

Plattformsdörrar som säkerhetshöjande åtgärd

*- en vägledning till kostnads-nyttoanalys
med fokus på effektkvantifiering*

*Robin Haglund
Erik Isaksson*

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety
Lund University, Sweden

Brandteknik och Riskhantering
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 5296, Lund 2009

Plattformsdörrar som säkerhetshöjande åtgärd

*- en vägledning till kostnads-nyttoanalys
med fokus på effektkvantifiering*

**Robin Haglund
Erik Isaksson**

Lund 2009

Plattformsdörrar som säkerhetshöjande åtgärd
*- en vägledning till kostnads-nyttoanalys
med fokus på effektkvantifiering*

Platform Screen Doors as a safety measure
*- a guideline to cost-benefit analysis with
focus on effect quantification*

Robin Haglund
Erik Isaksson

Report 5296
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--5296—SE

Number of pages: 117

Illustrations: Robin Haglund, Erik Isaksson

Keywords

plattformsdörrar, PSD, tunnelbana, förebyggande åtgärder, kostnads-nyttoanalys, självmord, luftkvalitet, brand, olyckor

Sökord

platform screen doors, PSD, metro, prevention measures, cost-benefit analysis, suicide, air quality, fire, accidents

Abstract

This work has three main goals and aims first to create a knowledge bank with focus of the area surrounding Platform Screen Doors. The knowledge bank was based upon a literature review. The work also aims to identify which effects that comes along with the platform screen doors. The identifying process was made out of the review with support from a survey among people with different educational backgrounds. At last this work aims to create a guideline to enable a socioeconomic evaluation of platform screen doors in railroad or Metro stations in the underground. The guideline is based on the knowledge bank and the effect identification.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2009.

Brandteknik och Riskhantering
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering
and Systems Safety
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Sammanfattning

Tunnelbanan är ett viktigt och populärt transportmedel i många städer. Det har även blivit allt vanligare att förlägga den traditionella järnvägstrafiken under städerna. Järnvägs- och tunnelbanetrafik under mark medför fördelar men även nackdelar, kanske främst i form av säkerhetsproblem. Ett exempel på en säkerhetshöjande åtgärd är plattformsdörrar, som kan ha positiv inverkan på många av säkerhetsproblemen, men innebär stora ekonomiska resurser. Om kostnader jämförs med den totala säkerhetsförändringen som plattformsdörrar ger upphov till, kanske investeringen visar sig vara samhällsekonomisk och kan därmed motiveras.

Arbetet har haft tre olika huvudmål. Det första har varit att genom en litteraturstudie skapa en kunskapssammanställning av området kring plattformsdörrar. Litteraturstudien behandlar relevanta ämnesområden i koppling till plattformsdörrar och utgör också ett underlag för det vidare arbetet. Litteraturstudien fungerar också som en grundläggande kunskapsbank för personer som ska arbeta i projekt med plattformsdörrar.

Det andra målet har varit att identifiera vilka effekter som plattformsdörrar kan ha på järnvägs- eller tunnelbanestation under mark. Detta har gjorts dels med hjälp av litteraturstudien och dels med hjälp av en undersökning. Undersökningen skedde genom att cirka 60 personer med varierande bakgrund, fick i ett e-postmeddelande föreslå olika effekter av plattformsdörrar. Av de identifierade effekterna valdes de fyra som ansågs viktigast; brand, luftkvalitet, olyckor och självmord.

Det tredje målet har varit att utforma en vägledning till hur plattformsdörrar kan utvärderas ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Vägledningen beskriver hur de utvalda effekterna kan kvantifieras och tillämpas i en kostnads-nyttoanalys av plattformsdörrar. Vägledningen beskriver även hur osäkerheter kan behandlas i kostnads-nyttoanalysen. För att demonstrera hur vägledningen kan användas genomfördes en fallstudie på ett förenklat system, en tunnelbanestation. Eftersom fallstudien endast genomfördes förenklat och i pedagogiskt syfte går det inte att dra några direkta slutsatser.

Vägledningen i detta arbete möjliggör att plattformsdörrar kan utvärderas samhällsekonomiskt, vilket i sin tur i ett större perspektiv kan leda till ökad välfärd. Mer forskning behövs dock inom området.

Summary

A Metro transportation system is important and popular in many cities. Today it has also become more common to place the regular railroad underneath the cities. Railroad and Metro traffic under ground level gives some advantages but also some disadvantages, mainly in form of safety problems. One example of a measure that could increase safety is Platform Screen Doors (PSD). Platform screen doors could have positive effects on several safety and health problems, but they are in general often expensive. When comparing costs of platform screen doors with the total change in safety, the investment may be socioeconomic and could for that reason be motivated to implement.

This work has three different head goals. The first one has been to create a compilation of knowledge with focus on the area surrounding platform screen doors through a literature review. The review discusses relevant areas linked to platform screen doors and works as a basis for the continuing work. The review also serves as a primary knowledge bank for people who are going to be involved in projects with platform screen doors.

The second goal has been to identify which effects platform screen doors can have in underground Metro and railroad stations. This has been done through the literature review and also through a survey, which was based on an e-mail circular. About 60 people with different backgrounds were given the question, through e-mail, if they could suggest different effects from platform screen doors. Of all the identified effects, four were selected as the most important; fire, air quality, accidents and suicides.

The third goal has been to design a guideline to evaluate platform screen doors from a socioeconomic point of view. The guideline describes how the selected effects can be quantified and applied in a cost-benefit analysis of platform screen doors. The guideline also describes how uncertainties could be managed in the cost-benefit analysis. To demonstrate the use of the guideline, a case study was carried out on a simplified system, one Metro station. No conclusions concerning whether or not PSD are cost effective or not can be made from the case study, as its only purpose was to demonstrate the use of the guideline.

The guideline in this work enables an evaluation of platform screen doors out of a socioeconomic point of view, which in a larger perspective can contribute an increased welfare. However, more research in this area is needed.

Förord

Denna rapport är resultatet av vårt examensarbete och avslutar våra studier till civilingenjör i riskhantering samt brandingenjör. Arbetet har inte utförts på uppdrag av någon annan än oss själva.

Vi vill tacka våra handledare Robert Jönsson och Daniel Nilsson, avdelningen för Riskhantering och Brandteknik, för det stöd och den återkoppling vi fått under arbetets gång. Tack även till Anders Karlsson, SL som tog emot oss på ett studiebesök vid Stockholms tunnelbana samt Irina Svensson för hjälp med korrekturläsning av rapporten.

Naturligtvis vill vi även tacka alla övriga, ingen nämnd och ingen glömd, som på ett eller annat sätt bidragit till vårt arbete.

Robin Haglund & Erik Isaksson
Lund, vårdagjämning 2009

Innehållsförteckning

1	Inledning	11
1.1	Bakgrund	11
1.2	Syfte.....	11
1.3	Mål.....	11
1.4	Metod.....	12
1.5	Avgränsning.....	12
2	Litteraturstudie	15
2.1	Inledning.....	15
2.2	Själv mord.....	16
2.2.1	Medias påverkan	16
2.2.2	Förebyggande åtgärder i tunnelbanan.....	17
2.2.3	Plattformsdörrar som förebyggande åtgärd	17
2.3	Personolyckor	18
2.4	Luftkvalitet	19
2.4.1	Upptag i kroppen.....	19
2.4.2	Hälsoeffekt	20
2.4.3	Nationella krav	21
2.4.4	Partiklar i tunnelbanan.....	22
2.4.5	Mortalitetssamband	23
2.5	Buller	24
2.6	Brand	26
2.6.1	Brandens karaktär i tunnelmiljö	26
2.6.2	Brandskydd i tunnlar	28
2.6.3	Räddningstjänstens insats.....	34
2.7	Energibesparingar	35
2.8	Kapacitetsförändringar	36
2.9	Samhällsekonomiska analysmetoder	36
2.10	Kostnads-nyttoanalys.....	37
2.10.1	Att välja projekt för analys.....	37
2.10.2	Avgränsa projekten	38
2.10.3	Identifiera projektens effekter på samhället	39
2.10.4	Värdera alla effekter vid olika tidpunkter	39
2.10.5	Diskontera framtida effekter	41
2.10.6	Hantera osäkerhet.....	41
2.10.7	Dokumentera fördelningseffekter	44
2.10.8	Beslutskriterier.....	45
3	Undersökning – effekter av plattformsdörrar	47
3.1	Undersökning.....	47
3.2	Behandling av svar	47
3.3	Beskrivning av effektkategorier.....	48
3.3.1	Brand	48
3.3.2	Buller.....	48
3.3.3	Energi	49
3.3.4	Kapacitetsförändringar	49
3.3.5	Kostnader för projektering, installation och underhåll	49
3.3.6	Luftkvalitet.....	49
3.3.7	Olyckor.....	50
3.3.8	Själv mord	50
3.3.9	Tillgänglighet.....	50
3.3.10	Trygghet och attraktivitet i tunnelbanan	50
3.3.11	Reklam	51
3.4	Utvalda effekter	51

4	Vägledning, kostnads-nyttoanalys av plattformsdörrar	53
4.1	Identifiera och välj projekt	53
4.2	Avgränsa projekten.....	53
4.2.1	Definiera samhället	53
4.2.2	Diskonteringsränta	54
4.2.3	Livslängd.....	54
4.3	Identifiering av effekter.....	54
4.3.1	Möjliga effekter.....	54
4.4	Kvantifiering av effekter av plattformsdörrar.....	55
4.4.1	Brand.....	55
4.4.2	Luftkvalitet.....	58
4.4.3	Olyckor	60
4.4.4	Själv mord.....	61
4.5	Diskontering och beslutskriterier.....	62
4.6	Osäkerhetshantering	63
5	Fallstudie - tunnelbanestation	65
5.1	Stationsbeskrivning	65
5.2	Förutsättningar.....	65
5.3	Identifiering av effekter	66
5.4	Kvantifiering av effekter	66
5.4.1	Brand.....	66
5.4.2	Luftkvalitet.....	71
5.4.3	Olyckor	72
5.4.4	Själv mord.....	74
5.5	Kostnader plattformsdörrar	75
5.6	Resultat.....	75
5.7	Osäkerhetshantering	76
5.7.1	Osäkerhetsanalys.....	76
5.7.2	Känslighetsanalys.....	78
5.8	Slutsats fallstudie.....	78
6	Diskussion och slutsats	79
6.1	Framtida forskning	83
7	Referenser	85
	Bilaga A – Effektidentifiering	95
	A1 Utskick och mottagare.....	95
	Bilaga B – Brand	99
	B1 Grundhändelser	99
	B2 Händelseträäd.....	101
	B3 Förutsättningar simulering	102
	B4 Resultat.....	103
	B5 Indata-filer FDS.....	106
	Bilaga C – Resultat fallstudie	115

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Spårbunden trafik under mark är ingen ny företeelse. Redan 1863 invigdes Londons tunnelbana, som var den första i världen. Idag är tunnelbanan ett viktigt och populärt transportmedel i många städer. Jämfört med andra kollektiva färdmedel har tunnelbanan hög kapacitet, kortare restider och har ett fördelaktigt markutnyttjande. Tunnelbanan medför fördelar men även nackdelar, kanske främst i form av säkerhetsproblem. En brand i ett tunnelbanesystem kan t.ex. få avsevärt större konsekvenser jämfört med en brand ovan mark. Luftkvalitet och buller är andra exempel på negativa effekter som kan hänföras till tunnelbanemiljöer.

Det har även blivit vanligare att förlägga den traditionella järnvägstrafiken under städerna. Detta utförs för att uppnå samma fördelar som tunnelbanan har. I Sverige genomförs detta bland annat i Stockholm (Citybanan), i Malmö (Citytunneln) och i Göteborg (Västlänken). Förutom att förlägga järnvägen under mark byggs även ett antal stationer under mark för av- och påstigning. Tunnelnarna och de nya stationerna under mark medför på samma sätt som tunnelbanan säkerhetsproblem.

En rad olika säkerhetsåtgärder kan användas vid nyprojektering av järnvägs- och tunnelbanestationer under mark. Ett exempel är plattformsdörrar som utgör en barriär mellan perrong och spår och kan ha positiv inverkan på många av de säkerhetsproblem som finns inom järnvägs- och tunnelbanesystem under mark.

1.2 Syfte

Arbetet syftar till att förbättra möjligheterna att kunna utvärdera plattformsdörrar samhällsekonomiskt. Projektering och installation av plattformsdörrar medför stora ekonomiska resurser vilka kan verka orimliga om de jämförs med den säkerhetshöjning som uppnås inom ett enskilt område t.ex. brandsäkerhet. Skulle istället kostnaderna kunna jämföras med den totala säkerhetsförändringen som plattformsdörrar ger upphov till är det större sannolikhet att investeringen kan motiveras.

1.3 Mål

Arbetet har tre olika huvudmål. Det första är att genom litteraturstudien skapa en kunskapssammanställning av området kring plattformsdörrar. Det andra är att identifiera vilka effekter plattformsdörrar kan ha på järnvägs- eller tunnelbanestationer under mark. Det tredje målet är att utforma en vägledning till hur plattformsdörrar kan utvärderas ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

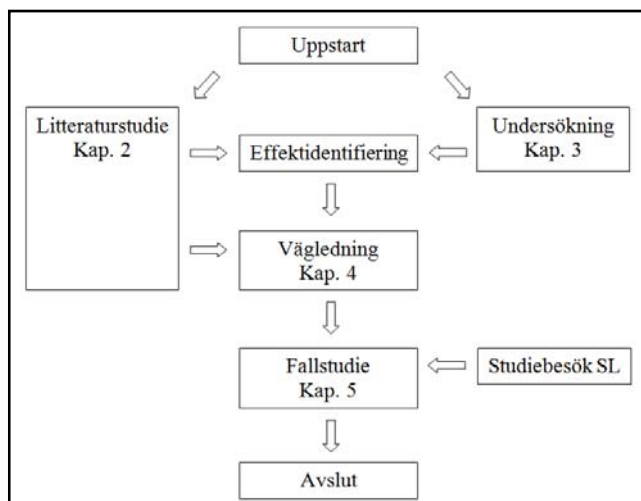
1.4 Metod

Arbetet inleddes med en litteraturstudie som genomfördes för att inhämta kunskap för vidare arbete och för att få inblick i områdets kunskapsläge. Litteraturstudien, som finns i kapitel 2, utgör även en teoretisk grund för läsaren.

Parallellt med litteraturstudien genomfördes en undersökning med syfte att identifiera effekter av plattformdörrar. Undersökningen kompletterade på så sätt den effektidifiering som skedde genom litteraturstudien. Mer om hur undersökningen utfördes går att läsa i kapitel 3.

Med hjälp av litteraturstudien skapades en vägledning för att utvärdera plattformdörrar med kostnads-nyttoanalys. Tyngdpunkten i vägledning är kvantifieringen av de identifierade effekter som plattformdörrar medför, vilket i huvudsak stöder sig på litteraturstudien. Vägledningen återfinns i kapitel 4.

För att demonstrera hur vägledningen kan användas genomfördes en fallstudie på ett förenklat system, en tunnelbanestation. Tunnelbanestationen Rådmanngatan i Stockholm användes som utgångspunkt. Ett studiebesök genomfördes därför hos Storstockholms Lokaltrafik (SL) med syfte att inhämta kunskap om systemet. En principskiss av arbetsmetoden kan ses i figur 1.



Figur 1: Principskiss av arbetsmetod.

1.5 Avgränsning

Vägledningen som utformas inom arbetet omfattar inte kostnadsuppskattningen av plattformdörrar. Tyngdpunkten i vägledningen ligger istället vid identifieringen och kvantifieringen av effekter. Anledning till denna avgränsning är att det finns ett större forskningsbehov kring nyttokvantifiering av plattformdörrars effekter. Att kostnadsuppskattningen ligger utanför författarnas huvudsakliga professionsområde bidrog också till avgränsningen.

Trots att den ekonomiska utvärderingen har en relativt central roll i arbetet har en avgränsning varit att behandla samhällsekonomiska utredningsmetoder på en övergripande nivå. Eftersom fokus legat på identifiering och kvantifiering av effekter, har denna avgränsning varit nödvändig på grund av resursskäl.

Någon djupare detaljutredning av kostnads-nyttoanalys finns därför inte inom litteraturstudien.

En förenkling som gjorts vilken kan ses som en avgränsning är att fallstudien, som utförts i pedagogiskt syfte, saknar det utredningsdjup och noggrannhet som en kostnads-nyttoanalys kräver. Detta har dels gjorts för att fallstudien inte ska förlora den förevisande roll som den har och dels på grund av begränsade resurser i detta arbete.

I rapporten används i de flesta fall benämning tunnelbana, vilket också ofta syftar till järnvägstrafik under mark, trots att det inte skrivs ut. Vägledningen kan tillämpas på projekt med plattformsdörrar i järnvägsstationer under mark.

2 Litteraturstudie

I kapitlet redovisas den litteraturstudie som gjorts inom arbetet. Efter en inledande del fortsätter litteraturstudien med ämnesområden som har koppling till plattformsdörrar i järnvägs- och tunnelbanestationer. Litteraturstudien avslutas med ett kapitel om kostnads-nyttoanalys.

Litteraturstudien syftar till att dels redovisa den forskning som finns inom de olika områdena kopplat till plattformsdörrar och dels ge läsaren en teoretisk inblick.

2.1 Inledning

Londons tunnelbana är den äldsta i världen, den första tunneln invigdes 1863. På den tiden var det ånglok som drog vagnarna (Nationalencyklopedin, 2008). På 1880-talet började man använda elektrisk kraft för att driva spårbundna vagnar. Detta medförde att det byggdes spårvagnslinjer och tunnelbanor i många städer runt om i världen kring sekelskiftet (Dufwa, 1986). De båda världskrigen innebar ett byggnadsuppehåll, det invigdes dock trots detta ett antal tunnelbanor i mellankrigstiden. Efter andra världskriget ökade befolkningen i städerna kraftigt vilket innebar att många städer byggde ut eller byggde nya tunnelbanor (Asker, 1975). I Europa fanns på 1970-talet 36 stycken tunnelbanor, 17 stycken var under uppförande och flera projekterades (Asker, 1975; Dufwa, 1986). Idag finns det cirka 135 tunnelbanor i världen (Gershon et al., 2008). Det har även blivit allt vanligare att förlägga järnvägstrafik under städer vilket gör att även den traditionella järnvägstrafiken får stationer under mark. I Sverige bedrivs flera sådana projekt, bland annat Citybanan i Stockholm där två undermarksstationer projekteras med bland annat plattformsdörrar (Banverket, 2008).



Figur 2: Plattformsdörrar.

Med plattformsdörrar (Platform Screen Doors [PSD]) menas en heltäckande glasbarriär mellan plattform och spårområde. Glasbarriärerna har skjutdörrar som synkroniseras med tågen och öppnas och stängs automatiskt. Det finns även andra varianter så kallade Platform Safety Gates som är cirka 1.5m höga och Platform Edge Doors som är cirka 2.5 m höga. (Westinghouse, 2008).

Plattformsdörrar finns idag i en rad olika tunnelbanor i världen. Första tunnelbanan med en utformning liknande dagens plattformsdörrar återfinns i Sankt Petersburgs. Där byggdes 1961-1972 tio stationer med väggar mot spåren, i väggarna installerades ståldörrar som öppnar när tågen stannat. Det första systemet som projekterades med plattformsdörrar i glas är Singapores tunnelbana som invigdes 1987 (Metrobits, 2008) och det första systemet som efterinstallerade plattformsdörrar var Hong Kongs tunnelbana 2002 (Westinghouse, 2008). Plattformsdörrar installeras i tunnelbanesystemen av

olika anledningar. I Hong Kong var syftet att skapa bättre möjligheter för luftkonditionering och därmed minska energiförbrukning (Lee et al., 2008). En utredning har gjorts kring plattformsdörrar och ventilationsåtgärder i Stockholms tunnelbana, syftet var att skapa bättre luftkvalitet (Storstockholms lokaltrafik, 2007). Plattformsdörrar installeras även av andra anledningar, t.ex. förebyggande av olyckor och självmord (Law et al., 2008). Plattformsdörrarna kan också utgöra en del i strategin att förhindra att obehöriga ska beträda spåret i förarlösa system, ett exempel på detta är tunnelbanan i Köpenhamn och North East Line i Singapore (Westinghouse, 2008).

2.2 Självmord

Varje år begår cirka en miljon människor i världen självmord (WHO, 2008). Av dessa självmord sker cirka 1300 stycken i Sverige (Socialstyrelsen, 2005). Cirka 6 % av självmorden i Sverige sker inom järnvägssektorn, främst genom påkörning eller överkörning av tåg vilket även stämmer relativt bra med många andra länders statistik, t.ex. Japan 6,3 %, Tyskland 7 %, Österrike 6,3 % och England 5 % (Mishara, 2007). Självmorden på järnväg motsvarar cirka 80 % av totalt antal incidenter på järnvägen i Sverige, självmord kan därför ses som det största säkerhetsproblemet inom järnvägsbranschen (Rådbo, Svedung & Andersson, 2005). Även i tunnelbanor sker självmord och självmordsförsök relativt frekvent, i Stockholms tunnelbana inträffar cirka 10 självmordsförsök varje år (SIKA, 2008). Självmord eller självmordsförsök innebär stor psykisk belastning för personal (Tranah & Garmer, 1994). Belastningen gäller främst föraren men även annan personal och andra människor som blir vittnen till det inträffade. Det psykiska traumat för förarna resulterar ofta i ett ökat antal sjukdagar det närmaste året som följd av händelsen (Frisk, 1997). Självmordsincidenterna orsakar dessutom stora förseningar som i sin tur innebär kostnader för samhället (Beskow, Thorson & Öström, 1994).

I en studie av O'Donnell och Farmer (1994) gjordes en epidemiologisk undersökning av självmorden 1940-1990 i Londons tunnelbana (London Underground). I studien kunde det konstateras att antalet självmord på en viss tunnelbanestation bland annat korrelerade till närhet av psykiatriska sjukhus vilket är något som också påvisas i andra studier (Kerkhof, 2003; Mishara, 1999; O'Donnell & Farmer, 1992). Mishara studerade 129 fall av självmord i Montreals tunnelbana 1986-1996 och fann att 73 % hade fått psykologisk vård och att 27 % var inlagda på psykiatriskt sjukhus vid tidpunkten för självmordet. Han fann också att 70 % av dem som begick självmord valde den tunnelbanestation som låg närmast deras dåvarande boende (sjukhus eller bostad).

