

Riskbild över ett automatiskt transportsystem

Cecilia Nilsson

Peter Svensson

Examensarbete

Avdelningen för ergonomi och aerosolteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Lund 2004



Riskbild över ett automatiskt transportsystem

**Cecilia Nilsson
Peter Svensson**

Lund 2004

Titel:

Risikbild över ett automatiskt transportsystem

Title:

Risks associated with an automatic transportation system

Av/by:

Cecilia Nilsson

Peter Svensson

Riskhanteringsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, 2004

Risk Management and Safety Engineering Program, Lund University, 2004

Rapport: 5072

ISRN: LUTMDN/TMAT – 5072

Keywords:

Automated, transportation system, driverless, risk analysis, task analysis, scenario analysis, risk picture, design, organisation

Sökord:

Automatiskt, transportsystem, förarlöst, riskanalys, uppgiftsanalys, scenarioanalys, risikbild, design, utformning, organisation

Abstract:

An automated transportation system is today under construction by a Swedish company. No similar systems are in commercial use today. Therefore proactive risk analyses have been made. The aim of the thesis is to contribute to knowledge about the making of a safe automated transportation system. Two risk analyses have been performed, a Task Analysis and a Scenario Analysis. To perform the risk analyses, other transportation systems have been studied. Visits have been made at the Metro and Ørestadsselskabet in Copenhagen, the subway in Stockholm and at the train control centre in Malmö. Apart from the visits, studies of literature have been made to describe the importance of the organization and the design process. The report presents possible risks associated with an automatic transport system. The report also stresses the importance of a good design process and a good organization.

Language: Swedish

Inst. för designvetenskaper
Avd. för ergonomi och aerosolteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

<http://www.eat.lth.se>

Telefon: 046 - 222 80 18

Telefax: 046 - 222 44 31

Dept. of Design Sciences
Division of Ergonomics and Aerosol Technology
Lund Institute of Technology
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

<http://www.eat.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 80 18

Fax: +46 46 222 44 31

Sammanfattning

Behovet av nya transportmedel på marknaden ökar och nya system för persontrafik börjar dyka upp på marknaden. Ett nytt automatiskt transportsystem är under utveckling av ett svenskt företag. Systemet är ett förarlöst persontransportsystem med små vagnar som förflyttar sig i ett eget bannät 4-5 meter ovan mark.

Målet med detta examensarbete har varit att bidra till kunskaper om skapandet av ett säkert framtida automatiskt transportsystem. Detta har gjorts med tre delmål:

- Att hjälpa till att skapa kunskaper om betydelsen av organisatoriska förhållanden inklusive säkerhetskulturen i ett färdigt transportsystem.
- Att bidra till kunskaper om en god designprocess/utformning.
- Att underlätta för konstruktörerna vid utvecklingen av systemet med avseende på risker med hjälp av framtagandet av en riskbild.

Idag finns inga likadana förarlösa system i kommersiell drift, och därmed inga erfarenheter av sådana system. Därför måste framtagandet av en riskbild ske med proaktiva analyser.

Tillvägagångssättet under arbetet har varit litteraturstudier, intervjuer och studiebesök. Studiebesök har utförts på följande platser: Ørestadsselskabet i Köpenhamn, Metrons ledningscentral i Köpenhamn, SL Infrateknik i Stockholm och Banverkets ledningscentral i Malmö. Studiebesökens syfte var att författarna skulle få en inblick i kollektivtrafiksbranschen, samt att studera system som har likheter med det framtida automatiska systemet som avhandlas i denna rapport. Riskbilden i de studerade systemen liknar i viss mån den i det avhandlade systemet.

För att ta fram en riskbild över systemet har olika riskanalysmetoder studerats. Två kvalitativa riskanalysmetoder valdes ut: uppgiftsanalys och scenarioanalys. Riskanalysmetoderna har sedan använts för att identifiera riskerna i systemet. I riskidentifieringen ges förslag på åtgärder för att minska riskerna. Analyserna är allmänna till sin karaktär, då det ej är bestämt i detalj hur systemet skall se ut och fungera. Efter riskidentifieringen behandlas dels områden som inte tas upp i riskidentifieringen, dels områden som tas upp i riskidentifieringen men som behöver utvecklas ytterligare. Även författarnas erfarenheter från de system som besökts redovisas.

Såväl de gjorda litteraturstudierna som studiebesöken har visat att säkerhetskulturen och attityden till säkerhet spelar en stor roll för vilken säkerhet som slutligen uppnås. Detta gäller såväl under utformningsprocessen av systemet som när systemet är i drift. Även utformningsprocessen i sig är viktig för att utforma ett säkert system. Utformningen och organisationen tas upp i form av litteraturstudier i rapporten.

Ett bra utgångsläge finns att skapa ett säkert system eftersom systemet byggs upp från grunden. Genom att lägga mycket kraft vid att utforma systemet och organisationen kring det, på ett från början säkert sätt, kommer pengar att kunna sparas. Även den ”badwill” som kan tänkas uppstå vid problem och olyckor när systemet tas i drift undviks.

Rapporten visar på en tänkbar riskbild för ett framtida automatiskt transportsystem. Beslut för hur man ska gå tillväga för att bedöma betydelsen av riskerna samt beslut

om vilka åtgärder som skall vidtas överlämnas åt företaget. En del risker som systemet kan tänkas generera är redan kända i dagsläget, t.ex. risker i hissar och rulltrappor. Även utformningen av exempelvis en driftledningscentral kan studeras från system som finns idag. Dock finns en del nya delar i systemet där det inte finns några erfarenheter från andra system. För dessa delar krävs andra angreppssätt för att komma tillrätta med riskerna.

Summary

The demand of new transportation systems is rising. New systems for personal traffic are beginning to appear on the market. A new automatic transportation system is under construction by a Swedish company. The system is a driverless personal transportation system with small wagons that will move at a track situated approximately 4-5 meters above the ground.

The aim of this Master's Thesis has been to contribute to knowledge about the creation of a safe new automatic transportation system. This has been done through:

- Contribute to knowledge about a organizational factors including safety culture in a system in use.
- Contribute to knowledge about a good design process.
- Facilitate for the constructors to develop the system by presenting the risks associated with an automatic transportation system.

Today there are no such automatic systems in commercial use, and therefore no experiences from such systems exist. That is why proactive analyses must be used when finding the risks associated with the system.

The procedure of this work has been studies of literature, interviews and visits. Visits have been made at the following places: Ørestadsselskabet in Copenhagen, the Metro's command center in Copenhagen, SL Infrateknik in Stockholm and Banverket command center in Malmö. The purpose of the visits was to give the authors an understanding of the public transportation business, and to study systems that have similarities with the future automatic system. The risks associated with such similar systems probably also resemble the one of the automatic system.

To find the risks associated with the system, different risk analysis methods were studied, and two qualitative methods were chosen. These were Task Analysis and Scenario Analysis. The risk analysis methods have then been used to identify the risks in the system. In the risk identification also some suggestion of preventive measures are presented. The analyses have a general approach, because it is not yet decided exactly how the system is going to look and operate. In a chapter, following the risk identifications, some topics and risks are treated more thoroughly. These topics have been chosen because they need to be more thoroughly discussed than what is possible in the risk identification. In this chapter topics, that aren't treated in the analyses but are worthwhile to discuss, are discussed. Afterwards, the authors' experiences from the visited systems are presented.

The literature studies, as well as the visits, have shown that the safety culture and the attitude towards safety are of great significance of the safety finally achieved in an organisation. This is important during the development process as well as when the system is operating. Also the development process in it self is important in developing a safe system. The design and organization is taken up in literature studies.

Since the system is being built from "scratch" a good opportunity exists to create a safe system. By putting effort in designing the system and its organization in a safe way from the beginning money can be saved. Also the "bad will" that can appear in case of an accident will be avoided.

The thesis shows possible risks associated with a future automatic transportation system. The decision of how to evaluate the significance of the risks, and to assess which preventive measures that should be taken, is left for the company. Some of the risks that the system could possibly generate are already known today, e.g. elevators and escalators. Even the design of the command centre could be studied from systems known today. Nevertheless there are new parts in the system, where no experiences exist from other systems. For these parts, other methods must be used to manage the risks.

Förord

Vi skulle vilja tacka ett antal personer som varit till stor hjälp och gjort detta examensarbete möjligt. Först och främst vill vi tacka vår handledare Roland Akselsson, LTH, som trots sin stora arbetsbelastning alltid tagit sig tid att hjälpa oss. Vi vill också tacka vår bihandledare Kurt Petersen, LTH, för all hjälp samt Daniel Nilsson och Johan Lundin, LTH, som tagit sig mycket tid att hjälpa oss.

Ett stort tack riktas också till vår externa handledare Åke Åredal som givit oss möjligheten att göra detta examensarbete. Vi vill också tacka övriga personer som läst igenom examensarbetet och kommit med synpunkter och förslag på förbättringar.

Sist men inte minst vill vi tacka de som ställt upp och låtit sig intervjuas. Dessa är: Rickard Andersson, Banverket Malmö, Jan Olesen och Gunni S. Frederiksen, Metron Köpenhamn, Thomas Fransson, Johan Hedenfalk och Christer Lindeman, SL i Stockholm.

Cecilia Nilsson
Peter Svensson

Lund, december 2004

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	5
SUMMARY	7
FÖRORD	9
INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	11
1 INLEDNING	15
1.1 BAKGRUND.....	15
1.2 PROBLEMFÖRMULERING	15
1.3 MÅL	16
1.4 AVGRÄNSNINGAR.....	16
1.5 DISPOSITION	17
2 METOD	19
2.1 DEL 1.....	19
2.2 DEL 2.....	19
2.3 DEL 3.....	20
3 BESKRIVNING AV SYSTEMET SKYCAB	21
3.1 ALLMÄN BESKRIVNING	21
3.1.1 <i>SkyCabs mål</i>	21
3.2 TEKNISK BESKRIVNING	22
3.2.1 <i>Vagn</i>	22
3.2.2 <i>Hållplatser</i>	23
3.2.3 <i>Bana</i>	23
3.2.4 <i>Styrsystem</i>	24
3.2.5 <i>Kommunikationssystem</i>	24
3.2.6 <i>Service</i>	24
3.2.7 <i>Driftledningscentral</i>	25
4 RESENÄRERS UPPFATTNING AV FÖRARLÖSA TRANSPORTSYSTEM.....	27
5 ORGANISATORISKA FAKTORER	29
5.1 ORGANISATIONENS BETYDELSE FÖR SÄKERHETEN	29
5.2 HUR OLYCKOR UPPSTÅR	30
5.2.1 <i>Latenta förhållanden och aktiva fel</i>	31
5.3 BESKRIVNING AV BEGREPPET SÄKERHETSKULTUR.....	31
5.3.1 <i>Varför förbättra sin säkerhetskultur?</i>	32
5.3.2 <i>Definitioner av begreppet säkerhetskultur</i>	32
5.3.3 <i>Komponenter i en säkerhetskultur</i>	33
6 UTFORMNING AV ETT SÄKERT SYSTEM.....	39
6.1 EN METODIK FÖR ATT UTFORMA ETT SÄKERT SYSTEM.....	39
6.1.1 <i>Steg 1. Identifiera och förstå användningsrelaterade faroscenarier</i>	40
6.1.2 <i>Steg 2. Att bedöma och prioritera de användningsrelaterade farorna</i>	43
6.1.3 <i>Steg 3. Utveckla och implementera åtgärdsstrategier</i>	43
6.1.4 <i>Steg 4. Verifikation av åtgärdsstrategier</i>	44
6.1.5 <i>Steg 5. Är risker från användningsrelaterade faror acceptabla?</i>	44
6.1.6 <i>Steg 6. Har nya användningsrelaterade faror introducerats</i>	44

6.1.7	Steg 7. Validera.....	45
6.2	GRÄNSSNITT TEKNIK - MÄNNISKA	45
6.2.1	Systemegenskaper för god gränssnittsutformning.....	45
6.2.2	Exempel på god gränssnittsutformning.....	47
6.3	AUTOMATIONSIRONIER.....	47
6.4	INHERENT SAFETY.....	48
7	ERFARENHETER FRÅN ANDRA SPÅRBUNDNA TRANSPORTSYSTEM.....	49
7.1	BANVERKETS LEDNINGSCENTRAL I MALMÖ.....	49
7.1.1	Lärdomar från studiebesök och intervju med Rickard Andersson, vid Banverkets ledningscentral i Malmö.....	49
7.2	METRON I KÖPENHAMN	49
7.2.1	Lärdomar från Metrons hemsida (www.m.dk/sikkerhed).....	49
7.2.2	Lärdomar från studiebesök och intervju med metrosteward Jan Olesen, Metroservice, Köpenhamn.....	50
7.2.3	Lärdomar från intervju med Gunni S. Frederiksen, Ørestadsselskabet, Köpenhamn.....	51
7.3	SL I STOCKHOLM.....	52
7.3.1	Lärdomar från studiebesök och intervju, med Thomas Fransson, ingenjör, SL Infrateknik AB.....	52
7.3.2	Lärdomar från studiebesök och intervju med Johan Hedenfalk, säkerhetschef och Christer Lindeman, säkerhetsingenjör, Koncernstab Säkerhet, AB Storstockholms Lokaltrafik.....	53
8	ALLMÄN BESKRIVNING AV RISKHANTERINGSPROCESSEN ...	55
8.1	RISKHANTERINGSPROCESSEN.....	55
8.2	RISKANALYS	55
8.3	RISKVÄRDERING.....	56
8.4	RISKREDUKTION/KONTROLL.....	57
9	RISKIDENTIFIERING AV SKYCAB	59
9.1	VAL AV RISKANALYSMETOD.....	59
9.1.1	Uppgiftsanalys.....	59
9.1.2	Scenarioanalys.....	59
9.2	BESKRIVNING AV TILLVÄGAGÅNGSSÄTT VID	60
	RISKIDENTIFIERINGEN	60
9.2.1	Uppgiftsanalys.....	60
9.2.2	Scenarioanalys.....	61
9.3	BEGRÄNSNINGAR I RISKIDENTIFIERINGEN.....	61
9.4	AVGRÄNSNINGAR.....	61
9.5	OSÄKERHETER.....	61
10	UPPGIFTSANALYS.....	63
11	SCENARIOANALYS	75
	Risikkategori: Klimat	76
	Risikkategori: Brand	79
	Risikkategori: Elektricitet.....	81
	Risikkategori: Fel i systemdelar.....	82
	Risikkategori: Vandalism, sabotage och terrorism.....	84
	Risikkategori: Yttre faktorer.....	85

<i>Risikkategori: Risker för tredje man</i>	86
<i>Risikkategori: Risker vid banarbete</i>	87
<i>Risikkategori: Själv mord</i>	88
<i>Risikkategori: Risker för fel i tillverkningen av konstruktionen</i>	89
<i>Risikkategori: Kemiska risker</i>	90
<i>Risikkategori: Risker i samband med manuell körning</i>	91
<i>Risikkategori: Risker i samband med nödlägen</i>	92
12 RESONEMANG KRING UTVALDA OMRÅDEN	93
12.1 UTRYMNING UR VAGN	93
12.2 BRAND I VAGN OCH BANA.....	95
12.3 RÄDDNINGSTJÄNST	96
12.4 ORGANISATORISKA FAKTORER	96
12.5 STRÖMAVBROTT.....	97
12.6 JORDBÄVNING.....	97
12.7 KLÄMSKYDD.....	98
12.8 SKYDDSDÖRRAR	98
12.9 RUTINER OCH INSTRUKTIONER FÖR SÄKERHET	99
12.10 SÄKERHETSINFORMATION TILL RESENÄRERNA	99
12.11 FALLOLYCKOR.....	100
12.12 FRÄMMANDE FÖREMÅL PÅ BANAN	100
12.13 INFORMATIONSSÄKERHET	100
12.14 KOLLISION	101
13 SLUTSATSER OCH RÅD	103
REFERENSER	105
BILAGA 1 - STUDIEBESÖK PÅ BANVERKETS LEDNINGS- CENTRAL I MALMÖ (2004-08-11)	109
BILAGA 2 - STUDIEBESÖK PÅ METRON I KÖPENHAMN (2004-09-20)	113
BILAGA 3 - STUDIEBESÖK SL INFRATEKNIK I STOCKHOLM (2004-10-04)	117
BILAGA 4 - STUDIEBESÖK HOS ØRESTADSSKABET I KÖPENHAMN (2004-11-11)	123
BILAGA 5 - CHECKLISTA	127

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Antalet persontransporter ökar i Sverige för varje år. Antalet bilar per person ökar också allt mer drastiskt i länder där befolkningen tidigare haft det mindre välställt. Detta orsakar trängsel och framkomligheten på vägarna minskar. Miljöproblemen växer sig också större och större för varje år p.g.a. den allt mer intensiva trafiken. För att kunna tillfredsställa transportbehovet i framtiden kan det vara bra om nya system lanseras på marknaden som ser till städernas ökande behov av persontransporter. I propositionen *Infrastruktur för ett långsiktigt hållbart transportsystem* framgår också att regeringen bedömer att ”ökad användning av miljöanpassade fordon och drivmedel är en del i arbetet med att utveckla ett långsiktigt hållbart transportsystem” (Regeringens proposition 2001/02:20).

Under senare tid har allt fler automatiska transportsystem börjat dyka upp på marknaden. Kvaliteten på dessa system brukar vara mycket god, med tät och tillförlitlig trafik med bra komfort. Idag finns omkring 80 sådana automatiska system i världen. Dock har innovationer kommit fram gällande helt nya typer av automatiska system, bland annat finns idéer på ett sorts förarlöst spårtaxisystem. (Börjesson & Peterson, 1999)

Ett förarlöst spårtaxisystem som är under utveckling är det svenska SkyCab. Avsikten med SkyCab är att systemet ”skall komplettera, eller i förekommande fall ersätta befintlig kollektivtrafik i tätort” (SkyCab, 2004b). Systemet skall också uppfylla olika miljökrav.

Denna studie uppkom med anledning av att SkyCab AB sökte någon som kunde ta fram en riskbild över det nya, förarlösa systemet SkyCab. Förutom riskbilden kommer studien även att behandla olika säkerhetsaspekter såsom designprocessen samt organisationens betydelse för säkerheten. Arbetet är utfört som ett examensarbete på Civilingenjörsprogrammet i Riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola.

Då en del av arbetet går ut på att ta fram en riskbild över ett framtida SkyCab-system kan detta bidra till att systemet uppfattas som osäkert och farligt. Det är därför viktigt att ha i åtanke vid läsandet, att studien är en proaktiv analys som syftar till att reducera och eliminera de potentiella risker med systemet som kan påträffas *innan* systemet tas i bruk. Att detta görs är istället ett tecken på att SkyCab är angelägna om att hålla nere antalet risker och att de är måna om att utarbeta ett säkert system.

1.2 Problemformulering

Då det i dagsläget inte finns några kända förarlösa spårtaxisystem liknande SkyCab i kommersiell drift är det nödvändigt att ta reda på vilka risker ett sådant nytt system genererar. För att ta fram riskbilden för ett sådant system, måste proaktiva analyser göras, eftersom inga erfarenheter från likadana spårtaxisystem finns att lära av. Dessutom är det viktigt att under utvecklingsprocessen ständigt arbeta aktivt med säkerheten.

Ett problem som kan uppstå då ett säkert system är utvecklat är att organisationen som driver systemet inte fungerar. Trots att systemet är utformat på bästa sätt kan en dålig organisation bidra till att göra systemet osäkert.

1.3 Mål

Målet med detta examensarbete är att bidra till kunskaper om skapandet av ett säkert, framtida SkyCab-system. Detta görs med ett antal delmål, vilka är följande:

1. Hjälpa till att skapa kunskaper om betydelsen av organisatoriska faktorer och speciellt säkerhetskulturens betydelse i ett SkyCab-system under uppbyggnad och i drift.
2. Bidra till kunskaper om en god designprocess/utformning.
3. Underlätta för konstruktörerna vid utvecklingen av systemet med avseende på risker.

Det första delmålet innebär att arbetet skall peka på några organisatoriska faktorer som bidrar till skapandet av en god säkerhet, då organisatoriska faktorer är viktiga grundbultar för systemets säkerhet. Att organisationen fungerar väl är viktigt även på ett tidigt stadium, då den påverkar säkerheten redan vid planeringen och uppbyggnaden av systemet.

Det andra delmålet ger beslutsfattarna för SkyCab förslag på hur designprocessen bör se ut. Design är dock ett brett begrepp och betyder, enligt SAOL, *formgivning* (SAOL, 1992). Design är således inte endast ett ord som bara innefattar estetiska och utseendemässiga aspekter, så som det används i folkmun, utan även formgivning med avseende på funktion och säkerhet. I rapporten kommer benämningen utformning att användas för att undvika missförstånd. Genom att ge förslag på hur man kan gå tillväga för att utforma systemet på ett säkert sätt, finns en möjlighet att identifiera och eliminera risker på ett tidigt stadium. Detta behandlas i arbetet eftersom systemet inte är färdigbyggt än och möjligheten finns att planera in en god utformning redan från starten.

Det tredje delmålet är att till stor del identifiera och belysa de potentiella, betydelsefulla risker som kan uppkomma i ett framtida system. Därmed kan riskerna undvikas redan i ett tidigt skede i planerings- och utvecklingsprocessen. Detta sker delvis genom att uppmärksamma riskerna men även genom att ge förslag på metoder och åtgärder för att minska eller eliminera dem.

1.4 Avgränsningar

I samråd med handledarna gjordes redan i början av arbetet vissa avgränsningar, men under arbetets gång har även andra avgränsningar tillkommit.

Arbetet har för det första avgränsats till att endast behandla risker under fredstid.

Några miljörisker tas inte upp, vare sig under uppbyggnaden, användandet eller vid en eventuell nedmontering av SkyCab-system. Buller och vibrationer, vilka kan anses vara en form av miljörisk, behandlas inte heller. En del miljörisker behandlas av Betty Larsson i *Miljöanalys av ny hållbar lokaltrafik – SkyCab. Är SkyCab en målrationell miljöteknologi?* från KTH, 2000

En annan avgränsning dras vid ekonomiska risker. Inga beräkningar har utförts på intäktsförluster om det skulle visa sig att systemet inte anses vara tillräckligt attraktivt eller säkert för resenärer. Inte heller har frågan behandlats, huruvida en olycka kan påverka systemet i form av minskad popularitet och därmed minskade intäkter. Risken att resenärer eventuellt utnyttjar systemet, såsom genom att åka fler i vagnen än tillåtet, har inte heller diskuterats.

Vidare utförs inga tekniska beräkningar, såsom exempelvis beräkningar på banans och hållplatsernas bärighet, urspårningsrisker, dosering av kurvor, brandbelastning etc. Tekniska risker som exempelvis risker med styr- och säkerhetssystem m.m. har inte heller behandlats p.g.a. att systemen är under utveckling.

Risikanalysen begränsas också till att endast avse risker under normalt användande, och således ses ej till risker under uppförandet och vid en eventuell nedmontering av systemet. Inte heller kommer risker i tunnlar att behandlas. Tunnelanvändande är en möjlighet för SkyCab i framtiden, men i dagsläget planeras endast användning ovan mark.

Fall där olika risker interagerar har inte studerats, inte heller då flera oönskade händelser inträffar samtidigt i systemet.

Lagar och förordningar har ej studerats, och arbetet har gjorts utan att ta hänsyn till detta. SkyCab AB har gjort egna studier om detta (SkyCab, 2003b).

Vidare har en del specifika avgränsningar gjorts vid riskidentifieringen (del 3). Dessa beskrivs närmare i avsnitt 9.4.

1.5 Disposition

Efter rapportens inledning och metodavsnitt följer en allmän beskrivning av SkyCab. Därefter är rapporten indelad i tre delar, vilka är följande:

Del 1, som består av kapitel 4-6, är en teoridel som främst baseras på litteraturstudier. I denna del behandlas först resenärernas upplevelser av förlösa transportsystem. Därefter behandlas organisation och utformning.

I *del 2*, bestående av kapitel 7, ges en sammanfattning av erfarenheter från andra spårbundna transportsystem.

Del 3, kapitel 8-12 i rapporten, behandlar riskidentifieringen. I kapitel 8 beskrivs riskhanteringsprocessen allmänt. Därefter följer en motivering till vilka riskanalysmetoder som valts för att identifiera riskerna samt en beskrivning av valda metoder och tillvägagångssätt. Sedan följer riskidentifieringen i form av en uppgiftsanalys samt en scenarioanalys. Sist i del 3 finns ett avsnitt med resonemang kring utvalda områden.

Rapporten avslutas i kapitel 13 med slutsatser och råd till SkyCab

2 Metod

2.1 Del 1

Tillvägagångssättet för teoridelen (del 1) har främst varit i form av litteraturstudier. Litteraturen har inhämtats från olika källor, såsom från sökdatabasen ELIN@lund (Electronic Library Information Navigator), från kurslitteratur, från SkyCab samt från andra företag och organisationer. En del information har även inhämtats från olika sidor på Internet samt från diskussioner med handledare och andra personer.

Teoridelen börjar med ett avsnitt som behandlar *Resenärers uppfattning av förarlösa system*. Detta avsnitt finns med för att ge SkyCab AB och konstruktörerna information om hur resenärer kan komma att uppfatta systemet samt vad resenärerna kan uppleva som osäkert. Kunskaper om detta kan bidra till att utforma systemet på ett optimalt sätt.

Därefter följer ett avsnitt som beskriver organisationens vikt i ett framtida SkyCab-system. De organisatoriska faktorerna spelar en stor roll för den faktiska säkerheten i en verksamhet. Det tekniska systemet kan vara utvecklat på bästa sätt, men är inte de organisatoriska förhållandena bra kan dessa bidra till att göra systemet osäkert.

Sist i del 1 beskrivs viktiga faktorer i utformningsprocessen samt en systematisk metodik för att utforma ett säkert system. Detta avsnitt har som syfte att ge förslag samt väcka tankar kring utformningsprocessen. Genom en god utformningsprocess kan säkerhetsbrister upptäckas på ett tidigt stadium och åtgärdas.

2.2 Del 2

För att författarna skulle få en kompletterande kunskap av denna typ av system genomfördes ett antal studiebesök. Studiebesökens syfte var främst att ta del av andras erfarenheter angående säkerhet och risker i olika personkommunikations-system och tillämpa dessa på SkyCab. De system som besöktes liknar ej till fullo SkyCab, men då inget spårtaxisystem finns i kommersiellt bruk idag var detta det bästa alternativet som fanns att tillgå.

Val av studiebesök blev av praktiska skäl de transportsystem som låg i den geografiska närheten och som kunde antas tillföra studien något. Vid besöken gavs även tillfälle att diskutera risker och säkerhet med insatta personer.

Tillvägagångssätten vid studiebesöken redovisas nedan:

Banverkets ledningscentral i Malmö (2004-08-11) – Besöket inleddes med en diskussion och frågestund med Rickard Andersson, operativ chef. Därefter gavs en informell guidad rundtur i ledningscentralen och här gavs tillfällen att ställa frågor även till övrig personal i ledningscentralen.

Förarlösa tunnelbanesystemet Metro och dess ledningscentral i Köpenhamn (2004-09-20) – Besöket inleddes med en guidad rundtur i grupp, ledd av Jan Olesen, steward på Metron. Olesen visade verkstaden och ledningscentralen och berättade om Metron. Efter rundturen gavs tillfälle för författarna att i enrum ställa frågor till Olesen. Besöket avslutades sedan med en åktur med Metron där systemet studerades.

SL:s ledningscentral på Liljeholmen i Stockholm (2004-10-04) – Studiebesöket inleddes med ett möte med Thomas Fransson, Ingenjör på IT-avdelningen på SL Infrateknik AB. Under mötet gavs tillfälle för författarna att ställa frågor och diskutera säkerheten i tunnelbanan. Därefter gavs en liten rundtur på en tunnelbanestation samt på ledningscentralen på Liljeholmen. Senare skedde ett möte med Johan Hedenfalk, säkerhetschef på AB Storstockholms Lokaltrafik. På detta möte diskuterades säkerheten i tunnelbanan samt säkerhet i automatiska förarlösa system.

Ørestadsselskabet i Köpenhamn (2004-11-11) – Möte med Gunni S. Frederiksen, Project Manager Railway Technique, M.Sc. Frederiksen berättade inledningsvis om Metron samt om säkerhetsarbetet och tid gavs att ställa frågor och prata om systemet.

Anteckningar från studiebesöken finns i sin helhet i bilaga 1-4.

2.3 Del 3

Del tre inleds med en allmän beskrivning av riskhanteringsprocessen. Därefter följer ett avsnitt som behandlar riskidentifieringen. I avsnitt som behandlar riskidentifieringen har först litteratur studerats för att komma fram till vilken riskanalysmetod som passar syftet med arbetet bäst. Diskussioner har även förts med personer kunniga inom området. Efter denna studie har två riskanalysmetoder valts ut. De riskanalysmetoder som föreföll lämpligast att använda var uppgiftsanalys och scenarioanalys. Vid utförandet av analyserna användes brainstorming, diskussioner, litteraturstudier samt intervjuer med personer från studiebesök vid Ørestadsselskabet i Köpenhamn, Metrons ledningscentral i Köpenhamn, SL infrateknik i Stockholm och Banverkets ledningscentral i Malmö. (Studiebesöken har beskrivits i ovan i avsnitt 2.2). Analyserna visar vilka risker som kan tänkas finnas i ett framtida system, och förslag på åtgärder ges för att reducera eller eliminera riskerna. Åtgärderna är dock ej kategoriserade och beslutet att avgöra vilka åtgärder som eventuellt skall vidtas överlämnas åt SkyCab.

Områden som inte tas upp i riskidentifieringen, eller som tas upp men behöver diskuteras ytterligare, behandlas i kapitel 12. Kapitlet är ett resultat av diskussioner författarna sinsemellan och diskussioner med andra personer, litteraturstudier samt erfarenheter från studiebesöken.

En mer detaljerad beskrivning av tillvägagångssättet vid riskidentifieringen finns i kapitel 9.

3 Beskrivning av systemet SkyCab

Texten i detta kapitel är baserad på material från SkyCab. Material som använts är *SkyCab Systembeskrivning* (SkyCab, 2004b), *Vision SkyCab i Sigtuna kommun* (SkyCab, 2000), *Ökad tillgänglighet till och positiv utveckling av vetenskapsstaden – med SkyCab* (SkyCab, 2002) samt *Att resa på nytt sätt i Linköping* (SkyCab, 1999).

3.1 Allmän beskrivning

SkyCab skall vara ett helt automatiskt lokaltrafiksystem utan förare. Systemet kommer att bygga på en särskild teknik som används vid körning av förarlösa truckar. Vagnarna, vilka kommer att framföras på ett eget bansystem beläget fyra till fem meter ovan mark (se visionsbild i figur 3.1), skall ge rum för individuellt resande för en till fyra resenärer alternativt en rullstolsburen resenär med en medföljare. När resenären kommer till hållplatsen, skall en vagn alltid finnas tillgänglig, antingen väntande på plats eller på väg in från bannätet. Vagnen åker sedan utan stopp till önskad hållplats. Interaktiv information kommer att ges till resenärerna både i vagnen och på hållplatserna.



Fig. 3.1 Visionsbild av ett framtida SkyCab-system i Västra hamnen, Malmö.
Källa: Bernhardt Arkitektur och Samhälle

3.1.1 SkyCabs mål

I projektet SkyCab har en del mål arbetats fram för SkyCab som helhet. Målen är de som följer:

- Hög attraktion (publik acceptans)
- Tillgänglighetsmål (driftsäkerhet)
- Person- och anläggnings säkerhetsmål
- Miljömål
- Ekonomiskt mål ("lönsamhet")

Målet med att systemet skall ha en *hög attraktion* innebär närmare att systemet skall vara accepterat av allmänheten och enkelt att använda, även för människor med funktionshinder. Attraktionen skall även bestå i att systemet är tänkt att ge kortare restider och väntetider, vara komfortabelt och estetiskt tilltalande, vara flexibelt

integrerat i den lokala omgivningen, komplettera bilen samt vara rent och tryggt att resa i dygnet runt.

Målet för *tillgängligheten*, eller driftsäkerheten, är att denna skall vara 99,8 % efter 6 månader från start. Med detta menas att av 1000 planerade resor skall 998 genomföras problemfritt.

Säkerhetsmålen innebär att antalet olyckor skall vara noll. De tre viktigaste bitarna för säkerheten i systemet skall vara:

- Den tåliga konstruktionen
- Anpassningen mellan människa och maskin
- Den höga systemsäkerheten

Systemet ska ha inbyggda reservfunktioner för bl.a. kraftförsörjning, styrsystem och motor.

Miljömålet innebär att systemet skall byggas miljövänligt, fungera energisnålt och inte avge några luftföroreningar. Vagnarna och banorna skall också vara återvinningsbara.

Med det *ekonomiska målet* menas att SkyCab skall vara konkurrenskraftigt gentemot annan kollektivtrafik och bli kostnadseffektivt med låg total livstidskostnad.

3.2 Teknisk beskrivning

3.2.1 Vagn

Vagnen är utformad för att kunna ta upp till fyra sittande passagerare i passagerarkabinen. Vid behov kan två av sätena fällas upp och rum ges då för rullstolsburna passagerare med en medföljare, alternativt extra bagageutrymme. Under passagerarkabinen finns motorutrymmet, och detta utrymme kommer att omslutas av banan. Drivningen kommer att ske med fyra gummiförsedda drivhjul. För en schematisk bild av en vagn i bannätet, se figur 3.2.

Två olika drivsystem av vagnarna finns på förslag, drivning med uppladdningsbara batterier eller drivning via överföring av ström från en i banprofilen placerad strömskena.

Om vagnarna skall drivas via en strömskena placeras strömavtagare i vagnen. Framdrivningen sker då med en elektrisk roterande motor. Drivenheten skall bestå av en eller flera elmotorer sammankopplade via transmission till drivhjulen. Strömförsörjningen sker på konventionellt sätt via anslutning till elkraftdistributörens ställverk.

Vid användning av batteridrift behövs inga strömskenor i banan utan vagnarna laddas upp vid särskilda batteriladdningsstationer. Dessa stationer kommer i detta fall att vara utplacerade vid på- och avstigningsplatsernas buffertplatser samt i vagnhallarna. Till batteriladdningssystemet kopplas en övervaknings- och styrfunktion som känner av om vagnarna behöver laddas. På så sätt undviks att vagnar stannar mitt i bannätet p.g.a. att batterierna tar slut.

Den nominella hastigheten vagnen kommer att framföras i blir 36 km/h. Vid inbromsning skall mekaniska skivbromsar användas. Enligt systembeskrivningen blir den minsta bromssträcka 15,1 meter. (Förf. anm. Notera att detta är minsta teoretiska bromssträcka. I verkligheten blir denna förmodligen längre, p.g.a. exempelvis väderlek och varierande vikt på vagnen. Därför bör man ha en god säkerhetsmarginal på avståndet mellan vagnarna.)

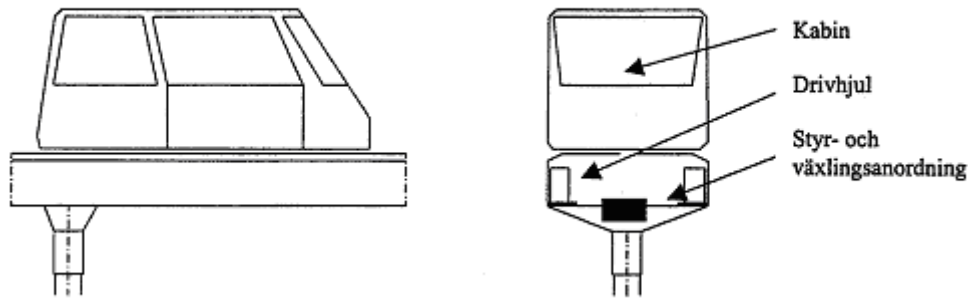


Fig. 3.2 Översiktlig bild av SkyCab-vagn. (SkyCab, 2004b)

När passageraren har satt sig i vagnen använder han/hon en startknapp, varvid dörrarna stängs och färden börjar. Vagnen kör då i ett automatiskt läge till den slutdestination passageraren valt.

