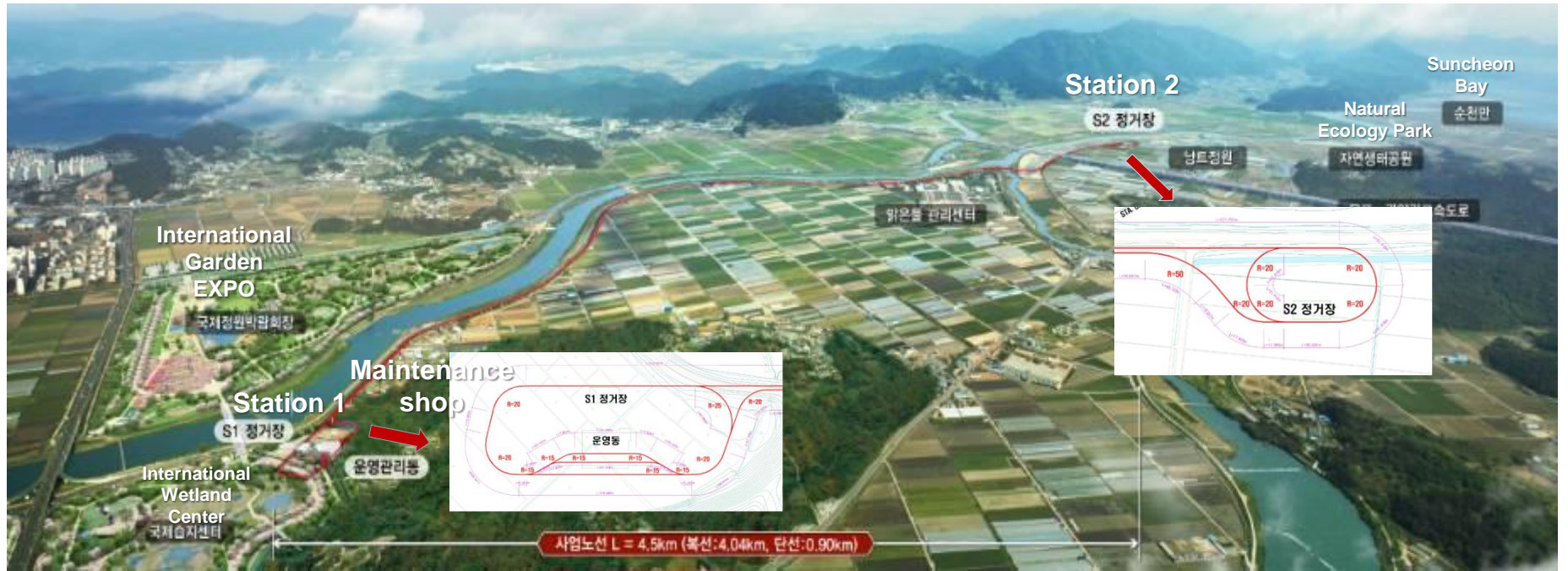
- Positionering
- Färdriktning



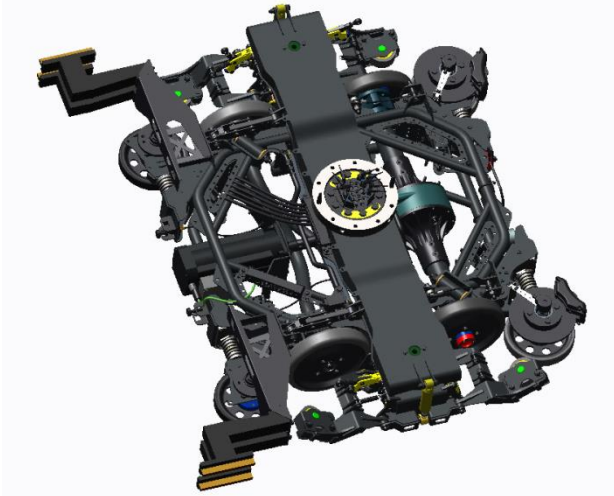


# Suncheon City PRT, Sydkorea

- 10 km spår
- 40 fordon
- 2 stationer
- 1 verkstad med garage



# Suncheon City PRT, Sydkorea



# Suncheon City PRT, Sydkorea



# Suncheon City PRT, Sydkorea



# Slutsats

- Det är möjligt att bygga ett automatiskt transportsystem med en acceptabel säkerhetsnivå
- Vedertagna säkerhetsstandarder och metoder kan användas för att dokumentera nya transportsystem, men:
  - Kan avvika från vanlig praxis inom järnvägsindustrin
  - Kräver mer tester för att bevisa säkerhetsnivå
  - Bör lära av erfarenheterna från andra branscher



# Tack!

Svante Lennartsson

Principal Consultant

Transportation

T +46 72 207 25 24 E [Svante.Lennartsson@lr.org](mailto:Svante.Lennartsson@lr.org)

Lloyd's Register Consulting

[www.lr.org/consulting](http://www.lr.org/consulting)



Lloyd's Register  
Consulting

Working together  
for a safer world