2.2.1 Medias påverkan

Medias rapportering av självmord påverkar självmordsfrekvensen i samhället vilket är något som lyfts fram på flera ställen i litteraturen. Etzersdorfer och Sonneck (1998) tar upp det klassiska exemplet "Wherter-effekten". Effekten härstammar från författaren Goethes novell om en ung man som begick självmord på grund av sin obesvarade förälskelse. När romanen gavs ut begick en rad unga män självmord på samma sätt som i novellen och idag används uttrycket "Wherter-effekten" när det talas om imitativt självmordsbeteende. Etzersdorfer et al. (1998) beskriver vidare om de ökningar av självmord som uppstod i Wiens tunnelbana på 80-talet när media intensivt rapporterade om

självorden. I en kampanj 1987 övertalades medierna att sluta rapportera om händelserna. Detta medförde att antalet självmord minskade i tunnelbanan och även i Österrike totalt sett. Den mediepåverkan som uppstod i Wiens tunnelbana dyker ofta upp i diskussionerna om hur medias rapportering påverkar självmordsfrekvensen (Beskow et al., 1994; Mishara, 2007; Ratnayake, Links & Eynan, 2007).

2.2.2 Förebyggande åtgärder i tunnelbanan

Det har påvisats att tunnelbanestationernas utformning påverkar antalet överlevande vid självmordsförsök. Ett exempel är tunnelbanan i London. Coats och Walter (1999) visar i sin studie att det var en signifikant större andel överlevande bland personer som försökte ta sitt liv på stationer där det fanns dräneringsdiken mellan rälskenorna, jämfört med stationerna utan dräneringsdiken. Beskow et al. (1994) delar upp självmordsförebyggande åtgärder i tre olika faser, faser före självmordsförsöket, faser vid självmordsförsöket och faser efter självmordsförsöket. I den första faser, innan självmordshandlingen återfinns åtgärder som kan förhindra en självmordsbenägen person att utföra handlingen. Möjliga åtgärder som kan kategoriseras till denna fas är bland annat övervakning och närvaro av personal som kan upptäcka misstänkta (Ratnayake et al., 2007). Det är även till denna fas designrelaterade åtgärder som plattformsdörrar kan klassas. I den andra faser, vid själva självmordsförsöket påverkar rälsutformning som nämnts tidigare. Möjliga åtgärder kan även vara att ändra utformningen på lokfronterna på ett sätt så att de inte överför lika mycket energi till personen på spåret samt ”knuffar” personen av spåret istället för att denne hamnar under tåget (O'Donnell et al., 1994). I den tredje faser, efter det inträffade handlar det om att ge bra och snabb sjukvård för att ta hand om den ev. skadade samt att snabbt kunna ge krisstöd till personer som bevittnat det inträffade (Rådbo, Svedung & Andersson, 2008).

2.2.3 Plattformdörrar som förebyggande åtgärd

Law et al. (2008) har undersökt hur effektivt plattformsdörrar är som åtgärd för att förhindra självmord. Studien behandlade tunnelbanan i Hong Kong och visade en signifikant minskning av självmorden på hela tunnelbanan med nästan 60 % efter installationen av plattformsdörrar på alla undermarksstationer. Law et al. (2008) har också undersökt om plattformsdörrarna på undermarksstationer påverkar antalet självmord på stationer utan plattformsdörrar. Ett argument har varit att den som inte kan begå självmord på en station på grund av plattformsdörrar kan ta sitt liv på en annan oskyddad station. En viktig slutsats i studien av Law et al. (2008) var att man inte kunde uppvisa någon signifikant ökning av självmord på andra stationer som saknade plattformsdörrar.

De självmord som begås inom järnvägssektorn är en relativt liten del i jämförelse med det totala antalet. Det är därför svårt att undersöka om en minskning av självmorden inom järnvägssektorn förändrar den totala självmordsfrekvensen (Law et al., 2008). Det finns dock studier som pekar på att om en självmordsmetod elimineras, minskas antalet självmord totalt sett (Hawton, 2007; Daigle, 2005). Ett exempel i litteraturen som brukar användas för att tydliggöra att tillgängligheten av självmordsmetoder påverkar frekvensen

av självmord, är det snabbt ökade intresset för användandet av grillkol vid självmord i Hong Kong (Yip & Lee, 2007). Grillkolen tänds i ett slutet utrymme och skapar giftiga förbränningsgaser som den självmordsbenägne andas in. Från att varit okänd 1998 så blev metoden den tredje mest använda 2004. Metoden ökade det totala antalet självmord i Hong Kong och har spridit sig vidare ut i Asien till befolkningar där självmord tidigare inte varit ett större problem (Beautrais, 2007). Yip och Lee (2007) beskriver också att media i Hong Kong haft en stark inverkan på denna metods popularitet. Ett annat exempel är den minskning av självmord som uppstod då hushållsgasen i Storbritannien blev utbytt mot en mindre giftig variant. Både självmorden genom hushållsgasen och självmorden totalt minskade. Endast små förflyttningar till andra metoder har kunnat påvisas och då till förgiftning av motoravgaser (Daigle, 2005). Liknande indikationer finns även för tunnelbanesektorn (O'Donnell et al., 1992; O'Donnell et al., 1994). En anledning till att tillgängligheten till metoder påverkar den totala självmordsfrekvensen sägs vara att personer oftast har förkärlek till en viss metod och ogärna byter till en annan (Beautrais, 2007; Hawton, 2007; Mishara, 2007; Yip & Lee, 2007). O'Donnell et al. (1994) påpekar att självmord ofta är en impulsiv handling som utförs om en accepterad självmordsmetod finns tillgänglig. Dessutom är självmordskriser ofta korta.

Det innebär att om en självmordsbenägen person har förkärlek till en viss metod och att denna metod begränsas, är det inte säkert att personen byter till en annan metod. Det är heller inte säkert att självmordsförsöket senareläggs, eftersom personens kris då kan vara över (Daigle, 2005).

2.3 Personolyckor

Tunnelbanestationer med dess stora personflöde och trängsel bör ha en potential att orsaka många personskador. Exempel på olyckor som inträffar i tunnelbanor är diverse fallolyckor, personer som ramlar ner på spåret, personer som blir påkörda av tåget och personer som klämmer sig i vagnsdörr (Midholm & Widlind, 2003).

Risken att falla eller bli knuffad ner på spårområdet ökar då trängseln blir större på perrongen (Sasamoto & Momomoto, 1995). Nyttjandet av tunnelbanan som färdmedel ökar (Gershon et al., 2008) vilket bör leda till att trängseln på tunnelbaneperronger i många städer kommer att bli större i framtiden. Gershon et al. (2008) skriver om en studie från 1992 som visade att 77 % av slumpmässigt utvalda passagerare av tunnelbanan i New York var rädd för att bli knuffad ner på spåret. Av dessa vidtog 80 % åtgärder för att skydda sig mot att bli knuffad. Att någon blir knuffad framför ett tåg är dock ovanligt, men det skapar en otrygg känsla hos många av passagerarna.

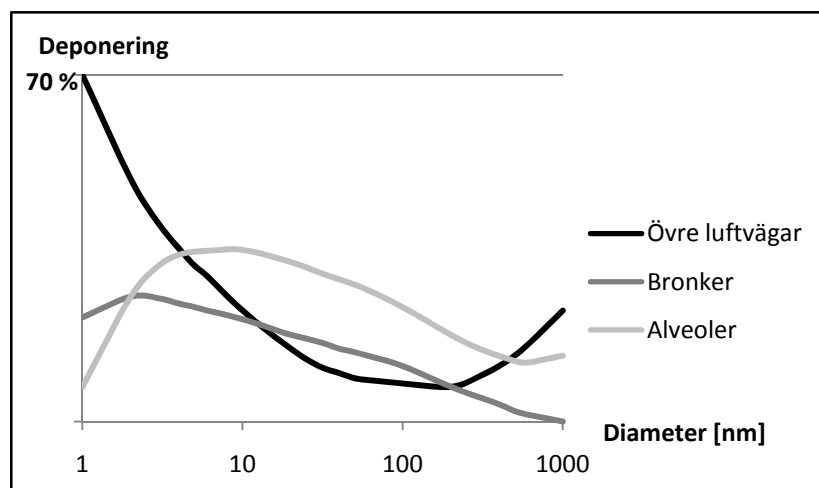
Under femårsperioden 2003-2007 omkom totalt 40 personer i Stockholms tunnelbana, olyckor i 9 fall och självmord i 31 fall (SIKA, 2008). Gershon et al. (2008) undersökte alla tunnelbanerelaterade dödsfall som inträffade i New York City 1990-2003. De fann i studien att av 668 dödsfall var 10 mord, 315 olyckshändelser och 343 självmord. Det framgår inte av studien hur många av olycksfallen som skedde på grund av påkörning av tåg eller fall från plattformskant. Sasamoto och Momomoto (1995) konstaterade i sin studie att plattformsdörrar begränsar tillgängligheten till spåren på ett effektivt sätt utan att påverka personflödet negativt.

2.4 Luftkvalitet

Ett av dagens stora folkhälsoproblem är luftburna föroreningar i form av partiklar och andra hälsoskadliga ämnen som till exempel svaveloxider, kväveoxider och ozon. European Environment Agency [EEA] (2008) belyser att luftkvaliteten i Europa har förbättrats sedan 1990, men det har inte skett någon betydande koncentrationsminskning av varken partiklar eller marknära ozon. EEA förklarar att det är dessa två föroreningar som är av störst betydelse gällande hälsoeffekter på människan. Även Johansson (2007) förklarar att partiklar anses som det främsta hotet av luftföroreningar mot folkhälsan. Künzli et al. (2000) förklarar att det är svårt att separera effekter från olika luftföroreningar, på grund av att luftföroreningarna korrelerar ofta med varandra. Det har dock visat sig att PM_{10} är en lämplig indikator för luftens kvalitet. I tunnelbanan produceras de flesta partiklar från slitage mellan spår och vagnshjul samt vid inbromsningar av tågen. Mätningar i tunnelbanesystem visar på höga partikelkoncentrationer. Av den anledningen har litteraturstudien omfattat luftkvalitet kopplat till partiklar.

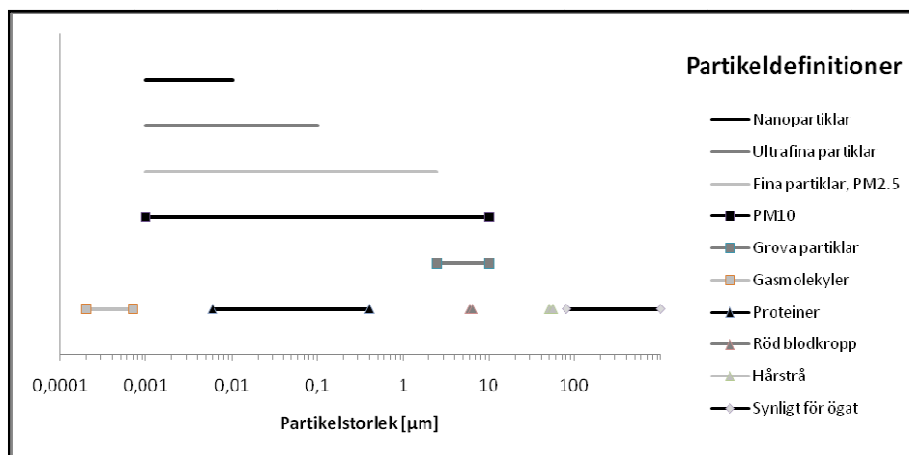
2.4.1 Upptag i kroppen

Individer kan ta upp olika stora mängder av partiklar. Det som främst avgör hur stort upptaget blir är storleken av partiklar, koncentrationen, exponeringens varaktighet och vilka ämnen som partiklarna innehåller (Johansson, 2007). Luftburna partiklar är i storleksordning 1 nm till 100 μm i aerodynamisk diameter. Generellt deponeras de allra största samt de allra minsta partiklarna (större än 5 μm och mindre än 5 nm) i de övre luftvägarna. De övriga partiklarna kan ta sig längre ner i luftvägarna och en del kan deponeras i alveolerna (lungblåsorna) som sedan kan följa med blodsystemet och därmed påverka vissa organ. Det är framförallt de mindre, inhalerbara partikelstorlekarna som anses som farliga för människan, ofta förknippat med partikelstorleken 10 μm och mindre, (Socialstyrelsen, 2006). PM_{10} (Particulate Matter) och $PM_{2,5}$ definieras som massan av alla partiklar, som har en aerodynamisk diameter upp till 10 μm respektive 2.5 μm , inom en specificerad volym (Socialstyrelsen, 2005). Figur 3 visar en enkel schematisk bild av deponeringen i kroppen i förhållande till partikelstorlekarna i kroppens andningssystem.



Figur 3: Deponering i kroppens andningssystem.

I proportion till sin vikt andas barn mer än vuxna och tar upp fler hälsoskadliga föroreningar per kroppsvikt vid exponering, ju mindre barn desto större upptag av partiklar (Socialstyrelsen, 2005). Partiklar finns överallt och bildas på många olika sätt, exempelvis genom slitage, skavning/nötning, förbränningsprocesser, sönderdelning av organiska och oorganiska ämnen samt andra kemiska reaktioner. Luftens kvalitet kan variera beroende på t.ex. klimat, vilket till exempel betyder att den skiljer sig mellan olika länder och platser. Indelningen inom miljö- och hälsaområdet fokuserar ofta på speciella storlekar, nämligen PM_{10} , $PM_{10-2.5}$ och $PM_{2.5}$. (Socialstyrelsen, 2006). I figur 4 förklaras dessa klasser övergripligt i ett diagram.



Figur 4: Jämförelse och förklaring av partikelstorlekar.

2.4.2 Hälsoeffekt

Luftföroreningars kända hälsoeffekter på människor baseras i stort på studier på vuxna människor. Hälsoeffekterna kan grovt delas in efter kort respektive lång exponeringstid. Kort exponering motsvarar några timmar till några få dagar medan lång exponering motsvara några få år till decennier. Undersökningar har visat på ett antal hälsoeffekter i samband med förhöjda partikelkoncentrationer. Några av dessa är allergier, andningsfysiologiska besvär och hjärt- och kärlsjukdomar. Dessa effekter är relativt starkt korrelerade med förhöjda nivåer samma dag eller föregående dagar. Hälsoeffekter efter lång tids exponering är mindre studerat men samband som har påvisats är ökad mortalitet, ökad risk för lungcancer (bland annat i Stockholms innerstad) och andningsfysiologiska besvär. En individ exponeras för många olika föroreningar och det är bland annat detta som gör det svårt att hitta samband med ohälsosamma partiklar efter en längre tids exponering (Socialstyrelsen, 2005).

Bland människor finns det individer som är känsligare för luftföroreningar än andra. Dessa individer tar lättare skada och kan delas in i två huvudkategorier, de som är extra känsliga och de som är extra utsatta. De som är extra känsliga för partiklar kan t.ex. vara äldre, barn, rökare, personer med hjärt- och lungsjukdomar eller diabetiker. De som är extra utsatta kan vara exponerade i större utsträckning genom t.ex. yrke, vanor, fritidssysslor, vistelseort eller träning i förorenad luft eftersom en ökad andningsfrekvens genererar större upptag (Socialstyrelsen, 2006).

Både amerikanska Environmental Protection Agency [EPA] (2008a) och World Health Organisation [WHO] (2003) beskriver att exponering av PM_{10} och

andra hälsoskadliga föroreningar både kan ha omedelbara och fördröjda hälsoeffekter. Detta beror bland annat på vilka ämnen som ingår i föroreningarna, exponeringstiden, koncentrationen och den personliga hälsan. De båda organisationerna beskriver på samma sätt som Socialstyrelsen (2005) olika effekter i samband med partiklar. WHO summerar med att förklara att PM_{10} och andra luftföroreningar kan generellt ge en förkortad livslängd hos en individ upp till två år (WHO, 2000). En uppdatering av WHO:s ”Air Quality Guidelines” gjordes 2005 där ännu fler studier styrker tidigare samband med ohälsa. Det förklaras också att det inte har påvisats något nedre tröskelvärde för negativa hälsoeffekter gällande partiklar. WHO har därför också rekommenderat hårdare kriterier gällande gränsvärden för partiklar (WHO, 2005). Pope och Dockery (2006) har gjort en kunskapssammanfattning av partiklars hälsoeffekter på människan. Studien grundar sig på flera hundra olika epidemiologiska undersökningar och behandlar både kort- och långtidsexponering från olika partikelstorlekar. Författarna förklarar att det inte har fastställts vilka sorters luftburna föroreningar som påverkar vad i kroppen eller vilka utsläppskällor som är bidragande till de olika hälsoeffekterna. De förklarar dock att exponering för fina partikelstorlekar, $PM_{2,5}$ och mindre, påverkar den mänskliga hälsan markant negativt.

2.4.3 Nationella krav

På senare år har det gjorts relativt många studier kring luftkvaliteten vilket resulterat i olika regler och standarder. Amerikanska EPA har uppdaterat sina kriterier angående luftföroreningar 2006 i National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) där de höjer kraven på luftkvaliteten (EPA, 2008b). EU har också gränsvärden för partiklar och är ett minimikrav som ställs på alla medlemsländerna, egna nationella bestämmelser får förekomma så länge de inte strider mot EU-reglerna. Gränsvärden sammanfattas i tabell 1.

Tabell 1: Gränsvärden för USA och Europa samt WHO:s riktlinjer.

Gränsvärden för luftburna partiklar	U.S. EPA ¹	EU ²	WHO (riktlinjer) ³
PM_{10}	Årligt medelvärde ej bestämt	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, årligt medelvärde	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, årligt medelvärde
	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dygnsmedelvärde (får bara överstigas 1 gång under en 3 årsperiod)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dygnsmedelvärde (får bara överstigas 35 gånger under 1 år)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dygnsmedelvärde
$PM_{2,5}$	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, årligt medelvärde	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, årligt medelvärde (gäller from 2015)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, årligt medelvärde
	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dygnsmedelvärde (får ej överstigas)	-	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dygnsmedelvärde

1. EPA (2008)

2. Europa (2008a)

3. WHO (2005)

EU-kommissionen fastställde ett nytt direktiv 2008/50/EC i april 2008 angående förbättrad luftkvalitet. Planen är att förbättra Europas luftkvalitet avsevärt inom en tioårsperiod (Europa, 2008b). Pope och Dockery (2006) kritiserar amerikanska NAAQS gränsvärden för $PM_{2,5}$ och förklarar att riklinjerna enligt WHO är något som borde eftersträvas.

2.4.4 Partiklar i tunnelbanan

Det finns blandade resultat från partikelmätningar och exponeringsundersökningar. Cheng et al. (2008) presenterar bland annat en sammanställning av resultat från olika partikelmätningar i några av världens tunnelbanor. Studien visar att koncentrationen av PM_{10} och $PM_{2,5}$ skiljer sig markant i olika tunnelbanesystem i olika länder samt att koncentrationerna i Taipeis tunnelbana är relativt låga. I en artikel av Chan et al. (2002) presenteras resultaten från en studie i Hong Kong, där partikelkoncentrationen i olika transportmedel utreddes. Resultaten visar att PM_{10} koncentrationen på flertalet mätstationer i innerstaden översteg Hong Kongs egna gränsvärden för luftkvalitet och att de högsta koncentrationerna återfanns i transportmedel ovan mark. Partikelkoncentrationen hos den spårbundna trafiken var lägst i undersökningen. Hong Kongs tunnelbana är utrustad med plattformsdörrar, men om dessa påverkar partikelkoncentrationerna framgår inte i artikeln.

Många undersökningar visar att luftkvaliteten i undermarksstationer med spårbunden trafik är flertalet gånger sämre än omgivningsluften ovan mark. I Seoul, Korea, har det gjorts undersökningar som visar att koncentrationerna av PM_{10} samt $PM_{2,5}$ är högre i tunnelbanesystemet än i bakgrundsluften, oavsett om tåg och station befinner sig ovan mark, (Kim, Kim, Roh, Lee & Kim, 2008; Park och Ha, 2008). Det finns flera studier och undersökningar gjorda på Londons tunnelbana som alla visar på dålig luftkvalitet och höga koncentrationer av partiklar, avsevärt högre än i luften på gatunivå, (Priest, Burns & Gorbunov, 1998; Pfeifer, Harrison & Lynham, 1999; Sitzmann, Kendall, Watt & Williams, 1999; Adams, Niuwenhuijsen & Colvile, 2001; och Seaton et al., 2005). Även svenska studier av bland annat Axelsson (1997) samt Johansson och Johansson (2003) visar att partikelnivåerna i Stockholms tunnelbana också är högre än i omgivningen. Några medelvärden av uppmätta partikelkoncentrationer i tunnelbanemiljö presenteras i tabell 2.

Tabell 2: Partikelkoncentrationer i tunnelbana.

Stad	Partikelkonc. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] medel	Partikelstorlek	Studie
Seoul	359 (plattform) 129 (plattform)	PM_{10} $PM_{2,5}$	Kim et al. (2008)
Seoul	129 (plattform) 105 (plattform)	PM_{10} $PM_{2,5}$	Park och Ha (2008)
London (Northern) (Victoria)	1120 (i tåg) 870 (i tåg)	PM_9 PM_9	Priest et al. (1998)
London	246 (plattform)	$PM_{2,5}$	Pfeifer et al. (1999)
London (Piccadilly)	893 (plattform)	PM_5	Sitzmann et al. (1999)
London	228 (i tåg)	$PM_{2,5}$	Adams et al. (2001)
London	270-480 (tre olika plattformar)	$PM_{2,5}$	Seaton et al. (2005)
Stockholm (Mariatorg) (Medborgarplatsen)	440 (plattform) 240 (plattform)	PM_2 PM_2	Axelsson (1997)
Stockholm (Mariatorg)	469 258	PM_{10} $PM_{2,5}$	Johansson och Johansson (2003)

Toxikologiska studier påvisar också att partiklar från tunnelbanan är mer genotoxiska och består till större del av metaller som retar andningsvägarna i större utsträckning än partiklar från gatunivå, (Chillrud et al., 2004; Karlsson, Nilsson & Möller, 2005; Nieuwenhuijsen, Gómez-Perales & Colvile, 2007). Amerikanska EPA sammanställer i en rapport (EPA, 2006) hundratals epidemiologiska studier om partiklar och mortalitetssamband för både kort- och långtidsexponering av luftburna partiklar. De förklarar bland annat att metaller som andas in i partikelform inte är bra för den mänskliga kroppen. Metallerna kan skada kroppens organ och ge upphov till inflammation på cellnivå.

Gustavsson et al. (2008) har gjort en undersökning om förekomsten av lungcancer bland tågförare i Stockholms tunnelbana jämfört med den allmänna befolkningen i Stockholm. Studien sträcker sig över 20 år och slutsatsen är att det inte går att påvisa någon signifikant skillnad på incidensen av cancer hos tågförarna i tunnelbanan jämfört med den övriga befolkningen. Plato et al. (2006) har gjort en exponeringsundersökning av arbetare i Stockholms tunnelbana med avseende på partiklar. Undersökning gjordes endast på de modernare tågen från 2000 samt utvalda stationer. Studien visar på att exponeringen av $PM_{2,5}$ för arbetarna var relativt låg, men att luftkvaliteten på de undersökta perrongerna fortfarande skiljer sig markant jämfört med bakgrundsnivåerna i Stockholm.