Förutom det automatiska läget som vagnen körs i under passagerartransport, kan vagnen även framföras av en SkyCab-operatör i manuellt läge och serviceläge. I det manuella läget körs vagnen med tryckknappar placerade inuti en läsbar körpanel och död-mans-grepp tillämpas. I detta läge styrs växlingsfunktionen och vagnens hastighet genom tryckknapparna i panelen. Serviceläget används när vagnen skall förflyttas korta sträckor på serviceplatsen. Även i serviceläget körs vagnen manuellt, dock med färre funktioner, eftersom vagnen i detta läge bara kan köras framåt och bakåt i den lägsta hastigheten. Död-mans-greppet tillämpas även här.

3.2.2 Hållplatser

På hållplatserna finns plattformar som ligger i höjd med banan. Här stiger resenärerna på och av fordonen, och dessa plattformar benämns som på- och avstigningsplatser. För att ta sig upp till på- och avstigningsplatserna används trappa, rulltrappa eller hiss. Hållplatserna är försedda med buffertplatser/parkeringsplatser där tomma vagnar ansamlas och väntar på kommande resenärer.

3.2.3 Bana

Bannätet kommer att bestå av en huvudbana med flera förgrenade banor för att vagnen snabbt skall komma till önskad hållplats. På särskilda sidospår ligger på- och avstigningsplatserna och här sker en retardation vid ankomst av vagnen och en acceleration vid avgången så att trafiken på huvudbanan ej störs.

Banans bärande konstruktion skall utgöras av en triangulär lådbalk, inklädd och utformad likt ett lådtvärsnitt. Täckplåtar skall skydda styr- och strömskenorna från regn, snö och skräp. Balkens höjd är planerad att bli 0,4 meter, och dess bredd 1,7 meter. Banans höjd över marken kommer att variera efter lokala förutsättningar, och skall normalt ge fri passage för fordon upp till 4,5 meter, enligt systembeskrivningen.

Banan skall även vara försedd med värmeslingor för att förhindra snö- och isproblem.

Banväxlarna kommer ej att utgöras av rörliga delar till skillnad från växlarna i en konventionell järnväg. I SkyCab-systemet utgörs banväxlarna av vagnens växelmekanism och banans förgreningspunkter. När vagnen kommer till en förgreningspunkt i bannätet sker växling och positionering via en induktiv koppling i vagnen till ett magnetfält från en elektrisk ledande kabel i banan.

3.2.4 Styrssystem

Vagnarna skall köra med mycket små avstånd för att kapaciteten skall vara tillfredsställande. För att minska informationsflödet skall styrsystemet vara decentraliserat. Styrningen skall vara datoriserad och hanteras av följande datasystem:

- Ett överordnat centralt styrssystem med i huvudsak optimerings- och planeringsfunktioner.
- Lokala styr- och säkerhetssystem för varje sektor vilket kan omfatta en eller flera banlänkar med förgrenings- och vävningspunkter och/eller en på- och avstigningsplats.
- Vagnarnas styrssystem inklusive kommunikationen mellan vagnarna.
- Styrssystem för tvättning och rengöring av vagnarna.

3.2.5 Kommunikationssystem

Då systemet är helt automatiserat får kommunikationssystemet stor betydelse. Hela kommunikationssystemet består av ett antal olika system. Kommunikation sker mellan:

- *Vagnens styrsystem och de lokala styrsystemen*
Av säkerhetsskäl skall denna vara dubblerad och kommunikationen skall ske via ett trådlöst radiobaserat nätverk.
- *De lokala styrsystemen*
Kommunikation sker direkt sinsemellan de lokala styrsystemen genom datorer i berörda sektorer.
- *De lokala styrsystemen och det centrala styrsystemet*
Systemet skall utformas så att det ger högsta möjliga tillgänglighet, dvs. alternativa kommunikationsvägar skall finnas om någon del är ur funktion.
- *Överordnat, administrativt system och de lokala trafikantinformations-, beställnings- och biljettsystemen samt övervakningssystemen för passagerare*
Kommunikationen skall utformas i ett nätverk och skall ha möjlighet att förmedla data, tal och bild.
- *Underhållssystem och överordnat, administrativt system.*

3.2.6 Service

Service kommer ej att vara bunden till något speciellt tidsintervall, utan ett övervakningssystem, *SkyCab Active Service System*, skall känna av bland annat hur motorerna används och kontinuerligt mäta deras tillstånd. Således skall servicen vara behovsstyrd. (SkyCab, 2004b) Vagnarna skall även med jämna intervall köras in i verkstaden för att kontrolleras gentemot ett datorsystem (Carlenståhl, 2004).

3.2.7 Driftledningscentral

I driftledningscentralen arbetar operatörer med att kontrollera och vid behov styra SkyCab-systemet. Driftledningscentralen finns också till som service för resenärerna, och dessa kan få kontakt med centralen för att få information eller vid akuta situationer larma om hjälp. Vagnar kan även dirigeras om på order av operatörerna i centralen. Hållplatserna kommer att vara kameraövervakade och det är i driftledningscentralen som övervakningen sker.

4 Resenärers uppfattning av förarlösa transportsystem

Den upplevda risken behöver inte vara lika stor som den faktiska risken. Ett klassiskt exempel på detta är att det finns personer som inte vågar flyga men gärna åker bil, trots att flyga anses vara det säkrare sättet att resa (per färdad kilometer).

I Kommunikationsforskningsberedningens (KFB) rapport *Resenärernas upplevelser av automatiska bansystem* (Börjesson & Peterson, 1999) skriver man att resenärernas upplevelser av säkerhet i första hand är relaterad till människor och inte till teknik. Resenärerna är inte rädda för automatiserad trafik. Skillnaden att åka tunnelbana med eller utan förare är marginell. Inte heller för mindre system där passageraren klart kan se att fordonet är förarlöst har någon oro hos passagerarna dokumenterats. Istället är man mer orolig för andra personer man kan komma i kontakt med under resan. Citaten nedan kommer från den nyss nämnda rapportens sammanfattning:

”På samma sätt som i sambället i stort är resenärer i så väl automatisk som förardriven kollektivtrafik oroliga för personer de inte vill ha kontakt med. Resenärerna är rädda för okända personer. Utvecklingen i sambället gör att risken ökar för att råka ut för sådana oönskade händelser. Resenärerna vill därför kunna komma i kontakt med personal om något oönskat inträffar på hållplatser eller i fordon.

De automatiska bansystemen behöver teveövervakning av fordon och hållplatser för att kontrollera drift och säkerhet. Denna övervakning kan leda till att resenärerna upplever säkerhet större än i de förardrivna system.” (Börjesson & Peterson, 1999)

Genomgången som man gjort i KFB:s rapport visar att automatiska system för persontransporter är säkrare och tillförlitligare samt har färre olyckor och olyckstillbud än förardrivna system. Även om det inte finns någon som systematiskt följt olyckor och olyckstillbud för flera automatiska system under en följd av år är författarna av rapporten säkra på denna slutsats. (Förf. anm. Att systemet är automatiserat betyder ju dock inte alltid att systemet för den skull är säkrare. Det går givetvis att utforma dåliga och osäkra automatiska system också.)

En annan rapport som studerats är *Betydelsen av upplevda risker och känslor av otrygghet vid resor med kollektivtrafik* (Alm & Lindberg, 2004). Rapporten behandlar dock inte förarlös trafik. I denna rapport har författarna kommit fram till att vid resor med ett kollektivt transportmedel känner sig resenärerna särskilt otrygga om exempelvis förare eller personal har dålig uppsikt över fordonet eller om man reser ensam. Man har också tolkat resultaten av sin studie som att upplevd attraktivitet påverkas i högre utsträckning av upplevda risker och oro för besvärande situationer, hot eller våld än av upplevda risker och oro för att bli allvarligt skadad i trafikolyckor. Det är att notera att dessa resultat är framtagna för traditionell förardriven kollektivtrafik. Men då människor enligt KFB:s rapport inte känner någon oro för att åka i förarlösa transportmedel borde resultatet kunna överföras även till ett förarlöst transportsystem.

I slutsatsen av *Betydelsen av upplevda risker och känslor av otrygghet vid resor med kollektivtrafik* kommer man fram till att människor i viss utsträckning undviker att resa med olika transportmedel under omständigheter då de känner sig otrygga. Omständigheter som skapar otrygghet kan vara att resa ensam eller på kvällar eller

nätter främst på helger, eller om förare eller personal har dålig uppsikt över fordonet eller om hållplatser är placerade vid en park.

Sammanfattningsvis kan sägas att människor inte verkar känna någon oro över att resa med förarlösa transportmedel. Det som däremot påverkar inställningen till att resa är känslan av otrygghet, att utsättas för överfall, rån, våld osv. Det finns också ett behov av att snabbt kunna komma i kontakt med personal för att få hjälp om något oönskat inträffat. KFB:s studie visar att teveövervakning minskar resenärernas oro för störningar och oönskade händelser.

Värt att tänka på vid utformning av ett förarlöst system av typ SkyCab är att lägga stor vikt vid utformning av hållplatser, placering av hållplatser och tillgång till personlig hjälp. Det verkar, enligt den studerade litteraturen, vara dessa parametrar som i första hand styr passagerarnas känsla av trygghet.

5 Organisatoriska faktorer

För att minska riskerna med systemet SkyCab räcker det inte att endast se till de rent fysiska, tekniska riskerna i systemet. De ”mjuka bitarna”, såsom organisatoriska faktorer, är minst lika viktiga. Detta har genom tiderna visat sig ha en stor, om inte den största betydelsen, för hur säkerhetsarbetet fungerar. Därför beskrivs i detta kapitel några teorier som belyser organisationens betydelse för säkerheten i ett system. Det som nämnts om organisatoriska faktorer i kapitlet kan dock bara ses som en tankeväckare på ett tidigt stadium i processen för vad man i SkyCab bör arbeta med. Med organisatoriska faktorer menas exempelvis faktorer som:

- hantering av underhåll
- klar rollfördelning och ansvarsfördelning
- rekrytering, träning, vidareutbildning
- arbetsvillkor - gruppindelning, arbetstider
- fysisk arbetsmiljö
- ledarskap
- regelsystem, säkerhetskultur

Här räknas begreppet säkerhetskultur som en organisatorisk faktor – en mycket viktig sådan, där lärande är centralt. Begreppet säkerhetskultur beskrivs närmre nedan.

5.1 Organisationens betydelse för säkerheten

Vid skapandet av en ny verksamhet och senare även i driften är de organisatoriska faktorerna viktiga för säkerheten.

Enligt Reason (1998) härstammar de flesta fel från organisatoriska förhållanden. Detta illustreras i en pyramid, se figur 5.1, där basen utgörs av organisatoriska förhållanden och toppen av osäkra handlingar (från operatörer och anställda). Mellan dessa faktorer finns lokala arbetsplatsfaktorer. Latenta förhållanden i organisationen leder sedan till att olyckor kan uppkomma, om inte barriärer finns för att stoppa potentiella faror till att utvecklas till olyckshändelser med skador och förluster som följd. Latenta förhållanden, osäkra handlingar och barriärer beskrivs närmare nedan.

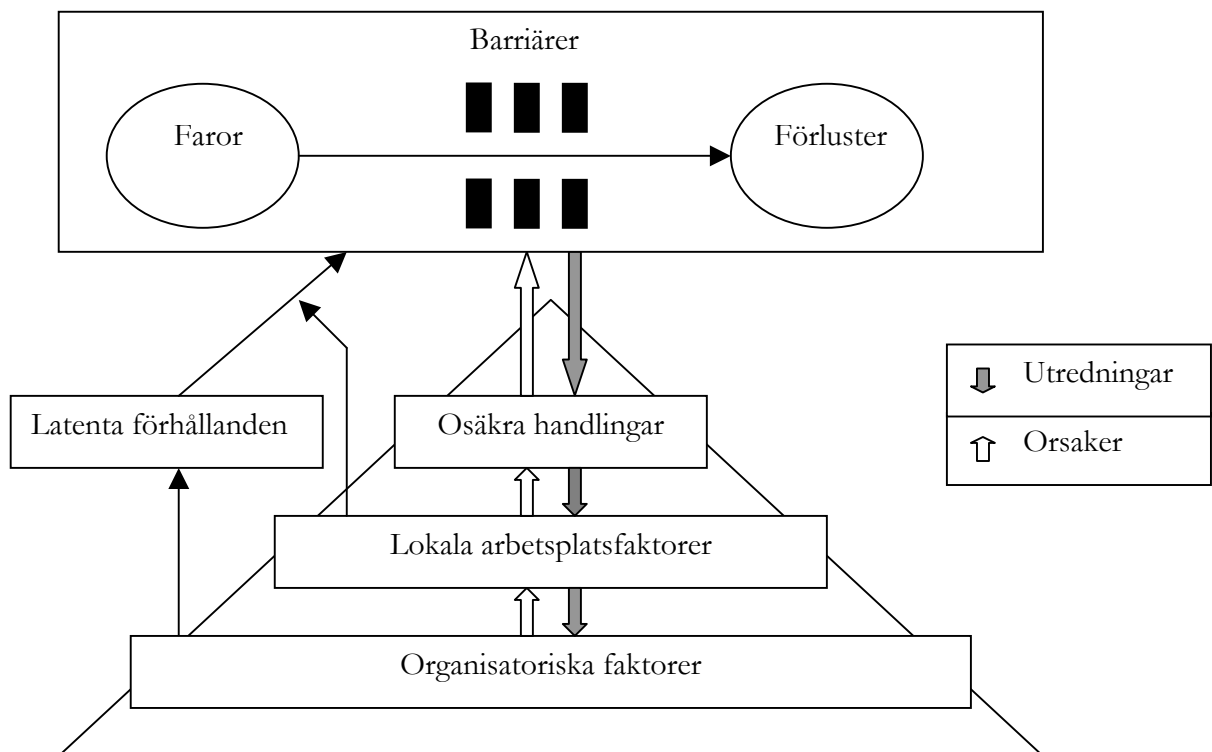


Fig. 5.1 Principen för hur olyckor uppkommer enligt Reason.

Organisatoriska faktorer är alltså roten till säkerhet, och så länge man inte arbetar med dessa kan man aldrig lösa resten av problemen till fullo. En organisation behöver en god och effektiv säkerhetskultur för att maximera säkerhet och kvalitet på sina tjänster. Först när detta krav är uppfyllt kan man gå vidare med att lösa problemen i pyramiden. För att arbetsplatsen skall vara säker och produktiv, krävs förutom en bra fysisk arbetsmiljö och god design, en människovänlig psykosocial arbetsmiljö och engagerade medarbetare. Detta i sin tur leder till en ökad kvalitet på produkter och tjänster, och därmed ökad säkerhet för resenärer i exempelvis transportföretag.

5.2 Hur olyckor uppstår

Bakgrunden till hur olyckor uppstår är en kombination av flera olika faktorer. Det räcker inte enbart att vara medveten om vilka risker som finns och att de finns. För att skydda sig gäller det att skapa barriärer, passiva som aktiva. Passiva barriärer är inbyggda i arbetsplatsen eller i ett system, och verkar oberoende av något kontrollsystem. Även om de inte direkt behöver hanteras, behöver vissa passiva barriärer dock regelbundet underhåll för att fungera tillfredsställande i det långa loppet. Som ett exempel kan nämnas säkerhetsbalkarna i en bil (Kjellén, 2000). Ett annat exempel är brandcellsgränser i form av väggar och dörrar som hindrar en uppkommen brand från att sprida sig. Aktiva barriärer är de som operatörerna eller det tekniska kontrollsystemet står för, och då barriärerna är beroende av dessa är barriärerna mer känsliga. I SkyCab-systemet kan de passiva barriärerna bestå av påkörningsskydd av bärande pelare i bannätet eller brandtekniskt avskiljning mellan motordel och passagerarkabin. Aktiva barriärer kan vara handlingar av operatörer i driftledningscentralen eller av datorsystemen.

Dock är olyckor sällan av icke komplex natur och även om man har flera olika barriärer kan ovälkomna händelser uppkomma, vilket kan illustreras med Schweizerostmodellen, se figur 5.2 (Reason, 1998). De idealiska barriärerna utgörs i denna modell av hela, fina skivor. På grund av olika faktorer såsom organisatoriska faktorer, felaktiga handlingar som anställda gör samt tillfällig avsaknad av barriärer vid exempelvis underhåll, skapas dynamiska hål i de olika barriärerna. Vid olyckliga omständigheter hamnar hålen mitt i sådana lägen, mitt för varandra, så att en komplex olycka skall kunna utvecklas.

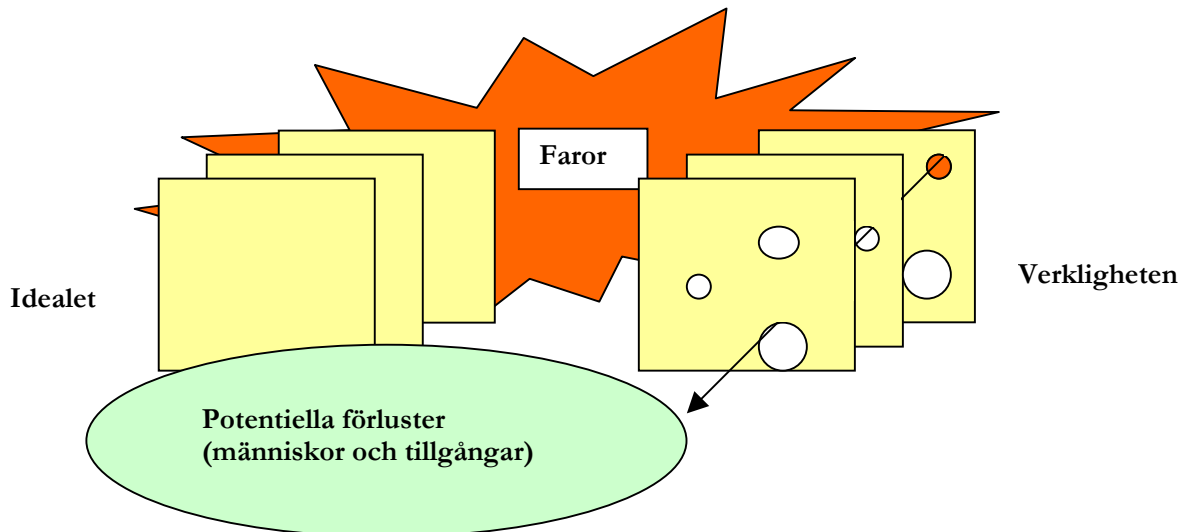


Fig. 5.2 Reasons Schweizerost-modell.

5.2.1 Latenta förhållanden och aktiva fel

Reason skiljer på två olika sorters fel som kan uppkomma i en verksamhet, latenta förhållanden och aktiva fel. Latenta förhållanden ligger inbyggda i systemet, verksamheten samt organisationen, och ger ofta upphov till operatörsfel, dvs. aktiva fel. Exempel på latenta förhållanden kan vara dåligt underhåll av systemen, dåliga träningsrutiner och dåligt anpassad utrustning. Dessa förhållanden ligger således och lurar under ytan och ökar sannolikheten för att människor ska göra felsteg, dvs. aktiva fel. Latenta förhållanden kan även medföra att aktiva fel ger allvarigare konsekvenser än nödvändigt (Akselsson, 2004). Genom att förbättra de latenta förhållandena kan antalet aktiva fel och konsekvenserna av dessa minskas. Organisationens uppbyggnad är ett sätt att göra det på. Hur organisationen är uppbyggd och hur de organisatoriska faktorerna ser ut kommer att direkt påverka säkerheten, såväl som i själva systemets inneboende säkerhet och design som i operatörernas motivation och handlande i kritiska situationer.

5.3 Beskrivning av begreppet säkerhetskultur

Många menar att en god säkerhetskultur är receptet för en god organisation. Begreppet säkerhetskultur är dock i dagens läge enligt Reason och många andra inte helt tydligt definierat. Olika företag och olika författare definierar begreppet på olika sätt. Säkerhetskultur kan också i många fall användas som ett annat ord för företagskultur. En definition på företagskultur som i skriften *Personaladministration och organisationsutveckling* (Granberg, 2003) anses vara god, är Bangs. I definitionen nämns ordet organisationskultur istället för företagskultur, men i skriften nämner författaren att ingen skillnad görs på dessa uttryck. Bang sammanfattar definitionen enligt följande:

”Organisationskultur är den uppsättning gemensamma normer, värderingar och verklighetsuppfattningar som utvecklas i en organisation när medlemmarna samverkar med varandra och omvärlden.” (ibid.)

En nackdel med ett ej till fullo identifierat begrepp är att alla, när ordet säkerhetskultur nämns, har sin egen bild av begreppet, skild från andras. Fördelen är, att trots att kulturen kan skilja sig en hel del från organisation till organisation, så har alla ändå en uppfattning om vad man pratar om. Men, som nämns i *Personaladministration och organisationsutveckling*, är det viktigaste just att det enskilda företaget vet vad just de menar med säkerhetskultur, och definierar mål för hur man vill ha det i just sin organisation. När målen är tydligt definierade är det lättare för alla att sträva efter dem.

5.3.1 Varför förbättra sin säkerhetskultur?

För en organisation är det inte det lättaste att bara komma igång och försöka förbättra sin säkerhetskultur om man är i behov av detta, utan detta är en omvälvande och tidskrävande process som börjar hos ledningen och fortplantar sig genom hela företaget och dess anställda. Enligt Reason kan dock ett företag med en god säkerhetskultur klara sig mycket bättre kvalitets- och säkerhetsmässigt, och nämner ett exempel från luftfarten. Trots att personalen är utbildade och licensierade enligt liknande standards var sannolikheten för att som passagerare omkomma 1 på 260 000 hos det sämsta flygbolaget och 1 på 11 000 000 hos det bästa enligt statistik från 1995. Även om man bortser från företagets resurser samt de nationella resurserna anser Reason att den stora skillnaden beror på olikheter i företagets säkerhetskultur. Även Åsa Ek (2000) nämner att förklaringen till flertalet allvarliga olyckor ofta brukar vara en bristande säkerhetskultur. Med bakgrund av dessa fakta kan det vara lämpligt för ett företag att skapa sig en god säkerhetskultur eller förbättra den befintliga.

5.3.2 Definitioner av begreppet säkerhetskultur

Vilka komponenter ingår då i begreppet säkerhetskultur? En grundläggande komponent är attityden till säkerhet. En sund sådan attityd skall finnas hos ledningen, för att sedan kunna fortplanta sig neråt i organisationen. Finns inte engagemanget på de högre nivåerna, kommer den inte att finnas i övrigt heller. En studie av Zohar visade på en starkt koppling mellan ledningens engagemang och prioriteten hos säkerhetsfrågor på ett företag (Ek, 2000).

Definitionerna är luddiga och svåra att omsätta till praktiken. Nedan nämns ett par definitioner av säkerhetskultur enligt Reason och Ek, vilka är bättre lämpade att använda som operativa verktyg vid arbete med att schematisera och förbättra en organisations eller ett företags säkerhetskultur.

5.3.2.1 Reasons definition av säkerhetskultur

Reason nämner att säkerhetskulturen är en motor som driver systemet mot en säker miljö, oavsett ledningens personlighet och kommersiella intressen. Drivmedlet till denna motor är respekten för de faktorer som kan uppkomma och bryta ner försvarsbarriärerna så att olyckor kan utbryta. Glömmer man bort riskerna som finns, glömmer man även bort att skydda sig.

Den viktigaste delen enligt Reason är att organisationen eller företaget är *informerad*. Arbetar man proaktivt, dvs. samlar in information och data för att förebygga olyckor, samt analyserar och sprider vidare kunskap om tillbud och felhandlingar, så kan man undvika att försvarsbarriärerna genomborras. Med en informerad organisation menas även att ledningen är medveten om mänskliga, tekniska, miljömässiga och organisatoriska faktorer som påverkar säkerheten. För att bli en informerad organisation gäller det att ha ett bra klimat så anställda vågar och orkar rapportera tillbud och fel. *Rapportering* är således en viktig faktor i företagskulturen. Av detta följer att organisationen måste ha en *rättvis* miljö och att man inte straffar den som erkänner sina misstag. Att ha en alltför slapp syn på det hela är dock inte heller bra, då anställda missbrukar förtroendet och inte orkar bry sig om sina misstag. Det behöver således finnas en lagom balans mellan att belöna och uppmuntra anställda som rapporterar fel och misstag och att straffa verkliga syndare, och denna balans kan vara svår att hitta. Substitutionsprincipen kan då lämpligen användas och då byter man ut individen som var inblandad i olyckan med en jämbördig, som får frågan - "Skulle du handlat på annorlunda sätt?" På så sätt blir det lättare att göra en rättvis bedömning av situationen. Vidare skall organisationen vara *flexibel*. Vid en nödsituation skall man kunna överge sina vanliga roller och de bäst lämpade personerna, oberoende av rang, skall kunna ta över tillfälligt även om arbetsuppgifterna inte är de vanliga. Det ska gå att släppa sina roller i hierarkin och samarbeta över gränserna för att uppnå det bästa resultatet. Till sist måste organisationen vara *lärande*. Det räcker inte att rapportera och vara informerad. Organisationen måste ta till sig kunskaperna och använda dessa på bästa tänkbara sätt.

Alla dessa faktorer, en rapportrande kultur, en rättvis och flexibel kultur, bidrar i sin tur till en informerad kultur, dvs. en god säkerhetskultur.

5.3.2.2 Eks definition av säkerhetskultur

De komponenter Ek använder sig av vid definitionen av säkerhetskultur är en utvidgning av Reasons definition. Enligt henne är komponenterna i begreppet säkerhetskultur de som följer:

- Attityder till säkerhet
- Riskperception
- Beteende vad gäller säkerhet
- Lärande
- Rapportrande
- Rättvisa
- Kommunikation
- Flexibilitet
- Arbetsförhållanden

Komponenterna beskrivs mer utförligt i avsnitt 5.3.3 nedan.

5.3.3 Komponenter i en säkerhetskultur

Eks definition av begreppet säkerhetskultur ovan bildar en god grund för en vidare beskrivning av de olika komponenter som ingår i begreppet.

5.3.3.1 Attityder till säkerhet

Som tidigare nämnts är ledningens inställning till säkerhetsfrågor av yttersta vikt. Är intresset och engagemanget stort hos ledningen kan detta implementeras ner genom organisationen. Att tänka på säkerheten blir ingen motiverad av att göra, om inte detta känns viktigt. Om en anställd märker att inte ens ledningen anser att det är viktigt att tänka på säkerhet, varför skall hon/han som anställd då göra det? Även Schein trycker på hur viktigt chefens handlande är, då hon/han i stor grad kan påverka de anställda (Granberg, 2003). Vad chefen eller ledningen uppmärksammar, värderar och kontrollerar har stor betydelse för de anställdas handlande. Hur chefen reagerar på problem är också av betydelse, samt även hur belöningar utdelas. Allmänt sett är chefen eller ledningen också en förebild. Liksom ett barn och dess föräldrar, gör man inte det som chefen säger, utan man gör det som chefen verkligen gör.

Attityden till säkerhetsfrågorna i ledningen speglar sig direkt i de anställdas handlande. Är man medveten om och förstår en fara, är man mer motiverad att handla därefter (Ek, 2000). Säkerhetsföreskrifter som används på en arbetsplats kommer då mest till sin rätt. Har man i gengäld för många säkerhetsföreskrifter kan det hända att man ignorerar de dåliga och samtidigt även i farten motsätter sig de väsentliga. Bra föreskrifter drunknar således om för många dåliga existerar.

5.3.3.2 Riskperception

En viktig komponent är riskperceptionen. Denna handlar om individens uppfattning av riskerna omkring sig. Att över huvud taget kunna se riskerna i sitt arbete är av yttersta vikt. Gör man inte det, kan man inte heller åtgärda dem (Reason, 1998). Anställda skall även känna att de har möjlighet att påverka säkerheten på sin arbetsplats (Ek, 2000).

5.3.3.3 Beteende vad gäller säkerhet

Hur man tänker och hur man handlar är två olika saker, till exempel huruvida man följer föreskrifter eller ej. Denna komponent handlar också om prioriteringar när det gäller säkerhet (Ek, 2000). Läggs pengar på andra saker än säkerhet, eller prioriteras det bort att anställa tillräckligt med personal, kan detta ta sig uttryck i att anställda tar genvägar och risker i sina arbetsuppgifter. Även felaktigt utformade arbetsrutiner kan leda till onödigt risktagande.

5.3.3.4 Lärande

Ingen organisation är perfekt från början. Det är viktigt att man är positivt inställd till förändringar och att man kan lära sig nya saker och ständigt förbättra sin verksamhet. Viktigt att poängtera är dock, att alla organisationer mer eller mindre lär sig (Granberg, 2003). Frågan är bara hur väl man tar tillvara på nyvunna lärdomar och använder dessa i organisationen. En organisation som gör detta på ett effektivt sätt kan då kallas för en lärande organisation. Det som utmärker en sådan lärande organisation är enligt David Skyrme Associates (2004) att den:

- är adaptiv gentemot den miljö den verkar i
- kontinuerligt förbättrar sin förmåga att förändras eller anpassas
- använder resultatet och det den lärt sig för att åstadkomma bättre resultat
- utvecklar kollektivt såväl som individuellt lärande.

För att utveckla detta kan man börja med att poängtera att omgivningen är föränderlig. Om organisationen eller företaget skall kunna överleva och upprätthålla

kvalité eller en viss säkerhetsnivå på sina varor och tjänster, är det därför viktigt att kunna anpassa sig efter de krav som ställs av omgivningen. Detta vare sig det gäller lagar och förordningar eller önskemål från kunder, men även för att klara sig konkurrensmässigt gentemot andra företag.

En bra källa till inlärning är felhandlingar, tillbud och även olyckor. Om en fungerande rapportering finns i organisationen kan dessa händelser analyseras och åtgärdas. Kanske är det utformningen i design, rutiner, arbetsförhållanden, föreskrifter m.m. som orsakar felet och därmed måste ändras. Men ibland räcker inte detta, utan man måste gräva djupare i problemen, ända ner i organisationens tänkande (se *single-loop learning* och *double-loop learning* nedan).

Att sprida den nyvunna kunskapen till alla inblandade är högst väsentligt, annars har organisationen ingen nytta av den. Istället för att ha incidentrapporter stående i överfyllda bokhyllor på ett kontor ska händelser och erfarenheter vidarebefordras till alla anställda. Detta kan ske genom regelbundna möten, via företagets nyhetsutskick eller via särskilda informationsblad, broschyrer eller tidningar.

Single-loop learning och double-loop learning

En teori angående lärande är Argyris, som skiljer på *single-loop learning* (SLL) och *double-loop learning* (DLL), (Koorneef, 2000; Argyris, & Schön, 1996). Om en avvikelse sker från förväntat eller eftersträvat resultat kan man lära från det och ändra sitt arbetssätt så att det blir rätt nästa gång. Nya rutiner används då av individen eller av arbetsgruppen. Med detta menas ett individuellt eller organisatoriskt SLL. Men nya avvikelser som faller utanför ramen av de förbättrade rutinerna kan ske, och då har åtgärden inte varit tillräcklig. Alltså löser SLL oftast bara de nuvarande, närvarande problem, och lärande sker inom organisationens ramar och kunskapsstrukturer. För individer är självfallet SLL en utmärkt metod, eftersom det inte går att förkasta nyttan av den läxa som man lär sig på att göra misstag.

Genom åtgärder högre upp i organisationen kan arbetsuppgifterna förändras så att problemet elimineras, och då tillämpas DLL. Detta innebär helt enkelt att man måste förändra organisationen i sig, dess tänkande, normer och värderingar. Det räcker alltså inte att bara utarbeta andra rutiner, som då kommer vara präglade av organisationens ramar. Vid DLL ändrar man istället organisationens hela tänkande och själva kunskapsstrukturerna för att förhindra att problemen uppkommer i framtiden.

Som exempel kan SLL och DLL jämföras med en termostat (Granberg, 2003). När luften exempelvis blir för kall runt om slår termostaten på värmen. På så sätt löses det närvarande problemet med kylan med en SLL. För att däremot lösa problemet med varför det är kallt (fönster och dörrar som alltid eller ofta lämnas öppna, dålig isolering) används DLL. Ett annat exempel är en svetsfirma. Svetsaren, eller en grupp svetsare, kan ändra sättet de svetsar på för att optimera resultatet, dvs. använda sig av SLL. Om förändringarna görs på en högre nivå, exempelvis om en konstruktör ändrar svetskonstruktionen, löses problemet på ett annat sätt och DLL används (Åkselsson, 2004).

För en schematisk bild av SLL och DLL, se figur 5.3 nedan.

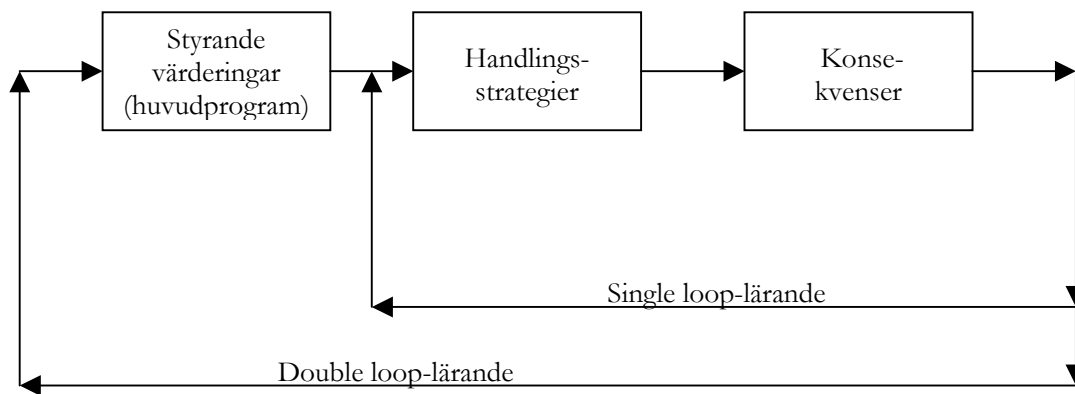


Fig. 5.3 Bild över SLL och DLL, efter Argyris. (Granberg, 2003)

5.3.3.5 Rapportering

Då det oftast är tillfälligheter, eller kalla det slumpen, som avgör om en felaktig handling utvecklas till en större olycka, är det viktigt att reducera dessa felaktiga handlingar. Görs felaktiga handlingar ofta av personal och anställda följer direkt att sannolikheten för tillbud eller olyckor ökar. Detta illustreras enligt Heinrich (Kjellén, 2000) i isbergsmodellen, se figur 5.4 nedan. Han menar att av 300 incidenter resulterar approximativt 1 i en stor olycka med betydande skada, 29 resulterar i små olyckor med mindre skador och resten i inga skador alls. Resultatet har erhållits från ett medelvärde över olika industrier och olika typer av incidenter. De särdeles precisa värdena visar mest på sannolikhetsproportionerna vid en jämförelse.

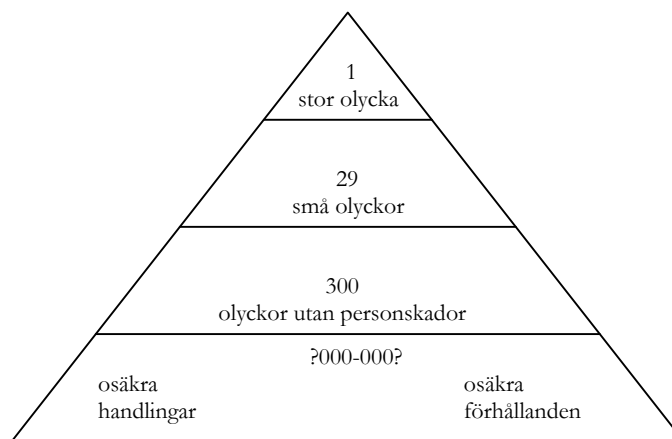


Fig. 5.4 Isbergsmodellen efter Heinrich. (Kjellén, 2000)

För att kunna ta tillvara på kunskaper och lära sig någonting av felhandlingar och därmed kunna minska dessa till antalet, och följaktligen minska även antalet tillbud och olyckor, är det viktigt att det finns en fungerande rapportering så att bristerna kommer fram i ljuset. Felhandlingar och tillbud är således att betrakta som gratislektioner. Först då en fungerande rapportering kommit till stånd kan man analysera felhandlingarna och därmed vidta åtgärder.