Lisebergs undermarksstation i Göteborg har en typ av heltäckande plattformsdörrar som stänger och öppnar automatiskt då tåg stannar vid perrongen. Partikelmätningar från 2005 visar att koncentrationen är dubbelt så hög i tunneln jämfört med plattformen, (Sjöstedt, 2005). Storstockholms Lokaltrafik genomförde 2006 en kostnadsuppskattning av ventileringsåtgärder samt plattformsdörrar i syfte att förbättra luftmiljön i undermarksstationerna i Stockholms tunnelbana. Slutsatsen bygger, enligt rapporten, på en grov skattning och beskriver att luftkvaliteten blir bättre med plattformsdörrar. Cirka 70 % av de luftburna partiklarna bedöms komma från slitage mellan hjul, räls och bromsar, (Storstockholms Lokaltrafik, 2007).

2.4.5 Mortalitetssamband

Många studier tyder på ökad risk att insjukna eller dö i samband med partikelexponering. Detta beskrivs ofta med relativ risk, RR (dos-respons funktion), dvs. den ökade risken för en viss effekt, exempelvis att omkomma, på grund av exponering av förhöjd koncentration jämfört med bakgrundskoncentrationen. Bakgrundskoncentrationen är platsspecifik. Künzli et al. (2000) förklarar att konsekvensberäkningar av partiklars mortalitetssamband kan beskrivas översiktligt med hjälp av tre komponenter; en dos-respons funktion, incidensen hos populationen som beräkningen avser och exponeringen som populationen utsätts för. Giri et al. (2007) visar i en studie ett exempel på hur mortalitetssamband kan utnyttjas till att beräkna antalet personer som omkommer på grund av förhöjda nivåer inom ett samhälle.

Banverket har i en miljökonsekvensbeskrivning av Citybanan i Stockholm gjort överslagsberäkningar på dödligheten hos pendeltågsresenärer på grund av exponering av förhöjda partikelkoncentrationer relativt bakgrundskoncentrationen (Banverket, 2004). Banverket har använt sig av antagandet att partiklar i tågtunnlar är minst lika farliga som partiklar i

gatumiljö, eftersom kunskapen om effekten av partiklar från spårbunden trafik på människan är bristfällig. APHEIS (Air Pollution and Health: A European Information System) har gjort flera konsekvensanalyser inom olika projekt exempelvis APHEIS 3 studien och APHEIS city reports, som beräknar hälsokonsekvenser av luftburna partiklar i 26 europeiska städer (APHEIS, 2009). Principen för konsekvensberäkningarna är ungefär den samma som Banverket använder sig av. Beräkningarna kan grovt förklaras med att en årsgenomsnittlig förhöjd exponering av partiklar jämförs med bakgrundskoncentrationen och multipliceras sedan med en ökad risk för att omkomma (Banverket, 2004). I citybanan och i APHEIS city reports används samma mortalitetssamband (RR) som kommer från Künzli et al. (2000), vilket i sin tur baseras på Dockery et al. (1993) och Pope et al. (1995). Banverket beskriver att en åtgärd till att minska resenärers exponering av förhöjda partikelkoncentrationer på plattformar är att skilja spåret från plattformarna med glasväggar och glasdörrar, så kallade plattformsdörrar.

2.5 Buller

Buller och höga ljudnivåer anses vara ett utbrett samhällsproblem som påverkar människor på olika sätt bland annat beroende på styrka, frekvens och exponeringstid. I Sverige är buller den största miljöstörningen för såväl vuxna som barn och i Europa är över 20 % av befolkningen utsatta för bullernivåer som överstiger bestämda acceptanskriterier (Socialstyrelsen, 2005). WHO rapporterar liknande siffror gällande Europa och lägger till att uppskattningsvis 120 miljoner människor har hörselproblem världen över. Några negativa hälsoeffekter som konstaterats från buller och höga ljudnivåer är till exempel hörselnedsättning, tinnitus, tal och kommunikationssvårigheter, sömnsvårigheter, stress, irritation, huvudvärk, koncentrationssvårigheter, försämrad inlärningsförmåga samt försämrad förmåga att uppfatta varningssignaler. Även om buller och höga ljudnivåer inte kan förknippas med livshotande fara, som vissa andra miljöproblem, så har det ändå stor betydelse för en människas välbefinnande och livskvalitet framförallt i de yngre åren. De två känsligaste grupperna i samhället är framförallt barn och människor som redan har någon form av hörselproblem (Berghlund, Lindvall, Schwela & Goh, 2000)

Det finns ett flertal bestämmelser och regler angående ljudnivåer i samhället och de flesta är anpassade efter amerikanska EPA:s och WHO:s bestämmelser som i stort sett är lika beträffande gränsvärden. I Sverige har riksdagen bestämt riktvärden för bland annat trafik- och järnvägsbuller, som härstammar från WHO, förutom de EU-direktiv som implementeras i svensk lagstiftning. Likaså har Arbetsmiljöverket gjort föreskrifter och allmänna råd som gäller för alla arbetsplatser utom i militärt sammanhang. Socialstyrelsen har även publicerat rekommendationer och allmänna råd i form av en miljöhälso rapport (Socialstyrelsen, 2005). För att få en uppfattning om ljudnivåer i vardagen brukar en viskning beskrivas vara cirka 30 dB(A) och normal samtalston ungefär 45-60 dB(A). Decibelskalan är logaritmisk, vilket betyder att om ljudnivån ökar från 60 till 70 dB(A), ökar intensiteten med 10 gånger, om den ökar från 60 till 80 dB(A) blir intensiteten 100 gånger starkare och så vidare. Enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter, AFS 2005:16, ska hörselskydd användas då arbete sker vid nivåer över 80 dB(A).

Tabell 3: Ett urval av rekommenderade gränsvärden från WHO (Berglund et al., 2000).

Miljö	L_{Aeq} [dB (A)]	Tidsgräns [h]	L_{Amax} [dB(A)]
Utomhus	50-55	16	
Inomhus, boende	35	16	
Utanför sovrum	45	8	60
Klassrum, skola	35	Under skoltid	
Sjukhus, allmänt	30	8-16	40
Ceremonier, festivaler, konserter	100	4	110
Impuls ljud från leksaker, fyrverkeri, skjutvapen			140 (vuxen) * 120 (barn) *

* Ljudnivån uppmätt 100 mm från örat.

L_{Aeq} är den ekvivalenta ljudnivån över en viss tidsperiod. L_{Amax} är den maximala ljudnivån som endast får uppnås under korta sekvenser. L_{Amax} bör generellt aldrig överstiga 110 dB(A) (Berglund et al., 2000).

EU kommissionen skapade 1996 ett ramverk för Europas policy angående buller och höga ljud, "The Green Paper". Policyn baseras på ett samarbete och delat ansvarstagande mellan EU:s medlemsländer och ligger som grund till flera EU-direktiv som producerats de senaste tolv åren. I samband med policyn skapades också en expertgrupp inom området som ska hjälpa EU-kommissionen i utvecklingen med buller och höga ljud, (Europa, 2008c).

Det har gjorts ett flertal studier inom området buller och höga ljud i allmänhet, ofta i samband med miljöproblem och människors hälsa. I Okinawa, Japan, har Matsui et al. (2004) gjort en undersökning av människor som bor nära en flygplats och påverkas ständigt av höga ljud. Undersökningen visar att det finns ett tydligt samband mellan människans blodtryck och höga ljudnivåer, desto starkare ljudnivån är. Detta stöds också av WHO som förklarar att kardiologiska effekter har påvisats vid ljudnivåer från 65 dB(A) och uppåt. En stor del av människans fysiologiska respons kommer av den psykologiska, alltså en individs mentala inställning till buller (Berglund et al., 2000). I en studie av Pathak et al. (2008) görs en utvärdering av attityden till trafikbuller på olika arbetsplatser runt om i staden Varanasi, Indien. Resultatet visade att ungefär 90 % av 500 undersökta personer upplevde att buller från trafiken var den främsta källan till huvudvärk, koncentrationssvårigheter, utmattning och högt blodtryck. Medelljudnivån i undersökningen var 72 dB(A). Öhrström et al. (2006) förklarar i en svensk studie att tillgängligheten av tysta eller mindre bullriga platser kring sitt boende, inomhus eller utomhus, visar på en ökning av välbefinnandet och den personliga hälsan. Yoshida och Nakamura (1988) gjorde en studie på kvinnor i Tokyo, Japan, och hur deras hälsa påverkades av buller från järnvägen. De kom också fram till att 70 dB(A) var den gräns där hälsan försämrades om ljudnivån ökade, oavsett person och ålder.

Det har inte gjorts lika många studier om buller i tunnelbanor i jämförelse med väg- och järnvägstrafik. Buller är dock ett relativt stort problem även i tunnelbanor. Hambrick-Dixon (1986) förklarar i en psykologisk undersökning hur förskolebarn som dagtid vistas i en miljö av höga ljud från New Yorks tunnelbana anpassar sig till detta. Barnen är vana att vistas bland höga ljud och har sedan svårare att koncentrera sig och utföra saker i en lugn och stillsam miljö. Denna effekt visade sig också på barn som vistas i en lugn miljö som

sedan skulle utföra saker i en bullrig. Gershon et al. (2005) förklarar att buller och höga ljud från tunnelbanor inte bara beror på alla processer som har med spårtrafik att göra eller att många tunnelbanesystem är gamla som t.ex. Londons, Paris, New Yorks och Stockholms, utan också för att ljud förstärks i slutna utrymmen och tunnelmiljöer. I en äldre exponeringsstudie av Harris och Aitken (1971) mättes ljud för några av New Yorks tunnelbanelinjer, både på stationer och i tunnelbanevagnar. Dessa mätningar visade på nivåer mellan 75 och 110 dB(A). Drygt 30 år senare har det nästan inte skett någon förbättring i New York. I en annan pilotstudie av New Yorks tunnelbana mättes ljudnivåer på 17 olika stationer och inuti tunnelbanevagnar (Gershon, Neitzel, Barrera & Akram, 2006). Medelljudnivån var 86 ± 4 dB(A) och högsta nivåer uppmättes till 106 samt 112 dB(A) på station respektive i tunnelbanevagn. 110 dB(A) motsvarar ungefär hundratusen gånger ljudintensiteten vid normal samtalston. Tillåten daglig vistelse i sådana höga ljud enligt amerikanska EPA och WHO är ungefär en halv minut.

2.6 Brand

Det överlägset största masstransportsystemet som används i kollektivtrafiken i världen är spårbunden trafik. Många spårbundna fordon kan ta flera hundra passagerare beroende på utformning. Under de senaste åren har bland annat tre allvarliga bränder med spårbunden trafik uppmärksammats. Den första skedde i Bakus tunnelbana, Azerbajjan 1995, där branden orsakades av ett tekniskt fel och 289 människor omkom samt 265 skadades. Den andra i Österrike, år 2000, där 155 människor omkom i Kitzsteinhorntunneln. Tåget började brinna inuti tunneln och branden hade med stor sannolikhet inte blivit så förödande om detta skett utanför tunneln. De varma brandgaserna spred sig mot den tunnelmynning som var högst belägen och medförda att de enda överlevande var de som valde att utrymma mot den nedre tunnelmynningen. Liknande skedde i Baku, då ett 80-tal människor hittades längs med spåret i ena riktningen då de försökt fly från branden. Den tredje branden var i tunnelbanan i staden Daegu, Sydkorea 2003, vilket resulterade i att 189 människor omkom och 142 skadades (Carvel & Marlair, 2005). Boverket (2005a) påpekar att statistiken visar att stora bränder inte inträffar så många gånger, utan det är de mindre bränderna som är relativt högfrekventa. Dessa mindre bränder leder sällan till personskador, men kan orsaka andra problem.

Brandorsakerna i tunnlar för den spårbundna trafiken varierar, men ungefär 60 % orsakas av tekniska eller elektriska fel och endast 10 % beror på den mänskliga faktorn. Om frekvensen i antalet tunnelbränder jämförs är visserligen antalet högre i vägtunnlar än i tunnlar med spårbunden trafik. Antalet dödsfall i olyckorna i Baku och Daegu överstiger dock alla dödsfall som någonsin rapporterats till följd av bränder i vägtunnlar. Den spårbundna trafiken har en hög potential att orsaka personskador och dödsfall i händelse av brand (Carvel & Marlair, 2005).

2.6.1 Brandens karaktär i tunnelmiljö

Trots de brandrelaterade incidenter som skett i tunnlar med spårbunden trafik är det relativt ovanligt med de större katastrofbränderna i undermarksutrymmen i allmänhet. En brandincident blir dock ofta allvarligare i ett utrymme under mark än om den sker i fri miljö eller ovan mark. Dels på grund av att brandens effektutveckling påverkas av den instängda miljön och

dels att brandgaserna ofta sprider sig den väg som människor ska utrymma via. Detta hände exempelvis vid olyckorna i Baku 1995 och i Österrike 2000 (Carvel & Marlair, 2005).

Ingason (2005) beskriver grundläggande branddynamiken för en tunnelbrand. Han förklarar att bränder i tunnlar skiljer sig från en brand som får brinna fritt i öppen miljö på minst två sätt. Det första är att värmestrålningen tillbaka till bränslet blir högre och effektivare på grund av varma väggar och brandgaser, ungefär som i ett slutet utrymme. Experiment har visat att den effektivare återstrålningen i tunnelmiljö kan öka brandintensiteten upp till fyra gånger. Det andra är att brandgaserna som bildas kan påverka och störa den naturliga ventilationen i tunneln. Det är möjligt att brandgaserna kan påverka i sådan utsträckning att ventilationsflödet avstannas helt eller till och med vänder mot den naturliga ventilationen. Detta brukar kallas "backlayering". Lönnermark (2005) förklarar att backlayering innebär att brandgaserna på grund av övertryck sprider sig mot ventilationens riktning (uppströms branden), det vill säga att ventilationens lufthastighet är lägre än den kritiska. Den kritiska lufthastigheten definieras som den lägsta lufthastighet som krävs för att motverka brandgasernas spridning mot flödet (backlayering). I Svenska Brandförsvarsförbundet (1998) förklaras att brandgaserna kommer sprida sig snabbare nedströms branden än uppströms. Nedströms branden är i den riktning som det naturliga ventilationsflödet strömmar. Vidare förklarar Ingason (2005) att sådan påverkan på ventilationen inte bara försvårar bekämpningen av branden utan kan också skapa relativt stora risker genom att sprida toxiska och brännbara gaser till andra utrymmen och områden. Eftersom det inte alltid finns tillgång till tillräckligt mycket syre vid brand i tunnel så kan ventilationskontrollerade förhållanden bildas. Detta ger upphov till en mer ofullständig förbränning vilket skapar en större produktion av bränslerika och giftiga gaser.

Ingason (2005) förklarar att även om det går att dra många paralleller mellan tunnlar och rumsbränder i vanliga byggnader, så finns tre karaktäristiska skillnader. Den maximala brandeffekten hos en rumsbrand styrs till stor del av ventilationsfaktorn, som bestämmer hur mycket syre branden har tillgång till. Brandeffekten i en tunnel beror på flera parametrar som t.ex. storleken på bränslet, tunnelns geometri, lutning, längd, konstruktionstyp och väderförhållanden. Tunnlar är dessutom ofta utrustade med någon slags ventilation som kommer att inverka på brandens effekt och förbränning. Den andra skillnaden är att det inte är lika troligt att en brand i tunnel utvecklas till övertändning i jämförelse med rumsbrand. Detta beror i huvudsak på grund av de stora värmeförlusterna till väggar och tak samt att brandgaserna lättare sprider sig istället för att ansamlas i taket, som i ett rum. Det kan dock ske övertändning relativt lätt i t.ex. en tågagn som finns i tunneln. Den tredje skillnaden är brandgaserna skiktas sig på ett annorlunda sätt vid en brand i tunnel. Ju längre brandgaserna sprider sig från branden desto mer energi i form av värme avges till väggar och tak. Detta kommer göra att brandgaserna sjunker mot golvet med ökat avstånd från branden och kommer att bilda omblandade förhållanden, det vill säga att hela tvärsnittet fylls av brandgaser. Brandgaserna närmast golvet kommer troligtvis inte vara lika täta som vid taket, men kan ändå försvåra en utrymning markant. Avståndet från branden till omblandade förhållanden beror bland annat på brandens storlek och effekt.

2.6.2 Brandskydd i tunnlar

Brand och utrymning vid brand har genom erfarenhet visat sig vara de mest svårbedömda riskscenarierna med avseende på personsäkerheten i tunnelmiljöer (Boverket, 2005a). De senaste decennierna har säkerheten i tunnlar ökat markant och många nya tunnlar förses med säkerhetshöjande åtgärder. Det finns dock ett stort antal gamla tunnlar, framförallt i Europa, som är kring 100 år eller äldre. Brandskyddet i sådana gamla tunnlar kan anses som odugligt i dagens samhälle (Carvel & Marlair, 2005).

Det tekniska brandskyddet bör dimensioneras med hänsyn till den brandbelastning som kan förekomma. Sannolikheten för brandbelastning måste beaktas samt bedömning av brandens effekt och brandgastemperatur. Brandeffekten används för att dimensionera ventilationssystemet och temperaturen till konstruktionens bärförmåga (Ingason, Bengtsson & Hiort, 1997). Olesen (2005) beskriver att den spårbundna trafiken under mark består av system som ofta är komplexa och karaktäristiska eftersom de är utbyggda och ombyggda. Därför kan exempelvis ett tunnelsystem med tiden få olika säkerhetssystem på olika platser i undermarkssystemet, vilket ger en stor utmaning när det gäller att hantera säkerheten och behandla de konsekvenser som uppstår vid brand. Tunnlar består generellt sett av en enda brandcell tillsammans med samtliga stationer som är anslutna till tunnelsystemet. Detta gör att den traditionella brandcellsindelningen inte görs för att förstärka brandsäkerheten, vilket genererar att personer långt ifrån en brand därför också kan utsättas för fara (Boverket, 2005a).

Personsäkerhet i tunnlar behandlas i Sverige av flertalet regelverk. För att minimera missförstånd om vilka säkerhetsnivåer och lagstiftningar som gäller när, var och hur, fick de fyra myndigheterna Räddningsverket, Banverket, Vägverket och Boverket uppdrag av regeringen att skapa ett beslutsstöd för hur personsäkerheten bör hanteras i olika tunnelprojekt. Kartläggning av lagstiftningar, som ingick i uppdraget, visade att säkerhetsnivåer och personsäkerhet i tunnlar inte behandlas specifikt och uttrycks enbart i kvalitativa termer. Ban- och vägverkets mål för personsäkerhet i tunnlar baseras på nollvisionen, där även brandsäkerhet ingår. Boverket har inte gett ut några föreskrifter om brandsäkerhet i tunnlar bland annat på grund av att tunnlar är mycket speciella byggnadsverk. Ban- och vägverket har därmed tagit fram egna styrdokument om personsäkerhet i tunnlar eftersom gällande lagstiftning är otydlig (Boverket, 2005b).

Dimensionering av brandskydd i en byggnad går att dela in i två övergripande tillvägagångssätt, förenklad dimensionering samt analytisk dimensionering. Förenklad dimensionering som tidigare kallats ”schablonmetoden”, baseras i Sverige på de färdiga krav och råd som finns i BBR:s rådtexter och det görs inga speciella avsteg eller utbyten i tekniska detaljer från BBR. Förenklad dimensionering appliceras främst vid okomplicerade mindre utrymmen. En anledning att frångå förenklad dimensionering kan vara av ekonomiska skäl eller att de färdiga mallarna vid förenklad dimensionering inte passar i samband med verksamheten eller byggnaden. Då måste analytisk dimensionering användas och kan göras på olika sätt för att verifiera brandskyddet, ofta genom beräkningar med färdiga metoder som är validerade sedan tidigare. Ett övergripande krav är att brandskyddet inte blir sämre än om alla krav i BBR efterföljs (Brandteknik, 2005; Boverket, 2006). Vid analytisk dimensionering

måste också utrymningssäkerheten tillfredställas, vilket kan göras med handberäkningar eller simuleras med anpassade datorprogram. Kang (2007) beskriver denna valideringsprocess av utrymning för en tunnelbanestation i New York. Han använder sig av standarden för passagerartågssystem från amerikanska National Fire Protection Association (NFPA), NFPA 130. I studien simuleras ett antal brandscenarier med hjälp av ett CFD-program. Från simuleringsresultaten bedöms tider när kritiska förhållanden i lokalen uppstår. Dessa kritiska förhållanden är t.ex. nedsatt sikt, brandgastemperatur, värmestrålning och brandgasernas toxicitet. I NFPA 130 finns handberäkningsmodeller för att beräkna utrymningstiden. Utrymningstiden jämförs med tiden till kritiska förhållanden för att validera brandskyddsdimensioneringen, vilket också är i enlighet med svensk utrymningsdimensionering för byggnader (Boverket, 2006).

Carvel (2005) beskriver att rätt bedömning av skydd gällande brand kräver alla länkar i något som han kallar för "safety-chain". Kedjan består av fyra delar; förebyggande, brandskydd, efterarbete och reparation samt utvärdering. Denna uppdelning i förebyggande och brandskydd som två separata delar görs även av Beard (2005) som förklarar att grundidén med förebyggande åtgärder är att antändning inte ska kunna ske och att brandskyddsåtgärderna ska reducera och minimera konsekvenserna om brand sker. Han beskriver brandförebyggande åtgärder i fyra punkter;

- Eliminera och reducera antalet antändningskällor och varma ytor.
- Användning av material med låg antändningsmöjlighet i så stor utsträckning som möjligt.
- Särskilja antändningskällor och möjliga bränslen i så stor utsträckning som möjligt.
- Eliminera och reducera möjligheterna till spontan antändning.

Boverket beskriver en liknande indelning i fem punkter, men utgångspunkten är personsäkerhet. För att möjliggöra en utrymning vid brand måste utrymningsmiljön utformas så att belastningen på utrymnande personer hålls inom rimliga gränser. De fem punkterna används ofta parallellt för att täcka upp varandras svagheter.

- Hindra att brand utbryter
- Hindra eller begränsa produktion av toxiska brandgaser
- Hindra eller begränsa spridning av brandgaser
- Avlägsna brandgaser
- Minska tiden för utrymning

Passivt brandskydd

Brandskydd kan delas in i en passiv och en aktiv del. Beard (2005) beskriver att stor del av det passiva brandskyddet är relaterat till anläggningsstrukturens egen karaktär och utformning, egenskaper som kan begränsa brand- och brandgasspridning. Det passiva brandskyddet kvarstår oftast under hela tunnelns livslängd. Författaren karaktäriserar det passiva brandskyddet i olika delar som exempelvis

- Strukturen - skydd mot effekter från värmepåverkan på tunnelbyggnationen.
- Uppdelning - dela in tunneln i olika delar för att lättare kontrollera spridning, liknande princip som att dela in en byggnad i brandceller.
- Passiv möjlighet till utrymning - bestämda delar av tunneln som är avsedda för utrymning.
- Skalskydd - eliminering och reducering av potentiella hot utifrån själva byggnadskonstruktionen exempelvis andra byggnader.

Bärförmågan hos en konstruktion påverkas relativt kraftigt av en brand. Det är ofta temperaturen som är avgörande. Stålkonstruktioner av kallbearbetat stål förlorar tre fjärdedelar av sin bärighet redan vid 400° C. Vanlig betong förlorar ungefär hälften av sin bärighet då betongen blir ca 600° C (Burström, 2001). Ingason et al. (1997) förklarar att i de flesta fall har tunnlar som brunnit kunnat repareras, men att det alltid finns en viss rädsla för att undermarksanläggningen ska kollapsa på grund av de höga temperaturer som kan förekomma vid bränder. Det största problemet är sänktunnlar under vatten eftersom det finns en risk för läckage. I Holland, där de flesta tunnlar är sänktunnlar ställs det högre krav på tunnelkonstruktionens värmetålighet och säger att en tunnel ska klara temperaturer upp till 1350° C i minst två timmar. Enligt författarna krävs det speciella förhållanden för att uppnå dessa höga temperaturer, men Lönnermark och Ingason (2005) visar i en studie att det inte är en omöjlighet. De gjorde fullskaleförsök i Runehammartunneln i Norge och högsta temperaturen uppmättes till 1365° C.

Ingason et al. (1997) förklarar att det kan bli höga temperaturer vid bränder i undermarksanläggningar och tunnlar. Det har därför riktats ett intresse mot risker med spjälkning och behovet av att skyddsisolera konstruktionen. Spjälkning och stenras påverkar i första hand räddnings- och släckningspersonal som kan råka ut för olyckor vid insatser. Det tar tid för betongen att värmas upp, spjälkning sker därför inte i det utrymmande skedet vid en brandhändelse. Spjälkning av betong sker på grund av tryckökning då vattnet i betongen förångas och inte kan transporteras bort. SP har gjort försök på detta och kommit fram till att temperaturer inuti betongen omkring 200-250° C gör att betongen kan spjälkas. Högrepresterande betong är tätare och därför ökar risken för spjälkning eftersom vattnet inuti är svårare att transporteras bort. Man har också funnit att risken för spjälkning vid bränder i tunnlar allmänt är högre eftersom det vanligtvis är fuktigare i tunnlar och betongen är i de flesta fall tätare. Det finns dock några sätt att reducera riskerna för spjälkning, exempelvis genom tillsatsämnen i betongen eller genom isolering. Kostnaden för isolering är dock ofta mycket hög vilket gör att det undviks (Ingason et al., 1997). Tunnelns bärförmåga får dock aldrig inverka på personers möjlighet till säker utrymning (Carvel, 2005).

Aktivt brandskydd

Beard (2005) förklarar att det aktiva brandskyddet endast verkar i händelse av brand. Det är åtgärder som behöver någon form av signal eller aktivering för att informera människor eller tekniska system om förekomst av brand. Detta möjliggör sedan för andra system att initiera utrymning av människor eller hindra och begränsa brandspridning. I tunnlar och anläggningar under mark

kan det finnas flera olika säkerhetssystem installerade som t.ex. branddetektionssystem, alarmsystem, brandventilationssystem och släcksystem. Dessa system har helt olika uppgifter men har tillsammans samma mål vilket är att reducera risken för personskador, dödsfall, egendomsskador samt möjliggöra insats av räddningstjänst.

Linje-värme detektorer i form av värmekänsliga kablar har visat sig vara det mest robusta system för snabb detektion av brand i tunnlar och finns i många tunnlar. Videoupptagningssystem som branddetektions- och larmsystem är en stor teknisk innovation och har visat sig vara lämpligt för undermarksanläggningar. Mjukvaran kräver dock lite mer utveckling men i framtiden kommer detta system troligtvis kunna identifiera potentiella riskfulla händelser och varna i ett tidigt skede. Något som är viktigt att påpeka är att redundans åstadkommes genom att använda kombinationer av olika system (Maciocia, 2005). Carvel (2005) förklarar att de två vanligaste aktiva systemen för att begränsa en brand i tunnlar är brandventilation och vattensläcksystem. Vattensläcksystem används dock inte i samband med spårbunden trafik på grund av att de vanligtvis drivs av elektricitet.

Ventilationsbrandskydd

Ventilation i järnvägstunnlar bygger ofta på självdrag och för att öka ventileringseffekten i långa tunnlar placeras självdragsschakt på olika avstånd. Om det inte finns några sådana schakt, kommer ventilationen ske genom tunnelmynningarna och brandgasspridning blir då relativt känslig för egenskaper hos rådande väderlek, t.ex. vindhastighet och vindriktning. Tunnelbanetunnlar ventileras i huvudsak genom den kolvverkande effekten från tunnelbanetågen, även kallad "the Piston-effect". Denna metod är effektivast i enkelrörstunnlar. Många stationer har också självdragsschakt, vilket reducerar kol-effekten på stationerna så att det inte blåser till varje gång det anländer ett tåg till stationen. Mekanisk ventilation används sällan men förekommer i relativt stor utsträckning i brandskyddet hos tunnelbanor (Ingason et al., 1997). Tabarra et al. (2004) förklarar att storleken av självdragsschakten är av betydelse för både den allmänna ventilationen och brandgasventilationen. Dimensioneringen av brandgasventilationen styr till stor del den allmänna ventilationen, men författarna påpekar att det finns mycket pengar och energi att spara om dimensioneringen av systemen görs från ett övergripande synsätt, som att beakta den allmänna och brandgasventilationen tillsammans. Yang et al. (2007) förklarar dock att det är svårt att dimensionera både allmän- och brandgasventilationen på grund av den kolvverkande effekten som uppstår när tåg rör sig i tunnelarna. Det blir turbulens på plattformen vilket gör att brandgasventilationens effektivitet skiljer sig beroende på trafiken i tunnelarna.

Att kunna kontrollera brandgaserna i en undermarksanläggning är viktigare än i en vanlig byggnad eftersom utrymning och räddningstjänstens insatser ofta är mer komplexa. Till skillnad från vanliga byggnader så saknas ofta en direkt anslutning till det fria hos anläggningar under mark. Därför anordnas många gånger speciella till- och frånluftssystem som kan baseras på naturlig eller mekanisk ventilation. Avståndet till marknivå utgör ofta en begränsning för möjligheterna att släppa ut brandgaser från en anläggning under mark.

Avståndet påverkar också räddningstjänstens angreppsväg som många gånger dessutom sammanfaller med utrymningsvägarna. Därför underlättar möjligheten av effektiv brandgasventilering i ett tidigt skede både utrymning och räddningstjänstens arbete. Effektivitet kan uppnås genom rätt dimensionering av brandgasventilationen och bra detektionssystem kan säkerställa att ventilering påbörjas i ett tidigt skede (Ingason et al., 1997). Jagger och Grant (2005) förklarar att brandgasventilationen måste anpassas efter varje specifik tunnel eftersom alla tunnlar är olika. Det finns dock ventilationsstrategier och koncept som delvis går att applicera på liknande tunnelsystem, men det är viktigt att varje enskilt fall utreds.

Carvel et al. (2004) har med hjälp av experiment visat att det inte bör vara samma åtgärdsprogram eller taktik för brandgasventilationen vid olika brandincidenter. Brandgasventileringen bör alltså kunna manövreras och ändras beroende på var, hur och när det brinner för att bästa effekt skall uppnås. Detta stöds också av Olesen (2005). Experimenten som Carvel et al. (2004) genomförde visar att brandens effektutveckling påverkas av ventilation beroende på vad det är för typ av brand och bränsle, vilket också stöds av Ingason (2005).

Lönnermark (2005) samt Yang och Lee (2000) förklarar att den kritiska lufthastigheten (som tidigare definierats i dessa kapitel) är en viktig utgångspunkt vid dimensionering av brandgasventilation. Den kritiska lufthastigheten styrs till stor del av den dimensionerande branden. Lönnermark presenterar, från andra källor, olika formler för den kritiska lufthastigheten som till stor del beror på förhållanden i tunneln och tunnelns egna karakteristiska utformning. Stefopoulos och Damigos (2007) styrker även detta och påpekar att det är mycket viktigt att utforma ventilationen så att backlayering undviks. Ett praktiskt exempel på detta är en projektering av ett ombyggnadsförslag av Zinkensdamms tunnelbanestation i Stockholms som Andersson et al. (2003) presenterar, där de tog hänsyn till den kritiska lufthastigheten vid dimensioneringen av brandgasventilation. Förslaget ökade utrymningsmöjligheterna för personer i stationen och resulterade i ombyggnad av stationen.

Chen et al. (2003) förklarar med hjälp av en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics) hur ventilationen är utformad och hur den kan effektiviseras på en av Taipeis tunnelbanestationer med hjälp av plattformsdörrar. Slutsatsen är att plattformsdörrarna tillsammans med ventilationen tydligt kan begränsa brand- och brandgasspridningen vid eventuell tunnelbrand, brand på plattform och brand i tåg som stannat vid plattformen. Plattformsdörrarna skulle förbättra den befintliga brandgasventilationen på stationen samt förbättra brandskyddet i allmänhet. Det ventilationssystem som finns på stationen är modernt, men också relativt vanligt för modernare tunnelbanestationer enligt författarna. Yang och Lee (2000) förklarar att brandgasventilation i första hand bör projekteras för att skapa en brandgasfri utrymningsmiljö och i andra hand fokusera på evakuering av brandgaser. Det är fördel om båda målen går att uppfylla och i en del tunnlar är det möjligt att evakuering av brandgaserna bidrar till säkrare och bättre utrymningsmöjligheter.

Utrymning

Tunnelmiljöer förknippas i många sammanhang med komplexa strukturer och människor upplever ofta klaustrofobi, rädsla och har stark respekt för mörker.

Många människor känner sig dessutom mer obekväma att bo, arbeta eller vistas under mark. Det kan bland annat bero på att avsaknaden av naturligt ljus minskar förmågan att orientera sig i tid och rum, rädsla för olyckor och bränder i slutna utrymmen samt förmågan att utrymma till marknivå i händelse av en brandincident. Människor reagerar på olika sätt och ibland oförutsett vid pressade situationer (Stefopoulos & Damigos, 2007; Shields, 2005). Andra studier (Frantzich, 2000; Frantzich & Nilsson, 2003) stöder resonemanget att människors orienteringsförmåga blir sämre i tunnelmiljöer. De förklarar också att den försämrade sikten från täta brandgaser leder till att gånghastigheten vid utrymning minskar. Dessutom uppmärksammas inte utrymningsskyltar och nödutgångar på samma sätt som vid god sikt. Även om skyltarna upptäcks är det inte säkert att de används. Undersökningar av SFPE (2002) och Frantzich (2001) visar att många personer helst inte använder utgångar som de inte känner sig bekanta med på grund av att de inte vet vad som finns bakom utgången. Resultat från Frantzich (2004) visar att utformningen av utrymningsskyltar styr valet av utrymningsväg till stor del. Genom att använda tydlig skyltning t.ex. med gröna blinklampor som förstärkning till en utrymningssylt, går det att påverka vilken utrymningsväg en person väljer att använda. Studien av Frantzich (2004) genomfördes under relativt kontrollerade förhållanden där ingen form av brandsignal förekom. Frantzich och Nilsson (2003) påpekar att tekniska installationer som t.ex. blinklampor utan samband med utrymningsskylt, kan vara svårt att tyda om ingen annan information ges. Shields (2005) förklarar att forskningen inom människans beteende vid utrymning går framåt men eftersom det finns begränsningar i att förstå människors agerande i byggnader, finns det ännu större begränsningar i förståelse av agerande i tunnelmiljöer och undermarksanläggningar.

I fallet med tunnlar, vet de allra flesta människor att det finns en väg ut i slutet av tunneln men har mindre kännedom om vart nödutgångar leder. Frantzich och Nilsson (2003) förklarar att vid dålig sikt har väggarna i en tunnel stor betydelse på grund av att många personer tenderar att söka upp dessa och följa dem åt ena riktningen. År 1999 gjordes utrymningsförsök av tunnelbanetåg i tunnel vid Stockholms tunnelbana (Frantzich, 2000). Tåget var av modellen C-13 vilket innebär en kapacitet på ungefär 1000 passagerare. Genom försöken kunde det uppskattas att utrymning av ett fullsatt tunnelbanetåg tog mellan 12 och 15 minuter. Under denna tid kan det sannolikt bli svåra utrymningsförhållanden i en tunnel. Utrymning i mörker var betydligt svårare än då det var upplyst. Svenska Brandförsvärsföreningen (1998) beskriver att det finns tunnelbanetåg med kapacitet på drygt 2500 passagerare i Hong Kong. Vid genomförande av en utrymningsövning i tunnel av ett sådant tåg tog det cirka 28 minuter att utrymma hela tåget. Övningen visade också att det tar ungefär en minut för en person att gå 50 meter. I utrymningsförsöken från 1999 i Stockholm (Frantzich, 2000), deltog endas vuxna personer som inte hade någon typ av funktionshinder. Det förekom heller inga brandsignaler i form av brand eller brandgaser.

Trots de olika tillgängliga systemen för brandbekämpning som finns idag, verkar det som att försegling av brandrummet är det effektivaste, då det rör sig om undermarksmiljöer. Det vill säga stänga inne branden eller på något sätt avskärma den från ytterligare spridning så att en säker utrymning av personer kan ske (Stefopoulos & Damigos, 2007). Ingason et al. (1997) beskriver några

fördelar med avskärmning av plattform från tunnelspåret med glasväggar med dörrar, så kallade plattformsdörrar. De dämpar den kolvverkande effekten på plattformarna så att självdagschakten kan göras mindre. De försvårar även brand- och brandgasspridningen från tunnlar till stationerna avsevärt. Plattformsdörrarna skapar längre brandceller i tunnelbanesystemet eftersom de kan ses som en förlängning av tunnelväggarna vilket också medför större flexibilitet av ventilationsmöjligheter. Glaspartierna mellan plattformsdörrarna samt plattformsdörrarna i sig, går också att utforma med enkel nödöppningsfunktion från tågets sida. Detta gör det möjligt att, även vid driftstopp hos plattformsdörrar eller vid felplacering av tåg, öppna både plattformsdörrarna och glaspartierna mellan dörrarna manuellt från tågets sida (Westinghouse, 2008).

2.6.3 Räddningstjänstens insats

Olesen (2005) förklarar att ett gemensamt syfte med riskhantering och olycksplanering är att förebygga och begränsa olyckor till en acceptabel nivå. Högsta prioritet är att förebygga så många olyckor som möjligt och den sekundära prioriteten är att minimera och begränsa konsekvenserna som kan uppstå. Olesen efterlyser en internationell standard för taktik och planering av hanteringen av olyckor för spårbunden trafik. På detta vis kan tolkningsvårigheter och missförstånd minimeras även nationellt och kan då effektivisera räddningstjänstens arbete. Han föreslår att utgångspunkten av olycksplaneringen bör göras efter någon form av riskanalys där olika konsekvenser delas in i olika skadegrupper som t.ex. liv och hälsa, miljö och egendom. Detta för att få en skala av konsekvenserna och underlätta för en mer standardiserad taktik för insatser vid insatser vid olika objekt.

Bergqvist et al. (2005) förklarar att det ofta uppstår flera frågeställningar i startskedet av en räddningsinsats, t.ex. hur konstruktionen ser ut, om det är personer kvar, var och hur mycket brinner det, hur arbetsmiljön ser ut, om det är varmt och om det är långa avstånd. Uppskattningsvis finns det inte någon räddningstjänst i Europa som har kapacitet att genomföra räddningsaktioner vid brand i tunnel eller undermarksstationer där flertalet människor är inblandade. Bergqvist et al. (2005) beskriver att det är viktigt att i det förebyggande arbetet ge bättre information om brandskydd och kunna förbättra brandskyddet i tunnlar och undermarksstationer. Något som kan komma att vara användbart i framtiden är om det går att definiera en tydlig gräns för vilken typ och storlek av bränder som räddningstjänsten manuellt kan hantera. Gränsen är givetvis beroende på vilka resurser som finns tillgängliga men den bör på något sätt standardiseras. Bergqvist et al. (2005) efterlyser också en standardisering eller vägledning i utformning av taktik och insatsplanering för bränder i undermarksanläggningar.

Arbetsbelastningen vid räddnings- och släckningsarbete vid tunnelbrand är i de flesta fall hög för rökdykare. De behöver ofta bära med sig olika typer av utrustning samt vattenfylld slang in i tunnlar eller ner på stationerna. En gemensam faktor i de större, mer allvarigare, tunnelbränderna är att branden i sig är relativt stor. Hög effektutveckling i samband med bränder i slutna miljöer gör att temperaturen ofta blir så hög att manuell släckning inte är möjligt eftersom det inte går att ta sig tillräckligt nära branden (Lönnermark, 2005). Ökad temperatur gör också att arbetsklimatet blir sämre och tillsammans med

dålig sikt har detta visat att rökdykare arbetar långsammare. Det största problemet vid brand i tunnlar och undermarksstationer är oftast de långa avstånden som rökdykare måste ta sig för att nå de drabbade eller själva branden. Den begränsade mängden andningsluft i andningsskydden gör att de inte kan arbeta under längre perioder. Räddningstjänsten ska inte ses som en integrerad del i brandskyddet i tunnlar. Utrymningsmöjligheter ska alltid baseras och anpassas efter att ingen assistans av räddningstjänst sker. Därför är den viktigaste parametern för utrymmande människor, i en situation med brand och giftiga brandgaser i undermarksmiljö, avståndet till säker miljö. Detta avstånd får enligt bedömningar inte vara speciellt långt om de utrymmandes säkert ska kunna säkerställas. En rekommendation är ett maximalt avstånd på 300 meter med god belysning. Utrymningsvägarna ska också utformas som möjliga inträngningsvägar för räddningstjänsten (Bergqvist, Frantzich, Hasselrot & Ingason, 2005). Det råder olika tankar och bedömningar kring avstånd mellan utrymningsvägar bland de svenska myndigheterna (Boverket, 2005a).

Brandgasventilation som taktisk åtgärd för räddningstjänsten är ett komplext problem i tunnel- och undermarkssystem. Problemet sträcker sig ofta över flera linjer och stationer. Det räcker inte att enbart fokusera direkt på en eventuell brand eftersom man också måste ta hänsyn till det övriga områdena som indirekt blir drabbade eftersom spridningsrisken är överhängande (Olesen, 2005). Ingason (2005) beskriver att när ett kraftigt ventilationssystem plötsligt aktiveras och påverkar en underventilerad brand kan följderna bli dramatiska. Brandeffekten kan öka drastiskt och spridning av både brand och brandgaser kan gå snabbt. Förhållandena kan bli mycket svåra för räddningspersonal och de utrymmande som fortfarande inte hunnit ut. Att starta ett ventilationssystem då en tunnelbrand är utvecklad och pågått en stund är alltid mycket riskfullt och bör undvikas. Olesen (2005) förklarar att det går att förhindra brand- och brandgasspridning samt underlätta ventilationsstrategier med t.ex. säkerhetsbarriär som kan skapas mellan tunnlar och stationsdelar. Det börjar bli praxis att separera dessa delar fysiskt genom exempelvis plattformsdörrar.

2.7 Energibesparingar

På grund av varmt klimat kan det i många länder vara nödvändigt att använda luftkonditionering i tunnelbanestationer för att temperaturerna inte ska bli för höga (Tabarra, Abi-Zadeh & Sadorkierski, 2004). Eftersom tunnelbanestationer ofta står i förbindelse med uteluft via tunnlar är det svårt att skapa en energieffektiv luftkonditionering. Dessutom tillförs mycket värme av tågen när de stannar vid stationerna. En av anledningarna till att använda plattformsdörrar är att skapa möjlighet till effektivare luftkonditionering och därmed spara energi. Ett exempel på detta är tunnelbanan i Hong Kong där energiförbrukningen minskade med 15 % efter plattformsdörrarnas installation (MTR Corporation, 2008).

Det är dock ingen självklarhet att plattformsdörrar automatiskt innebär energibesparing. En studie av en del av tunnelbanesystemet i Taipei, Taiwan, visade att plattformsdörrar kunde reducera den maximala kapaciteten av luftkonditionering men krävde istället mer kapacitet för att ventilerar ut den varma luften i tunnelarna. Skillnaden i energiförbrukningen som beräknades i studien var därför liten (Hu & Lee, 2004). Storstockholms lokaltrafik har utfört

en kostnadsberäkning för att förbättra luftmiljön på stationerna i Stockholms tunnelbana genom plattformsdörrar (Storstockholms Lokaltrafik, 2007). Syftet med plattformsdörrar i detta projekt är främst att tillsammans med ventilationsåtgärder minska halterna av skadliga partiklar, det vill säga en hälsoaspekt. Stationerna avskärmas mot tunnlarna med plattformsdörrar samtidigt som uteluft tillförs stationerna. En beräkning som utfördes i utredningen visar att det kan bli kallare än 0° C i stationerna vilket medför att uteluft som ska tillföras stationerna måste värmas eller värmeväxlas under vissa tider på året (Storstockholms Lokaltrafik, 2007).

2.8 Kapacitetsförändringar

Det finns indikationer på att plattformsdörrar påverkar tunnelbanans kapacitet på några olika sätt. Enligt tillverkare så kan kapaciteten höjas på grund av att tågen kan ha högre hastighet till och från stationen och frekvensen av tåg kan därmed ökas (KABA, 2008). Även avstignings- och påstigningstiden kan minska med plattformsdörrar enligt tillverkare, eftersom de påstigande vet var på plattformen de ska stiga på tåget (Westinghouse, 2008). En annan effekt som också kan vara kopplat till kapacitetsförändringarna är det faktum att med plattformsdörrar installerade kan större yta av plattformen användas. Detta eftersom resenärer kan stå ändå mot plattformsdörrarna. Denna effekt ingick i en kostnads-nyttoanalys av plattformsdörrar i Londons tunnelbana (London Underground, 2007).

Det går även att tänka sig att införandet av mer tekniska installationer som plattformsdörrar kan öka störningarna i systemet, till exempel om en dörrmotor slutar fungera. Tillförlitligheten hos plattformsdörrarna verkar dock vara hög. Enligt Westinghouse (2008) har både systemet med plattformsdörrar i Londons tunnelbana och i Singapore en tillförlitlighet på 99,99 %. Några vetenskapliga studier kring hur mycket plattformsdörrar kan påverka kapaciteten hos en tunnelbana har inte hittats i denna litteraturstudie.

2.9 Samhällsekonomiska analysmetoder

I samhället finns en strävan att använda resurser på ett kostnadseffektivt sätt. Det finns därför behov att analysera olika åtgärder ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Åtgärder som kan bli föremål för en sådan analys kan t.ex. vara att bygga en ny motorväg, bygga ett nytt sjukhus eller förändra sjukvårdens behandlingsrutiner (Mattsson, 2006). Resultatet av analyserna syftar till att utgöra underlag för de som ska fatta beslut.