Problemet med att få en väl fungerande rapporteringskultur till stånd är att folk inte gärna erkänner sina misstag. Misstänksamhet spelar också in, eftersom man är rädd

för att ställa till det för sig själv eller sina kollegor. Inte heller, kan folk tycka, är det lönt att rapportera om man känner att ledningen ändå inte gör något åt problemet. Som Reason skriver, finns det alltså en rad anledningar till att undvika rapportering; skepticism, extraarbete, en vilja att förtränga att fel begåtts överhuvudtaget samt misstänksamhet och rädsla för att bli straffad.

Exempel från rapporteringskulturen hos NASA och British Airways

Trots de problem som nämnts ovan går det att få igång en fungerande rapporterande kultur. En sådan kultur finns både hos NASA och British Airways (Reason, 1998). Även inom flygvapnet, där höga säkerhetskrav är av yttersta vikt, har man varit framgångsrika med rapporteringen och rapporteringskulturen är väl utvecklad (Hagström, 2004).

Rapporteringscheman som NASA och British Airways håller sig med har till viss del varit banbrytande enligt Reason (1998) och är tillämpliga på många ställen. Studerar man dessa kan man få ut fem viktiga faktorer som bestämmer både kvantiteten och kvalitén på rapporterna:

- Tillförsäkran om strafffrihet mot disciplinära åtgärder så länge detta är praktiskt möjligt.
- Anonymitet eller återidentifiering.
- Åtskillnad mellan den eller de som har till uppgift att samla och analysera rapporterna och de med auktoritet att utföra disciplinära åtgärder eller utdöma sanktioner.
- Snabb, användbar, tillgänglig och klar feedback.
- Lätthet att rapportera rent praktiskt.

De tre första punkterna handlar om tillit. Finns inte denna kommer man inte att få in särskilt många rapporter. Att bygga upp denna tillit kan ibland vara en tålmodskrävande process. I början kan anställda vara tveksamma, men så småningom, när de väl märker att de kan lita på organisationen, kommer rapporteringen att flyta.

På NASA (2004) har ett system utarbetats för att skydda rapporterande piloter från disciplinära åtgärder, vilket har visat sig vara framgångsrikt. Varken civila straff eller suspending sker om bland annat följande kriterier uppfylls:

- Skadan var oavsiktlig.
- Skadan var ej av kriminell natur, skadan berodde på en olycka eller på bristande kvalifikationer eller kompetens hos personalen.
- Personen bevisar att en komplett skriven rapport levererats inom 10 dagar efter skadans uppkomst.

Anonymiteten hos den rapporterande är viktig att respektera. Det finns dock en del fördelar med att ha ett system där återidentifiering är möjlig, enligt O'Leary och Chappell (Reason, 1998). Fördelarna är att rapportanalytiker kan kontakta rapportören för att lösa vissa frågor som uppkommit under analysens gång och att det är lättare att ta rapporterna på allvar. Dessutom kan det också vara svårt att garantera total anonymitet på mindre företag. Använder man sig av ett system med återidentifiering, är det dock viktigt att alla inblandade är medvetna om detta. För att underlätta rapporteringen har NASA utarbetat särskilda checklistor. Checklistorna är utformade på olika sätt beroende på vem som ska fylla i dem,

exempelvis för piloter och flygplatspersonal, trafikkontrollanter, mekaniker och kabinpersonal. I slutet av checklistan finns blanka sidor för en ytterligare förklaring av incidenten. För exempel på checklista för mekaniker, se bilaga 5. (NASA, 2004)

5.3.3.6 Rättvisa

Mänskliga fel är naturliga, och ofta kan det vara latenta förhållanden som ligger till grund för att felet begås (Reason, 1998). Är organisationen för hård och straffar anställda ofta för de mänskliga felet, kan detta bidra till att anställda aktar sig mer noggrant för att göra fel och färre fel begås. Detta leder dock också till att färre rapporterar om misstag begås, och då kan organisationen förlora många tillfällen till gratis erfarenheter. Är organisationen istället för snäll kan detta leda till att fler fel begås, men i sin tur fås fler rapporter in. Det finns en fin balans mellan att vara en rättvis organisation och en vek som låter allting gå an, och det är viktigt att kunna skilja på olika sorters handlingar. Gränsen mellan att vara en för hård eller en för snäll organisation kan vara svår att hitta. (Akselsson, 2004)

5.3.3.7 Kommunikation

Det gäller att skapa goda rutiner med avseende på kommunikationen i ett företag (Ek, 2000). Alla skall vara väl införstådda med hur kommunikationssystemet fungerar. Informationen skall komma i rätt tid och vara lättförståelig. Informationen skall även kunna spridas mellan olika nivåer i en organisation, vilket är av yttersta vikt, och då bli förstådd. Ledningen skall inte bara vara någon högt stående, onåbar enhet.

5.3.3.8 Flexibilitet

Att ha en flexibel organisation innebär att man kan anpassa sig effektivt efter behov. Mycket byråkratiska och hierarkiska organisationer med klara uppgifter i leden kan ha problem med detta, och Reason nämner att sådana i hög grad är beroende av standardiserad manövrering vilket ur flexibilitetssynpunkt är förkastligt (Reason, 1998). Det kända uttrycket ”Två huvuden tänker bättre än ett” är av intresse här. Om det finns alltför starka hierarkiska positioner i en organisation så är det möjligt att de som står ”lägre i rang” inte vågar komma till tals i kritiska situationer, när det finns överordnade i närheten. Överordnade behöver inte heller i alla lägen ha mer erfarenhet eller kompetens.

5.3.3.9 Arbetsförhållanden

Hur en person trivs på sin arbetsplats är en avgörande faktor för hur man presterar. Grundläggande faktorer såsom arbetstider, stimulans, stress, klimat, fysisk utformning av arbetsplatsen, tillräcklig träning i utförande av arbete och säkerhetsrutiner, arbetsfördelning och personalstorlek, sociala faktorer m.m. påverkar hur man uppfattar och trivs med sitt arbete.

6 Utformning av ett säkert system

Vid olyckor visar det sig ofta att den mänskliga faktorn varit orsaken. Ibland fallerar tekniken, men eftersom det är människor som utformar, tillverkar och underhåller tekniken så kan man även vid dessa olyckor härleda orsaken till den mänskliga faktorn. Genom att utforma system på ett bra sätt kan många olyckor undvikas. Även organisationen kring systemet är viktig. Detta för att vid fel eller olyckor kunna förbättra systemet. Även där olyckor varit nära att inträffa är det viktigt att agera för att undvika att en olycka inträffar nästa gång.

Om tester och riskanalyser görs innan systemet tillverkas kan man spara tid och i slutändan pengar. Genom att göra tester och riskanalyser, och använda resultaten, kan man undvika att olyckor händer i verkligheten som kanske skulle resulterat i ekonomiska förluster, skador på miljön, personskador eller dödsfall.

Nedan beskrivs en metodik för att utforma ett säkert system. I och med att SkyCab är i utvecklingsstadiet är denna metodik lämplig då den behandlar olika sätt att identifiera och hantera risker och problem under just utvecklingsprocessen.

6.1 En metodik för att utforma ett säkert system

För att utforma ett system på ett säkert sätt kan man använda en arbetsgång som presenteras i Food and Drug Administrations (FDA) skrift *Medical Device Use-safety* (FDA, 2000), se figur 6.1. Denna arbetsgång kan användas för olika områden i SkyCab-systemet som t.ex. vagnen, kontrollrummet osv.

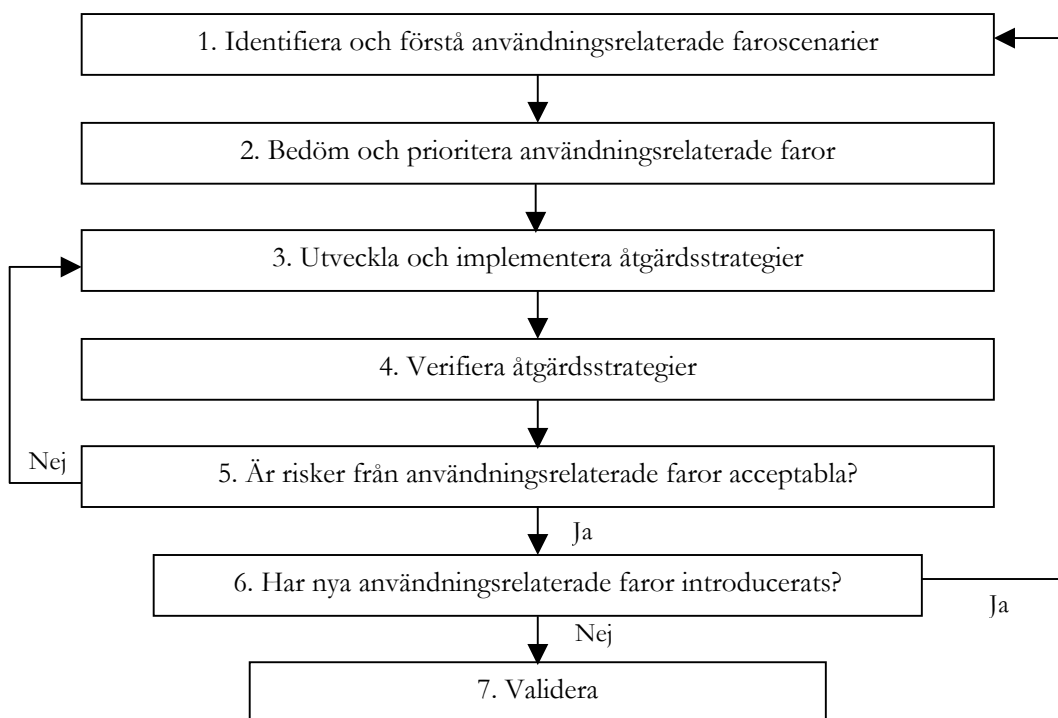


Fig. 6.1 Arbetsgång för att utforma ett säkert system. (FDA, 2000)

6.1.1 Steg 1. Identifiera och förstå användningsrelaterade faroscenarier

För att identifiera och förstå de användningsrelaterade faroscenarierna kan man använda sig av analytiska och/eller empiriska metoder eller analyser. Några olika sådana metoder beskrivs nedan.

6.1.1.1 Analytiska metoder

Dessa analyser grundar sig på hur den förväntade användningen av föremålet kommer att se ut samt hur liknande föremål fungerar och riskerna med dessa. Analytiska metoder är lämpliga för att tidigt i utvecklingen identifiera användarrelaterade faror. Dessa faror kan vara faror som inträffar med låg frekvens, faror som är för farliga att utföras med riktiga användare samt faror som är för svåra att simulera. Nedan beskrivs några analytiska metoder.

Uppgiftsanalys (task analys)

I uppgiftsanalysen bryter man systematiskt ner användarprocessen i mindre steg eller uppgifter och analyserar varje steg för sig. För varje steg eller uppgift skall fem fundamentala frågor ställas och utredas:

1. Finns det några användarrelaterade scenarier som innebär möjlig fara?
2. Hur kan de uppkomma?
3. Hur troliga är de?
4. Vad är de möjliga konsekvenserna av dem?
5. Hur kan man förebygga dem?

(FDA, 2000)

I uppgiftsanalysen får svaren i följande steg inte bli samma, se figur 6.2. Ett steg får heller inte vara för stort så att man finner flera faror i ett steg. Då får man bryta ner det i mindre bitar.

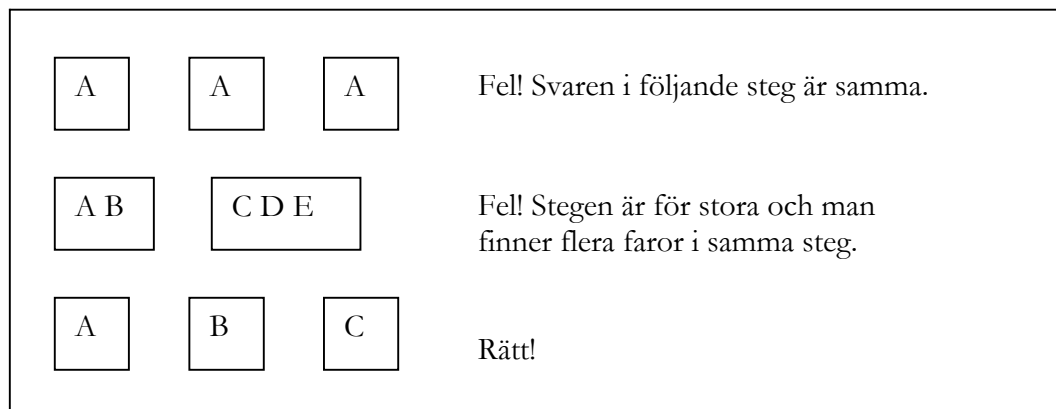


Fig. 6.2 Beskrivning av uppdelning av faror i uppgiftsanalys.

Heuristiska analyser

Vid heuristiska analyser använder man sig av guidelines, dvs. generella principer och tumregler.

Ett exempel på detta är Nielsen och Molich's nio guidelines/heuristics för gränssnittsutformning (Lewis & Rieman, 1994):

1. Enkel och naturlig dialog
Enkel innebär att gränssnittet inte visar någon irrelevant eller sällan använd information. Naturlig betyder att språket överrensstämmer med en god mental modell hos användaren.
2. Använda användarens språk
Använd användarens språk och blanda inte in systemspecifika ingenjörstermer.
3. Minimera användarens behov av att komma ihåg
Tvinga inte användaren att komma ihåg saker mellan två olika handlingar. Lämna kvar informationen på skärmen så länge den behövs.
4. Var konsistent
Användaren skall kunna lära sig en handling i en del av systemet och sen kunna använda samma handling i en annan del av systemet och få ett liknande resultat.
5. Ge feedback/återkoppling
Låt användaren få veta vilken effekt deras handling har på systemet dvs. varje handling skall ge information om den utförts korrekt och gett resultat.
6. Se till så det finns tydliga utgångar
Om användaren kommer in i en del av systemet som inte intresserar dem, skall det alltid finnas möjlighet att snabbt komma ut, utan att skada något.
7. Ge möjlighet till genvägar
Genvägar kan hjälpa den erfarna användaren att undvika långa dialoger och informationsmeddelanden som de inte behöver.
8. Ge bra felmeddelanden
Bra felmeddelanden talar om för användaren vad problemet är och hur man åtgärdar det.
9. Förhindra att fel görs
Varje gång du formulerar ett felmeddelande fråga dig om inte felet kan undvikas.

Resultaten av heuristiska analyser är begränsade eftersom utvärderarna inte representerar riktiga användare, scenarierna inte är omfattande eller uttömmande och omgivningen eller miljön inte är som den systemet kommer att användas i senare. (FDA, 2000)

Expertbedömningar

I en expertbedömning använder en eller flera experter sig av checklistor eller guidelines. Hur bra bedömningen blir beror bland annat på expertens kunskap och hans eller hennes förmåga att förutsäga hur föremålet eller systemet kommer att användas av användaren.

6.1.1.2 Empiriska metoder

För att förstå de användarrelaterade farorna krävs, enligt *Medical Device Use-safety*, att man har en korrekt och komplett bild av hur systemet kommer att användas. Många faror kan förutses genom analytiska metoder och genom jämförelser med liknande system. Människans oförutsägbara beteende och komplexiteten av föremålet/systemet gör dock att vissa scenarier är svåra att förutspå med bara analytiska metoder. Då kan tester med användare göras under riktiga eller simulerade förhållanden.

Vissa förhållanden kan göra att resultaten från de empiriska analyserna med användare inte blir tillförlitliga, som till exempel

- Användaren kan vara partisk t.ex. p.g.a. att han eller hon är sponsrad av tillverkaren.

- Användaren representerar inte den tänkta populationen användare. De är ofta mer kvalificerade, motiverade och informerade än den tänkta användaren.
- Personal som samlar in försöksdatan hjälper medvetet eller omedvetet användaren.
- Användaren har fått utbildning mer nyligen och/eller mer omfattande utbildning än vad som är rimligt för den riktiga användaren.

Några kriterier för att användningsstudier skall ge bra resultat är att testanvändarna representerar de tänkta användarna, att miljön testen genomförs i liknar den riktiga miljön samt givetvis att testet genomförs på ett bra sätt. Personer som är med i utvecklingen av produkten skall inte vara med i användartester då deras kunskaper om produkten påverkar deras sätt att använda den. Om de tänkta användarna har några speciella begränsningar bör en del av testet ligga i att utreda hur dessa begränsningar påverkar användningen av produkten. Om till exempel den tänkta användaren har begränsad hörsel och produkten har ett akustiskt alarm bör det utredas huruvida användaren hör larmet eller ej.

Testdeltagarna kan, trots försök att göra testerna så realistiska som möjligt, vara orealistiskt bra utbildade, vara mer kapabla samt försiktigare än riktiga användare. Dessutom försöker folk som blir iakttagna ofta att prestera bättre, ”göra sitt bästa”. Ett annat problem vid tester är att produkten sällan används tillräckligt länge för att hitta lågfrekventa problem.

Användbarhetstester (usability testing)

Den största fördelen med användbarhetstester är att produktanvändningen är realistisk och att resultatet är mer representativt än de som erhålls genom analytiska metoder.

I användbarhetstestet samlar man systematiskt in information från testanvändarna då produkten används i en realistisk miljö. Informationen erhålls genom feedback från användaren, manuella och automatiska mätningar av testanvändarens prestationer samt genom observationer. Feedbacken från användaren innehåller svårigheter man stött på, bra och dåliga aspekter på produktutformningen, synpunkter på den logiska utformningen samt förslag till förbättringar. Användarens feedback är viktig då denna kan berätta om svårigheter och nära missar man stött på under testet som inte registrerats eller observerats på annat sätt. (FDA, 2002)

Användbarhetstesten kan genomföras på en mängd olika sätt men de skall enligt *Medical Device Use-safety* innehålla följande:

- Ett övergripande mål att förbättra användbarheten samt en säker och effektiv användning.
- Testdeltagarna skall representera de tänkta användarna.
- Testdeltagarna skall utföra riktiga uppgifter, särskilt sådana som medför att en säker och effektiv användning kan uppnås.
- Fokus på användarscenarier med hög risk.
- Testpersonal som observerar och spelar in viktiga saker som testpersonerna gör och säger.

- Data insamlat för att stödja identifieringen av potentiella användarrelaterade faror samt utvecklingen av specifika rekommendationer för att hantera farorna.

Genomgång med användare (walk through)

Detta test är inte lika tidsödande och formellt som ett användbarhetstest. En användare eller en liten grupp användare går igenom användarprocessen för produkten. Under genomgången utfrågas användaren och får ge feedback angående de problem man stöter på.

Denna metod kan ge värdefull information men begränsas av att den saknar realism. Metoden är mest användbar i tidiga tester samt för att utveckla och utvärdera användbarhetstester.

6.1.2 Steg 2. Att bedöma och prioritera de användningsrelaterade farorna

Här används resultaten från de analytiska och empiriska analyserna för att besluta hur riskerna skall kontrolleras (FDA, 2000). Här kan man ta hjälp av olika personer med kunskaper inom olika områden. Sådana personer kan vara:

- Domänexperter
- Expertanvändare
- Ingenjörer inblandade i design- och användarutformningen
- Människa, teknik och organisationsexperter eller användarspecialister

Annan viktig information för bedömningen av farorna är information om liknande produkter, och deras användarrelaterade risker (sannolikheter och konsekvenser). Genom att studera dessa kan man få en uppfattning om vilka risker som är aktuella för det egna systemet.

6.1.3 Steg 3. Utveckla och implementera åtgärdsstrategier

Genom att identifiera och åtgärda användarrelaterade faror tidigt i utformningsprocessen sparar man både tid och pengar (FDA, 2000). Det effektivaste sättet att åtgärda användarrelaterade faror är att förbättra utformningen av användargränssnittet. Gränssnittet skall genom sitt utseende, på ett för användaren intuitivt sätt, förmedla det korrekta sättet produkten skall användas. Genom att utföra gränssnittet på detta sätt minskar eller eliminerar man behovet av instruktioner, märkning och träning.

För att mildra och kontrollera riskerna med användarrelaterade faror presenteras nedan en lista i turordning med åtgärdsstrategier:

1. **Modifiera produktutformningen så att faran minskar eller reducera dess konsekvenser.** Genom att se till att gränssnittet är intuitivt och viktig information kommuniceras till användaren kan man minska sannolikheten för, eller eliminera, vissa användarrelaterade faror. Om faran inte kan elimineras skall man mildra konsekvenserna av den.
2. **Gör användargränssnittet feltolerant.** När användaren kan göra misstag, som att trycka på en närliggande tangent på tangentbordet, skall inga faror

kunna uppstå. Olika säkerhetsmekanismer används för att göra systemet tolerant mot fel som görs.

3. **Uppmärksamma användaren på faran.** Om man varken genom utformningen eller säkerhetsmekanismer kan eliminera den användarrelaterade faran eller mildra dess konsekvenser skall systemet upptäcka faran och varna användaren.
4. **Utveckla skrivna instruktioner och träning för ett säkert användande av produkten.** Där det är omöjligt att eliminera faran med någon av de tidigare strategierna, eller med andra strategier, skall skrivna instruktioner, utökad märkning och träning för säkert användande användas.

Instruktioner, märkning och träning kan påverka användaren att använda produkten på ett säkert sätt och är viktiga aspekter för ett säkert användande. Men då dessa strategier är beroende av att användaren alltid använder produkten på rätt sätt är det effektivare att modifiera gränssnittet än att använda sig av strategierna. Man skall därför inte fokusera på instruktioner, märkning och träning. Ofta är en kombination av de olika strategierna som beskrivits ovan den bästa lösningen. Oavsett vilken eller vilka strategier som används skall efterföljande tester göras för att kontrollera att den användarrelaterade faran blivit eliminerad.

6.1.4 Steg 4. Verifikation av åtgärdsstrategier

Verifikationen bekräftar att de speciella funktionella kraven som ställts på användargränssnittet har blivit tillgodosedda. Om t.ex. en produkt skall användas av äldre människor med normal till medelmåttig hörsel, skall ett krav vara att försäkra sig om att produktens akustiska alarm kan ställas in så att alla användarna kan höra det. Verifikationen skall innehålla tester för att försäkra sig om att produktens volymkontroll för alarmer (eller andra funktioner) har gjorts korrekt. (FDA, 2000)

6.1.5 Steg 5. Är risker från användningsrelaterade faror acceptabla?

I detta steg kan det finnas lagar som styr vilka krav produkten måste uppfylla. Vad produkten skall uppfylla kan även anges av standarder, riktlinjer och rekommendationer. För exemplet ovan med det akustiska alarmer, kan ljudstyrka och frekvens vara saker som kan finnas i en standard för den specifika produkten.

Tillverkaren kan även ha en högre målsättning än vad grundkraven kräver. Då måste denna högre säkerhetsnivå uppfyllas. Detta kan ju vara ett säljargument. Ett exempel är Volvo som marknadsför sina bilar för deras höga säkerhet.

6.1.6 Steg 6. Har nya användningsrelaterade faror introducerats

Genom att man genomför en förändring av produkten kan nya faror uppstå. Bedömer man att nya faror kan ha introducerats får man gå tillbaka till steg 1. Om man behöver gå tillbaka till steg 1 torde i viss mån bero på produktens komplexitet. Är produkten komplex måste man kanske gå igenom alla stegen igen för att kunna upptäcka de nya farorna.

6.1.7 Steg 7. Validera

Valideringen fastställer att produkten möter kraven och behoven hos den tänkta användaren. Genom användbarhetstester kan man direkt validera gränssnittet. För valideringen är det särskilt viktigt att använda en färdigproducerad version av produkten, representativa användare, riktig eller simulerad användarmiljö samt att se på alla aspekter av den tänkta användningen. Om småskaliga iterativa tester av gränssnittet gjorts under utvecklingen av produkten behöver inte den slutliga valideringen bli så omfattande. Någon slags test av hela systemet under realistiska förhållande med representativa användare är dock nödvändigt.

6.2 Gränssnitt teknik - människa

Precis som att olyckor kan hänföras till den mänskliga faktorn kan orsakerna till misstag och felhandlingar finnas i dålig utformning av gränssnittet. Man skulle kunna gå så långt som att säga att det ofta är designerns och inte användarens fel när misstag görs.

När en ny teknologi kommer med nya designers görs ofta samma misstag som gjorts tidigare igen (Norman, 2002). För att detta inte skall inträffa måste designern vara lyhörd. En arkitekt lär ha sagt, när kunden klagade över att taket läckte vatten på hans middagsgäster, att kunden skulle flytta stolarna istället. Detta är ett bra exempel på hur en designer inte skall jobba. Att ta till sig av kritiken istället för att försvara sin design är nödvändigt för en god slutprodukt.

6.2.1 Systemegenskaper för god gränssnittsutformning

Nedan beskrivs några av de egenskaper som är viktiga att ta hänsyn till för att skapa ett bra gränssnitt mellan tekniken och användaren:

6.2.1.1 Affordance

Affordance är hur väl föremålet förmedlar information om hur det skall användas. Om till exempel en dörr är utformad så att den inbjuder till att man drar i den, men man i själva verket skall trycka på den för att den skall öppnas, då har dörren en vilseledande affordance, se figur 6.3.



Fig. 6.3 Exempel på dålig design. Dörren öppnas bortåt men handtaget uppmanar användaren att dra dörren mot sig.

Även olika typer av material samt dess utformning kan ha olika affordance. Glas inbjuder till exempel att titta igenom och att slå sönder, medan plana och släta ytor inbjuder till att skriva på. (Norman, 2002)

6.2.1.2 Mapping

Mapping är hur väl kontroller och informationsvisare genom sin placering, utformning och rörelse speglar vad som händer. Om du t.ex. vill svänga din bil åt höger så vrider du ratten medurs. Om du har en rad med lampor så placeras kontrollerna med fördel så att reglagen motsvarar lampornas ordning. Funktionen skall även stämma överens med stereotyper hos användaren. Exempelvis så skruvar de flesta nog i en skruv medurs, något som blinkar betyder troligtvis att det skall uppmärksammas, om det lyser rött är kanske något fel osv. Det är att notera att stereotyper kan vara kulturellt betingade.

6.2.1.3 Feedback

Feedback innebär att användaren får information om vad den utförda handlingen givit för resultat. Om man trycker på fjärrkontrollen till TV:n för att byta kanal och kanalen ändras får man ju direkt feedback av handlingen. Man bör känna, höra eller se när man t.ex. trycker ner en knapp och snabbt få feedback om vad nedtryckningen gav för resultat.

6.2.1.4 Synlighet

Grunden för en bra *synlighet* är att endast det som behöver vara synligt skall vara det. Det som användaren inte behöver se skall således ej vara synligt. Vanligt är att gränssnittet innehåller för mycket information vilket kan vara förvirrande för användaren. Den omvända situationen förekommer också, då för lite information visas, t.ex. om samma instrument eller kontroll används till flera olika funktioner och detta inte framgår direkt.

Synligheten kan öka genom att enbart visa rätt information och inte mer, samt genom t.ex. gruppering, färger, ikoner och text.

6.2.1.5 Konceptuell modell (Conceptual model)

När vi ser ett föremål skapar vi oss en *konceptuell modell* av hur föremålet fungerar. Ledtrådarna till hur föremålet fungerar får vi bl.a. genom affordance och mapping. En sax har en tydlig konceptuell modell. Man stoppar in fingrarna i hålen och bladen rör sig om man rör fingrarna. Hur man ställer in tiden på en digital klocka är däremot svårare att lista ut, man får inte samma ledtrådar som hos saxen.

En bra konceptuell modell ger oss möjlighet att förutspå resultatet av våra handlingar. Förstår vi hur föremålet är uppbyggt och hur det fungerar kan vi också förutspå resultatet av våra handlingar. Vet vi däremot inte hur föremålet fungerar och när vi använder det bara följer instruktioner, kan vi heller inte hantera problem som uppstår med föremålet. Vi vet då inte vilka resultat våra handlingar får eftersom vi inte har en klar konceptuell modell av hur föremålet fungerar.

Om den konceptuella modellen som anges av designern är felaktig och inte stämmer överens med verkligheten kan den istället göra mer skada än nytta.

6.2.2 Exempel på god gränssnittsutformning

Nedan beskrivs några exempel på hur ett bra gränssnitt kan utformas med hjälp av egenskaperna som nyss beskrivits:

- Undvik att samma kontroll har flera funktioner. Dels blir det svårare att komma ihåg hur kontrollen fungerar, dels blir märkningen av den svårare. Misstag kan inträffa då man tror att man använder kontrollen på det ena sättet men använder kontrollens andra funktion.
- Undvik att viktiga kontroller som sitter bredvid varandra har likadan utformning. Utforma kontrollerna olika, gärna med association till funktionen den styr. Om den t.ex. styr bromsarna på ett hjul kan kontrollen vara utformad som ett hjul, osv. Situationer kan annars uppstå då rätt handling utförs men fel kontroll används.
- Vid utformning av larm är det viktigt att det går att urskilja vilket av larmen som är det viktigaste i de fall flera larm utlöses samtidigt. Vid dessa tillfällen är det också viktigt att rätt information visas. Vid Gottröraolyckan (flygolycka) gavs för mycket information vilket gav informationsöverbelastning och svårigheter att hitta den mest relevanta informationen (Mårtensson, 1995). Dåliga larmsystem medförde att piloterna inte kunde få fram vilket larm som var viktigast.

6.3 Automationsironier

Många systemutvecklare betraktar människor som otillförlitliga och ineffektiva och vill därför ersätta dem med automatik. Kring detta finns vissa ironier. Tre av dem beskrivs nedan (Bainbridge, 1983):

- Ironi 1: Systemutvecklarna bidrar i hög grad till olyckor och incidenter.
- Ironi 2: Samma systemutvecklare som försöker eliminera människan i arbete överlåter till operatör att klara av de uppgifter som utvecklaren inte klarar av att automatisera.

- Ironi 3: Ju mer tillförlitlig en process är desto färre tillfällen till träning erbjuds och desto svårare blir de uppgifter som blir kvar till operatören.

6.4 *Inherent safety*

Begreppet *inherent safety* är en säkerhetsfilosofi som främst används inom kemisk processindustri. Tankesättet är dock tillämplbart i fler sammanhang. *Inherent safety* kan översättas med genuin eller inneboende säkerhet. Konceptet kan i korta drag beskrivas som att man istället för att bygga upp säkerhetsbarriärer kring en fara, tar bort faran eller minskar den till en acceptabel nivå.

Ett utdrag från Räddningsverkets rapport *Inherent Safety* (Jacobsson, 2001) visar exempel på åtgärder som kan vidtas i den kemiska processindustrin, se nedan.

”Målet med att tillämpa ett *inherent safety*-koncept är att utforma processer och anläggningar på ett sådant sätt att de är tillräckligt säkra utan tillägg av en hel mängd underhållskrävande säkerhetsutrustning, genom att använda:

- begränsade mängder av farliga kemikalier (så att de inte gör så mycket om de läcker ut t.ex.)
- ”harmlösa” kemikalier istället för farliga
- sådana betingelser att kemikalierna är ”ofarliga” (t.ex. lågt tryck och låg temperatur eller utspädda med ett ofarligt medium)”

Detta tankesätt kan man även använda vid annan typ av riskhantering. I systemet SkyCab skulle man kunna tänka sig att man applicerar tankesättet. Nedan ges några exempel på situationer som skulle tänkas uppkomma som man kan hantera genom att använda *inherent safety*-konceptet.

- Vid batteriladdning av vissa typer av batterier avges vätgas vilket kan ge upphov till explosioner. Istället för att bygga säkerhetsbarriärer som t.ex. ventilation för att explosiv miljö inte kan uppstå, explosionssäker utrustning, m.m., kan man enligt *inherent safety*-konceptet kanske överväga en annan typ av batteri som inte avger explosiv gas vid laddning.
- Om man har olika hastigheter på olika bansträckor har man kanske dimensionerat den delen som skall tåla de lägre farternas klenare (billigare) än de som skall tåla de högre hastigheterna. För att reglera att vagnen inte kör för fort på den ”långsamma” delen finns troligen vissa säkerhetssystem och barriärer som skall förhindra detta. Istället för att bygga olika barriärer som skall förhindra att vagnen förolyckas om den kör för snabbt på den ”långsamma” delen, kan man dimensionera alla sträckor för den högsta möjliga hastigheten.

7 Erfarenheter från andra spårbundna transportsystem

Fyra studiebesök har gjorts för att öka författarnas kunskaper om andra spårbundna transportsystem samt riskerna i dessa. Genom att ta del av andras erfarenheter angående säkerhet och risker i olika transportssystem kan kunskaperna tillämpas på systemet SkyCab. Studiebesöken har också till viss del legat till grund för riskidentifieringen.

Studiebesök har gjorts på Banverkets ledningscentral i Malmö (2004-08-11), den förarlösa Metron i Köpenhamn (2004-09-20), tunnelbanan i Stockholm (2004-10-04) och Ørestadsselskabet i Köpenhamn (2004-11-11). De fyra studiebesöken har valts för att de är de system som i den geografiska närheten är de som har störst likheter SkyCab. Därmed borde också riskbilden hos de besökta systemen vara den som liknar SkyCabs mest.

Nedan följer en sammanfattning av intervjuerna. Intervjuerna finns i sin helhet i bilaga 1-4. Eftersom SkyCab är ett utvecklingsprojekt har valet gjorts att inte sortera bort fakta som i dagsläget måhända inte rör SkyCab. Denna information kan komma till nytta i framtiden ändå, antingen som tips och tankeställare eller ifall planerna för systemet SkyCab ändras.

7.1 Banverkets ledningscentral i Malmö

7.1.1 Lärdomar från studiebesök och intervju med Rickard Andersson, vid Banverkets ledningscentral i Malmö

- Alla samtal från operatörerna i ledningscentralen spelas in och datapanelerna loggas så att man i efterhand vid en eventuell olycka kan utreda händelsen.
- Ibland slår gröna signaler om till rött p.g.a. exempelvis datafel eller fel i reläställverk. Signaler slår dock aldrig om till grönt från rött vid fel, eftersom en signal i felläge alltid blir röd.
- Det finns ett varningssystem, COMBAS, som är kopplat till bl.a. SOS. Systemet är också kopplat till vindmätare som varnar för höga vindar och begränsar tågens hastigheter.
- Olika varningssystem finns på tågen som t.ex. varmgångmätare i lager, tjuvbromsblocksmätare och på banan över Öresundsbron finns urspårningsindikering.

7.2 Metron i Köpenhamn

7.2.1 Lärdomar från Metrons hemsida (www.m.dk/sikkerhed)

- Brandsläckarna är försedda med kännare som larmar kontrollcentret om de avlägsnas från sin plats. I kontrollcentret kan man registrera var brandsläckaren avlägsnats.
- Alla viktiga delar i säkerhetssystemet är dubblerade.
- Det finns en detaljerad beredskapsplan som innehåller:
 1. Metrons uppbyggnad och drift

2. Beredskapens sammansättning och ansvarsfördelning
 3. Detaljerade procedurer, planer och beskrivningar, beroende på olyckans karaktär
 4. Procedurer vid alarmering
 5. Sammansättning av utryckningsstyrkor eller räddningsstyrkor vid olika typer av olyckor
- Beredskapsplan, manskap och material testas regelbundet vid fullskaliga övningar.
 - Nödhammaren kan inte användas utan att passageraren använder nödbromsen. Denna lösning är vald för att förhindra att nödhamrarna stjåls.