De vanligaste samhällsekonomiska analysmetoderna är multi-attributiv nyttoteori, kostnads-effektanalys och kostnads-nyttoanalys. I en multiattributiv analys skapas en hierarki av mål vilka sedan kan delas upp i undermål eller så kallade attribut. Attributen kvantifieras sedan av utredarna och de olika attributen kan vägas samman till en storhet, exempelvis i monetära termer. Den största nackdelen med en multi-attributiv analys ur en samhällsekonomisk synvinkel är att det är utredarnas och inte samhällets värdering av attributen. Om attributen kvantifieras utifrån samhällets värdering kan analysmetoden likställas med kostnads-nyttoanalys (Mattsson, 2006).

I en kostnads-effektanalys värderas inte fördelarna. Målet är istället fördefinierat, som t.ex. att minska antalet trafikolyckor till ett bestämt antal.

Därefter utvärderas olika projekt med avseende på kostnaderna för att uppnå uppsatt mål. En kostnads-effektanalys kan utvärdera vilket projekt som kan nå målet med de minsta resurserna men kan däremot inte utvärdera om målet ligger på rätt nivå (Mattsson, 2000; Mattsson, 2006).

Den mest utvecklade metoden för att utvärdera samhällsnyttan av investeringar när marknadspriser inte finns är kostnads-nyttoanalys (Cost Benefit Analysis [CBA]) (Mattsson, 2006). Fördelen jämfört med de två metoderna ovan är att en kostnads-nyttoanalys speglar samhällets värderingar (Mattsson, 2000). Kostnads-nyttoanalys är därmed mest lämplig när det gäller att utvärdera om en investering är samhällsekonomisk. Hur en kostnads-nyttoanalys utförs beskrivs mer ingående i nästa kapitel.

2.10 Kostnads-nyttoanalys

Under de senaste 50 åren har det utvecklats omfattande teorier kring metoder för att fatta rationella beslut (Mattsson, 2006). En metod som länge använts inom vägtrafik är kostnads-nyttoanalys (Elvik, 2001). Kostnads-nyttoanalys baseras på det så kallade Kaldor-Hicks kriteriet. Kriteriet innebär att en åtgärd ska genomföras om de som tjänar på åtgärden kan kompensera de som förlorar på åtgärden (Boardman, Greenberg, Vining & Weimer, 2001). Någon faktiskt kompensation mellan olika parter sker dock inte i praktiken (Elvik, 2001). I en kostnads-nyttoanalys beräknas en åtgärds alla positiva och negativa effekter så noggrant som det är möjligt. Både de negativa effekterna (kostnaderna) och de positiva effekterna (nyttan) värderas monetärt, det vill säga i en valuta och jämförs med varandra (Mattsson, 2006). Nettonyttan (NB) brukar definieras som nyttan (B) minus kostnaden (C), $NB = B - C$. Är nettonyttan positiv så är åtgärden kostnadseffektiv i ett samhällsperspektiv, precis som Kaldor-Hicks kriteriet anger. Målet med en kostnads-nyttoanalys är välfärdsmaximering (Elvik, 2001).

Följande moment ingår i en kostnads-nyttoanalys, baserat på Mattsson (2000) och Boardman et al. (2001).

- Bestäm vilka projekt som ska analyseras
- Avgränsa projekten i tid och rum
- Identifiera projektens alla effekter på samhället
- Värdera effekter vid de tidpunkter de infaller
- Fastställ diskonteringsränta
- Hantera osäkerhet (osäkerhetsanalys)
- Dokumentera eventuella fördelningseffekter

Nedan beskrivs de olika stegen och relevanta aspekter belyses.

2.10.1 Att välja projekt för analys

Första steget är att välja ut de projekt som ska analyseras. Enligt Mattsson (2006) är valet av projekt ofta försummat i de läroböcker som finns om kostnads-nyttoanalys. Eftersom projekten inte alltid är specificerade av uppdragsgivaren eller att uppdragsgivaren inte sitter med rätt kunskap eller tid, kan det bli utredarens uppgift att ta ställning till vilka projekt som ska utredas.

Mattsson (2000) belyser vikten av denna uppgift genom påståendet: ”Alla projekt kan framstå som bäst bara man hittar tillräckligt dåliga medtävlanen”. Mattsson (2006) menar att processen att välja rätt projekt är viktig. Om inte de bästa alternativen analyseras resulterar endast kostnads-nyttoanalys till en suboptimering, det vill säga en optimering inom ett begränsat område. Mattsson ger även förslag på ett par metoder för att identifiera och sälla objekt, intern ”brain-storming” och sällning (utredare) och extern brain-storming och sällning (inbjudna experter).

Men hur många projekt ska analyseras? Boardman et al. (2001) beskriver en motorväg som ska byggas en viss sträcka. Genom att flera dimensioner i projektet kan ändras, t.ex. vägsträckning, storlek på tullavgifter, antal filer, beläggningstyp så kan många olika möjliga projekt bildas, allt för många för att en beslutsfattare ska kunna jämföra mellan dem. Mattsson (2006) skriver att kostnads-nyttoanalys brukar innehålla 4-8 projekt, dels för att utredningen kan bli för omfattande och dels för att beslutsfattarna kan ha svårt att ta ställning till allt för många alternativ. Utvalda projekt jämförs ofta relativt nollalternativet, det vill säga att ingen förändring sker. Om ett projekt ska ersätta ett annat projekt, kanske till och med inom ett annat område, bör projekten jämföras med varandra och inte med nollalternativet (Boardman et al., 2001).

2.10.2 Avgränsa projekten

Mattsson (2006) beskriver vad som menas med att avgränsa projekten. Det handlar om att definiera projekten, att beskriva under vilka förhållanden beräkningarna utförs. Boardman et al. (2001) förklarar att analytikern måste definiera vems kostnader och nytta som ska beräknas. Ska projekten utvärderas ur ett lokalt eller nationellt perspektiv? Det kanske till och med finns effekter som påverkar utanför landet (t.ex. miljöeffekter) vilket gör att projektet kanske ska utvärderas globalt. Mattsson (2006) skriver att det vanligaste är att man definierar samhället (kostnads- och nyttotagare) som alla människor i en nation som på något sätt påverkas av åtgärden. Ett motiv till detta är att nationen är den största enheten för vilken det går att fatta beslut om t.ex. lagar och skatter. Definitionen i denna form gör att den nytta som utländska medborgare kan ha av åtgärden inkluderas i studien men är enligt Mattsson försumbar i sammanhanget.

Projekten måste även avgränsas i tiden (Mattsson, 2000; Mattson, 2006). Det betyder att en tidshorisont måste specificeras, det vill säga hur långt fram i tiden en investering kommer att innebära kostnader och nytta. Tidshorisonten bestäms av den ekonomiska livslängden och inte av den fysiska (Mattsson, 2006). Den ekonomiska livslängden är kopplad till hur länge den befintliga investeringen är lönsam. För att ge exempel på skillnaden mellan fysisk och ekonomisk livslängd kan en vägbro tas som exempel. Brons fysiska livslängd med regelbundet underhåll kanske är 60 år medan andra omständigheter kan göra att den ekonomiska livslängden endast är 40 år. Dessa omständigheter kan t.ex. vara stigande underhållskostnader som gör att det inte längre är försvarbart att utföra underhåll på bron utan det är bättre att bygga en ny. En annan omständighet kan vara att trafikmängden ökat så mycket att det ur ett ekonomiskt perspektiv är bättre att bygga en ny bro med högre kapacitet. I en kostnads-nyttoanalys av plattformsdörrar i Londons tunnelbana bestämdes livslängden till 40 år.

2.10.3 Identifiera projektens effekter på samhället

När projekten är valda och definierade ska projektens effekter på samhället identifieras. Det är alltså de kostnader och de nyttor som tillförs de som är definierade som samhället. Det som ökar individens välfärd ska räknas som en nytta och det som innebär en uppoffring ska räknas som en kostnad. Ett vanligt fel är att missa effekter eftersom det många gånger kan vara svårt att identifiera alla de samband som finns (Mattsson, 2006). Det kan också vara så att forskningen inom ett område inte är helt entydig, en studie kan visa att det finns en effekt medan en annan visar att det inte finns någon (Boardman et al., 2001). Ett annat fel är att dubbelräkna en effekt. Ett exempel på dubbelräkning är om ett vägprojekt som minskar pendlingstiden in till stadens centrum även medför högre markpriser kring vägen. Då ska inte nyttan av markprishöjningen adderas till restidvinster, lägre bensinförbrukning mm. eftersom effekten då blir dubbelräknad. Det måste göras skillnad på kostnad/nytta och omfördelningar inom samhället (Mattsson, 2004; Mattsson, 2000).

Boardman et al. (2001) belyser att det kan finnas både nyttotagare och kostnadstagare till samma effekt. I exemplet som läggs fram kan projektet ge upphov till översvämmad mark, något som ofta innebär en kostnad i form av vattenskadade hus men kan på samma gång vara en nytta för ankjägare eftersom tillgången på ankor blir större.

Mattsson (2006) skriver om metoder för att identifiera effekter. Mattsson ger inte några detaljerade eller heltäckande beskrivningar av metoder men ger ett antal förslag. Det handlar om att som utredare sätta sig in i vilka effekter en åtgärd kan ha. Det kan ske genom att studera tidigare kostnads-nyttoanalys inom området, intervjua personer som påverkas av åtgärden samt brainstorming gärna med experter och sakkunniga medverkande. Mattsson (2006) belyser också att det inte finns någon allmän metod som är accepterad när det handlar om att konstatera orsakssamband.

2.10.4 Värdera alla effekter vid olika tidpunkter

I kostnads-nyttoanalyser måste som tidigare nämnts alla effekter värderas i en monetär term. Ett av grundkonceptet med kostnads-nyttoanalys är att detta ska ske med hjälp av individernas betalningsvillighet (Mattsson, 2000). I många fall handlar det om att värdera effekter som saknar marknadspris, exempelvis liv. Men även om det finns en marknad för en effekt så är det inte självklart att marknadsvärdet går att använda för en kostnads-nyttoanalys. Om marknadspriserna nyttjas används endast den marginella betalningsviljan. Det kan utpekas som det pris den sista konsumenten är villig att betala. Detta pris går att använda vid marginella förändringar. Mattsson (2000) ger elektricitet som exempel: marknadspriset går att använda om ett projekt sparar in 3 % elförbrukning i alla eluppvärmda hus. Priset speglar dock inte alls den betalningsvillighet som uppstår om den svenska eltillgången halveras, betalningsvilligheten stiger betydligt i ett sådant fall. En utredare som utför kostnads-nyttoanalys måste alltså vara kritisk till om ett marknadspris speglar betalningsvilligheten i det aktuella projektet.

Om marknader för effekten helt saknas måste andra metoder tillämpas. Det kan vara effekter som t.ex. färre omkomna i trafiken till följd av en säkerhetsåtgärd

eller ökat buller på grund av en ny flygplats (Mattsson, 2006). Metoderna kan indelas i två huvudgrupper, direkta och indirekta.

Till de direkta metoderna räknas CV-metoden (contingent valuation) vilken också är den dominerande inom denna huvudgrupp. I CV-metoden försöker man mäta vad människor är villiga att betala (WTP, willingness to pay) för en viss förbättring eller vilket kompensationskrav (WTA, willingness to accept) de har för att acceptera en viss försämring. Vilket av måtten som ska användas i en CV-studie varierar beroende på vilken målgrupp som undersöks men generellt kan sägas att det är större belopp med WTA jämfört med WTP. Mattsson (2006) rekommenderar att använda WTP istället för WTA av flera olika skäl. Ett exempel som Mattsson nämner är att många som protesterar mot en förändring uppger orimligt höga kompensationskrav.

Inom indirekta metoder finns en rad olika undermetoder, t.ex. marknadsanalogimetoden, intermediär vara-metoden, reskostnadsmetoden, och åtgärdskostnadsmetoden. Avsikten med detta kapitel är inte att ge någon heltäckande teoribakgrund varför inte alla metoderna beskrivs. Däremot beskrivs en metod som kallas "hedoniska priser" kortfattat nedan som exempel på en indirekt värderingsmetod. Mattsson (2006) skriver att målet med metoden är att finna en koppling mellan t.ex. buller och priset på en villa för att komma fram till priset på den icke monetära onyttigheten buller. I metoden isoleras inverkan från andra faktorer som t.ex. villans kvalitet, yta och liknande. Detta kan kräva stora datamängder och det kan trots detta vara svårt att isolera den intressanta faktorn. Problemen kan t.ex. innefatta informationstillgången och en köpare av ett hus vet knappast hur mycket det bullrar på natten och har förmodligen inte provat att sova i huset innan han/hon köper det. Bullret kanske i ett sådant fall inte påverkat huspriset så mycket som det borde. Resultat från metoden har rekommenderats när det gäller bullerkostnader från nya vägar eller järnvägar (Mattsson, 2000; Mattsson, 2006).

Värdet av ett statistiskt liv

I föregående avsnitt beskrevs i stora drag hur icke marknadsprissatta effekter hanteras för att monetäriseras. Det kanske mest diskuterade är värdet av ett statistiskt liv (VSL). Trots att värdet inte avser en speciellt utpekad person så finns en ovilja att värdera människoliv i pengar (Elvik, 2001). Många personer tycker etiskt sett att människoliv inte går att värdera i pengar. Ett sätt att mildra denna ovilja till metoden kan vara att använda begreppet "statistiskt liv" som ett sätt att poängtera att det inte handlar om en specifik människas värde (Boardman et al., 2001; Mattsson, 2006). SIKÄ (2008:3) belyser också att begreppet statistiskt liv används för att betona att det inte handlar om värdet av liv på individnivå utan den ökning av välfärd som kommer av att sannolikheten för att omkomma minskar. Även Hammit (2000) skriver att det inte handlar om att värdera förebyggandet av ett specifikt människoliv utan snarare värdet av en marginell minskning av risken att omkomma i en population.

VSL brukar delas i två delar, dels de materiella kostnaderna och dels själva riskvärderingen eller "värdet av säkerhet" (SIKÄ 2008:3; HEATCO 2006). Värdet av säkerhet undersöks oftast genom CV-undersökning, vilket innebär att individers betalningsvillighet på en hypotetisk marknad undersöks (SIKÄ, 2008:3). Detta görs genom att ett urval ur en population får svara på vad de är beredda att betala för olika säkerhetshöjande alternativ (Hammit, 2000).

HEATCO (2006) anger att värdet av ett statistiskt liv beror av flera egenheter i populationen och att det därför inte är möjligt att definiera ett enhetligt för Europa. För värdet av säkerhet rekommenderar de att använda WTP som bygger på CV-undersökningar som är utförda för det aktuella landet. SIKÄ (2008:3) rekommenderar VSL och värden av svårt skadade samt lindrigt skadade avseende transportsektorn i Sverige. Deras rekommenderade VSL är cirka 22,3 miljoner kr, värdet för svårt skadade cirka 4,1 miljoner kr och för lindrigt skadade cirka 200 000 kr.

2.10.5 Diskontera framtida effekter

I stort sett alla projekt ger kostnader och nyttor fördelade över många år. I kapitel 2.10.2 beskrevs det att åtgärdens ekonomiska livslängd behövde bestämmas. Detta beror på att framtida kostnader och nyttor måste hanteras, det går nämligen inte att rakt av summera dessa monetära effekter utan dessa måste behandlas först och omräknas till ett nuvärde innan de kan summeras. Nuvärdet kan beskrivas som dagens värde av en framtida nytta eller kostnad, och beräkningen till ett nuvärde sker med hjälp av en diskonteringsränta (Mattsson, 2006). Boardman et al. (2001) beskriver hur detta i praktiken beräknas.

Om nyttan (B) av ett projekt vid tiden t betecknas som B_t , kostnaden (C) vid t som C_t , diskonteringsräntan s så kan nuvärdet (PV , present value) av nyttan och kostnaden skrivas som:

$$PV(B) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+s)^t} ; \quad PV(C) = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+s)^t}$$

och därefter kan nettonuvärdet (NNV) av investeringen beräknas genom

$$NNV = PV(B) - PV(C).$$

Beskrivet som ovan verkar det enkelt att diskontera, problemet ligger inte i själva beräkningarna utan snarare i att bestämma ekonomisk livslängd och vilken diskonteringsränta som ska användas. Vad är det då som styr diskonteringsräntan? Precis som vid värdering av effekter är det användarnas preferenser som bestämmer. Det handlar alltså om hur stor kompensation individer kräver på marginalen för att spara istället för att konsumera idag (Mattsson, 2000).

Under början av 90-talet användes en diskonteringsränta på 5 % i svenska kostnads-nyttoanalys av Räddningsverket, Banverket, Luftfartsverket och Vägverket (Mattsson, 2000). Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA) rekommenderar en ränta på 4 % vilket använts i Sverige sedan 1994 (SIKA, 2008:3). I EU:s harmoniseringsprojekt för transportutredningar rekommenderas en ränta på 3 % som undre gräns i känslighetsanalyser (HEATCO, 2006).

2.10.6 Hantera osäkerhet

Ingående värden i en kostnads-nyttoanalys är oftast förknippat med osäkerhet. Det är inte särskilt svårt att hitta exempel på sådana osäkerheter. Antalet personer som åker bil respektive tåg/tunnelbana i framtiden påverkar t.ex. ett vägprojekt i stor utsträckning (Mattsson, 2000). Ekonomins utveckling

påverkar diskonteringsräntan. Det kan råda osäkerhet om hur många liv som en åtgärd kan spara och vad ett statistiskt liv ska värderas till (Boardman et al., 2001).

För att lättare förstå och strukturera osäkerhet har många försök gjorts för att klassificera olika osäkerhetstyper (Abrahamsson, 2003). Mattsson (2006) beskriver tre olika typer av osäkerhet i koppling till kostnads-nyttoanalys, modellosäkerhet, parameterosäkerhet och osäkerhet om "state of the world". Själva kostnads-nyttoanalysen kan vara en modell med osäkerheter. Dessutom kan ingående modeller i en kostnads-nyttoanalys ha osäkerheter, t.ex. i nyttokvantifieringen, som klassificeras till modellosäkerhet. Parameterosäkerhet handlar om osäkerheten kring de ingående parametrarna i en kostnads-nyttoanalys t.ex. diskonteringsränta, tidshorisont eller hur många olyckor det sker per år. "State of the world"-osäkerhet beror på det faktum att det råder osäkerhet om hur framtiden ser ut. Hur kommer befolkningstillväxten att vara i framtiden? Vilken typ av kollektivtrafik används mest om 30 år?

Nedan beskrivs några av de metoder för att hantera osäkerhet som förekommer i koppling till kostnads-nyttoanalys.

Känslighetsanalys

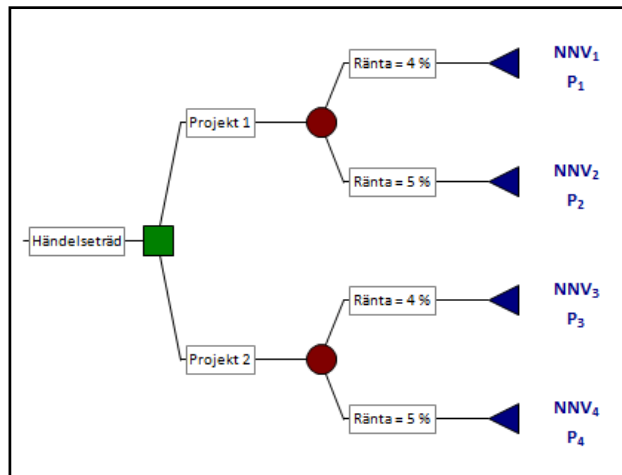
I en känslighetsanalys varierar de ingående värdena i syfte att se hur mycket en förändring av en parameter påverkar resultatet (Davidsson, 2003). Oftast varierar varje parameter för sig med de övriga oförändrade. Förändringarna har två huvudsakliga nackdelar, till att börja med kan det finnas parametrar som är korrelerade med varandra så att det inte är naturligt att alla övriga är oförändrade. Den andra nackdelen är att denna metod inte kommer åt de förändringar som uppstår när ingående parametrar inverkar på varandra i modellen (Thomas, 2007). Med hjälp av denna metod kan dock parametrar som har stor betydelse för analysen snabbt identifieras. Därefter kan resurser läggas på att ta fram bättre data för dessa parametrar (Davidsson, 2003).

I en kostnads-nyttoanalys kan det dessutom vara aktuellt att för varje ingående parameter beräkna vid vilket värde NNV blir negativt (eller positivt). HEATCO (2006) kallar värdet för "switching value" och beräknas som den procentuella förändringen i en kostnads- eller nyttoterm för att NNV ska byta tecken. Mattsson (2006) beskriver metoden som "partiell känslighetsanalys" och belyser att det är resultatets robusthet som kan testas med hjälp av den.

Händelseträd

En vanlig metod för att hantera osäkerheten vid beslutsfattande är att använda händelseträd. Händelseträdet konstrueras med beslutsnoder och diskreta händelsenoder med sannolikheter. Uppbyggnaden av ett händelseträd resulterar i ett antal sluthändelser. Nettonuvärdet för varje sluthändelse beräknas sedan och därefter kan förväntat värde för hela projektet beräknas (Mattsson, 2006; Boardman et al., 2001; Morgan et al., 1990). Väntevärdet beräknas genom att summera förväntat värde för varje sluthändelse (Kammen & Hassenzahl, 1999). För att åskådliggöra detta ges ett enkelt exempel som baseras på Mattsson (2006).

Låt oss säga att vi har två projekt som vi ska välja mellan. I projekten är vi osäkra på diskonteringsräntan och vi vill inkludera denna osäkerhet i beräkningarna med hjälp av ett händelsetråd. Händelsetrådet kan då se ut som i figur 5.



Figur 5: Exempel på händelsetråd.

Där respektive NNV_i representerar det beräknade nettonuvärdet för varje sluthändelse och P_i sannolikheten för att respektive sluthändelse ska inträffa. Förväntat värde av händelsetrådets nettonuvärde kan då beräknas genom lagen om total sannolikhet $E(NNV) = NNV_1 \cdot P_1 + NNV_2 \cdot P_2$, (Kammen & Hassenzuhl, 1999).

En av nackdelarna med händelsetråd är att det snabbt växer till många sluthändelser. Låt säga att vi har 5 parametrar som kan anta 3 olika värden. Antalet sluthändelser är då $3^5=243$ och det kan bli många beräkningar att behandla. Även om ett datorprogram används kan det bli svårt att överblicka med så många sluthändelser.

Monte-Carlo simulering

Ett annat sätt att hantera osäkerheter är att använda sig av en metod kallad Monte-Carlo simulering. Denna metod används idag till många olika komplexa problem som har osäkra parametervärden. Då en parameter i beräkningsmodellen kan variera mellan olika värden, påverkar denna också resultatet. Genom att använda Monte-Carlo simulering går det att skapa och anpassa olika sorters statistiska sannolikhetsfördelningar för de ingående osäkra parametervärdena. Vid en beräkning väljs ett slumpmässigt värde ut från varje parameter som ingår i modellen, med hänsyn till sannolikheten för parametervärdet. Denna beräkning upprepas sedan flertalet gånger med samma grundförutsättningar för valet av slumpmässiga parametervärden. I simuleringen som ofta utförs av en dator beräknas därför alla tänkbara kombinationer av ingångsvärdena som givetvis också resulterar i lika många svar. Resultatet av alla dessa svar bildar en sannolikhetsfördelning. Ju fler beräkningar som görs i en simulering, desto mer entydigt blir resultatet. När ett visst antal beräkningar nås, kommer inte resultatet att påverkas även om fler beräkningar görs. Detta antal är specifikt för varje beräkningsmodell och beror dessutom på hur många värden som ingående parametrar kan anta. Denna

metod möjliggör att tyda det mest troliga utfallet och vilka andra utfall som sannolikt kan inträffa. En av metodens fördelar är att det går att få reda på hur och i vilken utsträckning de olika parametrarna påverkar resultatet, det vill säga känslighetsanalys går att utföra. En annan fördel är att ingående värden som ska beräknas kan anges som kontinuerliga (Mattsson, 2006; Morgan & Henrion, 1990).

Vose (2000) förklarar att det går att simulera relativt komplicerade matematiska beräkningsmodeller med Monte-Carlo simuleringar och att modeller kan med fördel snabbt ändras och beräknas på nytt. I scenarioanalyser tar metoden också hänsyn till att vissa utfall är statistiskt sätt näst intill omöjliga och slopar dessa beräkningar. Kammen och Hassenzahl (1990) förklarar att det också är möjligt att få reda på sambanden mellan ingående parametrar det vill säga hur dessa korrelerar med varandra och påverkar resultatet. Det går även att definiera hur parametrar ska korrelera med varandra innan beräkningarna utförs. Kammen och Hassenzahl påpekar att det är viktigt att simulera tillräckligt många gånger för att få ett stabilt resultat och att det är relativt vanligt att använda sig av ungefär 10 000 simuleringar. Detta beror givetvis på hur beräkningsmodellen ser ut. De förklarar också att ett av de största problemen med Monte-Carlo simulering kan vara att bestämma sannolikhetsfördelning för ingående parametrar om dessa är osäkra. Sedan belyses också att modellosäkerhet inte kan hanteras i en Monte-Carlo simulering, utan enbart parameterosäkerhet.

Ett datorprogram för Monte-Carlo simulering är @Risk som är ett tilläggsprogram för kalkylprogrammet Microsoft Excel. I kalkylbladet definieras beräkningsmodeller samt ingående parametervärden som kan vara i form av sannolikhetsfördelningar. Detta simuleras sedan i ett antal olika beräkningar som väljs av operatören och resultatet kan redovisas både som punktvärden och som fördelningar. Resultatet går att analyseras vidare i programmet och känslighetsanalys kan genomföras. Det går även att ta fram information om hur ingående parametrar korrelerar med varandra i modellen (Palisade, 1996).

2.10.7 Dokumentera fördelningseffekter

En aspekt som inte CBA fångar upp är fördelningen av kostnad och nytta. Det vill säga vilka samhällsgrupper som får fördelarna och vilka som får nackdelarna. Om en investering gynnar en rik samhällsgrupp och har en fattig samhällsgrupp som kostnadsbärare kanske det inte är intressant att genomföra projektet trots att det uppvisar positiv nettonytta (Mattsson, 2000; Mattson, 2004; Mattsson, 2006).

Den engelska ekonomen I.M.D. Little föreslog på 1950-talet ett dubbelt test, dels att Kaldor-Hicks kriteriet uppfylldes men också att det fanns en acceptabel fördelning av kostnad och nytta (Mattsson, 2004). Detta innebär att utredaren bör dokumentera och rapportera eventuella fördelningseffekter som finns i projekten. HEATCO (2006) rekommenderar att utredaren minst ska redovisa vilka samhällsgrupper som får nytta respektive kostnad av investeringen. SIKÄ (2008:3) rekommenderar att samhällsekonomiska studier bör redovisa fördelningen mellan kön med hänvisning till de trafikpolitiska delmålen om jämställdhet. Rapporten föreslår också att fördelningen mellan andra samhällsgrupper (ex. socioekonomiska och demografiska) redovisas.

2.10.8 Beslutskriterier

När kostnads-nyttoanalysen är utförd kan olika mått på lönsamhet användas som underlag vid beslutsfattande. Det vanligast förekommande är nettonuvärdet (NNV) som definierats i kapitel 2.10.5, investeringen är samhällsekonomiskt lönsam om NNV är positivt. Ett annat mått är nyttokostnadskvot (NK) som beräknas genom

$$NK = \frac{PV(B)}{PV(C)}.$$

PV(B) och PV(C) är nuvärdet av nyttan respektive kostnaden.

Om NK är större än ett, är investeringen samhällsekonomiskt lönsam. Både i HEATCO (2006) och SIKA (2008:3) rekommenderas de båda måtten, redovisade ovan. I HEATCO (2006) rekommenderas även en kvot av nettonuvärdet och statlig finansiering i projektet, på engelska definierad som "Ratio of NPV and public sector support" (RNPSS), där NPV=NNV.

Detta mått beräknas genom

$$RNPSS = \frac{PV(B) - PV(C)}{PV(C)_{statlig}}.$$

$PV(C)_{statlig}$ är nuvärdet av den statliga insatsen i projektet. Resultatet blir nettonuvärdet per statligt finansierad krona. Investeringen är samhällsekonomiskt lönsamt om RNPSS är positivt.

I SIKA (2008:3) finns ett liknande mått som kallas för nettonuvärdeskvot (NNK) och beräknas genom

$$NNK = \frac{PV(B) - PV(C)}{PV(C)}.$$

Investeringen är samhällsekonomiskt lönsamt om NNK är positivt.

3 Undersökning – effekter av plattformsdörrar

Detta kapitel redovisar hur undersökningen utförts och hur svaren behandlats. Därefter följer en beskrivning av olika effektkategorier. I kapitlets slut väljs de viktigaste effekterna av plattformsdörrar ut för kvantifiering i vägledningen som presenteras i kapitel 4.

3.1 Undersökning

Plattformsdörrars effekter har identifierats genom litteraturstudien samt en undersökning. Undersökningen ska ses som en utökad extern brain-storming där syftet har varit att identifiera så många effekter av plattformsdörrar som möjligt. Undersökningen har skett genom utskick via e-post till 57 personer med olika bakgrund. Några personer med erfarenhet av plattformsdörrar och andra med erfarenhet av områden som kan vara förknippat med plattformsdörrar. I några fall skickade den mottagande personer utskicket vidare inom sin organisation till personer med mer erfarenhet. Utskicket följdes sedan upp efter två veckor med en påminnelse, även denna via e-post.

Mottagarna är i huvudsak från Sverige och en stor andel har också koppling till utbildning eller verksamhet inom brand/risk. Utskicket presenteras tillsammans med en lista på mottagarnas organisation och befattning i bilaga A.

3.2 Behandling av svar

Svarsfrekvensen i undersökningen blev cirka 60 % (34 svar). Utskicket uppmanade att personerna skulle svara på e-postmeddelandet och skriva ner fem eller fler förslag på effekter av plattformsdörrar. Detta innebar att förslagen som erhöles var i fritextformat vilka kunde skilja sig åt en del. Vissa svarade i punktform med effekterna tydligt specificerade medan vissa svar kunde bestå av löptext. Många av svaren innehöll frågeställningar som i vissa fall kunde tolkas som en antydning till en effekt av plattformsdörrar. För att kunna sammanställa undersökningen identifierades olika övergripande effektkategorier i materialet i vilka de olika förslagen indelades i. Följande effektkategorier identifierades;

- Brand (innefattar även utrymning och räddningstjänstens insats)
- Buller
- Energi
- Kapacitetsförändringar
- Kostnader för projektering, installation och underhåll
- Luftkvalitet
- Olyckor
- Själv mord
- Tillgänglighet
- Trygghet/attraktivitet i tunnelbanan
- Övrigt

I kapitel 3.3 förklaras innebörden av de olika kategorierna och vilka effektförslag som fanns med bland svaren i undersökningen.

3.3 Beskrivning av effektkategorier

Samtliga effektkategorier identifierades även i litteraturstudien, inga nya effekter tillkom alltså i undersökningen. Däremot tillkom nya synvinklar inom vissa effektkategorier. Nedan beskrivs varje effektkategori och diskuteras tillsammans med givna förslag.

3.3.1 Brand

Effektkategorin brand innefattar även utrymning och räddningstjänstens insats. Plattformsdörrar påverkar brandområdet på många olika sätt. Detta gör att effektkategorin brand är en komplex effekt av plattformsdörrar.

I kategorin brandeffekter kunde man se att förslaget ”ökad brandsäkerhet hos passagerare” var dominerande bland de positiva effekterna. Många av förslagen var ”minskad brandgasspridning mellan tunnel och plattform”. Förslagen ”utformningen av brandgasventilationen kan förenklas vid nydimensionering” samt ”brandgaser i tunnel kan hanteras lättare” gavs också av flera personer.

Bland förslagen med negativa effekterna var förslaget ”utrymning från tåg blir besvärligare på grund av plattformsdörrarna” klart dominerande. Flera personer gav också förslaget ”försvarar utrymningsmöjlighet från tåg om tåget inte stannar vid plattform”. Ett par av förslagen belyste problemet med brandgasventilationen av tunnlar när plattformsdörrar installeras i befintliga tunnelbanor. Även förslag kring räddningstjänstens insatsmöjligheter fanns, dock inte några entydiga.

Förslagen som gavs förstärker bilden av brand som en komplex effekt. Att förutsättningar för brandskydd, utrymningsmöjligheter och räddningstjänstens insats påverkas råder det inga tvivel om. Däremot hur det påverkar kan vara svårt att säga generellt sett. Det beror på förutsättningar, t.ex. om plattformsdörrar efterinstalleras eller installeras vid nyprojektering, hur brandgasventilation ordnas och hur utrymningsstrategin ser ut.

3.3.2 Buller

Förslagen om buller var entydiga, samtliga kunde kopplas till att bullernivåerna minskar på perrongen, inga förslag på negativa bullereffekter gavs. I litteraturstudien kunde inte någon undersökning av hur ljudisolerande plattformsdörrar är hittas. Med tanke på att glaset i plattformsdörrarna vanligtvis består av 8-12 mm härdat och ibland även laminerat glas bör dess ljudisolerande förmåga vara relativt god. Vid ett besök som gjordes vid Köpenhamns Metro upplevdes stationerna som relativt tysta trots att tåg anlände och avgick. Detta beror troligtvis till största del på plattformsdörrarna som är installerade på samtliga stationer under mark. Ljudnivåerna i stationsmiljön är troligtvis kopplat till hur attraktivt människor tycker att tunnelbanan är som färdstätt. Genom litteraturstudien kan slutsatsen dras att för höga bullernivåer har negativa hälsoeffekter på människan. Det gick dock inte inom litteraturstudien att finna någon direkt forskning om hur de förhöjda nivåerna i tunnelbanan påverkar hälsan hos passagerarna.

3.3.3 Energi

De förslag som kunde härledas till kategorin energi var även dessa entydiga och pekade på lägre kostnad för luftkonditionering. Inget som observerats inom litteraturstudien tyder dock på att plattformsdörrar generellt sett leder till högre eller lägre energiförbrukning, det beror på många faktorer som t.ex. klimat och hur den aktuella tunnelbanestationen är utformad med avseende på bland annat ventilationssystem. Däremot förbättrar plattformsdörrar möjligheten till effektiv luftkonditionering genom sektionering, speciellt i länder med varmt klimat.

3.3.4 Kapacitetsförändringar

Med kapacitetsförändringar avses den påverkan som plattformsdörrar kan ha på tunnelbanesystemet kapacitet. Detta kan bero på snabbare bordning av tåget eftersom passagerarna vet var tåget kommer att stanna. Det kan också bero på kapacitetsförändringar som uppstår genom att plattformen kan inrymma fler passagerare samtidigt. Förslagen som gavs i undersökningen pekade på kortare stopptider hos tågen på grund av snabbare in- och utpassage av resande samt större perrong.

Förslagen på negativa effekter inom kategorin belyste att tekniska problem med dörrar eller om tåg inte stannar vid rätt ställe kunde bidra till trafikstörningar. Även att plattformsdörrarna begränsar antalet olika tågtyper gavs på förslag vilket kan påverka kapacitet men även flexibilitet.

Kapacitetsförändringar är något som tillverkare av plattformsdörrar gärna belyser, men i litteraturstudien har ingen betydande forskning på området hittats.

3.3.5 Kostnader för projektering, installation och underhåll

Själva kostnadsuppskattningen av plattformsdörrar ingår inte i denna studie vilket även beskrivs i kapitel 1.5. Gränsen mellan en kostnad och en negativ effekt som innebär en kostnad, kan vara svår att särskilja. Är t.ex. ökat klotter en negativ effekt av plattformsdörrar eller en underhållskostnad? För att inte missa eventuella negativa effekter till följd av detta avgränsades inte kostnadseffekter bort i utskicket, de förslag som gavs inom denna kategori behandlas dock inte närmare i studien.

3.3.6 Luftkvalitet

Förslagen inom denna kategori var relativt lika, alla pekade på ”bättre luftkvalitet på plattform”. Partiklar är det huvudsakliga luftkvalitetsproblemet i tunnelbanestationer och är förknippat med ökad dödlighet vid längre exponering. De allra flesta partiklarna i stationsmiljö kommer från slitage mellan tågens hjul och räls samt från tågens bromssystem. Kan man då avskilja själva tunneln från stationen så blir inte luftutbytet däremellan lika stort. Ett annat förslag som gavs som kan kopplas till kategorin är att ventilationen för tunnel och station kan utformas var för sig. Detta ger också möjligheter att kontrollera luftutbytet. Plattformsdörrar förbättrar förutsättningarna avsevärt i arbetet med att minska nivåerna av partiklar i tunnelbanestationerna.

3.3.7 Olyckor

Förslagen inom denna kategori handlade till största del om att färre personer ramlar eller blir knuffade från plattformen ner på spåret samt att färre beträder spårområdet och tunnlarna avsiktligt. Ett förslag var även att olyckorna med personer som fastnar i tågets dörrar och släpas med minskar. Flertalet förslag om att klämriskerna ökar på grund av plattformsdörrarna gavs också. En negativ effekt som gavs, var risken att fastna mellan plattforms- och tågdörrarna.

Plattformsdörrar är ett effektivt sätt att begränsa både avsiktligt och oavsiktligt beträdande av spårområdet vilket i sin tur reducerar olyckor med personer som blir påkörda av tåg.

3.3.8 Självmord

Huvuddelen av de förslag som hamnade i denna kategori var förslag liknande ”mindre självmord i tunnelbanan” men vissa förslag behandlade även bieffekter av detta som ”bättre arbetsmiljö för förare”. I några fall lyftes även ”minskning av trafikstörningar” fram som en bieffekt. I ett par av förslagen lyftes möjligheten att självmorden kan minska totalt sett i samhället eftersom tillgängligheten av metoder till självmord påverkar självmordsfrekvensen vilket även belyses i litteraturstudien. En tunnelbanestationens utformning påverkar både mortaliteten och frekvensen av självmord på stationen. Plattformsdörrar lyfts i flertalet studier fram som den bästa självmordsförebyggande åtgärden i tunnelbanestationer.

3.3.9 Tillgänglighet

Kategorin tillgänglighet innefattar effekter som påverkar funktionshindrades möjlighet att använda tunnelbanan. De förslags som gavs inom denna kategori var inte många, ett par föreslog att det blir lättare för personer med funktionshinder eftersom tunnelbanetågen stannar på samma ställe varje gång. Andra förslag var att det ökade tillgängligheten för personer med kognitiv funktionsnedsättning eller nedsatt rörlighet, det framgick dock inte av vilken anledning det ökade tillgängligheten.

Det är möjligt att plattformsdörrar kan bidra till att funktionshindrade personer kan använda tunnelbanan i högre utsträckning. Plattformen borde kännas avsevärt mycket tryggare för denna grupp, speciellt för de som är synskadade.

3.3.10 Trygghet och attraktivitet i tunnelbanan

En rad förslag kunde kategoriseras till ”passagerare känner sig tryggare”, ”ökat attraktivitet” samt ”trevligare stationsmiljö”. Dessa effekter kan möjligtvis, förutom att öka välbefinnandet bland dem som använder tunnelbanan, öka användandet av tunnelbanan som transportmedel.

Ett par av de negativa effekterna som föreslogs kan kopplas till denna kategori. Den ena var att passagerare kan känna klaustrofobikänslor om spåret kapslas in av plattformsdörrar vid stationerna och den andra att stationerna blir mycket mindre vilket kräver bra arkitektur för att stationerna ska bli attraktiva.

3.3.11 Reklam

En föreslagen effekt var möjligheten till reklamplatser på plattformsdörrarna, något som en del tillverkare också marknadsför (Westinghouse 2008). Ett annat förslag var att det inte kommer att bli lika lätt att byta reklamaffischer på det sätt som görs idag. Med detta avses antagligen reklamaffischerna som finns på andra sidan spåret sett från plattformen.

3.4 Utvalda effekter

Med hjälp av införskaffad kunskap via litteraturstudien valdes de viktigaste effekterna ut för kvantifiering. Effekterna blir också de rekommenderat viktigaste i den vägledning som finns i kapitel 4. Följande effekter valdes ut;

- Brand
- Luftkvalitet
- Olyckor
- Själv mord

Ovanstående effekter anses vara de viktigaste att utvärdera i en kostnadsnyttoanalys eftersom;

- de kan identifieras som effekter av plattformsdörrar i de allra flesta tunnelbanesystem
- de orsakar många dödsfall eller har potential att orsaka många dödsfall
- de påverkar eller kan påverka många människor

4 Vägledning, kostnads-nyttoanalys av plattformsdörrar

Detta kapitel är en vägledning till hur kostnads-nyttoanalys kan användas som metod för samhällsekonomisk utvärdering av plattformsdörrar. Vägledningen omfattar inte kostnadsuppskattningen av plattformsdörrar, istället finns tyngdpunkten vid effektkvantifiering. Vägledningen behandlar arbetsprocessen i en kostnads-nyttoanalys och vägleder varje steg med stöd av litteraturstudien. Rekommendationerna som ges i vägledningen kommer från författarna till detta arbete om inget annat anges.

4.1 Identifiera och välj projekt

När plattformsdörrar ska utvärderas med kostnads-nyttoanalys bör olika projekt analyseras. De olika projekten, i jämförelse med varandra, kan skilja sig t.ex. i omfattning av plattformsdörrar. Antalet olika projekt bör bestämmas med hänsyn till tillgängliga resurser. Om många projekt väljs ut, kan det resultera i allt för odetaljerade analyser av varje projekt.

Identifieringen av möjliga projekt sker lämpligast i en utredningsgrupp med personer med varierande kompetens och bakgrund. Detta beror på att plattformsdörrar har många olika effektområden och att det därför finns många aspekter att ta hänsyn till. En grupp med enhetlig kompetens eller bakgrund kan ha ett begränsat synsätt. Ett samarbete med aktörer som har erfarenhet av projekt med plattformsdörrar kan också underlätta projektidentifieringen.

Exempel på kompetensområden eller funktioner som kan ingå är;

- brand
- funktionshinder
- självmord och olyckor
- ventilation
- luftkvalitet
- buller
- sakkunniga inom aktuellt tunnelbanesystem (operatörer)
- plattformsdörrar (tillverkare)

De projekt som utreds jämförs var för sig med det så kallade nollalternativet, det vill säga ingen förändring. Metoden som presenteras i denna vägledning kan användas även om endast ett projekt ska utvärderas.

4.2 Avgränsa projekten

4.2.1 Definiera samhället

Ett projekt med plattformsdörrar är omfattande och kan ses som en typ av infrastrukturinvestering. Att statliga medel t.ex. skatt, används i sådana projekt är vanligt. Av den anledningen bör definitionen av samhället inte sträcka sig utanför nationsgränserna.

Samhället i en kostnads-nyttoanalys av plattformsdörrar definieras lämpligast som alla människor i nationen som påverkas av investeringen.

4.2.2 Diskonteringsränta

Med hänsyn till definitionen av samhället ovan, rekommenderas diskonteringsräntan utgöras av den inom transport/kollektivtrafiksektorn föreslagna ränta, i det land där plattformsdörrar ska projekteras. I Europa bör även rekommendationerna i det europeiska harmoniseringsprojektet HEATCO beaktas (HEATCO, 2006). I osäkerhetsanalysen rekommenderas diskonteringsräntan utgöras av en fördelning eftersom den kan påverka beräkningarna avsevärt.

I Sverige finns rekommendationer från SIKA (2008:3) som även sammanfattar HEATCO:s rekommendationer. SIKA föreslår en samhällsekonomisk diskonteringsränta på 4 % för transportsektorn i Sverige.

4.2.3 Livslängd

Den ekonomiska livslängden definieras lämpligast i samråd med tillverkare och med hänsyn till övriga förutsättningar i tunnelbanan som är relaterat till plattformsdörrar, exempelvis hur ofta plattformsdörrarna kommer att öppnas och stängas. Livslängden bör varieras i osäkerhetsanalysen.

4.3 Identifiering av effekter

En viktig del i kostnads-nyttoanalysen är att de effekter som plattformsdörrar medför identifieras så att de senare kan kvantifieras och beräknas.

Resultatet av den undersökning som gjorts i kapitel 3 kan vara en utgångspunkt. Det är dock viktigt att ytterligare utreda om effekterna, föreslagna i kapitel 3, är relevanta för det system som utredningen avser och om det finns andra effekter som är av stor vikt att ta med i kostnads-nyttoanalysen.

Rekommendationen är att effektidentifiering görs av utredningsgruppen. I gruppen kan så kallad ”brain-storming” utföras, där förslagen därefter sällas. Vid denna effektidentifiering är det viktigt med en bred kompetens i utredningsgruppen. Resonemanget i kapitel 4.1 om kompetensbredd i utredningsgruppen gäller därför även vid identifiering av effekter. Även samarbete med aktörer som tidigare utfört projekt med plattformsdörrar rekommenderas, för att genom deras erfarenheter kunna identifiera effekter.

4.3.1 Möjliga effekter

Följande effekter har bedömts vara de viktigaste effekterna av plattformsdörrar. Bedömningen av effekterna grundar sig på litteraturstudien i kapitel 2 samt undersökningen som redovisas i kapitel 3.