7.2.2 Lärdomar från studiebesök och intervju med metrosteward Jan Olesen, Metroservice, Köpenhamn

- Stewardar cirkulerar runt i systemet och hjälper folk, plockar ur skräp och tidningar ur vagnarna (minskar brandbelastningen och brandrisken). Utbildningen tar ett år och är omfattande. Olika tester hålls med täta intervaller för att försäkra sig om stewardarnas kompetens.
- Organisatoriska problem förekommer då de som äger tågen och de som kör tågen inte är samma företag eller organisation.
- När vagns- och skyddsörrarna stängs lyser en lampa och en varningssignal ljuder.
- Bromssträckan för vagnen beräknas av en dator som tar hänsyn till faktorer som last samt väderleksförhållande (friktion).
- Underhållet är dels behovsstyrt, dels intervallstyrt.
- Vid stationerna över mark finns ett system, ODS (*Obstacle Detection System*) med fotoceller som detekterar främmande föremål på spåret. Vid en sådan händelse ger systemet ett stoppkommando till tåget.
- Framför hjulen finns ”bumprar” som reagerar när tåget kör på föremål runt 40-50 kg och då nödbromsar tåget. Denna funktion finns för att skydda tåget vid påkörning av föremål.
- Då man drar i nödbromsen på stationsområdet stannar tåget här. Drar man i nödbromsen ute på banan under färd saktar tåget farten och kör till närmaste station.
- Örrarna kan endast nödöppnas om farten på tåget är lägre än 0,3 km/h.
- På dörrarna till tåget sitter klämskydd. Om dessa aktiveras tre gånger i följd förblir dörrarna öppna och tåget avgår ej. En steward kallas då in för att kontrollera vad som är fel innan tåget kan köra igen.
- Vid ett tågstopp bryts strömmen på den aktuella sträckan.
- Då tåget nödbromsas släpps sand ner på spåret från behållare framför hjulen för att öka friktionen och minska bromssträckan.
- Tågen är utrustade med branddetektorer och tre handbrandsläckare per tågset.
- Vid en eventuell brand eller annan nödsituation fattar trafikledningen beslut om vad som skall göras.
- Spårväxlarna är uppvärmda för att kunna fungera vid kyla.
- För redundans i strömförsörjningen tas strömmen från flera olika leverantörer och ledningar. Backup-batterier finns i tågen; dessa försörjer dock enbart belysning, datorer och informationssystem

- På de underjordiska stationerna finns glasdörrar som hindrar personer från att ta sig ut på spåret. Skulle tåget av någon anledning stanna så att vagnsdörren inte är mitt för en dörr i glasväggen finns det möjlighet att nödöppna glasväggen. Detta finns markerat på glasväggen, se figur 12.1 nedan.



Fig. 12.1 Skyddsväggens nödöppningsfunktion syns genom vagnens fönster.

7.2.3 Lärdomar från intervju med Gunni S. Frederiksen, Ørestadsselskabet, Köpenhamn

- Vid kontrakt med entreprenörer bör avtalen vara direkta och utan mellanhänder, dvs. om ett företag anlitas för att utföra en tjänst skall företaget i sin tur inte kunna lägga ut tjänsten på entreprenad. Då riskeras att kommunikationen försämras och krav som ställs på tjänsten försvinner i kedjan.
- Eftersom så få olyckor sker är det svårt att lära sig av erfarenheter. (Förf. anm. Därför är det i denna typ av system [Metron, senare även SkyCab] viktigt att arbeta proaktivt.)
- I alla tåg finns det videoövervakning. Filmen som spelas in kan i efterhand vid behov spelas upp. Direktöverföring har provats, men p.g.a. den låga överföringshastigheten (1 bild/sek.) samt den för närvarande höga kostnaden för tekniken, har det inte installerats.
- På stationerna finns TV-övervakning med direktöverföring till ledningscentralen.
- Problem med vandalism finns bl.a. i form av att det kastas sten från perrongerna mot tågens rutor. Detta är inget säkerhetsproblem eftersom rutorna har dubbelt glas med plastfilm. Det kostar dock pengar att byta dem.

- En prioriteringslista finns där de olika tekniska systemen har fått olika prioritet.
- En arbetsgrupp (*Certificate Control Board*) träffas regelbundet och arbetar med säkerheten.
- Den högsta accepterade risknivån för Metron redovisas med s.k. F-N-kurvor (Kurvor som redovisas i ett särskilt diagram med axlarna Frequency - Number, se bilaga 4).
- Alla säkerhetsmässiga händelser rapporteras till Trafikstyrelsen.
- Man arbetar efter ett flertal olika standards. Några av dessa är:
 - EN-50126 - EU-standard som behandlar LCA (livscykelanalys)
 - EN-50128 och 50129 - EU-standard som behandlar elektroniska system och signalanläggningar
 - NFPA-130 - Brandnorm
 - BOStrab regulation - tysk standard som behandlar övergripande riktlinjer för närtrafik
- VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen) guidelines – Tyska standarder som behandlar tekniska normer (Frederiksen & Haspel, 1997)

7.3 SL i Stockholm

7.3.1 Lärdomar från studiebesök och intervju, med Thomas Fransson, ingenjör, SL Infrateknik AB

- Trafikledarnas arbete är säkerhetsklassat och prov hålls varje år.
- Vid en eventuell utrymning är det trafikledaren som tar beslut om detta. Vid sådana tillfällen skickas även personal till platsen.
- Manuellt talade meddelanden om utrymning av stationer har fungerat bättre än förinspelade meddelanden. Detta på grund av att de manuellt talade meddelandena är situationsanpassade och innehåller mer specifik information om vad som hänt.
- Att lägga ut uppgifter till entreprenörer behöver inte vara något problem om ansvarsfördelningen är tydlig, dock förlorar man kontrollen och kan inte själv prioritera vad som bör göras.
- Vid olyckor och tillbud sker rapportering och uppföljning.
- Den största säkerhetsrisken är resenärerna själva genom att de tar sig ner på spåret av olika anledningar och blir påkörda. Andra risker är exempelvis att personer placerar betongblock på spåret.
- Förr när det fanns brandsläckare på tågen slungades dessa ut genom fönstren. Därför finns nu bara brandsläckare inne hos föraren.
- Vandalism och klotter är vanligt. Sanering av klotter kostar årligen 200-300 miljoner kronor.
- Vanligaste brandorsaken är anlagda bränder i papperskorgar. Näst vanligaste brandorsaken är att resenärer kastar fimpar som antänder skräp och kablar. En annan vanlig brandorsak är brand i motor och elkablar som orsakas av ljusbågar i glappkontakter.
- Materialet i vagnarna är svårantändligt.
- TV-övervakning används på en del stationer för att undvika vandalism

- För att komma tillrätta med problemet med spårbedräde har olika tekniker provats, såsom fotoceller, laserteknik och radar. Fotoceller har fungerat dåligt och givit många falsklarm medan laserteknik och radar fungerat bättre.
- För att komma tillrätta med snö på banan skottas växlarna på vintern. Dessutom är de utrustade med elektrisk uppvärmning. Det finns även en speciell snöblåsningsmaskin som kan blåsa banan ren från snö.
- Underkylt regn kan orsaka att strömavtagaren inte får kontakt med strömskenan eftersom ett isskikt bildas mellan dessa. Värmekabel används på utsatta ställen för att eliminera problemet.

7.3.2 Lärdomar från studiebesök och intervju med Johan Hedenfalk, säkerhetschef och Christer Lindeman, säkerhetsingenjör, Koncernstab Säkerhet, AB Storstockholms Lokaltrafik

- På nyare tåg finns krav på brandtekniskt avskiljande parti mellan underrede och passagerarutrymme.
- Bränder kan uppkomma i växellådor som innehåller ett antal liter olja. Farligare är dock kabelbränder som kan orsaka större skador.
- Cirka 4-6 personer blir årligen påkörda av tåget när de är nere på spåret för att t.ex. urinera.
- Olyckor rapporteras i stor utsträckning och information om händelserna placeras i en databas.
- Att lägga ut uppgifter på entreprenad är inget problem, eftersom organisationen även tidigare var indelad i olika områden. Problem som dock förekommit är att entreprenören vid entreprenörsbyte tagit med sig dokumentation.
- Vid underhåll är det viktigt att ha en god disciplin. Det går exempelvis bra för stunden att byta delar mellan tåg, men efter ett tag tappar man greppet över vad man gjort och underhållet blir ostrukturerat. Det är även av stor vikt att en och samma mekaniker går igenom hela tåget så att underhållet optimeras. Det är då lättare att hålla reda på vad som utförts.
- Det är viktigt att personalen i driftledningscentralen har god kännedom om hur banan ser ut. *(Förf. anm. Detta för att kunna fatta bättre beslut i olika situationer.)*
- Strömmatningen vid likriktarstationer kan slås ut vid åskväder.
- Motorbränder är en vanlig brandsorsak i tunnelbanan. Det är därför viktigt med bra materialval samt att brandtekniskt avskilja motorutrymme från passagerarutrymme.
- Val av kablar är också viktigt ur brandsynpunkt, likaså genomföringar mellan motor- och passagerarutrymme.
- En risk som finns är urspårning p.g.a. hjulhaveri eller axelbrott.

8 Allmän beskrivning av riskhanteringsprocessen

Nedan ges en allmän beskrivning av riskhanteringsprocessen. Beskrivningen knyter i viss mån även an till SkyCab.

8.1 Riskhanteringsprocessen

Riskhanteringsprocessen består av tre steg/delar: riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se figur 8.1 nedan. Precis som namnet antyder är riskhanteringsprocessen just en process. Att bara gå igenom de tre stegen en gång räcker inte utan som pilarna i figur 8.1 visar är det en kontinuerlig process. En kontinuerlig process är nödvändig därför att verksamheter sällan är statiska. Förhållanden inom och utom verksamheten förändras och därmed också riskerna. Nya metoder eller fakta som tidigare inte funnits kan också bli tillgängliga och därmed kan det bli nödvändigt att ompröva gamla kriterier och tidigare beslut med avseende på risker.

Nedan beskrivs de tre begreppen riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll mer ingående.

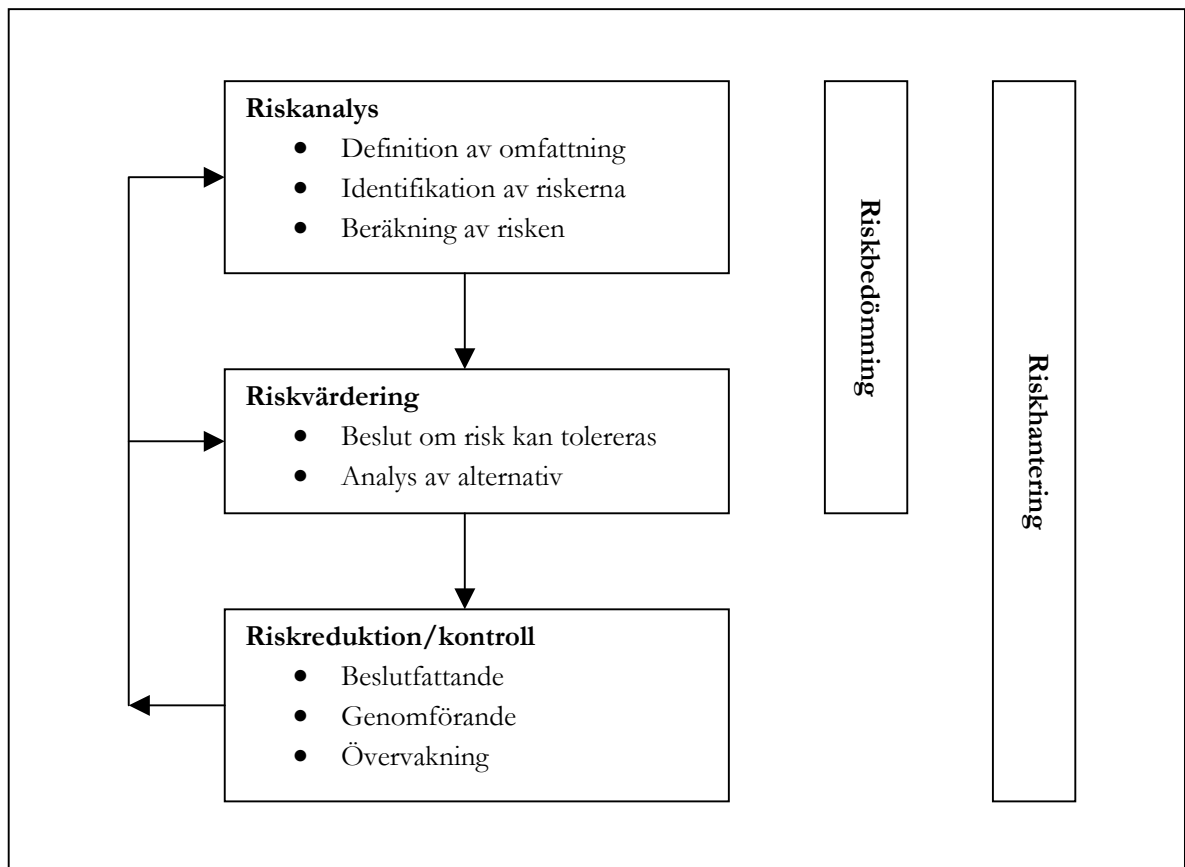


Fig. 8.1 Riskhanteringsprocessen enligt IEC (1995).

8.2 Riskanalys

Riskanalysens syfte är att på ett systematiskt sätt identifiera faror och skadehändelser samt bedöma riskerna med dessa. Risk brukar i dessa sammanhang betraktas som en sammanvägning av sannolikheten för en oönskad händelse och dess konsekvens. Man brukar skilja på kvalitativa och kvantitativa riskanalysmetoder.

Kvalitativa riskanalysmetoder används främst för att identifiera risker. Vid bedömning av riskerna vid en kvalitativ riskanalys har man ofta inte tillgång till några sannolikheter. Riskbedömningen blir därmed en subjektiv bedömning av personen eller personerna som utför riskanalysen, där konsekvenserna kan vara kända men sannolikheten för skadehändelsen måste uppskattas. Bedömningen kan därmed bli ganska grov och osäker. Risker kan t.ex. redovisas i skala från 1-5 eller liten, medel, stor osv. Exempel på kvalitativa riskanalysmetoder är AFD (Kaplan, et al, 1999), Grovanalys, What-if-analys, HAZOP (Hazard and Operability Studies), checklistor (Kemikontoret, 2001) och Scenarioanalys (System Safety Society, 1997).

Kvantitativa riskanalyser är analyser där risken beräknas numeriskt. Frekvenser för skadehändelser tas fram t.ex. genom statistik och/eller expertbedömningar. På så sätt kan man genom olika riskanalysmetoder få fram kvantitativa riskbedömningar. Osäkerheten i dessa bedömningarna är knutna till osäkerheten i det material man använt för att bedöma frekvensen för skadehändelserna. Ett bra statistiskt material kan exempelvis ge ett resultat med relativt liten osäkerhet medan expertanalyser som bygger på subjektiva bedömningar kan ge resultat med större osäkerhet. Exempel på kvantitativa riskanalysmetoder är QRA (Quantitative Risk Analysis), felträdsanalys och händelseträdsanalys (Kemikontoret, 2001).

Innan riskanalysen görs måste omfattningen av den bestämmas, d.v.s. vilka avgränsningar som skall göras samt vilka mål som skall uppnås med hjälp av riskanalysen (Davidsson, 2003).

8.3 Riskvärdering

SkyCabs mål är att alla risker skall elimineras. I verkligheten är detta dock inte möjligt. För att lyckas med en sådan så kallad nollvision krävs allt för mycket tid och resurser för att detta skall vara lönsamt. Ju närmre man kommer noll olyckor, desto mer pengar måste läggas ned per eliminerad olycka på avancerade åtgärder. Ibland är inte heller åtgärderna önskvärda. Ett exempel kan vara från trafiken där man har en nollvision. Alla förstår att en maxfart på 20 km/h samt vadderade vägrenar hade gjort att olyckorna minskat drastiskt. Mycket få personer, om någon alls, är dock beredda att betala priset för detta, vare sig i pengar eller tid. Därför måste SkyCab besluta om vilka åtgärder som skall prioriteras för att reducera riskerna. En fördel med ett nytt system är att man från en början kan eliminera och reducera riskerna, om man är medveten om dem, till en lägre kostnad än om detta görs i efterhand.

Vid en värdering av riskerna, dvs. då beslut tas om vilka risker som kan tolereras, finns två huvudsakliga grunder (Torstensson & Wallin, 2001): frekvensreducerande (minskar sannolikheten för att en olycka ska inträffa) och konsekvensreducerande åtgärder (minskar konsekvenserna av en olycka, t.ex. antal omkomna eller skadade). Som exempel kan nämnas jordbävningar. Frekvensreducerande åtgärder för att minska antalet jordbävningar är omöjliga. Ser man däremot till antalet raserade byggnader, går det genom anpassad byggnadsteknik att minska frekvensen av raserade byggnader, dvs. vidta frekvensreducerande åtgärder. Detta kan även ses som en konsekvensåtgärd, då man minskar konsekvenserna av en jordbävning. En annan konsekvensåtgärd kan vara bilbälten. Dessa minskar inte frekvensen bilolyckor men däremot konsekvenserna av en sådan olycka.

En fördel med konsekvensreducerande åtgärder kan vara att man minskar konsekvensen för flertalet olika händelser, såsom vid en bilkrock. Krocken kan ha

flera orsaker, men bilbältet skyddar personen och reducerar konsekvensen av de flesta sorters krockar. Man kan alltså skilja på åtgärder som kostar lite men ger mycket, såsom bilbältes-exemplet, samt åtgärder som kostar mycket men som ger lite. Detta är viktigt att tänka på vid en värdering av vilka risker som skall åtgärdas. Överskattas en potentiell risk, finns en sannolikhet att för dyra åtgärder vidtas. Å andra sidan kan en risk underskattas och då läggs inte tillräckligt mycket pengar på att åtgärda denna risk.

Kostnad-nytta-analys kan användas vid värdering av risker. Detta innebär i korta drag att sambandet mellan kostnaden för en åtgärd och dess nytta, i form av minskning av en viss risk, jämförs. Förhållandet mellan kostnad och nytta är som störst då riskerna är som störst, och nyttan minskar sedan så småningom ju mindre risken är, se figur 8.2.

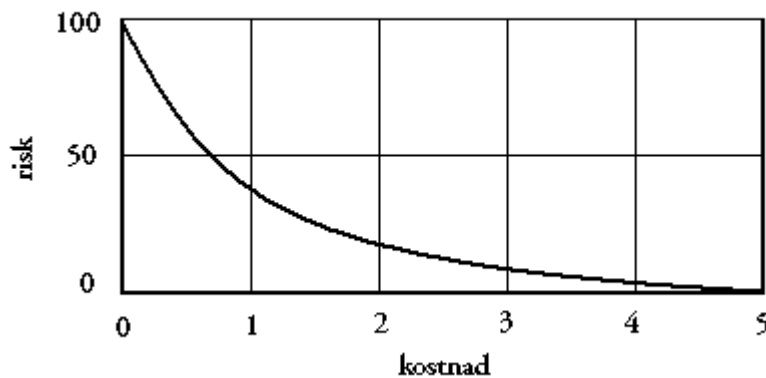


Fig. 8. 2 Kostnaden för att uppnå en viss ”nytta” (riskreducering) för olika risksannolikheter. (Torstensson & Wallin, 2001)

Vid kostnad-nytta-analyser identifieras möjliga säkerhetsåtgärder inklusive deras synergieffekter. Sedan bedöms kostnaden och den riskreducerande effekt som följer av varje åtgärd (eller åtgärds kombination). Efter detta identifieras de effektivaste åtgärderna.

8.4 Riskreduktion/kontroll

När de effektivaste åtgärderna är identifierade fattas beslut om vilka som skall genomföras (Davidsson, 2003). När åtgärderna är genomförda krävs övervakning och uppföljning för se att de vidtagna åtgärderna haft avsedd effekt. Kontroll bör även ske för att se om de vidtagna åtgärderna genererat några nya risker som inte förutspått tidigare.

9 Riskidentifiering av SkyCab

Som beskrivits i figur 8.1 så består en riskanalys av tre delar. Först görs en definition av riskanalysens omfattning, d.v.s. vilka avgränsningar som skall göras, samt målet med riskanalysen. Därefter görs en identifiering av riskerna. De identifierade riskerna bedöms sedan med avseende på sannolikhet och konsekvens. I denna rapport kommer endast de två första stegen att utföras och ingen bedömning av sannolikhet och konsekvens kommer att göras. Eftersom många av lösningarna i SkyCab inte är bestämda i detalj går det ofta inte att avgöra risken och därför har ingen bedömning av risken gjorts. Det skulle dessutom kunna göra mer skada än nytta att sätta ett mått på en risk som sen, när detaljlösningen är bestämd, kanske inte alls stämmer överens med den lösning som bedömningen av riskerna grundat sig på.

Resultatet av riskidentifieringen redovisas i kapitel 10 och 11.

9.1 Val av riskanalysmetod

Systemet SkyCab är idag på projektstadiet. Syftet med detta arbete är bland annat att identifiera riskerna i systemet. Ingen olycksstatistik har funnits tillgänglig för att kunna göra någon kvantitativ analys. Därför har enbart kvalitativa riskanalysmetoder använts för att finna riskerna i systemet. Två olika riskanalysmetoder har tillämpats varav den ena är uppgiftsanalys och den andra är scenarioanalys med inslag av What-if-analys och Anticipatory Failure Determination (AFD). De använda metoderna beskrivs nedan.

9.1.1 Uppgiftsanalys

För beskrivning av uppgiftsanalys, se avsnitt 6.1.1.1.

9.1.2 Scenarioanalys

Scenarioanalys är en metod som enklast kan beskrivas som ”brainstorming”. Spontana idéer som beskriver olyckor och vad som orsakar dem nedtecknas. Metoden är särskilt lämplig för nya system där det inte finns någon historisk olycksdata. Metoden begränsas av riskanalytikernas kreativitet och förmåga att hitta riskerna. Eftersom metoden bygger på spontanitet saknar den också struktur. (System Safety Society, 1997)

”*What-if-analys*” är också en slags ”brainstorm”-metod. Den utförs av en grupp erfarna personer som är väl förtrogna med processen eller systemet som skall analyseras. Metoden går till så att man ställer sig frågan ”What if...?”, eller på svenska; ”Vad händer om...?”. Genom denna frågeprocess identifierar man olycksscenarioer, deras konsekvenser, vilka skyddsåtgärder som redan finns samt vilka åtgärder man kan vidta. (System Safety Society, 1997) Metoden är ganska lik Scenarioanalysen och det som kommer att användas av What-if-analysen är främst sättet att ställa frågan ”Vad händer om...?”.

Anticipatory Failure Determination (AFD) är en relativt ny riskanalysmetod. AFD finns i två varianter som benämns AFD-1 och AFD-2. AFD-1 är reaktiv och appliceras då man vill hitta orsakerna till olyckor som redan har inträffat. AFD-2 är proaktiv och appliceras när man vill identifiera möjliga felhändelser som ännu inte inträffat (Kaplan, et al., 1999). För analysen av SkyCab kommer endast AFD-2 att användas.

Det som skiljer AFD från andra riskanalysmetoder är att synsättet på fel och olyckor ändras. Istället för att ställa sig frågan ”Vad kan gå fel?” som man gör i traditionella riskanalyser ställer AFD-2 frågan ”Om jag vill att något skall gå fel, hur kan jag göra det så effektivt som möjligt?”. Där man vid felanalys i vanliga fall frågar sig ”Hur inträffade detta felet?” ställer man sig vid AFD-2 frågan ”Om jag velat skapa detta fel, hur kan jag göra det?”. (Kaplan, et al., 1999)

Genom att ställa sig frågan hur man kan skapa ett feltillstånd, istället för att bara fråga sig vad som kan gå fel, minskas sannolikheten att vissa scenarier förnekas. En risk som annars finns är att man just förnekar vissa scenarier då man inte vill tänka på olyckor eller andra oönskade händelser.

AFD-2 kommer att användas i scenarioanalysen främst genom att använda tankesättet att angripa riskerna, att fråga sig ”hur kan detta problem skapas?”.

9.2 Beskrivning av tillvägagångssätt vid riskidentifieringen

Två analyser/ riskidentifieringar har gjorts, en uppgiftsanalys och en scenarioanalys (kapitel 10 och 11). Riskerna som tas upp är ett resultat av:

1. Egna resonemang
2. Litteraturstudier
3. Epost-kontakt med företrädare för liknande system och sakkunniga på området
4. Intervjuer och samtal med olika personer. Dessa personer är handledare, personer i SkyCab-projektet och intervjuade personer bl.a. i samband med gjorda studiebesök

Litteraturen som studerats och som riskidentifieringen till viss del baseras på är bl.a. rapporterna:

- *Risikhantering och räddningstjänst i spårtaxi* (SkyCab, 1994)
- *Hofors förstudie bilaga 2. Beskrivning och specifikation av en testanläggning*, (SkyCab, 2003)
- *Förslag till examensarbete vid LTH, riskingenjörer* (SkyCab, -)
- *Riskidentifiering i undermarksstationer – Ett förslag till arbetsmetodik* (Midholm & Widlind, 2003)
- Metrons hemsida (Metro, 2004)

För att inte samma risk skall räknas upp två gånger, en gång i uppgiftsanalysen och en gång i scenarioanalysen, har en uppdelning gjorts. Risker som uppstår i samband med att resenären utför någon handling finns med i uppgiftsanalysen. De risker som påverkar systemet utan inverkan av resenären tas upp i scenarioanalysen. Till exempel kan brand orsakad av resenär finnas med i uppgiftsanalysen, medan brand orsakad av tekniskt fel återfinns i scenarioanalysen.

9.2.1 Uppgiftsanalys

I uppgiftsanalysen har en resenär följts genom hela systemet, från det att han/hon kommer till en hållplats, köper biljett och går in i vagnen, till det att resan är genomförd och resenären lämnar hållplatsen.

En av fördelarna med uppgiftsanalysen är att användarprocessen delas in i små steg eller uppgifter. På så vis blir analysen mer strukturerad och det är lättare att finna alla riskerna. Detta eftersom man för varje steg enbart behöver fokusera på en sak, nämligen att finna riskerna i just detta steg. Riskerna inom varje steg har ingen inbördes rangordning.

Exempel på steg eller uppgifter är: insteg i vagn, stängning av vagns- och skyddsörrar osv.

9.2.2 Scenarioanalys

I scenarioanalysen har utgångspunkten varit brainstorming kring olika punkter som brand, elektricitet, klimat osv. Här har AFD-2 och What-if-analys varit tongivande. Frågor som ställts är t.ex. ”Vad händer om det brinner i motorn?” eller ”Hur skapar vi en brand i motorn?”. Den inbördes ordningen mellan de olika riskkategorierna i scenarioanalysen skall inte ses som någon rangordning eller gradering av riskerna. Inte heller ordningen av händelser inom varje riskkategori har någon inbördes gradering. Uppdelningen är gjord främst för att skapa struktur och översikt i riskidentifieringen.

9.3 Begränsningar i riskidentifieringen

I riskanalysen har förslag givits på åtgärder för att minska eller eliminera riskerna. Dessa förslag har inte beaktats med avseende på kostnad/nytta. Vissa förslag kan därför vara bättre än andra ur ett kostnad-nytta-perspektiv. Även andra, och bättre, lösningar på riskerna kan troligen ges av områdesexperter.

9.4 Avgränsningar

En viss bedömning av riskerna i analysen har gjorts och endast risker som bedömts som relevanta har tagits med. Med relevanta risker menas sådana risker som är så stora att de är värda att beaktas samt att SkyCab inom rimliga gränser kan påverka riskerna. Risker som att bli träffad av en meteorit eller att ett flygplan störtar på banan har därför inte tagits med. Även andra risker som inte är direkt förknippade med resande i SkyCab-systemet och som man löper lika stor risk att drabbas av i övriga samhället, har bortsetts från. Detta skulle exempelvis kunna vara utsläpp av giftig gas.

Riskanalysen är också avgränsad till att endast ta upp risker som kan tänkas finnas i Sverige. Om systemet tas i bruk i andra länder bör en ny riskanalys göras, eftersom riskbildningen troligen kommer att se annorlunda ut. Även platsspecifika risker bör studeras för varje enskilt SkyCab-system som byggs. Om ett SkyCab-system byggs i närheten av en flygplats bör banan t.ex. utformas så att den inte har en lång rak belyst sträckning. Banan kan då misstas av flygplanspiloter för att vara en landningsbana.

9.5 Osäkerheter

En av de största osäkerheterna med riskidentifieringen är att alla riskerna inte förutsätts. Dessutom är det tänkbart att det finns fler, andra och bättre åtgärder mot riskerna än de som föreslås i åtgärds- och scenarioanalysen.

En svårighet är även att systemet eller liknande system inte finns i dagsläget. Detta gör det svårt att helt sätta sig in i hur ett färdigt system skulle se ut och fungera. Vissa scenarier som inte kan förutses förrän systemet är mer utvecklat kan därför ha förbisetts.

10 Uppgiftsanalys

I detta kapitel redovisas uppgiftsanalysen av SkyCab. Analysen beskriver i tabellformat steg/uppgifter, orsaker/bidragande faktorer samt åtgärder med därtill hörande kommentarer.

Risikbild över ett automatiskt transportsystem

Punkt	Beskrivning av steg/uppgift	Händelse	Orsak/bidragande faktor	Åtgärd	Kommentar
1.a	Kommer in på hållplatsen och går upp för trappan	Rån/överfall/våldtäkt	<ul style="list-style-type: none"> - mörker - dåligt område (bad neighbourhood) - dålig insyn på hållplatsen 	<ul style="list-style-type: none"> - bra belysning - TV-övervakning - bra insyn 	
		Halkolycka	<ul style="list-style-type: none"> - snö och is - regn (gör underlaget halt) - underlag med låg friktion 	<ul style="list-style-type: none"> - snöröjning, saltning, sandning - god avrinning - underlag med god friktion även vid regn, t.ex. räfflat material - räcke (att hålla sig i) 	
		Fallolycka	<ul style="list-style-type: none"> - hissen ur funktion, äldre eller rörelsehindrade tvingas gå i trappan - låg kapacitet på hissen, äldre eller rörelsehindrade väljer trappan istället för att vänta på hissen - hissen i ofräscht skick (dålig lukt, urin m.m.), resenärerna väljer istället trappan - för brant/för snäv trappa (spiraltrappa) - trängsel/knuff - resenären missbedömer var trappan börjar och slutar - resenär påverkad av alkohol eller droger 	<ul style="list-style-type: none"> - hög tillförlitlighet på hissen, regelbunden service samt omedelbar service då hissen är ur funktion - hög hisskapacitet - rak trappa istället för spiraltrappa - god utformning av trappa (mått och dimensioner) - tillräckliga mått för att undvika trängsel - markera första och sista trappsteget (gulsvart tejp, avvikande färg eller liknande) - räcke (att hålla sig i) 	En rak trappa är säkrare ur utrymningssynpunkt än en spiraltrappa då den raka trappan har större kapacitet. Den raka trappan är även säkrare ur fallsäkerhetssynpunkt, då ena strömmen av människor vid dubbelriktad trafik i spiraltrappan, får den smala biten närmast trappans centrum, med större risk för fallolyckor.
1.b	Åker rulltrappa från markplan upp till på- och avstigningsplatsen	Rulltrappan nödstoppas vilket kan orsaka att resenärer faller och slår sig och om barnvagn medföres kan man tappa denna.	<ul style="list-style-type: none"> - tekniskt fel - någon nödstoppar rulltrappan för att busa/skoja 	<ul style="list-style-type: none"> - ingen bra åtgärd finns i nuläget, en låg hastighet och liten lutning på rulltrappan borde dock kunna minska sannolikheten för fallolyckor samt konsekvenserna av dessa 	
		Klämrisik mellan rulltrappa och sockel (fasta delen som löper längs med rulltrappan)	<ul style="list-style-type: none"> - band, skärp, rockar m.m. fastnar mellan sockel och rulltrappa - barn sitter ner och leker i rulltrappan och fastnar med exempelvis fingrar 	<ul style="list-style-type: none"> - borst längst med sidorna - rörlig sockel - information till föräldrar att inte låta barn leka i rulltrappan 	

Risikbild över ett automatisk transportsystem

Punkt	Beskrivning av steg/uppgift	Händelse	Orsak/bidragande faktor	Åtgärd	Kommentar
1.b (forts.)		Klämrisik/ ihakningsrisk mot fasta byggnadsdelar intill rulltrappan	- det finns byggnadsdelar längs med rulltrappan som möjliggör ihakning eller klämning	- utforma omgivningen längs med rulltrappan så att det inte är möjligt att klämma sig eller fastna	
		Rulltrappan startar när person går i en stillstående rulltrappa vilket medför fallrisk	- trampmatta som startar rulltrappan och bara reagerar för tunga personer men inte lätta, vilket kan medföra att personer finns i rulltrappan och inte är beredda på en start - personal som startar rulltrappan manuellt, observerar inte att det finns personer i rulltrappan	- undvik trampmattor - undvik automatiskt startande rulltrappor - rulltrappan skall kunna startas från en plats där hela rulltrappan är synlig - rutiner för kontroll av rulltrappa innan den startas - mjuk start	
		Steg lossnar och resenären faller ner i rulltrappans maskineri	- dåligt underhåll - dålig konstruktion	- regelbunden kontroll/underhåll - val av rulltrappa som håller hög standard	
		Resenär tappar balansen och trillar	- sjukdom - resenär påverkad av droger och alkohol - ingen särskild orsak	- ingen bra åtgärd finns i nuläget, en låg hastighet och liten lutning på rulltrappan borde dock kunna minska sannolikheten för fallolyckor samt konsekvenserna av dessa	
1.c	Åker hiss från markplan upp till på- och avstigningsplatsen	Klämrisik	- resenär fastnar mellan hissgolv eller hisstak och hissdörren som rör sig under färd (vid enkeldörr) - resenär fastnar med kläder i hissdörren - hundkoppel fastnar i hissdörren med hunden i hissen med risk för strypning av hunden	- dubbla dörrar så att inte innerdörren på hissen rör sig under färd - klämskydd på hissdörr - nödstopp	
		Stopp mellan två våningar	- tekniskt fel - personer i hissen hoppar i hissen - överlast	- larmknapp till räddningstjänst eller hissfirma	
2	Bruk av biljettautomat	Rån/överfall	- öppen hantering av pengar och kort - mörker - dåligt område (bad neighbourhood) - dålig insyn utifrån över biljettautomat	- bra belysning - TV-övervakning - bra insyn utifrån över biljettautomat - transparenta byggnadsmaterial	

Risikbild över ett automatiskt transportsystem

Punkt	Beskrivning av steg/uppgift	Händelse	Orsak/bidragande faktor	Åtgärd	Kommentar
3	Uppehålla sig på på- och avstigningsplatsen intill banan	Risk för att bli påkörd p.g.a. att man faller ner på banan eller medvetet går ut på banan	<ul style="list-style-type: none"> - knuff p.g.a. trängsel eller uppsåt - står för nära banan och faller - alkoholförtäring - självmordstankar - lek/oförstånd - synskada 	<ul style="list-style-type: none"> - tillräckligt rymliga på- och avstigningsplatser - avskärmning från banan med glasvägg med skjutdörrar som öppnas mot vagnen vid dess ankomst, dvs. skyddsvägg med skyddsdörrar - om inte skyddsdörrar används, ha sensorer på banan vid på- och avstigningsplatser som känner av om något beträder spåren (typ Metron Köpenhamn) - så låg hastighet så att man inte avlider om man blir på körd av en vagn - utforma på- och avstigningsplatserna, eventuella nödutrymningsvägar, m.m. så att man inte kan ta sig ut på banan - förse vagnarna med sensorer som känner av om det finns hinder framför på banan - vägledande markeringar på marken för synskadade 	<p>Hur klarar skyddsdörrarna klimatet på vintern med snö och is? Detta bör konstruktörerna tänka på så att skyddsdörrarna ej fallerar.</p> <p>Se även kap. 11.8.</p> <p>Anm: Efter denna punkt har det antagits att skyddsdörrar finns.</p>
		Risk för exempelvis synskadade att falla ner på spåret om skyddsdörrarna felaktigt står öppna	- tekniskt fel, skyddsdörrarna öppnas utan att en vagn ankommer	<ul style="list-style-type: none"> - regelbunden service - utformning av mekanismen till dörröppningen som minimerar risken för felöppning - förse vagnarna med sensorer som känner av om det finns hinder framför på banan - vägledande markeringar på marken för synskadade 	
		Brandrisk	<ul style="list-style-type: none"> - fimp i papperskorg på på- och avstigningsplats alt. anlagd brand eller fimp i skräphög/pappershög 	<ul style="list-style-type: none"> - rökförbud - branddetektor - ev. aktivt släcksystem - ev. brandsläckare - regelbunden städning och bortplockning av brännbart material som tidningar och dyl. - svårantändligt material i inredningen - goda utrymningsmöjligheter 	