- Brand
- Luftkvalitet
- Olyckor
- Självmord

4.4 Kvantifiering av effekter av plattformsdörrar

I detta kapitel förklaras hur kvantifiering av utvalda effekter av plattformsdörrar kan utföras. Resultatet av respektive effektkvantifiering utgör den årliga nyttan.

4.4.1 Brand

För att kvantifiera effekten brand krävs det att en konsekvensutredning utförs. Det vill säga både brandsimulering och utrymningssimulering. Brandsimulering utförs för att kunna bestämma tid till kritiska förhållanden och utrymningssimuleringar utförs för att beräkna förflyttningstiden av personer. För att kunna utföra konsekvensberäkningar måste förenklingar göras. För att beräkningarna ska kunna utföras rekommenderas att varje station hanteras var för sig. För att undvika simuleringar av varje station kan de stationer som liknar varandra indelas i grupper. Indelningen i grupper bör göras med hänsyn till aspekter som är relevanta för brand och utrymning. Exempel på detta kan vara stationernas;

- geometri, t.ex. takhöjd och plattformslängd
- brandbelastning
- antalet in/utgångar
- personbelastning
- förekomsten av angränsande verksamhet, t.ex. butiker

En representativ station för varje grupp simuleras därefter och resultatet blir gällande för alla stationer inom gruppen. Brandsimuleringarna rekommenderas ske med en fältmodell, en så kallad CFD-modell. Detta eftersom den geometri som en tunnelbanestation har, inte är lämplig för två-zonsmodeller.

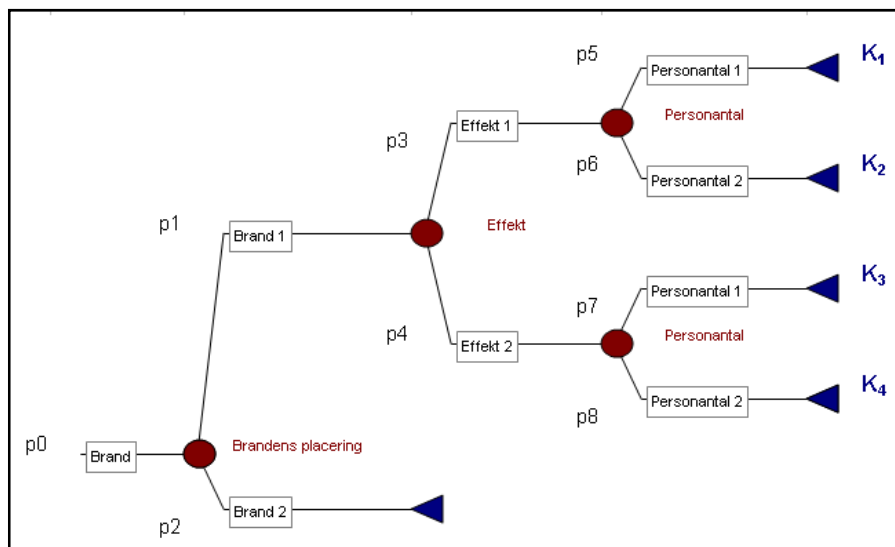
Scenarioanalys med händelsetråd rekommenderas vilket genomförs för varje stationsgrupp som ska simuleras. Genom detta kan konsekvenserna av flera olika brandscenarier beräknas och den förväntade kostnaden av effekten brand kan kvantifieras genom beräkningar av förväntat värde av händelsetrådet. Två olika händelsetråd skapas och beräknas, ett med förutsättning att plattformsdörrar inte är installerade och ett med plattformsdörrar installerade. Skillnaden mellan förväntad kostnad av respektive händelsetråd (utan och med plattformsdörrar) utgör den förväntade nyttan av plattformsdörrar, med avseende på effekten brand.

Kvantifieringen utförs genom att ett antal olika brandplatser väljs ut som grundhändelser, t.ex. tågbrand vid plattform eller brand på plattform. Därefter byggs grundhändelserna på med delhändelser som ändrar förutsättningarna och bildar olika sluthändelser, det vill säga olika brandscenarier. Exempel på förutsättningar som kan förändras i händelsetrådet är, brandens effektutveckling och antalet personer på plattformen som blir tvungen att utrymma. I händelsetrådet rekommenderas 3-4 olika brandplaceringar ingå som grundhändelser. Om färre grundhändelser ingår, finns det en risk att alla relevanta brandtyper inte blir utredda. Den övre gränsen på 4 grundhändelser styrs främst av resurser, vid fler riskerar arbetsmängden bli orimligt stor. Bland grundhändelserna bör både frekventa bränder med små konsekvenser finnas samt ovanliga bränder som kan ge större konsekvenser. Valet av grundhändelser bör baseras på en brandteknisk riskidentifiering för respektive stationsgrupp där

även tunnlar bör beaktas. Bland de utvalda grundhändelserna rekommenderas följande ingå;

- brand i tåg vid plattform
- brand i tåg i tunnel i närhet av plattform
- brand på plattform eller i angränsande utrymme, exempelvis butik i anslutning till plattform
- skräpbrand på spår

Nedan i figur 6: exempel på händelsetråd. visar ett exempel av ett händelsetråd där effekten och antalet personer på plattformen varierar.



Figur 6: Exempel på händelsetråd.

I figur 6 är p0-p8 sannolikheter för respektive händelse. Sannolikheten för att händelsen brand 1 ska inträffa är lika med $p_0 \cdot p_1$ och sannolikheten för att brandens effekt är 1 förutsatt att brand 1 har inträffat är p_3 osv. Dessa sannolikheter uppskattas lämpligen med stöd av statistik och erfarenhet. K1-K4 är konsekvenserna för brandscenarier 1-4. Observera att delhändelserna för brand 2 inte illustreras i figur 6. Den totala konsekvensen för varje brandscenario (K_B) beräknas genom

$$K_B = O_B + F_B + Z_B \quad (\text{Ekv. 1})$$

O_B = Kostnader av personskador.

F_B = Kostnader av förseningar.

Z_B = Kostnader av egendomsskador.

Kostnader av personskador, O_B

Rekommendationen är att kostnader av personskador förenklas genom att endast innefatta antalet omkomna. Antal omkomna beräknas genom brand- och utrymningssimulering. Det antal personer som inte utrymt innan kritiska förhållanden uppstått antas omkomna. Kostnaden av detta kan därefter beräknas med hjälp av värdet av ett statistiskt liv (VSL). Rekommendationer

kring VSL finns bland annat i HEATCO (2006). Även nationella rekommendationer kan förekomma som t.ex. SIKÄ (2008:3).

Kostnader av förseningar, F_B

Vid brand och andra olyckor uppstår oftast förseningar pga. stopp i trafiken. Rekommendationen är att de samhällsekonomiska kostnaderna till följd av förseningar skattas med hjälp av resenärernas "tidsvärde för förseningstid". Värde finns definierat i olika länders rekommendationer för samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn, för länder inom EU finns t.ex. HEATCO (2006) och för Sverige SIKÄ (2008:3). Kostnaderna av förseningar kan då beräknas genom

$$F_B = t_B \cdot V_B \cdot X_B \quad (\text{Ekv. 2})$$

t_B = Förseningstid [h], medeltiden som varje drabbad resenär blir försenad.

V_B = Tidsvärde för förseningstid [kr/(h·pers.)], relevant värde för landet där beräkning sker rekommenderas, för EU se HEATCO (2006). SIKÄ (2008:3) rekommenderar för Sverige ett värde på 127 kr/person och timma.

X_B = Antalet resenärer som drabbas av förseningen [pers], uppskattas med stöd av resestatistik. Hur snabbt ersättningstrafik kan införas bör beaktas.

Kostnader av egendomsskador, Z_B

Denna del av konsekvensen ska omfatta de egendomsskador som exempelvis uppstår på stationen, i tunneln eller på tåget till följd av brand. Dessa kostnader uppskattas, eventuellt med hjälp av erfarenhet av tidigare bränder, tillsammans med brandsimuleringar som utförts.

Förväntad kostnad av brand

Förväntad kostnad av varje grundhändelse kan beräknas genom ekvation 3 som exemplifierar beräkning av brand 1, det vill säga brandscenarioer 1-4 i figur 6.

$$E(\text{Kostnad}_{\text{Brand 1}}) = p1 \cdot ((p3 \cdot p5 \cdot K_1) + (p3 \cdot p6 \cdot K_2) + (p4 \cdot p7 \cdot K_3) + (p4 \cdot p8 \cdot K_4)) \quad (\text{Ekv. 3})$$

Därefter kan förväntad kostnad av effekten brand, det vill säga de olika bränderna tillsammans, beräknas genom

$$E(Kostnad_{Brand}) = p_0 \cdot (E(Kostnad_{Brand_1}) + E(Kostnad_{Brand_2}) + \dots + E(Kostnad_{Brand_1})) = p_0 \cdot (p_1 \cdot ((p_3 \cdot p_5 \cdot K_1) + (p_3 \cdot p_6 \cdot K_2) + (p_4 \cdot p_7 \cdot K_3) + (p_4 \cdot p_8 \cdot K_4)) + p_2 \cdot E(Kostnad_{Brand_2}) + \dots + p_i \cdot E(Kostnad_{Brand_n}))$$

(Ekv. 4), där p_0 är sannolikheten för att brand uppstår och p_i är sannolikheten för brand n .

Förväntad nytta av plattformdörrar med avseende på effekten brand (B_B), uttrycks som skillnaden mellan förväntad kostnad av brand, utan respektive med plattformdörrar. Ekvation 5 appliceras i kostnads-nyttoanalysen för att kvantifiera effekten brand.

$$B_B = E(Kostnad_{Brand})_{Utan PSD} - E(Kostnad_{Brand})_{Med PSD} \quad (\text{Ekv. 5})$$

För att ytterligare nyansera osäkerheten av effekten brand (förutom händelseträdet) kan sannolikheterna i händelseträdet ansättas som fördelningar i osäkerhetsanalysen.

4.4.2 Luftkvalitet

I tunnelbanestationer anses luftburna partiklar vara en lämplig indikator på luftkvaliteten. Det finns dock ingen bra metod för att beräkna hur partiklar påverkar människors hälsa i järnvägs- eller tunnelbanesystem. De allra flesta dos-respons samband (främst mortalitet) är framtagna för långtidsexponering, det vill säga att personerna vistas i en förhöjd nivå 24 timmar om dygnet.

Ett angreppssätt är dock att beräkna exponeringen som en produkt av antal personer, exponerad tid och koncentration. Detta är den enda metoden som hittats inom litteraturstudien och används vid beräkning av hälsoeffekterna av partiklar i Citybanan i Stockholm (Banverket, 2004).

Följande förenklade metod rekommenderas för att beräkna effekten av plattformdörrar med avseende på luftkvalitet. Metoden grundar sig på att partiklar används som mått på luftkvaliteten i tunnelbanan och kvantifiering sker genom beräkning av antalet omkomna till följd av förhöjda koncentrationer av partiklar.

Metoden förutsätter att partikelkoncentrationen i tågen inte ökar då plattformdörrar installeras. Den förutsätter också att partiklar i tunnelbanan är minst lika ohälsosamma som de partiklar som finns ovan mark. Metoden baseras på att en förhöjning av koncentrationen med $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 % av året, antas motsvara 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ förhöjning 100 % av året. Därmed kan den förhöjda "fiktiva" årliga koncentrationen, C_x , skrivas som

$$C_x = (C_{pf} - C_{bg}) \cdot \frac{t_e}{60 \cdot 24} \quad (\text{Ekv. 6})$$

C_{pf} = Koncentrationen av partiklar på plattform [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] utgörs lämpligast av ett medelvärde över den tid då den huvudsakliga exponeringen sker. När plattformsdörrar är installerade måste partikelkoncentration beräknas med hänsyn till bland annat plattformsdörrarnas täthet, tillgång till ventilation osv.

C_{bg} = Bakgrundskoncentrationen av partiklar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] är den naturliga koncentrationen av partiklar i omgivningen och utgörs av ett årsmedelvärde.

C_X = Fiktiv förhöjd koncentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

t_e = Exponeringstiden [min], är den medeltid som resenärer väntar på plattformen varje dygn.

Antal omkomna (N) till följd av förhöjda partikelnivåer på plattform beräknas genom

$$N = X \cdot C_X \cdot \frac{RR-1}{10} \cdot I_{o\text{exp}} = X \cdot (C_{pf} - C_{bg}) \cdot \frac{t_e}{60 \cdot 24} \cdot \frac{RR-1}{10} \cdot I_{o\text{exp}} \quad (\text{Ekv. 7})$$

X = Antal resenärer som exponeras på plattform, utgörs lämpligen av medelvärdet av antalet resande per dag.

RR = Relativ risk [-] att omkomma per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av partikelkoncentration. Värdet för relativ risk från Künzli et al. (2000) rekommenderas, vilket är $RR = 1,043$ för en ökning av $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$.

$I_{o\text{exp}}$ = Mortalitet hos oexponerade per 100 000 personer [-], är svår att uppskatta. Därför kan den approximeras med mortaliteten för en representativ population, exempelvis med mortaliteten för invånarna i staden där tunnelbanan finns. Lämpligen används mortaliteten av en population med samma åldersgrupp som den som är dominerande bland resenärerna i tunnelbanan.

Nyttan (B_L) av partikelminskningen av plattformsdörrar kan kvantifieras relativt nollalternativet med följande formel.

$$B_L = (X \cdot (C_{pf} - C_{bg}) \cdot \frac{t_e}{60 \cdot 24} \cdot \frac{RR-1}{10} \cdot I_{o\text{exp}} \cdot VSL)_{\text{Utan PSD}} - \\ (X \cdot (C_{pf} - C_{bg}) \cdot \frac{t_e}{60 \cdot 24} \cdot \frac{RR-1}{10} \cdot I_{o\text{exp}} \cdot VSL)_{\text{Med PSD}} = \\ ((C_{pf} - C_{bg})_{\text{Utan PSD}} - (C_{pf} - C_{bg})_{\text{Med PSD}}) \cdot X \cdot \frac{t_e}{60 \cdot 24} \cdot \frac{RR-1}{10} \cdot I_{o\text{exp}} \cdot VSL$$

Vilket kan skrivas som

$$B_L = (C_{pf, \text{Utan PSD}} - C_{pf, \text{Med PSD}}) \cdot X \cdot \frac{t_e}{60 \cdot 24} \cdot \frac{RR-1}{10} \cdot I_{o\text{exp}} \cdot VSL \quad (\text{Ekv. 8})$$

Rekommendationer kring VSL återfinns bland annat i HEATCO (2006) och i SIKA (2008:3).

I osäkerhetsanalysen rekommenderas att den relativa risken utgörs av en normalfördelning med medelvärde 1,043 (KI: 1,026-1,061) för en ökning på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$. Dessa värden kommer från Künzli et al. (2000).

4.4.3 Olyckor

Plattformsdörrar begränsar tillgången till spårområdet effektivt och förebygger därmed olyckor med personer som blir påkörda av tåg och personer som faller eller blir knuffad ner på spåret.

Rekommendationerna är att alla olyckor i samband med påkörning av tåg och fall från perrong inte inträffar om plattformsdörrar finns installerade. Detta betyder att nyttan (B_o) av plattformsdörrar motsvarar kostnadsskillnaden i följande formel

$$B_o = (O_o + F_o + S_o)_{\text{Utan PSD}} - (O_o + F_o + S_o)_{\text{Med PSD}} \quad (\text{Ekv. 9})$$

O_o = Kostnader av personskador

F_o = Kostnader av förseningar

S_o = Kostnader för socialt omhändertagande

Kostnader av personskador, P_o

Rekommendationen är att kostnaden av personskador beräknas genom att summera kostnaden för de olika skadeutfallen; omkomna, svårt skadade och lindrigt skadade. Antalet olyckor uppskattas lämpligen med hjälp av statistik och olyckorna värderas med hjälp av personskadevärderingar för respektive skadeutfall. Personskadevärderingar finns bland annat i HEATCO (2006) och i SIKA (2008:3).

Kostnader av förseningar, F_o

Precis som vid brand uppstår för det mesta förseningar då olyckor på spårområdet sker på grund av stopp i trafiken. Rekommendationerna är att de samhällsekonomiska kostnaderna till följd av förseningar skattas med hjälp av resenärernas ”tidsvärde för förseningstid”. Värdet finns definierat i olika länders rekommendationer för samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn, exempelvis HEATCO (2006) och den svenska SIKA (2008:3). Kostnaderna av förseningar kan då beräknas genom följande formel

$$F_o = t_o \cdot V_o \cdot X_o \quad (\text{Ekv. 10})$$

t_o = Förseningstid [h], medeltiden som varje drabbad resenär blir försenad.

V_o = Tidsvärde för förseningstid [kr/h.pers.], använd relevant värde för landet där beräkning sker, för EU, se HEATCO (2006). För Sverige rekommenderar SIKI (2008:3) ett värde på 127 kr/person och timma.

X_o = Antalet resenärer som drabbas av förseningen [pers], uppskattas med stöd av resestatistik. Hur snabbt ersättningstrafik kan införas bör beaktas.

Kostnader för socialt omhändertagande, S_o

Rekommendationerna är att socialt omhändertagande förenklas genom att enbart beräkna de kostnader som rör föraren av tåget, exempelvis kostnader för eventuell sjukskrivning och psykologiskt stöd. Det åtgärdsprogram som tågförarens arbetsgivare bör ha definierat är en lämplig utgångspunkt vid bedömning av dessa kostnader.

I osäkerhetsanalysen rekommenderas att det årliga antalet olyckor utgörs av en sannolikhetsfördelning som baseras på statistik.

4.4.4 Självmord

Att plattformsdörrar är en effektiv metod för att förebygga självmord i järnvägs- och tunnelbanestationer under mark är relativt erkänt enligt den litteratur som redovisades i kapitel 2.2. Den studie som i detta sammanhang är mest aktuell är den som Law et al. (2008) utfört. Studien visar att plattformsdörrar förebygger självmord i tunnelbanan i Hong Kong utan att skapa ökningar på stationer utan plattformsdörrar. Studien kunde dock inte visa om minskningen i tunnelbanan bidrog till någon ökning av självmord genom annan metod. Andra studier pekar dock på att en begränsning av en självmordsmetod, liknande plattformsdörrar, minskar det totala antalet självmord.

Det är därför rimligt att anta att plattformsdörrar bidrar till en samhällsnytta, i form av minskat antal självmord totalt sett. Hur stor andel av självmorden som förebyggs med plattformsdörrar kan dock inte bestämmas generellt. Dels saknas forskning på området och dels kan andelen bero på en rad olika faktorer t.ex. hur järnvägs- eller tunnelbanesystemet är utformat samt kultur och religion i det land som systemet finns i. I en kostnads-nyttoanalys av plattformsdörrar i Londons tunnelbana bedömdes minskningen av självmord uppgå till 80 %. Motivering var att de flesta självmord sker spontant och att studier tyder på att tillgängligheten till olika självmordsmetoder påverkar antalet självmord totalt sett (London Underground, 2007).

Nyttan av plattformsdörrar med avseende på självmord (B_s), kan beräknas på liknande sätt som för olyckor, se kapitel 4.4.3. Den enda skillnaden är att det tillkommer en faktor (γ) eftersom alla självmord inte förebyggs med plattformsdörrar. Det beror på att en del av självmorden kommer att begås på annat sätt och utgör då en samhällskostnad. Eftersom alla självmord antas försvinna på den stationen som plattformsdörrarna installeras på, antas också alla kostnader av förseningar (F_s) och för socialt omhändertagande (S_s) försvinna. Nyttan av plattformsdörrar med avseende på självmord kan beräknas genom ekvation 11, vilken appliceras i kostnads-nyttoanalysen.

$$B_S = (O_S + F_S + S_S)_{\text{Utan PSD}} - (O_S + F_S + S_S)_{\text{Med PSD}} = \\ (O_S + F_S + S_S)_{\text{Utan PSD}} - (1 - \chi) \cdot O_{S, \text{Utan PSD}}$$

Vilket kan skrivas som

$$B_S = (\chi \cdot O_S + F_S + S_S)_{\text{Utan PSD}} \quad (\text{Ekv. 11})$$

χ = Värde mellan 0 och 1, anger hur stor andel av självmorden som kan förhindras med plattformdörrar (utan att förflyttas). Rekommendationen är att andelen (χ) ska bestämmas med hänsyn till aktuellt system och eventuellt med hänsyn till enskild station.

Några aspekter som är viktiga att beakta vid bedömning av andelen (χ) är:

- Hur stor andel av det totala antalet självmord i samhället utgörs av självmord i järnvägs- och tunnelbanestationer?
- Finns det psykiatriska vårdinrättningar i närheten av stationerna?
- Finns det uppenbar risk för förflyttning av självmord till närbelägna oskyddade stationer?
- Finns det uppenbar risk för substitution till andra metoder, t.ex. en närbelägen bro?

I osäkerhetsanalysen rekommenderas att det årliga antalet självmordsincidenter ansätts som en sannolikhetsfördelning som baseras på statistik.

Rekommendationen är att även andelen (χ) ansätts som en sannolikhetsfördelning i osäkerhetsanalysen.

4.5 Diskontering och beslutskriterier

Summan av de beräknade förväntade nyttorna i föregående kapitel (B_B , B_L , B_O och B_S) utgör B_t i ekvation 12 nedan. Den årliga nyttan av effekterna beräknas enskilt för varje år och diskonteras sedan tillbaka till år noll, med hjälp av ekvation 12. Parametern t i ekvationerna 12 och 13 utgör den ekonomiska livslängden för projektet och parametern s diskonteringsräntan. Kostnaderna av projektet ska också beräknas för varje år och diskonteras. Kostnaderna beräknas på liknande sätt som nyttorna, med hjälp av ekvation 13.

$$PV(B) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+s)^t} \quad (\text{Ekv. 12})$$

$$PV(C) = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+s)^t} \quad (\text{Ekv. 13})$$

Diskonteringsberäkningen resulterar i nuvärdet av nyttorna respektive kostnaderna och används för att beräkna nettonuvärdet samt nyttokostnadskvot.

Med stöd av HEATCO (2006) rekommenderas att underlaget till beslutsfattare minst bör bestå av nettonuvärdet och nyttokostnadskvoten.

$$\text{Nettonuvärdet} \quad NNV = PV(B) - PV(C) \quad (\text{Ekv. 14})$$

$$\text{Nyttokostnadskvot} \quad NK = \frac{PV(B)}{PV(C)} \quad (\text{Ekv. 15})$$

Om projektet delvis eller helt finansieras med statliga medel bör även "Ratio of NPV and public sector support" (RNPSS) beräknas

$$\text{RNPSS} \quad RNPSS = \frac{PV(B) - PV(C)}{PV(C)_{\text{statlig}}} \quad (\text{Ekv. 16})$$

4.6 Osäkerhetshantering

Osäkerhetsanalys rekommenderas ske med hjälp av Monte-Carlo simulering. Osäkra indata kan då definieras som fördelningar istället för punktskattningar. Vad som ansätts som fördelningar kan dock variera mellan olika utredningar, beroende på parameterosäkerhet. Det har tidigare i detta kapitel givits rekommendationer på vilka parametrar som bör ansättas som fördelningar. Dessa presenteras nedan och kan ses som ett minimum av parametrar som bör ansättas som fördelningar.