Risikbild över ett automatisk transportsystem

Punkt	Beskrivning av steg/uppgift	Händelse	Orsak/bidragande faktor	Åtgärd	Kommentar
4	Dörrarna öppnas (vagnsdörr och skyddsörr)	Klämrisk	- dörrar öppnas automatiskt och resenären är ej förberedd på detta - resenärer lutar sig mot skyddsväggen i dörrrens öppningsväg (om dörrarna öppnas på resenärens sida av väggen) - resenärer som lutar sig mot skyddsörrarna (om dörrarna öppnas mot banan)	- ljudsignal innan dörrarna öppnas - klämskydd (känner av om något är i vägen för dörrrens öppning och avbryter öppningen) - skyddsörrarna konstrueras så att skjutfunktionen sker på insidan av skyddsväggen, mot banan	Dörrarna kan ha en avvikande färg så att synskadade kan hitta dem. Markeringar i marken är också lämpligt för att underlätta för den synskadade.
5	Insteg i vagnen	Fallrisk	- höjdskillnad mellan vagn och på- och avstigningsplats	- eliminera höjdskillnader och ha insteget till vagnen i nivå med på- och avstigningsplatsen	
		Risk att fastna med fot mellan vagn och på- och avstigningsplats	- glipa mellan vagn och på- och avstigningsplats	- minimera glipan mellan vagn och på- och avstigningsplats	
		Resenär kan slå huvudet i dörröppningen till vagnen	- dörröppningen är lägre än personen - synskada	- markera takkanten med ex. gulsvarv tejp/ avvikande färg - anpassa dörröppningens höjd - utforma översta delen av dörröppningen i "mjukt" material	Synskadade lär sig efter hand och iakttar troligtvis försiktighet i början.
		Vagn kör trots att dörrar är öppna samt utan att startorder givits vilket kan orsaka klämning mellan skyddsörr och vagn	- tekniskt fel, flera barriärer fallerar - fel på bromsarna	- regelbunden kontroll/underhåll - beakta detta i konstruktion av mekanismerna som berör problemet	
		Vagn bakifrån kör på vagn som resenär är på väg in i, vilket kan orsaka klämning mellan skyddsörr och vagn	- tekniskt fel, flera barriärer fallerar - fel på bromsarna	- regelbunden kontroll/underhåll - beakta detta i konstruktion av mekanismerna som berör problemet	

Risikbild över ett automatiskt transportsystem

Punkt	Beskrivning av steg/uppgift	Händelse	Orsak/bidragande faktor	Åtgärd	Kommentar
5 (forts.)		Risk för att rullstolsbunden person fastnar med de små framhjulen på rullstolen i glipan mellan vagnen och på- och avstigningsplatsen. Den rullstolsbundne kan då skada sig och/eller tvingas sitta kvar tills någon hjälper honom/henne loss. Kan dröja, beroende på trafikintensitet.	- höjdskillnad mellan vagn och på- och avstigningsplats vilket gör att den rullstolsbundna måste lyfta på framänden vilket kan göra att framhjulen ställer sig parallellt med glipan och fastnar i glipan - glipan är så stor att framhjulen kan åka ner och fastna	- eliminera höjdskillnaden mellan vagn och på- och avstigningsplats - göra glipan så liten att inte rullstolens hjul riskerar att åka ner - TV-övervakning av på- och avstigningsplats som kan göra så att en person som exempelvis fastnat får hjälp om det inte finns personer på på- och avstigningsplatsen	
		Annan person/resenär åker med trots att "huvudresenären" ej samtycker. Kan generera slagsmål, överfall och våldtäkt.	- få andra resenärer eller människor i närheten - dåligt område (bad neighbourhood)	- personal som cirkulerar i systemet, ev. vakter - TV-övervakning	Ingen riktigt bra lösning har hittats på problemet.
6	Stängning av vagn- och skyddsörrar	Klämrisk, klämning mellan vagns- eller skyddsörrar	- klämskyddet fungerar ej	- regelbunden kontroll/underhåll	Många klämskydd fungerar ej. Se avsnitt 12.7
		Risk för exempelvis synskadade att falla ner på spåret om skyddsörrarna ej stängs då vagn avgår	- tekniskt fel, skyddsörrarna stängs inte efter en vagn avgått	- regelbunden service - utformning av mekanismen till dörröppningen som minimerar risken för felöppning	

Risikbild över ett automatisk transportsystem

Punkt	Beskrivning av steg/uppgift	Händelse	Orsak/bidragande faktor	Åtgärd	Kommentar
7	Avfärd	Medsläpning i vagn med en del av kroppen utanför	- klämning i vagnsdörrar - startknapp trycks in av annan resenär - vagnen börjar automatiskt köra till en annan hållplats för att hämta upp resenärer	- skyddsörrar som extra skydd. Både vagns- och skyddsörrar måste vara stängda innan färd - lastkännare - när vagnen känner av en last kör denna ej automatiskt vidare. Starknapp måste då tryckas in. - möjlighet till nödstopp av vagnen, inifrån vagnen samt från på- och avstigningsplatsen - nödöppning av vagns- och skyddsörrar	
		Risk för att resenär/ resenärer faller ur vagnen under färd	- vagnen kör utan att vagnsdörren stängts - resenär nödöppnar vagnsdörren	- mekanism som hindrar vagnen från att köra om vagnsdörr är öppen - mekanism som gör att vagnsdörren endast kan öppnas om vagnen står still	En fara finns med att ha en mekanism som hindrar nödöppning då vagnen har fart. Mekanismen kan gå sönder och hindra en nödvändig nödöppning, även då vagnen står stilla.
		Skaderisk, fallrisk	- resenär inne i vagn men kläder/väskremmar kläms fast i både glas- och vagnsdörren och klämskyddet reagerar ej p.g.a. för tunt föremål	- startknapp måste tryckas in innan vagnen kan åka iväg - möjlighet till nödstopp av vagnen, inifrån vagnen samt från på- och avstigningsplatsen - nödöppning av vagns- och skyddsörrar	
		Risk för strypning av hund som befinner sig i vagn, hundförare utanför	- hundkoppel kläms fast i både glas- och vagnsdörren och klämskyddet reagerar ej p.g.a. för tunt föremål. Resenär i vagn trycker på startknapp	- möjlighet till nödstopp av vagnen, inifrån vagnen samt från på- och avstigningsplatsen - nödöppning av vagns- och skyddsörrar	
		Risk för strypning av hund som inte gått med in i vagnen	- hundföraren har hunnit in i vagnen men inte hunden - annan resenär i vagn trycker på startknapp	- möjlighet till nödstopp av vagnen, inifrån vagnen samt från på- och avstigningsplatsen - nödöppning av vagns- och skyddsörrar	
		Fallrisk p.g.a. stående resenär	- resenärer har ej hunnit sätta sig ner innan startknapp trycks in (av ev. annan resenär) - fler resenärer än sittplatser i vagnen, dvs. fler resenärer i vagnen än vad den är avsedd för	- långsam acceleration som varning - skylt som uppmanar resenärerna att alltid sitta vid färd samt att inte åka fler personer i vagnen än vad den är avsedd för, med en förklaring om varför (fallrisk).	Man accepterar lättare en regel om man förstår varför den finns.

Risikbild över ett automatiskt transportsystem

Punkt	Beskrivning av steg/uppgift	Händelse	Orsak/bidragande faktor	Åtgärd	Kommentar
		Överlast, skador på vagn och konstruktion	- för många personer i vagnen - för mycket tungt bagage	- lastkännare som hindrar avfärd vid överlast	
8	Färd	Akut sjukdom	- allergi p.g.a. partiklar i vagnen (från djur etc.) - epilepsi, hjärtrelaterade sjukdomar - andra sjukdomar	- förbud mot att medtaga djur i vagnarna, eller ha speciella vagnar avsedda för detta - möjlighet att avbryta resan och stanna vid närmaste hållplats - möjlighet att kontakta personal via nödtelefon	Risken att drabbas av sjukdom är oftast inte större här än ngn annanstans. Dock har man kanske mindre möjlighet att påverka sin situation.
		Brand	- rökning - lek med eld - uppsåt - närvaro av brännbart material som tidningar (t.ex. Metro), lättantändlig inredning	- förbjuda rökning - branddetektor - ev. aktivt släcksystem - ev. brandsläckare - regelbunden städning och bortplockning av brännbart material som tidningar och dyl. - svårantändligt material i inredningen - utrymningsmöjlighet från vagnen till säker plats	Hur utrymning och brand skall hanteras diskuteras i avsnitt. 12.1 och 12..2.
		Fallrisk	- resenär står upp i vagnen vid en inbromsning eller kurva	- uppmaning att ej stå upp vid färd med en motivering varför	Man accepterar lättare en regel om man förstår varför den finns.
		Rån/överfall/våldtäkt	- rån/överfall/våldtäkt inträffar då två eller flera resenärer delar vagn	- nödknapp som larmar driftcentralen - TV-övervakning - god insyn i vagnen - transparenta byggnadsmaterial	
		Risk att ramla ur vagnen	- vagndörrarna stängs ej p.g.a. tekniskt fel - nödöppning under färd - dörrarna öppnas p.g.a. av tekniskt fel	- sensor som känner av att dörrarna är stängda. Vagnen startar inte innan dess - nödöppning är inte möjlig förrän vagnen står still	En fara finns med att ha en mekanism som hindrar nödöppning då vagnen har fart. Mekanismen kan gå sönder och hindra en nödvändig nödöppning, även då vagnen står stilla.
9	Retardation	Fallrisk	- resenär/resenärer har ställt sig upp innan vagnen börjat bromsa eller står stilla	- uppmaning att inte ställa sig upp innan vagnen stannat, med förklaring varför	Man accepterar lättare en regel om man förstår varför den finns.

Risikbild över ett automatisk transportsystem

Punkt	Beskrivning av steg/uppgift	Händelse	Orsak/bidragande faktor	Åtgärd	Kommentar
10	Öppning av vagns- och skyddsörrar	Klämrisk	- vagnsdörren är utformad så att det är möjligt att klämma sig om dörrarna öppnas inåt	- utformning av vagnsdörren så att det inte är möjligt att klämma sig - klämskydd	
		Rån/överfall/våldtäkt vid på- och avstigningsplats	- hotfull stämning på på- och avstigningsplats, uppenbar risk för rån/överfall/våldtäkt	- möjlighet att fortsätta resan till annan på- och avstigningsplats utan att vagnsdörrarna öppnas	
11	Ursteg ur vagnen	Fallrisk	- höjdskillnad mellan vagn och på- och avstigningsplats	- eliminera höjdskillnader och ha insteget till vagnen i nivå med på- och avstigningsplatsen	
		Risk att fastna med fot mellan vagn och på- och avstigningsplats	- glipa mellan vagn och på- och avstigningsplats	- minimera glipan mellan vagn och på- och avstigningsplats	
		Resenär kan slå i huvudet i dörröppningen till vagnen	- dörröppningen är lägre än personen - synskada	- markera takkanten med ex. gulsvarv tejp, avvikande färg - anpassa dörröppningens höjd - utforma dörröppningen i ”mjukt” material	Synskadade lär sig efter hand, iakttar nog försiktighet i början.
		Vagn bakifrån kör på vagn som resenär är på väg ut ur, vilket kan orsaka klämning mellan skyddsörr och vagn	- tekniskt fel, flera barriärer fallerar - fel på bromsarna	- regelbunden kontroll/underhåll - beakta detta i konstruktion av mekanismerna som berör problemet	
12	Dörrarna stängs efter ursteg ur vagnen	Medsläpning p.g.a. klämning i vagnsdörr	- klämskyddet fungerar ej i vagnsdörr - klämning i vagnsdörrar - startknapp trycks in av annan resenär - vagnen börjar automatiskt köra till en annan hållplats för att hämta upp resenärer	- avskärmning från banan med glasvägg med skjutdörrar mot vagnarna, dvs. skyddsvägg med skyddsörrar. Både vagnsdörrarna och skyddsörrarna måste stängas för att vagnen ska få åka vidare - regelbundet underhåll - lastkännare. När vagnen känner av en last kör denna ej automatiskt vidare. Startknapp måste då tryckas in. - möjlighet till nödstopp av vagnen, inifrån vagnen samt från på- och avstigningsplatsen - nödöppning av vagns- och skyddsörrar	

Risikbild över ett automatiskt transportsystem

Punkt	Beskrivning av steg/uppgift	Händelse	Orsak/bidragande faktor	Åtgärd	Kommentar
12 (forts.)		Medsläpning av person eller hund på utsidan av vagnen p.g.a. klämning i både vagnsdörr och skyddsörr	<ul style="list-style-type: none"> - kläder/väskremmar/hundkoppel kläms fast i vagnsdörren och skyddsörren och klämskyddet reagerar ej p.g.a. för tunt föremål - vagnen åker automatiskt vidare för att hämta upp en annan resenär vid en annan på- och avstigningsplats 	<ul style="list-style-type: none"> - möjlighet till nödstopp av vagnen, inifrån vagnen samt från på- och avstigningsplatsen - nödöppning av vagns- och skyddsörrar 	Glasväggen och skjutörrarna skall vara tätt intill vagnen/banan Se avsnitt 12.8.
		Resenären kilas fast mellan vagn och på- och avstigningsplats och vagnen kör	<ul style="list-style-type: none"> - inget hindrar vagnen från att köra, om resenär fastnat på något sätt 	<ul style="list-style-type: none"> - skyddsörr tätt intill vagnen/banan som hindrar vagnen från att köra innan skyddsörren är stängd (och resenären tagit sig loss) 	
		Strykning av hund som inte hunnit gå ur vagnen innan dörrarna stängs	<ul style="list-style-type: none"> - hundkoppel kläms fast i vagnsdörren och skyddsörren och klämskyddet reagerar ej p.g.a. för tunt föremål - vagnen åker automatiskt vidare för att hämta upp en annan resenär vid en annan på- och avstigningsplats - annan resenär i vagnen trycker på startknapp 	<ul style="list-style-type: none"> - nödöppning av dörrarna både på på- och avstigningsplats och i vagn - möjlighet till nödstopp av vagnen, inifrån vagnen samt från på- och avstigningsplatsen - nödöppning av vagns- och skyddsörrar 	
13	Uppehålla sig på på- och avstigningsplatsen intill banan	Risk för att bli påkörd p.g.a. att man faller ner på banan eller medvetet går ut på banan	<ul style="list-style-type: none"> - knuff p.g.a. trängsel eller uppsåt - står för nära banan och faller - alkoholförtäring - självmordsförsök - lek/oförstånd - synskada 	<ul style="list-style-type: none"> - tillräckligt rymliga på- och avstigningsplatser - avskärmning från banan med glasvägg med skjutörrar som öppnas mot vagnen vid dess ankomst, dvs. skyddsvägg med skyddsörrar - om inte skyddsörrar används, ha sensorer på banan vid på- och avstigningsplatser som känner av om något beträder spåren (typ Metron Köpenhamn) - så låg hastighet så att man inte avlider om man blir på körd av en vagn - utforma på- och avstigningsplatserna, eventuella nödutrymningsvägar, m.m. så att man inte kan ta sig ut på banan - förse vagnarna med sensorer som känner av om det finns hinder framför på banan - vägledande markeringar på marken för synskadade 	Hur klarar skyddsörrarna klimatet på vintern med snö och is? Detta bör konstruktörerna tänka på så att skyddsörrarna ej fallerar.

Punkt	Beskrivning av steg/uppgift	Händelse	Orsak/bidragande faktor	Åtgärd	Kommentar
13 (forts)		Risk för ex. synskadade att falla ner på spåret om skyddsörrarna felaktigt står öppna	- tekniskt fel, skyddsörrarna öppnas utan att en vagn ankommer	- regelbunden service - utformning av mekanismen till dörröppningen som minimerar risken för felöppning - förse vagnarna med sensorer som känner av om det finns hinder framför på banan - vägledande markeringar på marken för synskadade	I denna händelse har det antagits att systemet är utrustat med skyddsörrar.
14.a	Lämnar på- och avstigningsplatsen via trappa till markplan	Halkolycka	- snö och is - regn (gör underlaget halt) - underlag med låg friktion	- snöröjning, saltning, sandning - god avrinning - underlag med god friktion även vid regn, ex. räfflat material - räcke (att hålla sig i)	
		Fallolycka	- hissen ur funktion, äldre eller rörelsehindrade tvingas gå i trappan - låg kapacitet på hissen, äldre eller rörelsehindrade väljer trappan istället för att vänta på hissen - hissen i ofräscht skick (dålig lukt, urin m.m.), resenärerna väljer istället trappan - för brant/för snäv trappa (spiraltrappa) - trängsel/knuff - resenären missbedömer var trappan börjar och slutar	- hög tillförlitlighet på hissen, regelbunden service samt omedelbar service då hissen är ur funktion - hög hisskapacitet - rak trappa istället för spiraltrappa - god utformning av trappa (mått och dimensioner) - tillräckliga mått för att undvika trängsel - markera första och sista trappsteget (gulsvart tejp, avvikande färg eller liknande) - räcke (att hålla sig i)	En rak trappa är säkrare ur utrymningssynpunkt än en spiraltrappa då den raka trappan har större kapacitet. Den raka trappan är även säkrare ur fallsäkerhetssynpunkt, då ena strömmen av människor vid dubbelriktad trafik i spiraltrappan, får den smala biten närmast trappans centrum, med större risk för fallolyckor.
14.b	Lämnar på- och avstigningsplatsen via rulltrappa till markplan	Rulltrappan nödstoppas vilket kan orsaka att resenärer faller och slår sig och om barnvagn medföres kan man tappa denna.	- tekniskt fel - någon nödstoppar rulltrappan för att busa/skoja	- ingen bra åtgärd finns i nuläget, en låg hastighet och liten lutning på rulltrappan borde dock kunna minska sannolikheten för ett fall samt konsekvenserna av det	

Risikbild över ett automatiskt transportsystem

Punkt	Beskrivning av steg/uppgift	Händelse	Orsak/bidragande faktor	Åtgärd	Kommentar
14.b (forts.)		Klämrisk mellan rulltrappa och sockel (fasta delen som löper längs med rulltrappan)	- band, skärp, rockar m.m. fastnar mellan sockel och rulltrappa - barn sitter ner och leker i rulltrappan, fastnar med exempelvis fingrar	- borst längst med sidorna - rörlig sockel - information till föräldrar att inte låta barn leka i rulltrappan	
		Klämrisk/ihakningsrisk mot fasta byggnadsdelar intill rulltrappan	- det finns byggnadsdelar längs med rulltrappan som möjliggör ihakning eller klämning	- utforma omgivningen längs med rulltrappan så att det inte är möjligt att klämma sig eller fastna	
		Rulltrappan startar när person går i en stillastående rulltrappa vilket medför fallrisk	- trampmatta som startar rulltrappan och bara reglerar för tunga personer men inte lätta, vilket kan medföra att personer finns i rulltrappan och inte är beredda på en start - personen som startar rulltrappan manuellt, observerar inte att det finns personer i rulltrappan	- undvika trampmattor - undvik automatiskt startande rulltrappor - rulltrappan skall kunna startas från en plats där hela rulltrappan är synlig - rutiner för kontroll av rulltrappa innan den startas	
		Steg lossnar och resenären faller ner i rulltrappans maskineri	- dåligt underhåll - dålig konstruktion	- regelbunden kontroll/underhåll - val av rulltrappa som håller hög standard	
14.c	Åker hiss från på- och avstigningsplats till markplan	Klämrisk	- resenär fastnar mellan hissgolv eller hisstak och hissdörren som rör sig under färd (vid enkeldörr) - resenär fastnar med kläder i hissdörren - hundkoppel fastnar i hissdörren med hunden i hissen med risk för strypning av hunden	- dubbla dörrar så att inte innerdörren på hissen rör sig under färd - klämskydd på hissdörr - nödstopp	
		Stopp mellan två våningar	- tekniskt fel - personer i hissen hoppar i hissen - överlast	- larmknapp till räddningstjänst eller hissfirmas	
15	Lämnar hållplatsen	Här har antagits att samma risker gäller utanför hållplatsen som för samhället i övrigt.			

11 Scenarioanalys

I detta kapitel redovisas scenarioanalysen i tabellformat. Tabellen redovisar riskkategorier, händelser och förslag på åtgärder. Riskkategorierna är följande:

Riskkategori:	Sidnr:
Klimat	76
Brand	79
Elektricitet	81
Fel i systemdelar	82
Vandalism, sabotage och terrorism	84
Yttre faktorer	85
Risker för tredje man	86
Risker vid banarbete	87
Själv mord	88
Risker för fel i tillverkningen av konstruktionen	89
Kemiska risker	90
Risker i samband med manuell körning	91
Risker i samband med nödlägen	92

Riskkategori: Klimat		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Kraftiga vindar (storm, orkan)	- vagn blåser ner från banan	- ingen trafik vid stark vind - anpassa konstruktionen så att vagnen ej kan falla ner från banan
	- glas på hållplatsen går sönder och skadar människor	-säkerhetsglas
	- byggnadsdelar från hållplats blåser ner på människor	- dimensionera på- och avstigningsplatsen så att den tål den kraftigaste förväntade vindstyrkan
	- partiklar och föremål hamnar, p.g.a. vinden, på banan och orsakar driftstopp eller skador på vagn	- ingen trafik vid stark vind - inspektion och ev. underhåll efter oväder - bumprar på vagnen som känner av om vagnen kör på något och nödbromsar vagnen, dels för att minimera skador på vagnen, dels för att minimera skadorna på det påkörda - sensorer på vagn eller bana som känner av om föremål finns banan. Om så är fallet nödstoppas vagnen, se avsnitt 12.12
	- vinden för med sig små partiklar som kan komma in på känsliga ställen och skada för säkerheten viktiga funktioner	- konstruktion som eliminerar problemet - underhåll/rengöring och inspektion
	- bankonstruktionen tål ej kraften av vinden och går av. Vagnar åker nerför brottet eller drabbas på annat sätt	- ingen trafik vid stark vind - dimensionering av banan så att den tål den kraftigaste förväntade vindstyrkan - inspektion av banan efter kraftiga oväder - nödstoppssystem som stoppar vagnarna om det uppstår brott eller kraftiga sprickor i banan (systemet för att detektera sprickor och brott kanske kan bestå av slingor i en sluten krets och bryts denna krets aktiveras nödstoppssystemfunktionen)
	- bankonstruktionen tål ej kraften av vinden och spricker, vagn kilas fast eller drabbas på annat sätt	- ingen trafik vid stark vind - dimensionering av banan så att den tål den kraftigaste förväntade vindstyrkan - inspektion av banan efter kraftiga oväder - nödstoppssystem som stoppar vagnarna om det uppstår brott eller kraftiga sprickor i banan (systemet för att detektera sprickor och brott kanske kan bestå av slingor i en sluten krets och bryts denna krets aktiveras nödstoppssystemfunktionen)
	- bankonstruktionen tål ej kraften av vinden och spricker, detta kan leda till att ledningarna för styrsystemet av vagnarna går av	- ingen trafik vid stark vind - inspektion av banan efter kraftiga oväder - nödstoppssystem som stoppar vagnarna om styrsystemet slutar fungera
	- plåtarna som täcker den inkapslade banan blåser bort, eller ur sin position. Detta kan leda till att vagn kilas fast eller faller ner. Även personer i närheten kan förolyckas av de nedblåsta plåtarna	- utforma plåtarna så att de inte kan lossna p.g.a. vind

Risikbild över ett automatiskt transportsystem

Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Fuktig luft/närhet till hav (salt)	- korrosion, försämring av hållfasthet i material, ökad korrosionshastighet p.g.a. salt	- materialval som minimerar risken för korrosion - underhåll och kontroll
Kraftigt solsken/stark värme	- deformationer i bankonstruktion	- materialval så att inte deformationerna blir så stora - utformning av banan så att den tål förväntade deformationer
Stark kyla	- issprängning	- utformning av konstruktionen så att detta inte kan inträffa t.ex. avrinning av vatten m.m.
	- deformationer i bankonstruktion	- utformning av banan så att den tål förväntade deformationer - materialval så att inte deformationerna blir så stora
	- isbildning på/i vitala delar i vagn t.ex. bromsar m.m.	- placering och konstruktion av de vitala delarna så att isbildning undviks - avisning - elektrisk uppvärmning av de vitala delarna
	- isbildning innanför banan i t.ex. växlar	- elektrisk uppvärmning av banan - mekanisk avisning och plogning
	- materialet blir sprött	- elektrisk uppvärmning av banan - materialval som tål de förväntade temperaturerna
	- isbildning på banan. Isbitar kan falla ner och skada människor och egendom	- elektrisk uppvärmning av banan - underhåll och bortplockning av farlig isbildning vid behov
Snö	- snö samlas på banan i sådana mängder att vagnarna inte kan ta sig fram och eller att vagnen kommer ur sitt ordinarie läge på banan	- ingen trafik vid kraftiga snöfall - speciella plogvagnar - utformning av banan så att snö inte kan ansamlas utan faller av direkt, t.ex. genom att inte ha några plana ytor utan bara glatta lutande ytor
	- snö och is som plogas ner från banan eller på annat sätt faller ner från banan, skadar människor och/eller egendom	- ta bort grundproblemet och se till så att snö och is inte ansamlas
Is	- banan blir så hal att inte vagnen kan bromsa. Om banan lutar utför förstärks effekten. Detta kan medföra att en vagn inte kan stanna och kör in i framförvarande vagn	- friktionsoberoende bromssystem - isröjning - sänkt hastighet vid risk för is - deformationszon på vagn
Regn	- vattenplaning med risk för att bromssträckan blir längre och risk för att kollidera med framförvarande vagn	- utformning av banan så att vatten inte samlas utan rinner av direkt - sänkt hastighet vid regn - deformationszon på vagn
	- vatten och fukt tränger in på känsliga ställen och skadar vitala delar t.ex. elektronik, motor och batteri.	- konstruktion som hindrar att fukt kan tränga in - ventilation av dessa utrymmen så att fukt kan vädras ut - underhåll/inspektion
Hagel	- hagel samlas på banan och hindrar vagnarna från att ta sig fram	- utformning av banan så att hagel inte kan ansamlas på banan

Risikbild över ett automatiskt transportsystem

Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Höst - löv	- banan blir hal och bromssträckan blir längre med risk för att kollidera med framförvarande vagn	- speciella vagnar som kan sopa undan löven. Dessa vagnar borde kunna kombineras att även fungera som snöröjningsfordon och för annat underhåll av banan - deformationszon på vagn
	- banan blir hal och accelerationssträckan blir längre med risk för påkörning av annan vagn bakifrån	- speciella vagnar som kan sopa undan löven - deformationszon på vagn
Åskväder	- blixtnedslår i vagn och eller strömskena vilket kan utgöra en fara för resenärerna	- utforma vagnen som "farradays bur" (se avsnitt 12.7)
	- blixtnedslår på hållplats	- ha åskledare på hållplatserna
	- blixtnedslår i strömmatarstationer med strömavbrott som följd	- jordade byggnader - skydda komponenter i strömmatarstationerna enligt standardförfarande
	- blixtnedslår då resenären befinner sig med en fot i vagnen och en på på- och avstigningsplatsen	- jorda både vagn och på- och avstigningsplats då resenärer går ut eller in i vagn
Jordbävning	- bankonstruktion	- i Sverige borde inte jordbävning utgöra någon större risk, se diskussion (kapitel 11.6)
Översvämning	- bankonstruktion och hållplatser klarar ej trycket.	- ingen trafik vid tecken på överhängande fara för översvämning - inspektion efter översvämning innan systemet tas i drift

Risikategori: Brand		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Lek eller slarv med eld i vagn	- inredning antänds med brand och rökutveckling som följd. Sliten sätesklädsel kan orsaka att stoppning antänds lättare	- flamskyddsbehandlad inredning - rökdetektor i vagn - nödknapp i vagnen som larm driftledningscentralen larmas. Driftcentral larmar i sin tur SOS och/eller SkyCab-personal. Ej direktlarm till räddningstjänsten p.g.a. risken för okynnestryckningar - välja en lösning som tillåter en säker utrymning av vagnen. Detta diskuteras vidare i avsnitt 12.1 - minimera brandbelastningen genom bra materialval och regelbunden städning av vagnen, t.ex. från tidningar och dyl. - se till så att sätesklädseln alltid är hel - överväga släcksystem, ventilation och/eller brandsläckare. Detta diskuteras vidare i avsnitt 12.2
Tekniskt fel i passagerarkabinen	- brand och rökutveckling	- nödknapp i vagnen som larmar driftledningscentralen. Driftcentral larmar i sin tur SOS och/eller SkyCab-personal. Ej direktlarm till räddningstjänsten p.g.a. risken för okynnestryckningar - flamskyddsbehandlad inredning och elektronik - välja en lösning som tillåter en säker utrymning av vagnen. Detta diskuteras vidare i avsnitt 12.1 - rökdetektor i vagn - minimera brandbelastningen genom regelbunden städning av vagnen, t.ex. tidningar och dyl. - överväga släcksystem och/eller brandsläckare. Detta diskuteras vidare i avsnitt 12.2
Tekniskt fel i vagnens drivsystem eller andra system som exempelvis AirCondition - kortslutning - varmgång lager - slitage i teknisk utrustning (lamparmatur, kablar, uppvärmningsanordning)	- brand och rökutveckling	- branddetektor i drivsystemet - brandtekniskt avskiljning mellan passagerarkabin och drivsystem (observera att detta även innefattar genomföringar mellan passagerarkabin och drivsystem) - luckor placerade så att det är lätt att komma åt alla utrymmen och släcka en eventuell brand såväl ute på banan som inne på hållplatsen - välja en lösning som tillåter en säker utrymning av vagnen. Detta diskuteras vidare i avsnitt 12.1 - minimera brandbelastningen och risken för antändning genom bra materialval - överväga släcksystem och/eller brandsläckare. Detta diskuteras vidare i avsnitt 12.2 - varnare för varmgång i hjullager - automatisk avstängning av ström om en viss temperatur i motorrummet uppnås - lättåtkomlig strömbrytare för huvudströmmen så att t.ex. räddningstjänsten kan stänga av strömmen vid en brand eller annan olycka - svårantändliga/obrännbara oljor i t.ex. hydrauliska system - underhåll - regelbundna besiktningar - ej använda brandfarliga kablar

Risikbild över ett automatiskt transportsystem

Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Tekniskt fel inuti banprofilen	- brand och rökutveckling	- branddetektorer i banprofilen - vid indikering på brand larmas driftcentralen - trafikstopp - vagnar kör till närmsta på- och avstigningsplats. Vagnar som måste passera brandhärden stoppas automatiskt vid indikering på brand och evakueras. - regelbundet underhåll och städning av bankonstruktionen - luckor placerade så att det är lätt att komma åt alla utrymmen och släcka en eventuell brand - minimera brandbelastningen och risken för antändning genom bra materialval
Lek eller slarv med eld på hållplats	- ev. brännbart material på hållplats antänds med brand och rökutveckling som följd.	- regelbunden städning av hållplats - minimering av brännbara material och brandbelastning på hållplats (sittplatser, byggnadsmaterial, osv.) - diskutera släcksystem, brandsläckare, rökdetektorer, utrymningsvägar antal människor, ute-inne
Brand i vagn och/eller bana	- risk att närliggande bebyggelse eller annan egendom fattar eld, eller att annat föremål (gräs, träd, m.m.) fattar eld och sprider branden till bebyggelse eller egendom	- ha tillräckliga avstånd till bebyggelse eller föremål som kan fatta eld, eller vidta åtgärder så att inte närliggande föremål kan antändas
Brand i byggnad eller fordon nära banan	- risk att en brand i byggnad, fordon eller annat föremål påverkar SkyCab-systemet negativt genom brandspridning till systemet, rök in i vagnar och på- och avstigningsplatser, m.m.	- ha tillräckliga avstånd mellan bebyggelse och bana - ha rutiner för att snabbt kunna stänga av de delar av banan som berörs. Detta kan underlättas genom att ge t.ex. pelare nummer så att bandelen snabbt kan identifieras och rätt del kan stängas av. Fördelen med att ha nummer istället för att beskriva vilken bandel det är, är att sannolikheten för att fel bandel stängs av minskar.
Bromsklossar ligger på hjulen	- värmeutveckling med brand och rökutveckling som följd	- detektionssystem som känner av om hjulen/bromsarna är ovanligt varma - tjuvbromsmätare som mäter om bromsarna ligger på hjulen - förhindra brand-, rök- och värmespridning till passagerarkabin
Brand på på- och avstigningsplatsen	- fimp i soptunna - anlagd brand - spridning från intilliggande brand i byggnad/föremål	- goda utrymningsmöjligheter från på- och avstigningsplats

Risikategori: Elektricitet		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Elfel. Slitna/nötta kablar, kablar söndergnagda av skadedjur, jordningsfel, sabotage	- risk att vagn blir strömförande	- regelbundet underhåll - så svag ström att den inte är dödlig - god konstruktion så att inte kablar nöts/slits då man utför underhåll eller dyl. - se till så att inte skadedjur kan komma in i känsliga utrymmen - placering av kablar så att resenär eller annan person inte kan komma åt dem
Resenär trillar, blir knuffad eller kommer av annan anledning i kontakt med den strömförande skenan om sådan finns	- risk att folk kommer i kontakt med strömförande skena om sådan finns	- skyddsväggar vid på- och avstigningsplats så att det inte går att ta sig ut på banan och komma i kontakt med den strömförande skenan - inkapsling av den strömförande skenan så att man inte kan komma i kontakt med den även om man försöker - så svag ström att den inte är dödlig
Elfel. Slitna/nötta kablar, kablar söndergnagda av skadedjur, sabotage	- risk för kortslutning/elfel med brand och/eller driftstopp som följd	- se till så att skadedjur inte kan komma in i känsliga utrymmen - regelbundet underhåll av kablar och kontakter - god konstruktion så att inte kablar nöts/slits då man utför underhåll, öppnar luckor eller dyl. - placering av kablar så att resenär eller annan person inte kan komma åt dem
Elfel. Slitna/nötta kablar, kablar söndergnagda av skadedjur, sabotage	- risk för att strömkabel för värmning av bana och växlar går sönder och banan blir strömförande	- se till så att inte skadedjur kan komma in i känsliga utrymmen - regelbundet underhåll av kablar och kontakter - god konstruktion så att inte kablar nöts/slits då man utför underhåll, öppnar luckor eller dyl. - placering av kablar så att resenär eller annan person inte kan komma åt dem - så svag ström att den inte är dödlig - inga ledande material i banan
Blinkande lysrör, glimmtändarna ej utbytta då lysröret byttes	- risk för brand i lysrörsarmatur	- även byta glimmtändare när lysrör byts ut - byta ut blinkande lysrör - regelbundet underhåll o kontroll
Klädfingriga /nyfikna personer öppnar proppskåp o dyl.	- risk för att personen kommer i kontakt med farlig ström	- placering och låsning av farliga elinstallationer så att inte obehöriga kan komma åt dem
Perioder av "dålig el" finns då el-kvalitén inte är bra från leverantören	- viss elektronisk utrustning tål ej den dåliga elen och slås ut. Om de påverkade elektroniska systemen är viktiga för säkerheten kan detta få allvarliga konsekvenser.	- anpassa utrustningen så att den tål dålig el - installera filter som "renar" elen

Riskkategori: Fel i systemdelar		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Där vagnarna bromsar och accelererar slits banan mer än på övriga ställen	<ul style="list-style-type: none"> - förslitningar i banan kan eventuellt leda till sämre friktion mot underlaget med längre broms- och accelerationssträcka som följd, som i sin tur kan leda till kollisioner mellan vagnar - förslitningar i banan kan leda till spårbildning i banan med ökad risk för vattenplaning. Detta får till följd att broms- och accelerationssträckan blir längre vilket kan leda till kollisioner mellan vagnar 	<ul style="list-style-type: none"> - underhåll och kontroll av banan
Fel på bromsar vilket beroende på banans lutning kan få olika allvarliga konsekvenser	<ul style="list-style-type: none"> - risk för att vagnen, om banan lutar, ökar farten över den dimensionerade och riskerar att falla av banan i en kurva - risk för att vagnen kör in i framförvarande vagn 	<ul style="list-style-type: none"> - dimensionera vagn och bana så att konstruktionen är tillräckligt kraftig att hålla vagnen på spåret. Alla kurvor skall tåla högsta möjliga fart som kan uppkomma på grund av banans beskaffenhet (kraftiga lutningar) - redundanta bromssystem, vilket innebär att det finns flera av varandra oberoende bromssystem - kunna använda motorbroms som ett alternativ om det vanliga bromssystemet fallerar - om en viss hastighet överstigs skall strömmen till motorn brytas och vagnen skall bromsas in - deformationszon
Risk för att vagnen skenar p.g.a. att fartökningsreglaget hakat upp sig	<ul style="list-style-type: none"> - risk för att vagnen ökar farten över den dimensionerade och riskerar att falla av banan i en kurva - risk för att vagnen kör in i framförvarande vagn 	<ul style="list-style-type: none"> - dimensionera vagn och bana så att konstruktionen är tillräckligt kraftig att hålla vagnen på spåret. Alla kurvor skall tåla högsta möjliga maxfart som kan uppkomma på grund av banans beskaffenhet (kraftiga lutningar) eller som vagnen kan föras fram i av motorn innan strömmen till motorn bryts - om en viss hastighet överstigs skall strömmen till motorn brytas och vagnen skall bromsas in - dimensionera motorn så att inte högre hastigheter än banan klarar kan uppnås - deformationszon
Fel i styrsystemet/säkerhetssystemet	<ul style="list-style-type: none"> - risk för skenande vagnar, kollisioner mellan vagnar med risk för personskador 	<ul style="list-style-type: none"> - om ingen signal emottas från styrsystemet/säkerhetssystemet skall vagnen gå i säkert läge dvs. snabbt bromsas in och stanna. Här kan man tänka sig ett slags fjäderbelastat nödbromssystem som utlöser då ingen eller ofullständig signal mottas från styrsystemet. Detta gör att vagnen bromsas utan att styr- eller säkerhetssystemet fungerar samt även om strömtillförseln bryts.
Fel på signalöverföring till styrsystemet/säkerhetssystemet mellan vagn och bana	<ul style="list-style-type: none"> - risk för skenande vagnar, kollisioner mellan vagnar med risk för personskador 	<ul style="list-style-type: none"> - om ingen signal emottas från styrsystemet/säkerhetssystemet skall vagnen gå i säkert läge dvs. snabbt bromsas in och stanna. Här kan man tänka sig ett slags fjäderbelastat nödbromssystem som utlöser då ingen eller ofullständig signal mottas från styrsystemet. Detta gör att vagnen bromsas utan att styr- eller säkerhetssystemet fungerar samt även om strömtillförseln bryts.

Risikbild över ett automatiskt transportsystem

Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Störning på signalöverföring av styrsystem, TV-övervakning m.m. orsakat av radiosignaler, gsm, osv.	- risk för skenande vagnar, kollisioner mellan vagnar med risk för personskador	- om ingen signal emottas från styrsystemet/säkerhetssystemet skall vagnen gå i säkert läge dvs. snabbt bromsas in och stanna. Här kan man tänka sig ett slags fjäderbelastat nödbromssystem som utlöser då ingen eller ofullständig signal mottas från styrsystemet. Detta gör att vagnen bromsas utan att styr- eller säkerhetssystemet fungerar samt även om strömtillförseln bryts. - avskärmning och utformning av systemen så att inte påverkas av externa signaler
IT-säkerhet. Risk för att någon hackar sig in i styrsystemet eller andra för säkerheten viktiga system	- risk för att någon med onda avsikter programmerar om i, för säkerheten viktiga, system vilket kan leda till olyckor och kaos i systemet	- regelbundet inventera IT-säkerheten och se till att ingen obehörig kan komma åt säkerhetssystemen
Fel på styrskena i förgrenings- och vävningpunkter	- risk för haveri med olyckor och kollisioner som följd	- utforma styrskenan så att den inte kan hamna i ett mellanläge mellan växlarna utan alltid står i det ena eller det andra läget
Dörrfel	- dörren öppnas ej vid behov av utrymning	- mekanisk dörröppning (kan dock vara farligt om det går att öppna dörren under färd) - regelbundet underhåll
Övervakningskameror ur funktion	- försvårar för driftledningscentralen att se vad som sker i vagnen vid t.ex. rån, överfall, våldtäkt, brand, m.m.	- rutiner för underhåll
Fel på plåtarna som täcker den inkapslade banan vilket kan få till följd att vagnen kilar fast och/eller faller av banan	- plåtarna deformeras av någon anledning (temp. skillnad, mekanisk åverkan, osv.)	- konstruktion som gör att problemet undviks - utforma vagnen så att den inte kan falla ner

Risikategori: Vandalism, sabotage och terrorism		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Någon vill sabotera/skada systemet och/eller människor	- sabotage mot banstrukturen med risk för skador på personer och anläggning	- systemet skall klara en förlust av en bärande pelare - nödstoppsystem som stoppar vagnarna om det uppstår brott eller kraftiga sprickor i banan (systemet för att detektera sprickor och brott kanske kan bestå av slingor i en sluten krets och bryts denna krets aktiveras nödstoppsfunktionen)
Resenär trycker i okynne på nödstoppsknappen och använder nödutrymningsvägen (om sådan finns) och vandrar ut på spåret. Detta gör så att de andra vagnarna på bansektionen också stannar och att andra passagerare tröttnar på att vänta och även de använder nödutrymningsvägen	- risk för fallolyckor och påkörningar. Även kraftiga försening kan bli följderna av att någon använder nödstoppsknappen.	- TV-övervakning av varje vagn. Det finns dock en risk för sabotage av kamerorna - vid stopp skall berörda passagerare informeras om vad som händer samt få en uppmaning att stanna i vagnarna och invänta vidare information - möjlighet för kontrollrummet att kontakta vagnen och kontrollera varför nödstoppsknappen tryckts in och vid behov aktivera vagnen igen. - då ingen kontakt fås vid ett nödstopp skall det finnas personal som kontrollerar varför stoppet skedde innan andra åtgärder vidtas. Om allting är ok kan vagnen köras igång igen efter en ”busträckning” eller så kan vagnen vid ett teknisk fel puttas fram av bakomvarande vagn (enligt systembeskrivningen) - personliga kort som möjliggör identifiering av passagerarna som tryckt på nödstoppsknappen. Detta kan dock vara en komplicerad lösning som försvårar köp av engångsbiljetter osv.
Barn/ungdomar eller annan med uppsåt placerar föremål på banan av nyfikenhet eller med uppsåt att skada bana/vagn eller personer	- risk för att föremål placeras eller av innan anledning hamnar på banan vilket kan resultera i skador på bana och vagn samt eventuellt att vagnen rubbas ur sin position/faller ner. Risk finns även att föremålet eller delar av det faller ner på personer som befinner sig i närheten av banan. Skador kan även uppkomma hos passagerare vid en kraftig inbromsning/kollision	- plog som har lägre markfrigång mellan spåret och ploget än mellan spåret och vagnen (för att undvika att föremål kilas fast). Ett nytt problem uppstår dock då de undanplojade föremålen kan trilla ner på människor - sensorer som känner av om föremål finns på banan. Om så är fallet nödstoppas vagnen - bumprar på vagnen som känner av om vagnen kör på något och nödbromsar vagnen, dels för att minimera skador på vagnen, dels för att minimera skadorna på det påkörda - deformationszon
Barn/ungdomar eller annan person med uppsåt kastar sten, skjuter med luftgevär eller avlossar andra projektiler mot bana, vagn eller på- och avstigningsplats	- risk för skador på system och människor	- förändra attityden hos barn/ungdomar som saboterar
Barn/ungdomar eller annan med uppsåt vandaliserar säkerhetssystem, styrsystem, m.m.	- risk för skador på system och människor	- placering och avskiljning av viktiga system så att de inte kan saboteras - förändra attityden hos barn/ungdomar som saboterar

Riskkategori: Yttre faktorer		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Lastbil eller annat fordon kör in i pelare eller bana	- risk att banstrukturen rasar och en vagn åker nerför brottet eller drabbas på annat sätt	- systemet skall klara en förlust av en bärande pelare - påkörningsskydd vid pelare på utsatta ställen - all banstruktur skall ha en fri höjd av minst 4,5 meter som är fri höjd vid alla viadukter och broar. Detta är ur "Inherent Safety" konceptets sätt att se det att fördras framför att ha en lägre höjd och märka ut den lägre höjden med skyltar. Genom att alltid ha en lägsta höjd av 4,5 meter eliminerar man risken för att ett fordon kör in i banan - nödstopssystem som stoppar vagnarna om det uppstår brott eller kraftiga sprickor i banan (systemet för att detektera sprickor och brott kanske kan bestå av slingor i en sluten krets, och om denna krets bryts aktiveras nödstoppsfunktionen)
Lastbil med farligt gods klass 3 (brandfarlig vätska) förolyckas och fattar eld i närheten av banan	- vagnar kör in i branden med risk att vagnen fattar eld - bankonstruktionen försvagas	- ha rutiner för att snabbt kunna stänga av de delar av banan som berörs. Detta kan underlättas genom att ge t.ex. pelare nummer så att bandelen snabbt kan identifieras och rätt stängas av. Fördelen med att ha nummer istället för att beskriva vilken bandel det är, är att risken för att fel bandel stängs av minskar
Dåligt underhåll av bana	- risk för sprickor i banan och ev. att banan rasar ner med risk att en vagn rasar ner eller drabbas på annat sätt	- regelbunden inspektion/underhåll - nödstopssystem som stoppar vagnarna om det uppstår brott eller kraftiga sprickor i banan (systemet för att detektera sprickor och brott kanske kan bestå av slingor i en sluten krets, och om denna krets bryts aktiveras nödstoppsfunktionen)
Slitage, vridningar, självsvängning, nedböjning med tiden och dynamiska krafter	- risk för sprickor i banan och ev. att banan rasar ner med risk att en vagn rasar ner eller drabbas på annat sätt	- regelbunden inspektion/underhåll - nödstopssystem som stoppar vagnarna om det uppstår brott eller kraftiga sprickor i banan (systemet för att detektera sprickor och brott kanske kan bestå av slingor i en sluten krets, och om denna krets bryts aktiveras nödstoppsfunktionen) - göra beräkningar på vilka krafter som kan utvecklas i bansystemet samt dimensionera systemet efter dessa
Sättningar i mark	- risk för sprickor i banan och ev. att banan rasar ner med risk att en vagn åker nerför brottet eller drabbas på annat sätt	- geologiska undersökningar - regelbunden inspektion/underhåll - nödstopssystem som stoppar vagnarna om det uppstår brott eller kraftiga sprickor i banan (systemet för att detektera sprickor och brott kanske kan bestå av slingor i en sluten krets, och om denna krets bryts aktiveras nödstoppsfunktionen)

Risikategori: Risker för tredje man		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Bråte och skräp ligger på banan	- bråte och skräp knuffas ner av vagnar och skadar gående och egendom/stör trafiken	- rengöring av banan vid behov, särskilt efter storm
Isbildning vid kallt väder	- isflak och istappar lossnar och skadar gående och egendom/stör trafik	- underhåll av banan vid behov, särskilt efter kyliga perioder
Resenärer kastar skräp/föremål från vagnen	- en del skräp/föremål blir projektiler då de når mark och oskyddade fotgängare/cyklister	- fasta, ej öppningsbara fönster i vagnarna - papperskorgar på hållplatser och i vagnarna
Vagn kör av banan och faller ner på person eller egendom	- risk att bli träffad av nedfallande vagn - risk att egendom förstörs	- vidta åtgärder så att vagn ej spårar ur, t.ex. att alla kurvor skall tåla maxhastighet osv.
Saker faller ner under reparationsarbete med bana eller vagn	- risk att personer under eller i närheten skadas	- avspärrning av området under banan om risk finns för att föremål kan trilla ner och skada personer

Risikategori: Risker vid banarbete		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Vid banarbete befinner sig arbetare på banan	- banarbetare tappar balansen och faller från banan ner till marken	- vid arbete på hög höjd skall banarbetare vara säkrade - skyddsräcke
Banarbetare befinner sig på banan och systemet har ej tagits ur drift	- vagn kör på arbetare som blir skadad och ev. även faller ner från banan till marken	- banarbetare skall vara säkrade vid arbete på hög höjd - arbeta fram tydliga rutiner för säkerhetsåtgärder och kommunikation vid arbete på banan - avstängning av aktuell bandel vid banarbete - sensorer som känner av hinder på spåret
Trafiken kopplas på för tidigt innan banarbetaren hunnit lämna riskområdet	- banarbetaren blir påkörd	- tydliga rutiner för hur avstängning och återställning skall ske så att ingen kan befinna sig på banan då trafik förekommer på banavsnittet - se diskussion i avsnitt 12.9
Heta arbeten (svetsning, m.m.)	- brand i bana eller verkstad	- rutiner angående Heta arbeten - endast behörig personal får utföra Heta arbeten

Risikategori: Självmord		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Någon person vill begå självmord	<ul style="list-style-type: none"> - risk att någon person begår självmord - risk för att resenärer i vagn skadas fysiskt vid kollisionen mellan vagn och personen som vill begå självmord - risk för att personer/resenärer i närheten skadas av delar från vagn eller självmordspersonen - risk för att personer som blir vittne till händelsen tar skada psykiskt - risk för att systemet skadas (vagn tar skada osv.) 	<ul style="list-style-type: none"> - skyddsvägg som hindrar personer att ta sig ut på banan via på- och avstigningsplats - om inte skyddsörrar används ha sensorer på banan vid på- och avstigningsplatser som känner av om något beträder spåren - detektorer på vagnarna som känner av hinder på spåret - så låg hastighet så att man inte avlider om man blir på körd av en vagn - utforma på- och avstigningsplatserna, eventuella nödutrymningsvägar, m.m. så att man inte kan ta sig ut på banan - bumprar på vagnen som känner av om vagnen kör på något och nödbromsar vagnen, dels för att minimera skador på vagnen, dels för att minimera skadorna på det påkörda

Risikategori: Risker för fel i tillverkningen av konstruktionen		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Fel på vital komponent vid tillverkningen.	- risk att komponenten har stor betydelse för säkerheten i systemet	- kvalitetskontroll enligt checklista att de för säkerheten viktigaste systemen efter tillverkning fungerar
Felaktig montering av prefabricerade banelement/moduler, eller att det av annan orsak uppstår brytningar mellan banelement/moduler. (Banan består av prefabricerade banmoduler för montage på plats)	- risk för brytningar i banskarvar mellan banelement/moduler med eventuella olyckor som följd	- noggrann kontroll vid byggnation - utformning av modulerna så att problemet undviks - regelbunden kontroll - varningssystem som varnar om brytningar uppstår

Risikategori: Kemiska risker		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Läckande batteri	- farliga ångor och eller vätskor avges	- val av batteri som inte innehåller farliga ämnen - inkapsling av batterierna så att de inte kan avge farliga ämnen - regelbunden kontroll och underhåll
Omvänd elektrolys eller liknande vid laddning av batterierna i vagnen	- brandfarliga och eller giftiga ångor kan bildas och avges	- val av batteri så att inte brandfarliga eller giftiga gaser kan avges vid laddning - anpassning av laddningsplats så att brännbara koncentrationer inte kan uppstå, eller om det frigörs giftiga ämnen att inga människor finns i närheten samt att det finns god ventilation

Risikategori: Risker i samband med manuell körning		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Föraren släpper gasreglaget av någon anledning, t.ex. för att göra något annat, sjukdom/olycksfall, osv.	- vagnen förs fram okontrollerat med risk för kollision med annan vagn med risk för skador på både personer och vagnar	- dödmansgrepp, vilket innebär att så fort man släpper gasreglaget stannar vagnen
Vid manuell körning, vilket sker vid körning i servicehall samt vid vissa situationer på banan, finns en risk att man glömmer att låsa panelen där kontrollerna sitter under eller att någon bryter upp den.	- risk för att personer som upptäcker att luckan är öppen, eller har brutit upp den, börjar köra manuellt med risk för att skada sig själv och andra	- separat nyckel för att kunna aktivera den manuella körfunktionen (på Metron i Köpenhamn krävs dubbla nycklar för att kunna köra manuellt) - omöjliggöra omställning från manuell drift till automatisk om nycklarna ej tagits ur innan

Risikategori: Risker i samband med nödlägen		
Orsak	Händelse/händelser	Åtgärd
Vid kommunikation måste resenären hålla en knapp intryckt för att kunna prata och släppa den för att lyssna typ ”walkie talkie”	<ul style="list-style-type: none"> - risk för att kommunikationen blir ineffektiv och långsam - risk för att passageraren inte förstår hur apparaten fungerar och låter bli att trycka in knappen eller håller den intryckt hela tiden med utebliven kommunikation som följd 	<ul style="list-style-type: none"> - tvåvägskommunikation av samma typ som vid en vanlig telefon där man bara trycker på en knapp för att kalla upp och sen bara talar som vanligt
Strömmen bryts av någon anledning	<ul style="list-style-type: none"> - risk att resenärer faller och skadar sig p.g.a. dålig sikt vid mörker om de behöver utrymma från hållplats eller från vagn. - risk att vagnar kolliderar om styrsystemet slutar fungera 	<ul style="list-style-type: none"> - nödbelysning av bana, vagn och hållplats vid utrymning och strömavbrott - backup-ström till styrsystem, som går igång direkt, så att styrsystemet kan stanna trafiken på ett säkert sätt. Med detta menas att i möjligaste mån köra vagnarna till närmaste hållplats och stanna dem där. Backup-systemet kan t.ex. bestå av flera olika el-leverantörer, batteri-backup och dieselgeneratorer. Backup-ström behövs också för informations- och kommunikationssystemen till resenärerna samt till ledningscentralen. Även andra för säkerheten viktiga system kan behöva backup-ström. - om inte backup-systemet (som försörjer styrsystem, säkerhetssystem, osv.) fungerar bör vagnarna försättas i säkert läge och nödbromsas

12 Resonemang kring utvalda områden

Detta avsnitt tar upp sådana områden som inte belyses till fullo i riskanalysdelen och kräver en vidare utveckling. Även sådant som inte tagits upp i riskanalysen, men som ändå bör nämnas, diskuteras.

12.1 Utrymning ur vagn

En utrymning från en SkyCab-vagn är speciell i den bemärkelsen att vagnen befinner sig 4-5 meter över marken. Detta skapar problem eftersom man inte kan utrymma direkt till markplan. Det är också viktigt att skilja på vad det är för typ av utrymning, om den är akut eller inte, dvs. om passagerarna är i fara eller ej. Är det fråga om en akut utrymning, som vid brand eller dyl., kan räddningstjänsten förväntas göra en insats. Behöver man däremot utrymma p.g.a. ett tekniskt fel är läget troligtvis inte akut för passagerarna och denna situation är ej att betrakta som räddningstjänst, utan SkyCab får själva hantera utrymningssituationen.

Olika lösningar för att utrymma en SkyCab-vagn vid akuta situationer har tagits fram. Detta har gjorts dels genom att studera liknande system som ännu inte är i drift samt att diskutera problematiken med SkyCab och Daniel Nilsson, doktorand på brandteknik, Lunds Tekniska Högskola. Först beskrivs tre lösningar som tagits upp men avfärdats:

- En lösning som tagits upp är att utrymma via repstege. Denna lösning avfärdades p.g.a. svårigheten, främst för handikappade men även för icke handikappade personer, att klättra i en repstege.
- En annan idé som också avfärdats var att ha uppblåsbara rutschkanor, liknande de som finns på flygplan. Dessa kräver fri yta utan hinder på vägen för att blåsas upp, dessutom skulle de kunna hamna mitt på en trafikerad väg vilket inte är lämpligt.
- En tredje lösning är att vänta tills räddningstjänsten anländer och att de skall evakuera resenären/resenärerna i vagnen. Detta ses också som en dålig lösning eftersom kritiska förhållanden kan uppstå i vagnen innan räddningstjänsten hinner fram.

Fem olika lösningar, som troligen kan ses som acceptabla ur säkerhetssynpunkt, har arbetats fram. En del av lösningarna är dock säkrare än andra men i gengäld kanske mindre estetiskt tilltalande. En del av lösningarna är också troligen dyrare än andra. Andra faktorer som kan spela in vid val av lösning är hur passagerarna upplever utrymningslösningen. Resenärerna kanske inte vill åka med ett system där de uppfattar att utrymningssäkerheten är mindre god. Nedan beskrivs de fem lösningarna som arbetats fram:

1. Utrymning till bred balkong med räcke, bredvid banan. Balkongens bredd skall vara tillräcklig för att en rullstol skall kunna ta sig ur vagnen och förflytta sig längs med balkongen. Balkongen skall också ligga i samma höjd som vagnens utsteg. En fördel med denna lösning är att balkongen även kan användas för utrymning vid icke nödlägen samt av SkyCabs tekniker vid reparation av bana och/eller vagn samt för underhåll av bana.
2. Utrymning till smal balkong med räcke, bredvid banan. Denna lösning tar mindre plats än lösning nummer 1 och är troligen billigare, nackdelen är dock att rullstolsbundna ej kan utrymma via balkongen. I övrigt är denna lösning identisk med nummer 1.

3. Utrymning via öppningsbar front på vagnen ner på banan. Detta förutsätter att banan utformas så att den är möjlig att gå på, och att de utrymmande inte kommer i kontakt med en eventuell strömskena. Banan måste då också vara utformad så att de utrymmande inte riskerar att falla ner från banan. Denna lösning borde kunna utformas så att även rullstolsbundna kan utrymma från vagnen.
4. Utrymning till speciella utrymningsbalkonger, belägna med jämna mellanrum längs med banan. Balkongerna bör vara breda nog att tillåta utrymning av rullstol. Vid ett tillbud skall vagnen av sin egen fart kunna rulla till närmaste balkong och stanna där, så att passagerarna kan utrymma. Balkongen måste dock vara så lång att passagerarna vid en eventuell brand är skyddade för strålningsvärm. Vid ett akut tillbud kan räddningstjänsten plocka ner resenärerna. Vid ett icke akut tillbud får SkyCab sköta detta. En annan faktor som påverkar är om problem uppstår i banan i samband med att en akut utrymning måste göras. Om t.ex. hjulen påverkas, genom exempelvis punktering eller brand, så att de inte kan rulla, kan ju vagnen heller inte nå utrymningsbalkongen. Detta måste tas hänsyn till vid val av denna lösning.
5. Utrymning via på- och avstigningsplats. Denna lösning är troligen den mest estetiskt tilltalande lösningen. Detta kräver dock att vagnen utformas så att den alltid har drift. Ett redundanta drivsystem med två skilda motorrum med separat och redundanta strömförsörjning kanske kan vara en lösning på problemet. Högre krav ställs också på brandsäkerheten (brandteknisk avskiljning mellan motorrum och kabin, ev. släcksystem, m.m.) eftersom resenären vid en eventuell brand inte kan ta sig ur vagnen förrän vagnen når på- och avstigningsplatsen. Även denna lösning, precis som lösning nummer 4, kräver att hänsyn tas till att problem kan uppstå i banan. En förutsättning för denna lösning är att vagnen kan ta sig till en på- och avstigningsplats i ett nödläge.

De olika lösningarna kräver olika mycket av organisationen runt omkring. Lösning 1 och 2 kräver förhållandevis lite underhåll för att fungera och är genuint säkrare än exempelvis lösning 5. Lösning 5 kräver ett underhåll dels av brandskyddssystemen, men även av den redundanta driften. Genuint säkra system är att föredra ur säkerhetssynpunkt. Dock borde även lösning 5 kunna fungera tillfredsställande om organisationen runt omkring är god.

Vid ett nödläge, dvs. då aktivering av nödbromsknapp eller aktivering av branddetektor sker, bör en larmsignal gå till driftledningscentralen. Vid samtliga nödlägen bör då driftledningscentralen direkt ta kontakt med vagnen genom kommunikationssystemet för att ta reda på vad som är fel. Om TV-övervakning finns i vagnen skall även den aktuella kameran aktiveras för att driftledningscentralen skall få en bild av vad som sker i vagnen. Då aktivering av nödbromsknapp eller aktivering av branddetektor sker finns två alternativ. I alternativ 1 så nödbromsas vagnen, och personal i driftledningscentralen kan upphäva nödbromsen om de anser det lämpligare att köra till en på- och avstigningsplats. I alternativ 2 nödbromsas inte vagnen utan kör direkt till närmaste på- och avstigningsplats. Om personalen i driftledningscentralen bedömer att vagnen måste nödbromsas innan den når på- och avstigningsplatsen, utför personalen nödbromsningen. De två alternativen är olika lämpliga beroende på vilken utrymningslösning som valts.

En annan detalj som förtjänar att nämnas i sammanhanget är nödöppningen av vagnsdörr. Även här finns olika möjligheter. En variant är att spärra dörren så att en nödöppning är möjlig endast om hastigheten understiger ett visst värde t.ex. 1 km/h. En annan är att ha en helt mekanisk öppningsmekanism som fungerar i alla hastigheter. Fördelen med den senare lösningen är att den fungerar även om elektroniken fallerar; dock finns risken att någon öppnar dörren i farten och löper stor risk att falla ut.

12.2 Brand i vagn och bana

Tre olika fall av brand har identifierats i vagn och bana:

1. Brand i den inkapslade banan.
2. Brand i motorutrymmet i vagnen (motorutrymmet befinner sig i den inkapslade banan).
3. Brand i passagerarutrymmet i vagnen.

Brand i den inkapslade banan skulle kunna orsakas av eventuella kablar i utrymmet, skräp i inkapslingen (papper, olja, löv, m.m.), varmgång i bromsar eller däck. Denna typ av brand skulle kunna hindra vagnen från att ta sig till en på- och avstigningsplats. Om en utrymningslösning väljs, där man förlitar sig på att vagnen skall ta sig till en på- och avstigningsplats eller en nödutrymningsplats, bör åtgärder vidtas. Exempel på åtgärder kan vara:

- noggrann kontroll och städning av den inkapslade banan så att inte brännbart material förekommer (löv, papper, m.m.)
- regelbunden kontroll och service av eventuella kablar i banan
- att ventilationen till vagnen stängs av, vid brand, så att inte brandgaser kan tränga in
- branddetektorer i den inkapslade banan som ger larm till driftledningscentralen som snabbt kan larma räddningstjänsten
- minimera eller eliminera brännbart material i den inkapslade banan (kablar, m.m.)

Flera av dessa åtgärder kan givetvis även vidtas vid annan utrymningslösning av vagnen.

Brand i motorutrymmet i vagnen kan tänkas uppstå av elfel p.g.a. slitna kablar, glappkontakt, m.m., vilket kan generera brand i motorutrymmet. Ett rent och städlat motorutrymme med hela kablar och kontakter borde minska risken för en brand. Val av material och kablar spelar också en avgörande roll för brandsäkerheten. En bra kontroll och service där skadade/slitna kablar och kontakter byts är en förutsättning för att brandsäkerheten skall bli god. För att förbättra säkerheten skulle ett aktivt släcksystem kunna installeras. Vilket system som i så fall väljs borde till stor del bero på förhållandena i motorutrymmet samt släcksystemets vikt.

Brand i passagerarutrymmet i vagnen är allvarligt eftersom resenären, till skillnad från de övriga fallen, blir direkt exponerad för brandgaser i ett relativt litet utrymme som snabbt rökfylls. En brand i passagerarutrymmet kan orsakas dels av resenären, dels av tekniskt fel. Tekniska fel kan liksom i de tidigare beskrivna fallen orsakas av elfel och således är service och underhåll viktigt för brandsäkerheten. Värmealstrande komponenter bör undvikas i passagerarutrymmet p.g.a. brandrisken. Minimering av brännbart material i passagerarutrymmet bör eftersträvas och inredningen bör vara

flamskyddad. Vagnen bör också städas regelbundet för att inte brännbart material som tidningar m.m. skall ansamlas. Ett problem är att det inte går att påverka vad resenärerna tar med sig in i vagnen. Resenären kan beroende på vad han/hon tar med sig öka mängden brännbart material i vagnen avsevärt.

Huruvida ett aktivt släcksystem skall installeras i passagerarutrymmet bör man fundera över. Fördelen är att en eventuell brand begränsas eller släcks. En nackdel är att vagnen, vid installation av ett släcksystem, får extra vikt. En annan lösning istället för ett aktivt släcksystem, är att vid en brand öka ventilationen i vagnen för att få ut brandgaserna. Nackdelen med detta är dock att brandens utveckling påskyndas. Praktiska tester kan vara ett bra sätt att utvärdera vilka lösningar som skall väljas. Val och utsträckning av brandtekniska lösningar i passagerarutrymmet beror även till viss del på vilken utrymningslösning som valts. Brandsläckare är ett tredje alternativ, eller ett komplement till ovan nämnda lösningar.

En brandteknisk avskiljning mellan motor- och passagerarutrymmet rekommenderas. Viktigt är då att även kabelgenomföringar och andra genomföringar uppfyller kraven på en brandteknisk avskiljning. Det bör också eftersträvas att det skall vara röktätt mellan motorutrymmet och passagerarutrymmet.

Vidare får val av branddetektorer i de olika utrymmena avgöras från fall till fall. Det är svårt att i detta stadium ge rekommendationer, eftersom förhållandena i de olika utrymmena inte är kända i dagsläget. Förekommer det t.ex. mycket partiklar i luften i ett utrymme är det mindre lämpligt att ha en rökdetektor, osv.

12.3 Räddningstjänst

Vagnarna bör vara utformade så att resenärerna vid en brand eller annan nödsituation kan ta sig ut ur vagnen själva, utan hjälp från räddningstjänsten. Detta p.g.a. att tiden innan räddningstjänsten hinner fram och påbörja sin insats kan, och troligtvis kommer att vara, längre än tiden till att kritiska förhållanden uppstår i vagnen.

Som det ser ut på räddningstjänsterna idag är det inte säkert att det kommer att finnas tid för att öva på insatser mot ett SkyCab-system. Viktigt är därför att t.ex. luckor för åtkomst av banans innandöme, vagnens motor och huvudströmbrytare är tydligt utmärkta och lätt åtkomliga. Dessa nämnda faktorer samt insatskort där viktiga funktioner och instruktioner finns borde ge räddningstjänsterna möjlighet att väl kunna genomföra insatser mot ett SkyCab-system.

Vid en eventuell insats av räddningstjänsten kan det vara till stor hjälp om SkyCab-personal med god systemkännedom snabbt kan komma ut till platsen och hjälpa räddningstjänsten. Om strömmatningen sker via en strömskena är det också viktigt att strömmen kan stängas av på den aktuella banlänken vid en olycka.

12.4 Organisatoriska faktorer

Vikten av en de organisatoriska faktorerna har belysts i kapitel 5. Det är mycket viktigt med en god samverkan mellan ägaren av SkyCab-systemet och eventuella entreprenörer. Vid besöken vid Metron och Ørestadsselskabet i Köpenhamn, framgick att vissa organisatoriska problem förelåg mellan de som äger Metron (Ørestadsselskabet) och de som driver den (MetroService). Även Johan Hedenfalk på SL bekräftar att vissa problem kan uppstå då tjänster läggs ut på entreprenad. Viktigt

att tänka på är enligt Hedenfalk att ha tydliga avtal och kontrakt som reglerar vad, i vilken utsträckning, och med vilken kvalitet den utlagda tjänsten skall utföras. Tydlig uppdelning av ansvarsområden mellan ägare och entreprenör är också viktigt för att saker inte skall ”falla mellan stolarna”. Hedenfalk påpekar också vikten av att den dokumentation som entreprenören utför skall, vid ett eventuellt entreprenörsbyte, tillfalla SkyCab.

Många skador i ett system sker vid underhållsarbete (Reason, 1998). Detta innebär att reparatörer och underhållspersonal i SkyCab-systemet har ett viktigt ansvar att rapportera avvikande händelser och felaktigheter. Detta ger SkyCab tillfälle till gratis erfarenheter av systemet, då felaktigheterna kan uppkomma av att utformningen av vagn och bana är olämplig (se kapitel 6). Erfarenheterna ger även organisationen tillfälle att se över om det finns brister i gällande rutiner. Även för operatörerna i driftledningscentralen är rapportering av stor vikt. Erfarenheter från rapporteringen härifrån kan visa på fel och brister i utformningen av driftledningscentralen, men även fel i utformning av vagnar, bana eller rutiner och instruktioner. Genom en bra rapportering även från driftledningscentralen kan dessa fel åtgärdas. Det gäller dock att en god säkerhetskultur finns, så att händelserna verkligen analyseras och att snabba reaktioner kommer på rapporterna.

12.5 Strömavbrott

Ett system där vagnarna drivs av batterier är inte lika känsligt för strömavbrott som ett system som drivs av ström via en strömskena. Ett system som får sin kraft via en strömskena stannar helt och får antingen köras på backup-batterier som finns i vagnen till lämpligt ställe eller evakueras om strömavbrottet blir långvarigt.

Vagnarna i ett batteridrivet system förlorar vid strömavbrott enbart möjligheten att ladda batterierna. Vagnarna kan dock ta sig till närmsta hållplats, eller till den från början avsedda hållplatsen förutsatt att styr- och säkerhetssystemen fungerar tillfredsställande. För att styr- och säkerhetssystemen skall fungera krävs backup-ström. Även andra för säkerheten viktiga funktioner kan behöva backup-ström, som informationssystem, nödbelysning av vagnar, bana och hållplatser.

Konstant strömtillgång till de för säkerheten viktiga systemen kan erhållas på flera sätt t.ex. genom flera olika leverantörer och matarledningar av ström, batteribackup och dieselgeneratorer.

12.6 Jordbävning

Ungefär vart 100:e år inträffar en jordbävning i Sverige av storleksordningen 5,0 på Richterskalan och skalv av denna storlek kan ge skador på byggnader (Susning, 2004). I Sverige brukar man dock inte dimensionera byggnader för jordskalv då sannolikheten är så liten för betydande skalv. Skall SkyCab däremot byggas i ett mer jordbävningsdrabbat land finns det större anledning att arbeta fram särskilda rutiner och bygga banan så att den har större möjlighet att klara en sådan händelse.

12.7 Åskväder

Efter telefonintervju med professor Vernon Cooray (2004) framkom följande information angående faror som kan uppstå i samband med ett åskväder.

Byggnader kan skyddas genom standardblixtskydd tillsammans jordning. För att skydda komponenter inuti byggnaden finns standardförfaranden. Fara kan uppstå om

inte jordningen är korrekt ansluten, dvs. inte har kontakt med jord. Då kommer vid ett eventuellt blixtnedslag allt som är kopplat till jordningen att få en potentialhöjning.

Vagnen kan utsättas för fara om blixten slår ner i vagnen eller i den eventuella strömskenan som vagnen hämtar ström från (blixten leds då via strömskenan till vagnen). Vagnen bör därför utformas som Faradays bur¹. Ett kritiskt ögonblick är när resenären går ur vagnen och står med ett ben i vagnen och ett på på- och avstigningsplatsen. Resenären är då inte skyddad av Faradays bur. Såväl på- och avstigningsplatsen som vagnen måste därför vara jordade när ut- och insteg sker i vagnen.

12.8 Klämskydd

Vagnens dörrar skall vara utrustade med klämskydd, på både bak- och framkant enligt systembeskrivningen. Då dörrarna stängs per automatik är detta säkerhetssystem viktigt för resenärernas säkerhet för att minska olyckor med klämning och medsläpning i vagn. Klämskydd är dock inte tillförlitliga till 100%, vilket även statistik sammanställd av Bilprovningen visar (Bilprovningen, 2001). Enligt deras statistik över tunga bussar var dörrarnas klämskydd ur funktion på 400 bussar av 13 400, det vill säga på 3% av bussarna. På 1 000 bussar (8%) saknades klämskydd helt (varför framgår inte).

Att klämskyddet är ur funktion kan ha olika orsaker, men största anledningen är förmodligen att underhållet inte skötts i tillräcklig omfattning. På en buss finns dock en chaufför som ser till att passagerarna gått ut innan dörrarna stängs. Skulle det hända något och han/hon inte märker det, finns oftast passagerare som kan varsko chauffören. Chaufför saknas helt i SkyCab-systemet, och eventuellt även andra passagerare. Därför bör underhållet av dörrar och klämskydd få hög prioritet.

12.9 Skyddsörrar

Ett ytterligare alternativ för att minska risken för medsläpning om klämskydden ej fungerar är att vid på- och avstigningsplatserna ha särskilda skyddsväggar med dörrar som öppnas mot vagnen vid dess ankomst. Väggarna och dörrarna utförs förslagsvis i transparent material på grund av estetiska men även praktiska skäl. Dörrarna kan lämpligen vara skjutdörrar som öppnas så att de löper mellan skyddsvägg och bana/vagn för att inte skada resenärer på på- och avstigningsplatsen, samt vara försedda med klämskydd. För att förhindra medsläpning, om klämskyddet inte fungerar i vagnsdörrarna, bör systemet ställas in så att vagnen ej kan köra om inte både vagns- och skyddsörrar är stängda. Detta gäller såväl då någon resenär trycker på startknappen i vagnen som om vagnen automatiskt dirigeras till en annan på- och avstigningsplats för att hämta upp nya resenärer.

Skyddsörrarna har även andra praktiska funktioner än som en extra säkerhetsbarriär mot medsläpning. Runt om i världen ökar problemen med självmord framför tåg på konventionella järnvägar och i tunnelbanor. Under en femårsperiod (1997 till 2001) begick 280 personer självmord i Sverige genom att hoppa framför ett tåg (Banverket, 2003). En skyddsvägg hade i hög grad förhindrat människor från att ta sig ut på

¹ **Faradays bur**, utrymme avskärmat från elektriska fält genom ett elektriskt ledande hölje. En bil fungerar som en Faradays bur vid blixtnedslag. Det är därför det är ofarligt att vistas i en bil vid åskoväder (såvida man inte vidrör något som har kontakt med bilens kaross). (Wikipedia, 2004)

spåret och skada sig själva. Frågan är dock om självmordsproblematiken är så stor i SkyCab-systemet. Vagnarna är små, och framförs inte i så höga hastigheter. Vid Metron i Köpenhamn har det endast funnits ett försök till självmord under en tvåårsperiod (Olesen, 2004).

Det finns även andra anledningar att skilja av banan och vagnarna från på- och avstigningsplatserna. Folk kan medvetet vilja gå ut på spåret av andra anledningar, som t.ex. lek och hävdelse inför sig själv och andra. Detta fenomen ökar även drastiskt vid alkoholintag. Skyddsörrarna hindrar även resenärer och andra personer som uppehåller sig på på- och avstigningsplats från att råka ramla ut på spåret eller bli knuffade vid exempelvis trängsel eller bråk. För synskadade innebär skyddsörrarna en väsentlig säkerhetsåtgärd, då dessa resenärer kan ha svårt att avgöra var golvet vid på- och avstigningsplatsen slutar och banan börjar. På Metron i Köpenhamn används denna typ av skyddsörrar med gott resultat.

12.10 Rutiner och instruktioner för säkerhet

Rutiner och instruktioner för säkerhet måste finnas i SkyCab-systemet. Sådana bör utformas det det är klart hur systemet kommer att se ut. Som en jämförelse kan nämnas att Banverkets trafiksäkerhetsordning är på 487 sidor och trafiksäkerhetsinstruktionen för Stockholms tunnelbana är på 164.

Händelser eller uppgifter som kräver rutiner kan vara allt från banarbete, nödsituationer och strömavbrott till hittegods och personer som fastnat i hiss.

Bra material som SkyCab skulle kunna använda för att utforma rutiner och instruktioner har författarna funnit hos Banverket samt SL/Connex. Detta material listas nedan:

- Trafiksäkerhetsinstruktion för Tunnelbanan - Tri Tub, SL, 2004.
- Trafiksäkerhetsinstruktion för Spårväg - Tri Spv, SL, 2003.
- Stationssäkerhetsinstruktion för Tunnelbanan, SL & Connex, 2001.
- Föreskrift: BVF 900.3 Säkerhetsordning - trafiksäkerhetsinstruktion SÄO, Banverket, 2000.

12.11 Säkerhetsinformation till resenärerna

Inför varje flygtur ges information till resenärerna om hur de skall bete sig vid olika typer av nödlägen, men hur många passagerare som åker tunnelbana vet hur de skall bete sig i ett nödläge? Det skulle nog i dagsläget vara svårt att på ett bra sätt informera passagerare i tunnelbanan hur de skall bete sig vid nödläge, då de är vana att klara sig utan information. SkyCab som är ett helt nytt system har här en gyllene chans att från början skapa ett bra sätt att förmedla säkerhetskommunikation. Målet måste vara, som man lyckats med inom flyget, att resenärerna skall veta vad de skall göra i ett eventuellt nödläge. Att veta vad man skall göra skapar också en trygghet för resenären.

Viktigt vid utformningen av säkerhetsinformationen är att den är så kort att man inte tröttnar på att lyssna på den samt att den täcker in den viktigaste informationen. Man bör också utforma den så att personer med handikapp som syn- och hörselskador kan ta del av den. Det skall också finnas möjlighet för vana och erfarna resenärer att inte behöva ta del av säkerhetsinformationen vid varje färd (se avsnitt 6.1.1, punkt 7).

12.12 Fallolyckor

Varje år dör nästan 3000 personer i olyckor i Sverige. Av dessa är drygt 1000 fallolyckor som drabbar personer över 65 år. Fallolyckor bland äldre leder till fler dödsfall, större antal inläggningar på sjukhus och fler besök på akutmottagningar än någon annan typ av olycka (NCO, 2004). Även om de flesta fallolyckorna sker i hemmet sker en hel del utomhus, och där är det hala trappor och ojämn beläggning eller stensättning som orsakar flest fallolyckor (Svenska Kommunförbundet, 2004).

Att kliva på eller av en buss vintertid är farligt, enligt en rapport om fallolyckor som Konsumentverket givit ut (Pasikowska, 1998). Många halkar vid dessa tillfällen. Halkrisk föreligger även när man går ut eller kliver i personbilar. Denna halkrisk kanske även finns då man går in och ut ur en SkyCab-vagn. Andra faktorer som kan generera risker är om hissarna luktar urin, är ur funktion, eller har för dålig kapacitet. Då kan personer som borde åka hiss ta trappan istället, med risk för att falla.

Som kuriosa kan nämnas att den enda dödsolycka man haft i den förarlösa Metron i Köpenhamn var en berusad person som föll i en rulltrappa (Olesen, 2004).

12.13 Främmande föremål på banan

Ett problem vid spårbunden trafik, som järnväg och tunnelbana, är att personer lägger föremål på spåret vilket kan skada lok och vagnar samt orsaka urspårning. Även om SkyCab-vagnarna är tänkta att gå på en bana 4-5 meter upp i luften är det möjligt att föremål kan hamna på banan, avsiktligt eller oavsiktligt.

SkyCab-vagnarna skall ha ett radarsystem för övervakningen av avstånd till framförvarande vagn (SkyCab, 2004b). Detta system skall även kunna känna av främmande föremål på banan. Ett annat sätt att upptäcka föremål som provats av SL med gott resultat är scanning av banan med laser eller radar (Fransson, 2004). Detta system jämför det avscannade föremålet mot en databas. På detta sätt behöver inte vagnen nödbromsas om det bara är en läskburk eller en fågel. Om föremålet däremot är stort eller oidentifierbart kan vagnen stannas.

12.14 Informationssäkerhet

Informationssäkerhet är något relativt nytt och en standard för informationssäkerhet har växt fram under 1990-talet (Kenning, 2001). Frågor som kan ställas kring ett företags informationssäkerhet är exempelvis:

- hur hemlig är informationen - hur viktigt är det att inte obehöriga får tag i informationen?
- hur tillgänglig måste informationen vara - måste alla användare ha tillgång till informationen?
- vad händer om informationen går förlorad - vad kostar det att ersätta den?

Ett sätt att skapa en god informationssäkerhet är att använda ett ledningssystem för informationssäkerhet. ISO 17799 är ett sådant ledningssystem. Fördelen med att använda ett ledningssystem är inte bara att företaget får en bra förståelse för nivån på säkerheten i den egna organisationen, utan även att man kan jämföra sig själv mot andra företag som är certifierade enligt samma ledningssystem (von Solms & von Solms, 2001). Andra fördelar är att det kan bli lättare att förhandla försäkringspremier med försäkringsbolag samt att man får en oberoende och objektiv syn på sin säkerhetsstatus. Det skulle i framtiden också kunna bli ett försäljningsargument, eller

krav från vissa kunder, att företaget är certifierat enligt ISO 17799, precis som ISO 9001 och ISO 14001 har blivit.

12.15 Kollision

Kollisioner kan inträffa dels mellan två vagnar, dels mellan vagn och föremål på banan. Tre olika kollisionshändelser har identifierats:

1. Kollision mellan två vagnar, front mot akter.
2. Kollision eller klämning mellan två vagnar i vävningspunkt (växel), dvs. två vagnar kör in i en vävningspunkt samtidigt.
3. Kollision mellan front på vagn och föremål på banan.

Åtgärder mot kollisioner kan vidtas på olika sätt. Inom bilindustrin arbetar man bl.a. med krockzoner av absorberande material som tar upp krockenergin vid en kollision. Vagnens rörelseenergi går då åt till att deformera krockzonen och passagerarutrymmet klarar sig. En annan åtgärd för att öka passagerarnas säkerhet vid kollision är säkerhetsbälte. Viktigt vid en kollision i SkyCab-systemet är att vagnarna inte trillar ner, vilket speciellt borde kunna inträffa vid kollision eller klämning mellan två vagnar i en vävningspunkt. En annan sak som bör tas hänsyn till är risken att personer kan komma att stå upp i vagnarna. Vad som händer med stående passagerare vid en kollision bör därför utredas.

Vilka åtgärder som vidtas beror på flera faktorer t.ex. vilken hastighet vagnarna kommer att framföras i, kostnad för de olika åtgärderna, nyttan med åtgärderna, sannolikhet för att kollision inträffar m.m. Exempelvis skulle kanske säkerhetsbälte ta för lång tid att sätta på sig och sänka kapaciteten i systemet, samt att alla inte skulle använda dem. Då skulle kanske krockzoner på vagnarna och en mjuk inredning vara ett bättre alternativ och ge ett bättre skydd åt passagerarna.

13 Slutsatser och råd

Såväl de gjorda litteraturstudierna som studiebesöken har visat att säkerhetskulturen och attityden till säkerhet spelar en stor roll för vilken säkerhet som slutligen uppnås. Detta gäller såväl under utformningsprocessen av systemet som när systemet är i drift. Viktigt är att ledningen visar stort engagemang och intresse i dessa frågor, annars kommer inte heller personerna i hierarkin att arbeta med dem.

Det finns inget system i kommersiell drift som är likadant som SkyCab. Detta gör att det inte finns några sådana system att studera med avseende på risker. Dock finns flera system som har mycket gemensamt med SkyCab. Dessa system har till viss del studerats i denna rapport, men kan självfallet studeras ytterligare och på en mer detaljerad nivå. I och med att det finns system som till viss del liknar SkyCab, kommer vissa risker i ett framtida SkyCab-system att vara bättre kända än andra. Exempelvis så finns hissar, automatiska dörrar, ledningscentraler m.m. redan i befintliga system som kan studeras. Andra delar i SkyCab-systemet kommer att vara mer unika och kräva andra angreppssätt för att riskerna skall elimineras. Dessa delar kan t.ex. vara: säkerhetssystem, styrsystem, informationssystem och vagnen och dess utformning. Här kan man kanske till viss del titta på liknande applikationer i andra system, t.ex. se på felsannolikheter för truckar som använder sig av samma styrsystem som SkyCab kommer att använda osv.

I riskanalysen i denna rapport behandlas riskerna i ett framtida SkyCab-system på ett övergripande plan och vissa risker behandlas mer än andra. Riskerna med t.ex. styr- och säkerhetssystem som kommer att vara mycket viktiga för säkerheten i SkyCab-systemet behandlas översiktligt.

Nästa steg för SkyCab borde rimligen bli att för de olika teknikområdena gå på djupet och göra mer omfattande riskanalyser. Dessa kan med fördel göras parallellt med utvecklingsarbetet; efterhand som utformningen av de olika områdena blir mer detaljerade kan också riskanalysen bli det.

Andra aspekter som inte tagits hänsyn till i denna rapport är fall då flera olika negativa händelser interagerar med varandra, t.ex. om en brand uppstår och kommunikationssystemet inte fungerar. Det bör även utredas hur situationer, då flera negativa händelser inträffar samtidigt i system, skall hanteras. Exempel på detta kan vara om flera vagnar stannar samtidigt p.g.a. exempelvis strömavbrott. Det kanske bara finns två skyliftar för att ta ner resenärer från banan, medan behovet kan vara betydligt större.

Slutligen kan sägas att SkyCab har ett bra utgångsläge att skapa ett säkert system eftersom man har möjlighet att bygga upp det från grunden. Genom att lägga mycket kraft vid att utforma systemet och organisationen kring det, på ett från början säkert sätt, kommer pengar att kunna sparas. Även den ”badwill” som kan tänkas uppstå vid problem och olyckor när systemet tas i drift undviks. Genom att arbeta vidare med det som tagits upp i studien hoppas författarna att ett säkert SkyCab-system kommer att utformas.

Referenser

Akselsson, Roland, 2004, Professor, Avdelningen för Ergonomi och Aerosolteknologi, LTH, personlig kontakt.

Alm, C. & Lindberg, E., 2004, *Betydelsen av upplevda risker och känslor av otrygghet vid resor med kollektivtrafik*, VTI meddelande 962.

Andersson, Rickard, 2004, Operativ chef, Banverkets ledningscentral i Malmö, intervju, 2004-08-11.

Argyris C., Schön D.A., 1996, *Organizational learning II; theory, method and practice*, Addison-Wesley, Amsterdam.

Bainbridge, L., 1983, *Ironies of Automation*, Department of Psychology, University College London.

(<http://www.bainbrdg.demon.co.uk/Papers/Ironies.html>)

Banverket, 2003, *Statistik över olyckor på statens spåranläggningar 2002*, Danagårds Grafiska.

(http://www.banverket.se/upload/pdf/sakerhet/olyckssstatistik/Statistik_2002.pdf)

Bilprovningen, 2001, *Bussar, Resultat från kontrollbesiktningar 2000*.

Börjesson, M. & Peterson, B.E., 1999, *Resenärernas uppfattning av automatiska bansystem*, KFB-rapport 1999:21, KFB, Stockholm.

Bishop Austrans Limited, 2004, FAQ,

<http://www.austrans.com/frames-gen.htm>, besökt 2004-08-25.

Carlenståhl, Jan, SkyCab AB, personlig kontakt, 2004-11-15.

Cooray, Vernon, 2004, Professor i elektricitetslära, särsk stud av transienter och urladdningar, Uppsala Universitet, telefonintervju 2004-12-15.

David Skyrme Associates, 2004,

<http://www.skyrme.com/insights/3lrnorg.htm>, besökt 2004-09-06.

Davidsson, G. Lindgren, M. Mett, L., 2002, *Värdering av risk*, Räddningsverket, Karlstad.

Davidsson, G., Haeffler, L., Ljungman, B., Frantzich, H., 2003, *Handbok för riskanalys*, Räddningsverket, Karlstad.

Ek, Å., LUCRAM, 2000, *Fartygsolyckor i Öresund – människan, människa-teknik-systemet och organisationen som risk- och säkerhetsfaktorer*, ISSN 1404-2983, Lund.

FDA, 2000, *Medical Device Use-Safety: Incorporating Human Factors Engineering into Risk Management*.

(<http://www.fda.gov/cdrb/humfac/1497.html>)

Fransson, Thomas, Ingenjör på IT-avdelningen på SL Infrateknik AB, intervju 2004-10-04.

Frederiksen, Gunni S., 2004, projektledare, Ørestadsselskabet, intervju 2004-11-11.

Frederiksen, G. S., Haspel, U., 1997, The new automatic Metro for Copenhagen: Modern approach to the safety Assessment. Ørestadsselskabet.
(<http://www.m.dk/safetyassessment.pdf>)

Granberg, O., 2003, *Personaladministration och organisationsutveckling*, Natur och Kultur, Värnamo.

Hagström, Martin, 2004, FOI, personlig kontakt 2004-11-15.

Hedenfalk, Johan, 2004, Säkerhetschef på AB Storstockholms Lokaltrafik, intervju 2004-10-20.

Ingvarson, J. & Roos, A., 2003, *Metoder för risk- och sårbarhetsanalys*, Report 5113, Brandteknik.

International Electrotechnical Commission, IEC, 1995, *International Standard – Dependability management part 3: application guide – section 9 Risk Analysis of technological system*.

Jacobsson, A., 2001, *Inherent safety*, Räddningsverket, Karlstad.

Kaplan, S., Visnepolschi, S., Zlotin, B., Zusman, A. 1999, *New Tools for Failure and Risk Analysis – Anticipatory Failure Determination (AFD) and the Theory of Scenario Structuring*, Ideation International.

KBK, Københavns Bybane Konsultgruppe, Joint Venture, 1997, *Reference Document for Operational Risk Assessment, Transportation System, March 1997*, Köpenhamn.

Kemikontoret, 2001, *Riskhantering 3 - Tekniska Riskanalysmetoder*, Stockholm.

Kenning, M.J., 2001, *Security management standard- ISO17799/BS 7799*, BT Technology Journal, 3 (2001) 132-136, Kluwer.

Kjellén, U., 2000, *Prevention of Accidents Through Experience Feedback*, ISBN: 0-7484-0925-4, Taylor & Francis, London.

Koornneef, F., 2000, *Organized Learning from Small-scale Incidents*, ISBN: 90-407-2092-4, Delft University Press, Nederländerna.

Larsson, B., 2002, *Miljöanalys av ny hållbar lokaltrafik - SkyCab*, KTH, Stockholm.

Larsson, Jan, 2004, rulltrappsexpert, OTIS AB, telefonintervju 2004-10-25.

Lewis, C & Rieman, J., 1994, *Task Centered User Interface Design - A Practical Introduction*, kap. 4.3.
(<http://www.acm.org/~perlman/uideign.html>)

- Metro, 2004,
www.m.dk/sikkerhed, besökt 2004-09-23.
- Midholm, E. & Widlind, M., 2003, *Riskidentifiering i undermarksstationer - Ett förslag till arbetsmetodik*, Rapport 5128, Lund.
(<http://www.brand.lth.se/bibl/5128.pdf>)
- Mårtensson, L., 1995, *The aircraft accident at Gottröra - the experiences of the cockpit crew*. In *The International Journal of Aviation Psychology*, Volume 5, Number 3, 1995, pp 308-332. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, New Jersey.
- NASA ASRS, 2004,
<http://asrs.arc.nasa.gov/>, Aviation Safety Reporting System, besökt 2004-05-19.
- NCO, 2004, *Olyckor i siffror - En rapport om olycksutvecklingen i Sverige*, Nationellt centrum för erfarenhetsåterföring från olyckor, Räddningsverket, Karlstad.
- Nilsson, Daniel, 2004, doktorand, Brandteknik, intervju 2004-11-04.
- Norman, D.A., 2002, *The Design of Everyday Things*, Basic Books, New York.
- Olesen, Jan, 2004, Studiebesök på Metron, intervju 2004-09-20.
- Pasikowska, J., 1998, *Vem halkar på is och snö? En rapport om falloolyckor*, rapport 1998:21, Konsumentverket KO, Stockholm.
- Reason, J., 1998, *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate, Hampshire.
- Regeringens proposition 2001/02:20, 2001, *Infrastruktur för ett långsiktigt hållbart transportsystem*, Stockholm.
- SAOL, 1992, Höganäs.
- SkyCab, 1994a, *Riskhantering och räddningstjänst i spårtaxi*.
- SkyCab, 1999, *Att resa på ett nytt sätt i Linköping...*, Stockholm.
- SkyCab, 2000, *Vision SkyCab i Sigtuna kommun*, Stockholm.
- SkyCab, 2002, *Ökad tillgänglighet till och positiv utveckling av Vetenskapsstaden – med SkyCab*, Stockholm.
- SkyCab, 2003a, *Hofors förstudie bilaga 2. Beskrivning och specifikation av en testanläggning*.
- SkyCab, 2003b, *Myndighetskrav för att bygga och driva spårbunden trafik – 2003-01-23*, Stockholm.
- SkyCab, 2004b, *Systembeskrivning SkyCab – 2004-01-19*, Stockholm.
- SkyCab, *Förslag till examensarbete vid LTH, riskingenjörer*.

Statens Haverikommission, 2003, *Årsredovisning räkenskapsåret 2003*, Stockholm.
(http://www.havkom.se/sv/pdf/arsredov_2003.pdf)

Susning, 2004,
<http://susning.nu/Richterskalen>, Uppslagsverk internet, besökt 2004-09-15.

Svenska Kommunförbundet, 2004,
<http://www.lf.svekom.se/artikel.asp?A=991&C=586>, besökt 2004-10-18.

System Safety Society, 1997, *System Safety Analysis Handbook*, 2:nd edition, USA.

Torstensson, H. & Wallin, A., 2001, *Risikvärdering i praktisk verksamhet*, Räddningsverket, Karlstad.

Von Solms, B. & von Solms, R., 2001, *Incremental Information Security Certification*, Computer & Security, 20 (2001) 308-310, Elsevier Advanced Technology.

Wikipedia, 2004
http://sv.wikipedia.org/wiki/Faradays_bur, Uppslagsverk internet, besökt 2004-12-15.

Bilaga 1 - Studiebesök på Banverkets ledningscentral i Malmö (2004-08-11)

Intervju med Rickard Andersson, Operativ chef på Banverkets ledningscentral i Malmö

Organisation och arbetsområde

På åtta ställen i Sverige finns tågledningscentraler, och var för sig täcker de ett stort geografiskt område (med undantag för Stockholm där tågtrafiken är tätare). Då det finns en mängd olika tågbolag, är det i den statliga myndigheten Banverkets regi dessa ledningscentraler hålls för att systemet skall bli opartiskt.

Rummet tågen styrs från i tågledningscentralen är uppbyggt som en stor halvcirkel. På den rundade väggen finns metervis med skärmar, och här ser man alla banor och stationer samt var tågen befinner sig. Mitt i halvcirkeln, framför de stora skärmarna, sitter operatörerna, och dessa har till sin hjälp mindre skärmar för att kunna övervaka tågen.

Systemet är uppbyggt efter en viss ordning som består av trafikledare, trafikinformatorer, tågledare, eldriftledare, bandriftledare samt en operativ chef. Trafikledarna har hand om var sitt geografiska område, och samarbetar med trafikinformatorerna som sköter informationen som meddelas på de olika tågstationerna. Tågledaren har den sammantagna ledningen över trafikledarna. Eldriftledaren sitter separat och har hand om el-frågorna, och bandriftledaren har hand om det som har med infrastrukturen att skaffa, såsom exempelvis rälsen. Den operative chefen basar över samtliga och har även kontakten utåt vid exempelvis olyckor. För att bli anställd krävs att man har god simultankapacitet, vilket testas vid anställningen. Klarar man testet, följer en intern utbildning i ett par år. Banverket har en handbok, SÄO, för hur man skall bete sig i säkerhetsarbetet. Varje år hålls även en utbildning i denna handbok, med ett kunskapsprov på som avslutning. Misslyckas man på detta prov, blir man avstängd till dess att man klarar provet.

Då övergång sker till andra geografiska områden där en annan tågledningscentral tar vid, krävs mycket samarbete. För att undvika olyckor och få detta samarbete att flyta på bra med grannlandet Danmark hålls utbildningar i danska för operatörerna. Siffror skall alltid nämnas i ental för att minska risken för missförstånd.

Drift

Kopparledning på spåret gör att operatörerna kan se tågen på sina skärmar. Vid manuell drift används diagram med axlarna tid och sträcka. På dessa kan utläsas vilka tåg som kör, var de skall, riktning söderut eller norrut samt vilken räls de kör på och i viss mån hastigheten. För att undvika missförstånd har alla södergående tåg ojämna nummer, alla norrgående tåg jämna. Operatören kan välja att sätta tågen i automatdrift, vilket betyder att endast röda/gröna signaler visas för tågen och dessa inte behöver övervakas konstant.

I Stockholm, och snart även i andra ledningscentraler, används ett system kallat TLS. Detta innebär att varje tåg har sin egen databas. Här finns inprogrammerat vilken linje tågen skall gå på, exempelvis vilket spår det skall ta med mera. För operatören är

det sedan bara att övervaka detta. Vinsten med detta system blir att man får bättre framförhållning, det vill säga möjlighet till bättre planering och mindre stress för operatörerna.

Säkerhet

För att göra systemet säkrare finns ett system med radiosändare i rälsen, kallat ATC (Automated Train Control). Systemet känner av var tåget befinner sig, och om ett tåg kör förbi en röd signal skall tåget stanna automatiskt. ATC minskar även hastigheten om tåget kör för fort. Vid signalfel kan tågföraren välja att ignorera signalen och fortsätta köra, men först efter att ha fått tillstånd från ledningscentralen.

Säkerheten är A och O för tågledningscentralen, enligt Andersson. På ledningscentralen finns två personer anställda som enbart jobbar med säkerheten. Vid exempelvis underhållsarbete ökas säkerhetsmarginalen (området) om det inte är klart var arbetare på spåret exakt befinner sig.

När ett tillbud eller en olycka sker skrivs detta in i ett rapporteringssystem. Samtliga operatörers samtal spelas in, och likaså loggarna på datorpanelerna. Detta gör att man i efterhand kan gå in och se vad som orsakade felet.

När tekniken felar är det enligt Andersson växlarna som orsakar de flesta felen. När dessa utsätts för starkt solsken torkar oljan ut i växlarna. En sensor i växeln känner av oljelagret på en millimeter när och indikerar när oljan är slut. Lokföraren skickas då ut för att kontrollera växeln och underhållspersonal sänds ut till platsen. Ett annat problem som kan uppstå är signalfel. Ibland slår gröna signaler över till rött av olika orsaker, exempelvis datafel eller fel i reläställverk. Dock slår aldrig signaler om till grönt, då en signal i felläge alltid blir röd.

Ett alarmeringssystem man begagnar sig av är COMBAS. Systemet är kopplat till SOS, Räddningstjänst och en rad olika vaktbolag, och vid en brand går larmet på ledningscentralen. Systemet är även kopplat till olika vindmätare vid spåret och varnar för höga vindar, vilket begränsar tågens hastighet, se figur 1.

Vind m/s	Godståg	Övriga eldrivna tåg	Övriga icke eldrivna tåg
21-27	80 km/h	-	-
27-30	Inställt	100 km/h	-
30-34	Inställt	40 km/h	100 km/h
>34	Inställt	Inställt	Inställt

Fig. 1 Maxhastighet vid olika vindstyrkor.

Vidare finns olika varningssystem på tågen. Ett av dessa system är temperaturmätare på tågens hjul. När alltför höga temperaturer indikeras måste tågföraren stanna tåget och kontrollera hjulen. Ett annat system är tjuvbromsblocksmätare. Denna indikerar när ett bromsblock ligger på hjulen, vilket kan leda till värmeutveckling och deformationer av hjulen och därmed skador på rälsen. Ett säkerhetssystem, som bara används på Öresundsbron i dagsläget, är urspåringsdetektorer. Dessa känner av om något hjul rullar utanför rälsen.

Enligt Rickard Andersson sker inte olyckor så ofta med tågtrafiken, med undantag för påkörningar av personer vid rälsen (vare sig det beror på en ren olycka eller självmord). Dock skedde en svår olycka i Hok, nära Nässjö, den 16 juni 2003, när ett

godståg och ett persontåg kolliderade med varandra. Detta skedde på en trafikanmälningsträcka, det vill säga en sträcka som är bemannad på plats och som ej tågledningscentralen ansvarar över. Här upprätthålls säkerheten istället genom att tågklarare i var sin ände av banan anmäler trafik till varandra och ger klartecken för tågen. På olycksdagen hade tidtabellerna för ett av tågen ändrats från att som normalt bara köra på söndagar till att köra även på vardagar. Detta missade tågklararen, då han inte tittade i sina papper. Dessutom missade man i kommunikationen vid kvitteringen av tågen. Detta innebar att godståget fick grönt ända fram till persontåget, och olyckan var ett faktum. Olyckan ledde till att en del rutiner ändrades. Vid byte av tidtabeller skall tågen bland annat registreras med andra nummer. (Statens Haverikommission, 2003)

Eldriftledaren har kontroll över all elektricitet. Vid en eventuell olycka kan det bli stressigt vid el-centralen. Räddningstjänsten kan begära räddningsfrånkoppling, vilket innebär att eldriftledaren bryter strömmen på tåget så att en räddningsinsats kan utföras. Det går även att trycka på nödstopp för berörda linjer mellan två omformarstationer, vilket leder till att strömmen bryts helt på denna sträcka. Detta gör att man kan stanna tågen snabbt. I vanliga fall går strömmen genom ledningarna och ner i en av rälsarna som är en S-räl, det vill säga en ledande räl som matar tillbaka strömmen till omformarstationen.

Bilaga 2 - Studiebesök på Metron i Köpenhamn (2004-09-20)

Guidat studiebesök och intervju med Jan Olesen, steward vid Metron

Besöket i Köpenhamn inleddes med ett guidat studiebesök på Metrons ledningscentral, där Jan Olesen, steward på Metron, visade oss runt på verkstaden och ledningscentralen och berättade om det förarlösa tunnelbanesystemet Metron. Efter rundturen gavs tillfälle att enskilt sitta ner ett tag och ställa frågor till Olesen. Besöket avslutades sedan med en åktur med Metron.

Organisation och arbetsområde

Metron är tunnelbanesystemet i Köpenhamn, som togs i drift i oktober 2002. Idag är antalet spårkilometer 16, varav 10 km går igenom tunnlar. Antalet stationer är 17, och systemet trafikeras med 20 förarlösa tåg.

På tågen och stationerna cirkulerarfinns stewards som hjälper passagerarna tillrätta, plockar upp tidningar och skräp samt kontrollerar biljetter. Huruvida stewardarna jobbar i par eller enskilt är upp till dem själva. 100 personer jobbar med detta, och utbildningen är ett år lång. Då får man lära sig att köra tågen, olika säkerhetsprocedurer (till exempel utrymning vid brand), konflikthantering, självförsvar med mera. Regelbundet hålls repetitionskurser och tester. Var annan till var tredje månad testas stewardarna i ett körprov, och skriftliga teoritester hålls var sjätte månad. Om man inte klarar testerna blir man ”grounded” (tillfälligt avstängd från tjänsten).

På Metron finns ett externt och ett internt rapporteringssystem. Vid minsta avvikelse i den dagliga driften skall en händelserapport lämnas in till Banestyrelsen i Danmark (motsvarande Järnvägsstyrelsen i Sverige). Banestyrelsen har det överordnade ansvaret för säkerheten på Danmarks järnvägar. Händelserapporter skall även lämnas in internt, och alla rapporter sammanställs och granskas sedan av Metros säkerhetschef.

I ledningscentralen jobbar cirka fem personer. Här sker bland annat övervakning av att tågen går som de skall samt TV-övervakning av stationer. Informatören sitter också här och har till uppgift att svara på frågor som resenärer kan ställa via telefoner som finns på stationer och tåg, samt att meddela eventuella tågförseningar till resenärerna på stationerna. Det är även möjligt för ledningscentralen att ringa upp tågen. Arbetstiden för operatörerna är 10-12 timmar per skift. Arbetsplatsen är flexibel enligt Olesen, och operatörerna kan ersätta varandra eller byta platser vid behov.

Ett organisatoriskt problem verkar vara kommunikationen mellan Ørestadsselskabet som äger Metron och Metroservice som driver den, enligt Olesen.

Drift

Vid normal drift kör tågen helt automatiskt utan förare på en linje mellan stationerna med hjälp av ett ATC-system (Automated Train Control). Spår och stationer är både belägna utomhus och under mark. Tågen stannar av sig själva vid varje station på en

given plats, och dörrarna öppnas automatiskt i ett förutbestämt antal sekunder, beroende på vilken hållplats tåget befinner sig på. Innan dörrarna sedan stängs igen ljuder en varningssignal och en orange lampa tänds.

Tågen kan även framföras i manuell drift, så kallad By pass-drift, via en kontrollpanel längst fram i tåget. Panelen är inlåst under ett hölje. För att kunna använda panelen krävs, utöver en nyckel för att låsa upp höljet, även två nycklar för att aktivera kontrollpanelen. Vid manuell drift kopplas ATC-systemet ur, så även de automatiska säkerhetsfunktionerna, och tåget kan manövreras hur som helst.

Tågen kör på spår och drivs med en spänning av 750 V via en strömskena.

Strömskenan finns på sidan av spåret och är skyddad av ett plasthölje.

Maxhastigheten som tågen framförs i ligger på omkring 80 km/h. När tågen skall bromsa in vid stationerna beräknas bromssträckan av en dator, och denna tar hänsyn till olika faktorer som tågets vikt (beroende på hur många passagerare som tillfälligtvis åker) samt väderleksförhållanden. Tågets vikt känns av med hjälp av lastkännare.

Underhållet av systemet sköts på två sätt., dels regelbundet i förebyggande syfte, dels vid behov. En gång om dagen åker tågen in i en depå, och här görs de rena och rensas på skräp. Med jämna mellanrum sker även en mer noggrann rengöring och tågen storstädas. I depån finns ingen strömskena, utan tågen rullar in. För att komma ut bogseras de av diesellok eller ett annat tåg. Tågen är inte antigrafittbehandlade.

Säkerhet

Vid stationerna ovan mark finns ett system, ODS (Obstacle Detection System) med fotoceller som detekterar främmande objekt på spåret. Vid en sådan händelse ger dessa sensorer stoppkommando till tågen. I början hade man problem med att tågen stannade t.ex. när skräp kastades ner på spåren och när djur korsade eller satte sig på spåret. Ett annat problem var att ODS även utlöste vid stark solstrålning. Idag skall ODS dock fungera bra, och har även vid ett tillfälle bidragit till att förhindra att ett självmordsförsök lyckades.

Ingen har hittills omkommit genom att färdas i Metron eller befinna sig på stationer och dyl. En person har dock omkommit i samband med en olycka vid en rulltrappa, men detta berodde enligt Olesen på onödigt risktagande med klättrande på räckena i samband med stor drogkonsumtion.

Undertill, längst fram på tågen, finns särskilda bumprar med sensorer. När dessa stöter på hinder på spåren skickar de signaler till tåget och tåget stannar. Bumprarna finns i första hand för att skydda tåget, och reagerar när tåget kör på föremål på omkring 40-50 kg.

På tågen finns nödbroms, och om en resenär drar i detta handtag när tåget befinner sig i närheten av en perrong innebär detta att tåget stannar. Om någon drar i handtaget när tåget är ute på spåret, stannar inte tåget direkt utan saktar ner farten och kör till närmaste station. En spak för nödöppning av dörrarna finns vid varje dörr, och dörrarna går bara att öppna när tåget kör i mindre än 0,3 km/h.

En säkerhetsåtgärd vid dörrstängning på tågen är klämskyddet. Dörröppningen består av två dörrar som öppnas ifrån varandra. I gummilisterna på dörrarna sitter sensorer som känner av om något kläms i dörrarna. Gummilisterna är utformade så

att de stängs omlott; på ena dörren sitter två lister och på den andra dörren sitter tre. Om någon/något kläms fast i dörrarna vid stängning, öppnas dörrarna upp igen. Efter en liten stund stängs dörrarna en gång till automatiskt. Skulle dörrarna öppnas tre gånger i följd på grund av klämning, förblir dörrarna öppna, tågets avgång stoppas och en steward kallas in för att kontrollera vad som är fel innan tåget kan köra igen. I början, då Metron togs i bruk, fanns en del problem med resenärer som försenade avgångarna, genom att försöka pressa sig in genom dörrarna efter att de stängts för tågets avgång. Problemen har dock minskat nu, och förmodligen beror detta på att resenärerna har vant sig vid att dörrarna stängs automatiskt, till skillnad från konventionell järnvägstrafik där förare ibland väntar några sekunder med att stänga dörren om de ser sena resenärer.

I de underjordiska stationerna finns glasväggar med glasdörrar som bara öppnas när tågen ankommer. Detta är en åtgärd som skall förhindra att resenärer går in i tunnelarna. Skulle tåget stanna olämpligt vid en underjordisk station, så att tågdörrar och glasdörrar inte kommer jämsides, kan glasväggen vid behov av en utrymning tryckas utåt mot stationen. Att detta är möjligt markeras tydligt på glasdörrarna med skyltar, som vetter in mot tåget.

Skulle tåget behöva stannas snabbt finns i anslutning till hjulen en särskild sandfylld behållare. Vid behov av ett snabbt stopp släpps sanden ut på spåret för att öka friktionen mellan tågets hjul och spåret, så att inbromsningen blir effektivare.

Stationerna är utrustade med kameraövervakning, och i kontrollrummet kan händelserna övervakas på TV-skärmar. Filmerna sparas, för att sedan kunna användas vid behov. I tågen finns generellt ingen kameraövervakning, då det är tekniskt svårt att överföra så pass mycket information via radiosändare samt dyrt att anordna. Man har dock på prov installerat kameror med radioöverföring i två tåg.

För att upptäcka och begränsa brand är tågen utrustade med branddetektorer och tre handbrandsläckare på varje tåg. Tidningar och brandfarligt material rensas regelbundet upp av stewardarna, och rökning är förbjuden, såväl på stationerna som på tågen. Även stationerna är utrustade med branddetektorer och handbrandsläckare. Ibland uppstår dock problem med att personer missbrukar handbrandsläckarna och leker med dem. Vid en eventuell brand på ett tåg tar trafikledningen beslut om tågen skall stannas och utrymmas. Om tågen stannas utanför en station kan vid behov stewardar kallas till platsen för att bistå med släckning och utrymning. Vid ett tågstopp bryts strömmen automatiskt på det berörda spåret.

För att undvika att systemet blir strömlöst tas el från flera olika kraftverk. Detta fungerar dock inte alltid. Hösten 2003, när hela södra delarna av Sverige och hela Själland blev strömlöst, fungerade inte detta system. Tågen är utrustade med ett extra backup-system med batteri. Backup-batterierna försörjer dock bara belysning, datorer och informationssystem. Vid det stora strömväbrottet kunde dock de flesta tågen rulla ända fram till närmaste station. Går ett tåg sönder eller behöver förflyttas utan elektronik finns diesellok som kan dra tåget. Det finns även möjlighet att koppla samman två tågset om man vill förflytta ett tåg som av någon anledning inte fungerar normalt.

Att det funnits några större klimatrelaterade problem upplever inte Olesen, förutom att ODS tidigare utlöste vid starkt solsken. Några problem med löv på spåren

existerar inte då inga träd finns i närheten. Vid isbildning på spåret påverkas inte tågen, då tyngden från tågen omedelbart smälter bort isen. Spårväxlarna är dock uppvärmda för att kunna fungera tillfredsställande även vid hård kyla.

Bilaga 3 - Studiebesök SL Infrateknik i Stockholm (2004-10-04)

Intervju med Tomas Fransson, Ingenjör IT-avdelningen och besök på ledningscentralen på Liljeholmen

Organisation och arbetsområde

SL (Storstockholms Lokaltrafik) är ett aktiebolag ägt av Stockholms Landsting. SL har det övergripande ansvaret för kollektivtrafiken i Storstockholm och upphandlar trafik och material. De flesta uppgifterna är lagda på olika entreprenörer, såsom exempelvis Connex Sverige, som bland annat kör tunnelbanetågen och Tågia som sköter vagnunderhåll. SL Infrateknik (SLI) är den gren av SL som har det övergripande ansvaret för spår, trafik och teknik. Många av SLI:s uppgifter är dock också utlagda på entreprenad, såsom exempelvis underhåll och drift samt om- och tillbyggnad.

I ledningscentralen finns stora skärmar som visar hur tågen åker. Slingor mellan ut- och infarter känner av tågen, och deras position visas på skärmarna. I ledningscentralen jobbar trafikledare, ställverkspersonal och en informatör. Trafikledarna är generellt ansvariga för säkerheten och har kontakt med förarna via radion samt kontrollerar hur tågen åker via skärmar. Deras arbete är viktigt för säkerheten och har en hög säkerhetsprioritet, dvs. arbetet är ”säkerhetsklassat”. För att kontrollera kompetensen hålls därför prov en gång per år. Vid en eventuell utrymning av ett tåg är det trafikledaren som fattar detta beslut. Vid ett sådant beslut skickas personal ut på platsen, och även föraren hjälper till vid utrymningen. Även ställverkspersonalens arbete, som innebär omläggning av växlarna, är säkerhetsklassat och innebär årliga prov. Informatörens arbete är inte säkerhetsklassat, och det är han/hon som har till uppgift att informera passagerarna om förseningar och dylikt. Informatören har även underlag för ett talat meddelande vid utrymning av stationer. Det har visat sig fungera bättre vid utrymning att ha ett talat meddelande anpassat till situationen som kommer direkt ifrån informatören, än att ha ett meddelande inspelat på band.

Att så många aktörer är inblandade i driften ser inte Fransson som något större problem, och anser att ansvarsfördelningen är förhållandevis tydlig. När det gäller säkerhetsrutiner sätter moderbolaget minimumkraven, och utöver det har Connex egna säkerhetsrutiner, SLI likaså. En nackdel med entreprenörskapet för SLI är dock att det inte går att prioritera vad som skall åtgärdas vid t.ex. underhåll. Det är även svårt att kräva mer än en viss underhållningsnivå av entreprenörerna. Intervallerna på det spårmissiga underhållet är erfarenhetsbaserat, och sätts olika beroende på vilken typ underhåll det rör sig om. Underhåll på vagnarna sker efter ett visst antal rullade mil. För varje kategori av underhåll (spår, vagnar, osv.) sker en upphandling, och efteråt uppföljning. Entreprenörerna har hela ansvaret för genomförandet.

Vid olyckor och tillbud sker rapportering. Enligt Fransson hängs ingen ut för sina misstag, och han anser att uppföljningen fungerar bra, till och med att uppföljningen sker ”för tätt” ibland. Förbättringar brukar oftast bli följden av rapportering.

Arbetsbelastningen varierar, då SLI är en projektorganisation. Om sommaren, när trafikintensiteten är mindre, är antalet projekt och ombyggnader större och arbetsbelastningen är då högre för Fransson.

Drift

Tågen körs manuellt med förare i en maxfart på 77 km/h. Varje axel i hela tågsetet hjälper till att driva vagnen framåt. När det är som mest trafikerat under rusningstid kör tågen med ett mellanrum på 90 sekunder.

Säkerhet

Enligt Fransson är den absolut största säkerhetsrisken på tunnelbanan resenärerna själva. Ett stort antal resenärer går ner på spåret för att uträtta sina behov, särskilt under helgkvällar, och riskerar då att bli påkörda. Det händer också att resenärer placerar stora föremål på spåret, som t.ex. betongblock. Förr i tiden, när handbrandsläckare var utplacerade i passagerarutrymmen, hade man även problem med att resenärer slungade ut handbrandsläckare genom fönster. Därför finns numera brandsläckare endast hos föraren och inte i passagerarutrymmena.

Vandalism är också en vanlig företeelse i tunnelbanan. Vanligast förekommande är klottrare som förstör tunnelbanetåg och stationer. Kostnaderna för sanering av klottret uppgår årligen till 200-300 miljoner kronor.

När det gäller brandorsaker är den vanligaste orsaken anlagda bränder i papperskorgar, orsakade av resenärer. Den näst vanligaste orsaken är anlagda bränder utomhus, vilket inträffar på eftermiddagar, när resenärer tar god tid på sig att stå och röka och efteråt slänger fimpar i plattformskanten. Detta leder till att kablar och skräp börjar brinna. En annan vanlig brandorsak är brand i motor och elkablar, som orsakas av ljusbågar i glappkontakter. Bränder har dock inte orsakat några större olyckor. Enligt Fransson har inga dödsfall inträffat de senaste 50 åren på grund av brand i tunnelbanesystemet, om man bortser från 3 rökdykare som omkom vid en brand 1975.

För att undvika en brand, eller minska konsekvenserna av den, är materialet i vagnen svårantändligt.

Video- och TV-övervakning är inte tillåtet i Sverige på allmänna platser enligt lagen om övervakningskameror. Dock använder SL på prov TV-övervakning på fem olika stationer, främst för att komma tillrätta med vandalism. Vid flertalet stationer används TV-övervakning vid påstigning som en säkerhetsåtgärd. TV-skärmarna är riktade från perrongen och mot förarkabinen vid änden av perrongen. På skärmarna visas sidan på tåget, och föraren har då möjlighet att övervaka hela tåget och se om någon resenär kommer i kläm i dörrarna eller fastnar på annat sätt.

När det gäller problemet med spårbedräde har man på SL testat olika larmtekniker, såsom fotoceller, laserteknik och radar. Fotoceller har dock visat sig fungera dåligt, då Metrotidningar, burkar och dyl. lätt ger utslag och därmed bidrar till många falsklarm. Laser och radar scannar av ytan vid spåret och detta har visat sig fungera bättre, då systemen kan programmeras att känna igen objekt. Användningen av dessa metoder är dock än så länge bara på prov.

Det finns en del problem runt klimatfrågorna. På SLI finns grupper som diskuterar dessa problem. Klimatrelaterade problem kan vara underkylt regn, snö, solkurvor och löv. Vid kraftigt snöfall är det viktigt att växlar utomhus ses över. Växlarna skottas därför, och en särskild snöblåsningsvagn används. I dagens läge används även varmare runt växlarna. Underkylt regn orsakar problem i form av isbark på strömskenan. Detta innebär att strömavtagaren inte får kontakt med strömskenan och isoleras från strömmen. På utsatta ställen används därför värmekabel för att åtgärda detta problem.

Ibland bildas solkurvor vid starkt solsken. För att undvika detta är spåren hårt svetsade, men om det ändå skulle förekomma solkurvor stoppas trafiken och manskap skickas ut till platsen för att åtgärda problemet.

Vid kraftiga vindar finns ingen maxgräns för när tågen slutar köra. Blixtutslag utgör heller inget större problem, men alla trafikledningscentraler är dock utrustade med åskledningsskydd.

Under hösten, när löven faller, uppstår en del problem med lövhalka. När tågen bromsas, kan hjulen låsa sig vilket får till följd att hjulen slipas ner och får platta ytor. När hjulen får dessa platta ytor kan de slå sönder och skada rälsen. Dessutom blir bromssträckan längre.

Intervju med Johan Hedenfalk, Säkerhetschef SL

Intervjun med Johan Hedenfalk utvecklade sig mer till en diskussion angående säkerhetsproblem i tunnelbanan och möjliga lösningar på problem för ett system likt SkyCab. Nedan redovisas en sammanfattning av diskussionen.

Säkerhet i tunnelbanan

Ett säkerhetsproblem i tunnelbanesystem och deras tåg är bränder. På nya tunnelbanetåg finns krav på avskiljande parti mellan underredet och passagerarutrymmet för att tågen skall klara bränder undertill. Bränder kan uppkomma i växellådor där det finns ett antal liter olja. Dessa bränder är dock förmodligen ej så farliga. Värre är det då med kabelbränder, som kan orsaka större skador. Enligt Hedenfalk finns inga varmgångsdetektorer på tunnelbanetågen, och det förklarar han med att problemet med varmgång är litet på passagerartåg. Problemet är större hos godståg eftersom de är tyngre.

Ett av de större problemen i tunnelbanesystemet är att obehöriga beträder spåret. Cirka 4-6 personer, som befinner sig nere på spåret för att t.ex. urinera, blir varje år påkörda av tåg.

Avvikelser rapporteras enligt Hedenfalk i stor utsträckning, och sorteras i en databas i olika kategorier. Om den som gjort fel själv tar kontakt och rapporterar händelsen räknas händelsen som utagerad för den som begått felet. Ett visst mörkertal finns, men detta beror förmodligen till stor del på att personen som felar ej själv upptäckt felet.

Att de flesta uppgifter i organisationen är utlagda på entreprenad ser Hedenfalk inte som någon nackdel, då man även förr fick dela upp uppgifterna inom organisationen. Ett problem som dock förekommit någon gång är att det vid entreprenörsbyte hänt att den gamla entreprenören tagit med dokumentationen.

När det gäller underhållet var detta tidigare intervallstyrt, men är numera tillståndsbaserat. En viktig sak vid underhåll är disciplinen. Det går exempelvis bra för stunden att byta delar mellan tåg, men efter ett tag tappar man kontrollen över vad man gjort och underhållet blir ostrukturerat. Det är även av stor vikt att en och samma mekaniker går igenom hela tåget så att underhållet optimeras. Det är då lättare att hålla reda på vad som utförts.

Personalens utbildning varierar beroende på arbetsuppgiften. För att bli tågförare behövs 6-8 veckors utbildning. Ska man jobba i ledningscentralen krävs förutom en separat utbildning även tågförarutbildningen som grund, samt ett par års erfarenhet som förare. Detta är viktigt för att man ska ha kännedom om hur tunnelbanesystemet ser ut. Innan anställning sker en del lämplighetstester, och när man väl är utbildad och anställd hålls sedan vartannat år tester för att kontrollera kunskaperna.

Klimatrelaterade problem är bland annat löv på spåren. Dessa orsakar sämre friktion mellan hjul och underlag, vilket bidrar till att hjulen slirar vid igångsättning. Dessutom leder detta till längre bromssträckor och förslitningar på hjulen, eftersom hjulen får platta ytor vid inbromsning. Andra problem kan vara att strömskenan utsätts för snö och is, vilket försämrar kontakten mellan strömskenan och

strömavtagaren. Ytterligare ett problem är att strömmatningen i likriktarstationer kan slås ut vid åskväder.

Diskussion angående säkerhet hos PRT-system

PRT står för Personal Rapid Transit, och är en benämning på förarlösa spårtaxi-system. Viktigt att tänka på när man utformar system med små passagerar-vagnar är materialvalet. Både maskineriet och passagerarkabinen skall vara utformade så att en brand begränsas i största möjliga utsträckning. En vanlig orsak till brand i tunnelbanetåg är motorbränder, så även förmodligen för vagnar i SkyCab-systemet. Vagnarna utformas därför lämpligen med en brandteknisk avskiljning mellan motorutrymme och passagerarkabin. Valet av kablar är viktigt, likaså val av eventuella genomföringar mellan motorutrymme och passagerarkabin. Dessutom är det lämpligt att separera manöverkablar och kraftkablar.

Ett alternativ i passagerarkabinen är att ha ett mindre sprinklersystem som kyler brandgaserna. Frågan är dock om detta är så bra, då brandgaserna sjunker och vattnet ändå kanske inte kommer åt överallt. Ett annat problem med sprinkler är att sprinklerhuvuden kan utsättas för yttre åverkan. Därför kan man med fördel använda dolda sprinklers. Det är även möjligt att ha brandlarm i vagnarna. Lämpligt är, enligt Hedenfalk, att detta är kopplat direkt till räddningstjänsten för att undvika förseningar. För att undvika falsklarm är valet av detektorer viktigt.

Utrymning vid en brand kan med fördel ske i längsled, ut på banan. Detta förutsätter att en central dator håller koll på vagnarnas position, och stannar dessa vid en händelse där en vagn eller flera behöver utrymmas. Enligt Hedenfalk har sådana datorsystem hög tillförlitlighet. En utrymning i längsled innebär att vagnarna måste vara utformade med en extra öppning i fören, eftersom det kan vara lämpligast att utrymma framåt. Banan måste även vara möjlig att beträda, och bör utrustas med räcken. Räcken är även lämpliga att ha ur underhållssynpunkt, för att hindra att banarbetare faller ner och skadas. Vid en nödutrymning är det även viktigt att någon förregling är mekanisk, eftersom risken finns för att bli innebränd om alla förreglingar är elektromagnetiska och därför kan förstöras vid en brand. Vidare finns en risk att dörrarna inte kan öppnas över huvudtaget, om vagnen har sparat ur. Detta problem är förmodligen större om utrymning sker på sidan på särskilda balkonger.

Andra tänkbara risker i systemet kan vara urspårning på grund av hjulhaveri eller axelbrott.

Bilaga 4 - Studiebesök hos Ørestadsselskabet i Köpenhamn (2004-11-11)

Intervju med Gunni S. Frederiksen, Projektledare

Organisation

Det förarlösa, automatiska tunnelbanesystemet Metro i Köpenhamn ägs av Ørestadsselskabet. Ørestadsselskabet är till hälften statligt ägt och till hälften ägt av Köpenhamns kommun. Drift och underhåll av Metron ligger på entreprenad, och det är det italienska företaget Ansaldo (leverantören av systemet) som ansvarar för detta och har det formella ansvaret för driften av Metron. Entreprenörskontraktet gäller i fem år från det datum Metron togs i bruk, vilket gjordes den 19/10 år 2002. Ansaldo har även i sin tur lagt ut de flesta av sina uppgifter på entreprenad, till företaget Metroservice. Metroservice driver således idag Metron i praktiken samt sköter underhållet.

I kontraktet mellan Ørestadsselskabet och Ansaldo står att tillförlitligheten i systemet måste ligga på 98% (tillförlitligheten presenteras för varje månad på Metrons hemsida). Då tillförlitligheten är högre än så utgår en bonus för entreprenören.

Att ansvaret för drift och underhåll läggs ut på entreprenad fungerar enligt Frederiksen inte alltid tillfredsställande, utan ”både och” då det blir för många steg/aktörer. Han poängterar dock att vid de flesta tillfällen fungerar systemet utmärkt. Dock borde kontraktet istället vara utformat så att den förste entreprenören ej i sin tur kan lägga ut uppgifterna på entreprenad, då detta ibland ger vissa problem. När Ørestadsselskabet kommunicerar med Metroservice, missas kontakten med Ansaldo. Detta har i vissa fall gett upphov till missförstånd, som skylls på någon av de andra parterna. Det kan även vara så att Ørestadsselskabet ställer krav på Ansaldo, som sen i sin tur ej ställs på Metroservice. Ju längre bort i en kedja ett arbete beordras, desto sämre blir det.

Ett konkret exempel på när det dubbla entreprenörskapet fungerar dåligt är enligt Frederiksen fallet med dörrarna i skyddsväggarna, som skiljer av perrongen från spåret på stationer under mark. Dessa dörrar måste öppna vid rätt ögonblick vid tågets ankomst till en station, annars fungerar de ej. Detta styrs av vissa tekniska parametrar. Samspelet mellan tekniken (de tekniska parametrarna), som Ansaldo står för, och organisationen runt omkring, som Metroservice står för, fungerar ibland ej och detta kan försinka tåget upp till 20 minuter. Med en god organisation hade felet kunnat vara åtgärdat på en minut, då beredskap hade kunnat finnas för att se till att dörrarna öppnades upp snabbt. Detta är ett krav som Ørestadsselskabet ställer på Ansaldo, men som Ansaldo i sin tur ej ställer på Metroservice.

Ørestadsselskabet överväger nu att vid nästa kontraktperiod anlita Metroservice direkt och endast hålla sig till en entreprenör. Personalen på Metroservice är redan insatta och erfarna i systemet, vilket är en fördel.

Säkerhet

När det gäller säkerheten finns vissa problem med Metron. Frederiksen ser passagerarna som det största säkerhetsproblemet. Vid en särskild händelse eller olycka går det inte att förutsäga hur passagerarna skall reagera. Då det på Metron sker

få olyckshändelser finns ingen olycksstatistik. Detta resulterar också i att organisationen ej kan lära sig av erfarenheter, och därmed har svårare att förutsäga hur passagerare reagerar.

För att upprätthålla en hög säkerhet krävs vissa uppoffringar rent drifttekniskt. Som ett exempel kan nämnas dörrstängningsfunktionen. Om något kommer i kläm när dörrarna skall stängas, öppnas dörrarna upp igen. Efter ett litet tag stängs de på nytt. Om något kommer i kläm och dörrarna tvingas upp tre gånger, stannar de i öppet läge. Tåget kan då inte köra och personal kallas ut på platsen för att kontrollera orsaken. Detta orsakar driftstörningar, och tågen kan bli upp till 20 minuter försenade. Upprepade informationskampanjer har minskat problemen, men kampanjernas verkan försvinner ett tag efter att de avslutats.

Hade Frederiksen fått tillfälle att förbättra något hade skyddsvägg med dörrar, som skiljer av perrongen från spåret, uppförts också vid de öppna stationerna (stationer ovan mark). Idag finns sådana dörrar endast på stationerna under mark.

I tågagnarna är handbrandsläckare utplacerade. Dessa brukar få vara kvar, trots att det är ett vanligt problem med stöld av handbrandsläckare i andra kommunikationssystem. Frederiksen antar att det delvis beror på tågstewardarna som cirkulerar mellan olika tåg och stationer. Dessutom är alla tåg videoövervakade. Filmen spelas in i vagnen, och vid behov kan filmerna spelas upp i efterhand. Tidigare testades direktöverföring av bilden från kameran i vagnarna via radio. Detta visade sig dock inte lämpligt, då överföringshastigheten var låg, runt 1 bild per sekund. På stationerna har man dock TV-övervakning.

I övrigt är vandalism ett problem på Metron. Stenkastning sker från de öppna stationerna mot tågrutorna. Rutorna är av dubbelt glas med plastfilm och därmed är stenkastningen inget säkerhetsproblem. Dock kostar detta en hel del pengar.

Ørestadsselskabet har satt en prioriteringslista för de olika tekniska systemen. Denna lista har en skala som ligger mellan 0 och 4, där 4 innebär högsta prioritet. Som ett exempel ligger kategorin ”kommunikation mellan passagerare och driftledningscentral” på prioritet 0. Däremot har ”Safety Movement System (ATC, brakes)”, prioritet 3, och ”ATP platforms” prioritet 4. Där prioriteten klassas lågt behöver inte detta bero på att det inte är viktigt utan att systemet kan vara redundant.

Vart 14:e dag träffas en grupp, CCB (Certificate Control Board), och diskuterar det som kan förbättras i Metron när det gäller drift och underhåll samt problem som uppstått. Det gäller att se till att den högsta accepterade risknivån ej uppnås samtidigt som detta ej skall påverka driften för mycket. Den högsta accepterade risknivån för Metron redovisas med s.k. FN-kurvor i ett särskilt diagram, se figur 2 nedan. I diagrammet redovisas högsta accepterade risknivå (översta linjen) och en ALARP-zoon (As Low As Reasonably Possible). En kurva (ej inritad i figuren) visar sambandet mellan ackumulerad frekvens händelser och antalet omkomna i systemet. Hamnar kurvan i ALARP-zoonen bör säkerhethöjande åtgärder vidtas.

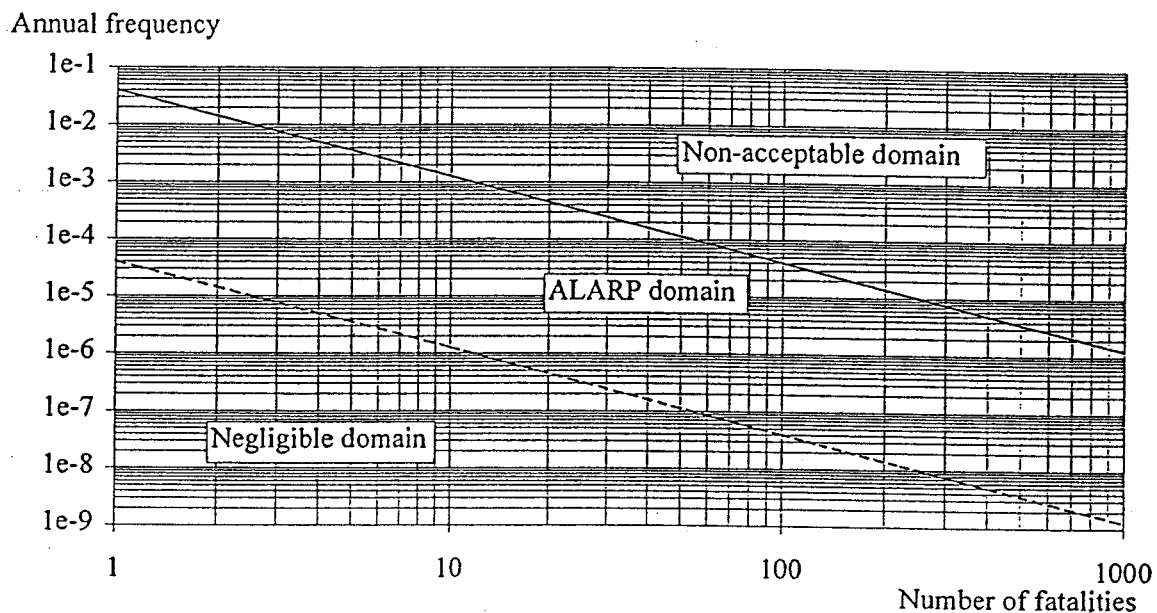


Fig. 2 Riskacceptanskriterier för passagerare. Talet e^{-1} står för 10^{-1} . (KBK, 1997).

Alla säkerhetsmässiga händelser rapporteras till Trafikstyrelsen. En sådan händelse kan vara urspårning, vilket har inträffat två gånger i Metron. Detta skedde vid verkstaden, där det finns en skarp kurva precis utanför ingången. Tågen tas regelbundet in för underhåll, eftersom inbromsningar resulterat i att hjulen får platta ytor. Efter sådant underhåll måste hjulen smörjas med kolstift för att minska friktionen hos hjulen. Detta glömdes vid två tillfällen bort, vilket resulterade i en hög friktion och tågen spårade ur när de åkte genom den skarpa kurvan utanför verkstaden. Systemet har ändrats, och idag finns automatiska smörjsystem på banan som smörjer hjulen.

Frederiksen nämnde ett antal standarder som måste uppfyllas för Metro-systemet. Några av dessa var:

- EN-50126 - EU-standard som behandlar LCA (livscykelanalys)
- EN-50128 och 50129 - EU-standard som behandlar elektroniska system och signalanläggningar
- NFPA-130 - Brandnorm
- BOStrab regulation - tysk standard som behandlar övergripande riktlinjer för närtrafik
- VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen) guidelines - Tyska standarder som behandlar tekniska normer (Frederiksen & Haspel, 1997)

På stationerna gäller samma säkerhetsregler som för offentliga byggnader och rent byggnadstekniskt gäller vanliga byggregler.

Referenser:

KBK, Københavns Bybane Konsultgruppe, Joint Venture, 1997, *Reference Document for Operational Risk Assessment, Transportation System, March 1997*, Köpenhamn.

Frederiksen, G. S., Haspel, U., 1997, *The new automatic Metro for Copenhagen: Modern approach to the safety Assessment*. Ørestadsselskabet.
(<http://www.m.dk/safetyassessment.pdf>)

Bilaga 5 - Checklista


Exempel på checklista vid rapportering hos NASA. NASA har olika checklistor beroende på vem som rapporterar, t.ex. mekaniker, piloter, kabinpersonal och operatörer i kontrollrum (NASA ASRS, 2004). Checklistan i denna bilaga är utformad för mekaniker.

DO NOT REPORT AIRCRAFT ACCIDENTS AND CRIMINAL ACTIVITIES ON THIS FORM. ACCIDENTS AND CRIMINAL ACTIVITIES ARE NOT INCLUDED IN THE ASRS PROGRAM AND SHOULD NOT BE SUBMITTED TO NASA. ALL IDENTITIES CONTAINED IN THIS REPORT WILL BE REMOVED TO ASSURE COMPLETE REPORTER ANONYMITY.			
IDENTIFICATION STRIP: Please fill in all blanks to ensure return of strip. NO RECORD WILL BE KEPT OF YOUR IDENTITY. This section will be returned to you.			(SPACE BELOW RESERVED FOR ASRS DATE/TIME STAMP)
TELEPHONE NUMBERS where we may reach you for further details of this occurrence:			
HOME	Area _____ No. _____	Hours _____	
WORK	Area _____ No. _____	Hours _____	
NAME _____		TYPE OF EVENT/SITUATION _____	
ADDRESS/PO BOX _____		DATE OF OCCURRENCE _____	
CITY _____	STATE _____	ZIP _____	LOCAL TIME (24 hr. clock) _____
PLEASE FILL IN APPROPRIATE SPACES AND CHECK ALL ITEMS WHICH APPLY TO THIS EVENT OR SITUATION.			
EXPERIENCE			
Describe your qualifications	<input type="checkbox"/> A & P <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> repairman <input type="checkbox"/> inspection authority <input type="checkbox"/> FCC <input type="checkbox"/> other _____		
What is your technician/maintenance experience in years?	lead technician _____	technician _____	repairman _____ avionics _____ other _____
FACTORS			
Location	_____		
Was training a factor?	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> I was instructing <input type="checkbox"/> I was receiving training
What other factors may have contributed?	<input type="checkbox"/> lighting <input type="checkbox"/> weather	<input type="checkbox"/> work cards <input type="checkbox"/> manuals	<input type="checkbox"/> briefing <input type="checkbox"/> other _____
Check items which were involved in the event	inspection <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no testing <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no repair <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no logbook entry <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no fault Isolation <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no	installation <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no scheduled maintenance <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no MEL <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no * Other _____	(* Describe in the Describe Event/Situation sector)
Component/System/Sub-system involved: _____			
Was maintenance deferred? <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no	When was problem detected? <input type="checkbox"/> routine inspection <input type="checkbox"/> while aircraft was in service at gate <input type="checkbox"/> in-flight <input type="checkbox"/> pre-flight <input type="checkbox"/> taxi <input type="checkbox"/> other _____		
CONSEQUENCES/OUTCOME			
<input type="checkbox"/> flight delay <input type="checkbox"/> flight cancellation	<input type="checkbox"/> gate return <input type="checkbox"/> in-flight shut down	<input type="checkbox"/> aircraft damage <input type="checkbox"/> rework	<input type="checkbox"/> improper service <input type="checkbox"/> air turn back <input type="checkbox"/> other _____
AIRCRAFT/AIRWORTHINESS STATUS	MISSION	OPERATOR	
<input type="checkbox"/> aircraft released for service <input type="checkbox"/> aircraft records completed <input type="checkbox"/> aircraft required documents aboard <input type="checkbox"/> not released for service <input type="checkbox"/> unknown	<input type="checkbox"/> passenger <input type="checkbox"/> cargo <input type="checkbox"/> business <input type="checkbox"/> training <input type="checkbox"/> pleasure <input type="checkbox"/> other _____	(Check all that apply) <input type="checkbox"/> air carrier <input type="checkbox"/> government <input type="checkbox"/> commuter <input type="checkbox"/> military <input type="checkbox"/> corporate <input type="checkbox"/> part 121 <input type="checkbox"/> air-taxi <input type="checkbox"/> part 135 <input type="checkbox"/> charter <input type="checkbox"/> repair Station <input type="checkbox"/> FBO <input type="checkbox"/> self employed <input type="checkbox"/> flight school <input type="checkbox"/> other _____	
TYPE OF AIRCRAFT (MAKE/MODEL) AND ENGINE TYPE			
type of aircraft _____	series _____	ATA Code _____	
aircraft zone _____	engine model _____	other _____	

NASA ARC #277D

MAINTENANCE FORM

Rev Date: 08/1/96

<p style="text-align: center;">NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION</p> <p>NASA has established an Aviation Safety Reporting System (ASRS) to identify issues in the aviation system which need to be addressed. The program of which this system is a part is described in detail in FAA Advisory Circular 00-46D. Your assistance in informing us about such issues is essential to the success of the program. Please fill out this form as completely as possible, enclose in an sealed envelope, affix proper postage, and send it directly to us.</p> <p>The information you provide on the identity strip will be used only if NASA determines that it is necessary to contact you for further information. THIS IDENTITY STRIP WILL BE RETURNED DIRECTLY TO YOU. The return of the identity strip assures your anonymity.</p> <p>NOTE: AIRCRAFT ACCIDENTS SHOULD NOT BE REPORTED ON THIS FORM. SUCH EVENTS SHOULD BE FILED WITH THE NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD AS REQUIRED BY NTSB Regulation 830.5 (49CFR830.5).</p>	<p style="text-align: center;">AVIATION SAFETY REPORTING SYSTEM</p> <p>Section 91.25 of the Federal Aviation Regulations (14 CFR 91.25) prohibits reports filed with NASA from being used for FAA enforcement purposes. This report will not be made available to the FAA for civil penalty or certificate actions for violations of the Federal Air Regulations. Your identity strip, stamped by NASA, is proof that you have submitted a report to the Aviation Safety Reporting System. We can only return the strip to you, however, if you have provided a mailing address. Equally important, we can often obtain additional useful information if our safety analysts can talk with you directly by telephone. For this reason, we have requested telephone numbers where we may reach you.</p> <p style="text-align: center;">Thank you for your contribution to aviation safety.</p>
<p>Please fold both pages (and additional pages if required), enclose in a sealed, stamped envelope, and mail to:</p>	
 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> <p>NASA AVIATION SAFETY REPORTING SYSTEM POST OFFICE BOX 189 MOFFETT FIELD, CALIFORNIA 94035-0189</p> </div>	
<p>DESCRIBE EVENT/SITUATION</p>	
<p>Keeping in mind the topics shown below, discuss those which you feel are relevant and anything else you think is important. Include what you believe really caused the problem, and what can be done to prevent a recurrence, or correct the situation. (USE ADDITIONAL PAPER IF NEEDED)</p>	
<p style="text-align: center;">CHAIN OF EVENTS</p> <ul style="list-style-type: none"> - How the problem arose - How it was discovered - Contributing factors - Corrective actions 	<p style="text-align: center;">HUMAN PERFORMANCE CONSIDERATIONS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perceptions, judgments, decisions - Actions or inactions - Factors affecting the quality of human performance

DESCRIBE EVENT/SITUATION, continued...			
CHAIN OF EVENTS		Extra page	HUMAN PERFORMANCE CONSIDERATIONS
- How the problem arose	- How it was discovered		- Perceptions, judgments, decisions - Actions or inactions
- Contributing factors	- Corrective actions		- Factors affecting the quality of human performance

Referenser:

NASA ASRS, 2004, Aviation Safety Reporting System, 2004-12-14
http://asrs.arc.nasa.gov/forms_nf.htm



LUNDS UNIVERSITET

Informationsenheten, Box 117, Paradisgatan 5c, Byrålogen, 221 00 Lund
Telefon 046-222 12 34. Telefax 046-222 47 11