- Diskonteringsränta
- Ekonomisk livslängd
- Sannolikheter i händelseträdet för brand
- Relativ risk (RR) att omkomma, luftkvalitet.
- Antalet olyckor
- Antalet självmordsincidenter
- Andelen förhindrade självmordsincidenter

En lämplig arbetsgång är att ansätta fördelningar på utvalda parametrar och utföra känslighetsanalys med hjälp av Monte-Carlo simulering. Vilka parametrar som påverkar resultatet mest, kan identifieras i känslighetsanalysen och utredningsresurser kan då riktas för att ta fram mer tillförlitlig data inom dessa områden. Parametrar som inte påverkar resultatet i lika stor utsträckning kan ansättas som punktskattningar.

Resultatet av Monte-Carlo simulering kan sedan presenteras som en sannolikhetsfördelning. Detta nyanserar osäkerheten och ger möjlighet att t.ex. se hur stor sannolikheten för ett positivt utfall av kostnads-nyttoanalysen är.

5 Fallstudie - tunnelbanestation

För att visa hur metoden i vägledningen i kapitel 4 tillämpas har en fallstudie utförts. För att kunna ge ett överskådligt exempel har det varit nödvändigt att begränsa fallstudien till att omfatta endast en tunnelbanestation. Fallstudien baseras på tunnelbanestationen Rådmansgatan i Stockholm men stationen i fallstudien ska ses som fiktiv. Fallstudien har endast ett pedagogiskt syfte och demonstrerar hur metoden i vägledningen kan tillämpas. Syftet med fallstudien är därmed inte att utreda om plattformsdörrar är kostnadseffektivt i Stockholms tunnelbana.

5.1 Stationsbeskrivning

Tunnelbanestationen i fallstudien har en mittplattform som är 150 meter lång och 8 meter bred. Takhöjden är 3,3 meter från plattform till tak. I varje ände av plattformen finns en uppgång till en biljetthall. Från båda biljetthallarna finns två utgångar som leder till gatan. I figur 7 visas en del av station Rådmansgatan, som är utgångspunkt till stationen i fallstudien. Geometrin i stationen i fallstudien har förenklats, bland annat genom att plattformen är rak och pelare samt inredning har inte inkluderats.



Figur 7: Tunnelbanestation Rådmansgatan, plattform och spår.

Storleken på biljetthallarna är 16 gånger 20 meter och takhöjden är 2,4 meter. Inredningen och biljettspärar i de båda hallarna har inte inkluderats. Anslutning från plattformen till respektive biljetthall utgörs av en 15 meter lång och 4,2 meter bred trappa. För en mer detaljerad beskrivning av stationens geometri, se bilaga B.

5.2 Förutsättningar

I fallstudien utreds endast ett projekt nämligen att efterinstallera plattformsdörrar på undermarksstationerna i ett tunnelbanesystem. Trots att den ekonomiska utvärderingen i fallstudien endast omfattar en station antas plattformsdörrar installeras på samtliga stationer under mark i systemet.

Monte-Carlo simuleringen i osäkerhetsanalysen utförs i datorprogrammet @Risk som är ett tillägsprogram till kalkylprogrammet Microsoft Excel. I kalkylbladet definieras beräkningsmodeller samt ingående värden som kan bestå av punktskattningar eller sannolikhetsfördelningar. En känslighetsanalys utförs också i @Risk för att åskådliggöra vikten av ingående parametrar med avseende på resultatet (Palisade, 1996).

I enlighet med vägledningen definieras samhället som alla individer i Sverige. Diskonteringsräntan väljs till 4 % vilket är den rekommenderade för Sverige enligt SIKA (2008:3). Diskonteringsräntan är även en parameter som varierar i osäkerhetsanalysen där den utgörs av en likformig fördelning mellan 3 och 5 %. Plattformdörrarnas ekonomiska livslängd antas i denna studie vara 35 år. I osäkerhetsanalysen utförs även beräkningar för livslängderna 30 respektive 40 år.

Tabell 4: Diskonteringsränta och ekonomisk livslängd.

Parameter	Grundvärde	Osäkerhetshantering
Diskonteringsränta	4 %	3-5 % (likformig)
Ekonomisk livslängd	35 år	30 år och 40 år

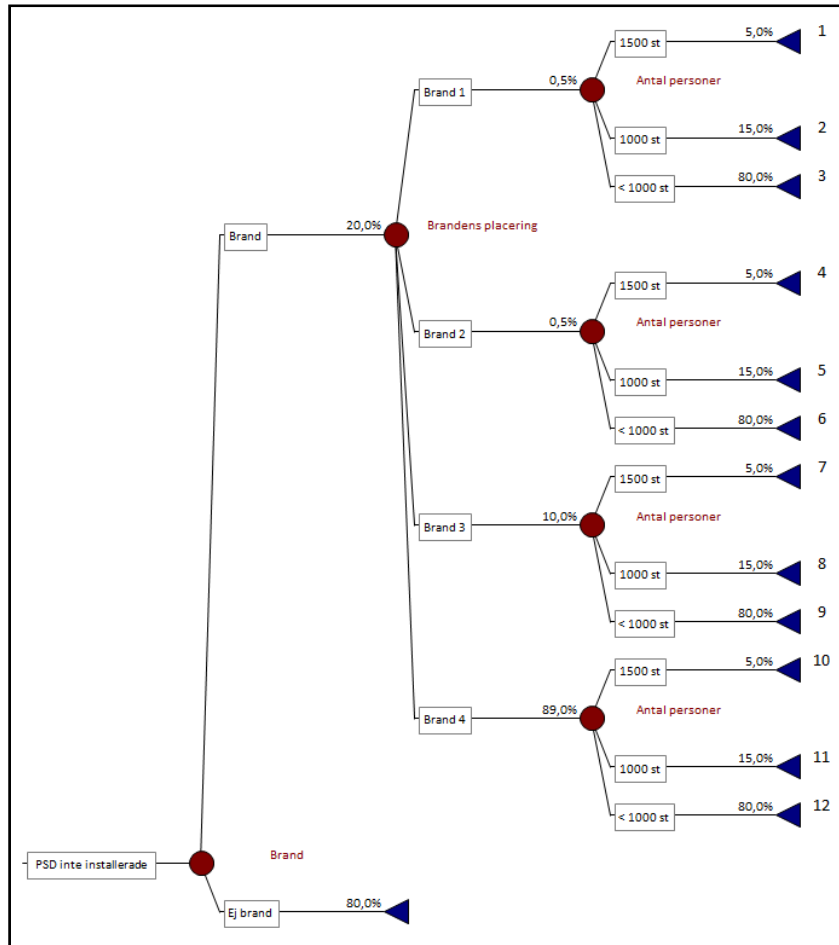
5.3 Identifiering av effekter

Effekterna utgörs av de i vägledningen föreslagna; brand, luftkvalitet, olyckor och självmord. Någon utökad effektidentifiering genom utökad brain-storming i utredningsgrupp har inte utförts i fallstudien. Denna förenkling har gjorts på grund av resursskäl och med hänsyn till att fallstudiens fokus är att demonstrera metoden i vägledningen.

5.4 Kvantifiering av effekter

5.4.1 Brand

Fyra olika brandplatser, det vill säga grundhändelser, har identifierats och valts ut med stöd av rekommendationerna i vägledningen samt studiebesök på station Rådmansgatan i Stockholms tunnelbana. I brandscenarierna har endast antalet personer på plattformen varierats, vilket framgår tillsammans med sannolikheter i händelseträdet för fallet utan plattformsdörrar i figur 8. I bilaga B finns även händelseträdet för fallet med plattformsdörrar.



Figur 8: Händelseträäd brand, utan plattformsdörrar.

För varje scenario 1-12, i händelseträdet, har konsekvensen i form av kostnader för förseningar, egendomsskador och personskador bedömts. Sannolikheterna i händelseträden har uppskattats grovt med hjälp av statistik och kan vara behäftat med osäkerheter. Kostnaden av effekten brand beräknas genom att summera kostnaden för konsekvensen i varje scenario och därefter beräkna förväntad kostnad av brand med hjälp av sannolikheter i händelseträdet. Samma beräkningar har utförts för fallet med plattformsdörrar installerade. Skillnaden mellan förväntad kostnad utan plattformsdörrar och förväntad kostnad med plattformsdörrar installerade, blir nyttan av plattformsdörrar med avseende på brand i kostnads-nyttoanalysen. Nedan redovisas beräkningarna.

Utan plattformsdörrar

Konsekvensen i varje scenario beräknas med ekvation 1.

$$K_B = O_B + F_B + Z_B$$

I brist på statistik av förseningar och egendomsskador har dessa parametrar uppskattats. Nedan följer beskrivning hur uppskattningar gjorts.

Vid en större brand, som i scenario 1-9, kommer tunnelbanelinjen bli mer eller mindre avstängd, varför förseningar uppstår. Innan ersättningstrafik införs kan förseningstiden troligtvis överstiga 1 timma. Beroende på hur effektivt och hur snabbt ersättningstrafiken införs, antas förseningstiden att minska till cirka 1 timma. Förseningstiden (t_B) i scenario 1-9 uppskattas därför till 1 timma, med

hänsyn till att ersättningstrafik kommer införas. Skräpbrand på spåret i scenario 10-12, kommer inte innebära ett större stopp, varför förseningstiden uppskattas till 0,5 timmar.

Bedömningen av antalet personer (X_p) som drabbas av förseningar i scenario 1-6, baseras på att det sker cirka 1,1 miljoner resor med tunnelbanan varje dag (Veolia Transport, 2009). Fördelas resorna jämnt över de tre linjerna i Stockholms tunnelbana, görs det drygt 350 000 resor på den linjen med den drabbade stationen. Antas det därefter att antalet resor på respektive sida om knutpunkten T-centralen (som kan ses som mittstation på linjen) är jämnt fördelade, görs det ungefär 175 000 resor per dygn på den drabbade hälften av linjen. Vid bränder som i scenario 1-6, uppskattas det ta cirka 2 dygn innan linjen kan användas igen. Stationen kommer mest troligt vara stängd under längre tid. Genom ovanstående resonemang uppskattas antalet personer som blir försenade till 350 000. I scenario 7-9 uppskattas linjen kunna användas efter ett dygn, varför 175 000 personer blir försenade. Vid skräpbrand i scenario 10-12 kommer inte linjen vara stängd över lika lång tid, uppskattningsvis 1-3 timmar. Beroende på vilken tid på dygnet detta sker, kommer antalet personer som drabbas av förseningar att variera, varför uppskattning har gjorts separat för scenario 10-12.

I scenario 1-6 kommer minst en tunnelbanevagn att bli förstörd. SL meddelar i ett pressmeddelande att de ska köpa in 80 nya tunnelbanevagnar, vilket motsvarar 2-3 miljarder kronor (Storstockholms Lokaltrafik, 2009). Kostnaden av en vagn bedöms därför vara i storleksordning 30 Mkr. Kostnader av egendomsskador på station och tunnel har uppskattats grovt, delvis med stöd av kostnadsbedömningar i Storstockholms Lokaltrafik (2007).

Kostnader av sanering och reparation av stationen samt tunneldel som drabbas i scenario 1-6 uppskattas till ca 20 Mkr. Branden på plattformen i scenario 7-9 uppskattas till ca 10 Mkr. Skräpbranden i scenario 10-12 bedöms inte medföra några egendomsskador. Uppskattningarna av egendomsskador i fallstudien baserar inte på någon statistik eller liknande och är därför behäftad med mycket osäkerhet. I tabell 5 redovisas ingående kostnader av förseningar och egendomsskador för varje scenario. Tidsvärdet av förseningstid (V_p) som har använts är 127 kr/person och timma (SIKA, 2008:3).

Tabell 5: Kostnader av förseningar och egendomsskador, utan plattformsdörrar.

Scenario	1-3	4-6	7-9	10	11	12
Förseningstid (t_B) [timmar]	1	1	1	0,5	0,5	0,5
Antal drabbade (X_B) [personer]	350000	350000	175000	30000	20000	1000
Förseningskost. (F_B)* [Mkr]	44,5	44,5	22,2	1,9	1,3	0,06
Egendomskost. (Z_B) [Mkr]	50	50	10	0	0	0

* Beräknas genom ekvation 2, $F_B = t_B \cdot V_B \cdot X_B$

Personskador har beräknats genom brandsimulering i fältmodellen FDS 5 och utrymningssimulering i programmet Simulex. Utförligare information om dessa beräkningar återfinns i bilaga B. Kostnaderna av personskador redovisas i tabell 6. Kostnaden av antalet omkomna beräknas med ett VSL på 22,3 Mkr (SIKA, 2008:3).

Tabell 6: Kostnad av personskador, utan plattformsdörrar.

Scenario	Antal omkomna	Kostnad av personskador (O_B) [Mkr]
1	350	7805
2	0	0
3	0	0
4	500	11150
5	60	1338
6-12	0	0

Förväntat kostnad av brand (utan plattformsdörrar) beräknas för händelseträdet i

figur 8 med hjälp av ekvationerna 3 och 4.

$$E(\text{Kostnad}_{\text{Brand}})_{\text{Utan PSD}} = 2,04 \text{ Mkr/år.}$$

Med plattformsdörrar installerade

Förväntad kostnad av effekten brand med plattformsdörrar installerade beräknas med samma metod som fallet utan plattformsdörrar installerade. Sannolikheterna i händelseträdet förändras, mest på grund av att antalet skräpbränder på spåret minskar eftersom plattformsdörrarna bidrar till mindre skräp på spåren. Händelseträdet återfinns i bilaga B.

Förseningstiden (t_B) för alla scenarier bygger på samma resonemang som utan plattformsdörrar och uppskattas därför med samma siffror, se tabell 7. I scenario 1-6 kommer plattformsdörrarna delvis begränsa brandgaserna och uppskattningsvis kan tunnelbanetraffiken komma igång något snabbare än om det inte skulle finnas några plattformsdörrar. Därför uppskattas antalet drabbade personer till 250 000. I scenario 7-9 kan det tänkas att skadorna av branden i huvudsak begränsas till plattformen och plattformsdörrarna. Linjen

uppskattas därför inte vara avstängd lika länge som om inga plattformsdörrar skulle vara installerade. Därför uppskattas antalet drabbade till 100 000 personer. I scenario 10-12 bedöms inte plattformsdörrarna påverka avbrottet i trafiken nämnvärt, vilket betyder att antalet personer som drabbas av förseningar inte skiljer sig från scenario 10-12 utan plattformsdörrar installerade.

Kostnader för egendomsskador för scenario 1-6 antas till 60 Mkr, där 30 Mkr är kostnad för en tunnelbanevagn, 20 Mkr avser kostnad för plattformsdörrarna och 10 Mkr utgör övriga kostnader för sanering och reparation av tunnel och station. För scenario 7-9 antas skador på plattformsdörrar motsvara 10 Mkr och övrig reparation samt sanering av station antas motsvara 10 Mkr. Scenario 10-12 medför inga egendomsskador. Ingående kostnader av förseningar och egendomsskador för varje scenario med plattformsdörrar installerade redovisas i tabell 7. Uppskattningarna av egendomsskador i fallstudien baserar inte på någon statistik eller liknande och är därför behäftad med mycket osäkerhet. De bedömda kostnaderna av plattformsdörrarna ovan, stöder sig på Storstockholms Lokaltrafik (2007). Tidsvärdet av förseningstid (V_B) som har använts är 127 kr/person och timma (SIKA, 2008:3).

Tabell 7: Kostnader av förseningar och egendomsskador, med plattformsdörrar installerade.

Scenario	1-3	4-6	7-9	10	11	12
Förseningstid (t_B) [timmar]	1	1	1	0,5	0,5	0,5
Antal drabbade (X_B) [personer]	250000	250000	100000	30000	20000	1000
Förseningskost. (F_B) [Mkr]	31,8	31,8	12,7	1,9	1,3	0,06
Egendomskost. (Z_B) [Mkr]	60	60	20	0	0	0

Personskador har beräknats genom brandsimulering i fältmodellen FDS 5 och utrymningssimulering i programmet Simulex. Utförligare information om dessa beräkningar återfinns i bilaga B. Kostnaderna av personskador redovisas i tabell 8. Kostnaden av antalet omkomna beräknas med ett VSL på 22,3 Mkr (SIKA, 2008:3).

Tabell 8: Kostnad av personskador, med plattformsdörrar installerade.

Scenario	Antal omkomna	Kostnad av personskador (O_B) [Mkr]
1	90	2007
2	0	0
3	0	0
4	50	1115
5	0	0
6-12	0	0

Förväntad kostnad av brand med plattformsdörrar installerade beräknas genom

$$E(\text{Kostnad}_{\text{Brand}})_{\text{Med PSD}} = 0,95 \text{ Mkr/år.}$$

Resultat

Den årliga förväntade nyttan av plattformsdörrar med avseende på effekten brand (B_B), uttrycks som skillnaden mellan förväntad kostnad av brand, utan respektive med plattformsdörrar. Beräknas med ekvation 5.

$$B_B = E(Kostnad_{Brand})_{Utan PSD} - E(Kostnad_{Brand})_{Med PSD}$$

$$B_B = 2,04 - 0,95 = 1,09 \text{ Mkr/år.}$$

Den årliga sannolikheten för brand varierar i osäkerhetsanalysen, se händelseträden i bilaga B. Sannolikheten för brand utan plattformsdörrar utgörs av en likformig fördelning (0,15-0,25) och sannolikheten för brand med plattformsdörrar installerade utgörs av en likformig fördelning (0,045-0,075). Omfattningarna av variationerna utgörs av en förändring av respektive sannolikhet $\pm 25\%$.

5.4.2 Luftkvalitet

Enligt metoden redovisad i kapitel 4.4.2 kan den årliga nyttan av plattformsdörrar med avseende på luftkvalitet beräknas med ekvation 8.

$$B_L = (C_{pf \rightarrow Utan PSD} - C_{pf \rightarrow Med PSD}) \cdot X \cdot \frac{t_e}{60 \cdot 24} \cdot \frac{RR - 1}{10} \cdot I_{o \text{ exp}} \cdot VSL$$

Wisell (2002) har utfört partikelmätningar på tunnelbanestationen Rådmanngatan i Stockholm. Medelkoncentrationen av PM_{10} under den huvudsakliga exponeringstiden (kl. 06-21) har uppmätts till omkring $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bedömning av medelkoncentrationen av PM_{10} efter att plattformsdörrar installerats baseras på att ventilation på stationen är installerad, frånluft i tunnlar och tilluft på plattform. De ventilationsflödesberäkningar i Storstockholms Lokaltrafik (2007) baseras på ett dimensioneringsmål på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket är dygnsmedelvärdeskrav i Sverige, se kapitel 2.4.3. Med hänsyn till att plattformsdörrar generellt har relativt stora läckageytor, kan dimensioneringsmålet på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vara svårt att nå. Därför antas partikelkoncentrationen under den huvudsakliga exponeringstiden minska till $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ efter att plattformsdörrar har installerats.

Antalet personer som exponeras på plattformen varje dag (X) uppskattas till cirka 15 000. Denna uppskattning stöder sig på statistik över resenärer på station Rådmanngatan (Storstockholms Lokaltrafik, 2008). Trafikflödet av tunnelbanetåg i rusningstrafik är relativt stort och skiljer sig mot trafikflöden vid andra tidintervall. I rusningstrafik kan avgångar ske så tätt som var annan minut vilket skiljer sig mot avgångar varje halvtimme. Detta gör att väntetiden för olika passagerare varierar vid olika tider på dygnet, men de flesta resenärer förväntas åka i rusningstrafik på morgon eller på eftermiddag. Medelväntetiden varje dag (t_e) uppskattas därför till 5 minuter.

Den relativa mortalitetsrisken (RR) av Künzli et al. (2000) rekommenderas i vägledningen i kapitel 4.4.2. Incidensen hos oexponerade ($I_{o \text{ exp}}$), det vill säga antalet människor som dör av andra orsaker än olyckor, är 870 per 100 000 invånare för Stockholms län 2006 (Socialstyrelsen, 2009). Incidensen innefattar

inte åldersgruppen 0-9 år. Ett värde på 22,3 Mkr används som VSL (SIKA, 2008:3). Ingående värden presenteras i tabell 9.

Tabell 9: Ingående värden i beräkningar.

Parametrar	Värde
$C_{pf \rightarrow Utan PSD}$	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$C_{pf \rightarrow Med PSD}$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
X	15000 personer/dag
t_e	5 min
RR	1,043 (1,026-1,061) (PM_{10})
I_{oexp}	0,0087
VSL	22,3 Mkr

Resultat

Används ingående värden från tabell 9 kan nyttan beräknas till 0,39 personer per år vilket motsvarar kostnaden 8,69 Mkr/år.

$$B_L = 8,69 \text{ Mkr/år}$$

I osäkerhetsanalysen ansätts den relativa risken (RR) som en normalfördelning med det 95 % konfidensintervallet 1,043 (1,026-1,061) vilket motsvarar en standardavvikelse på 0,009. Koncentrationen av PM_{10} på plattform efter att plattformsdörrar är installerade, $C_{pf,Med PSD}$, ansätts som en likformig fördelning mellan 50 och 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i osäkerhetsanalysen.

5.4.3 Olyckor

Antalet olyckor har uppskattats med hjälp av statistik från SIKA (2004) och SIKA (2008). Statistiken omfattar olyckor med dödsfall och allvarligt skadade i Stockholms tunnelbana, 1999-2007. Alla dessa olyckor antas i beräkningarna kunna förhindras med hjälp av plattformsdörrar. Statistik över lindrigt skadade har inte varit tillgängligt varför det inte ingår i beräkningarna i fallstudien.

Tabell 10: Olycksstatistik, Stockholms tunnelbana.

År	Allvarligt skadade	Omkomna	Totalt antal olyckor
1999	6	0	6
2000	6	4	10
2001	3	0	3
2002	5	3	8
2003	0	5	5
2004	3	2	5
2005	2	1	3
2006	2	1	3
2007	3	0	3
Medel	3,33	1,78	5,11
Medel/100	0,033	0,018	0,051

Personskador

I brist på stationsspecifik statistik, används statistik som gäller hela Stockholms tunnelbana. I kostnads-nyttoanalysen används medelvärdena för antalet olyckor i tabell 10 dividerat med antalet stationer i Stockholms tunnelbana, det vill säga 100 stycken. Antalet omkomna multipliceras med VSL på 22,3 Mkr, som kommer från de svenska rekommendationerna (SIKA, 2008:3). Antalet allvarligt skadade multipliceras med motsvarande värde från SIKA, vilket är 4,15 Mkr.

Förseningar

Kostnader av förseningar beräknas med ekvation 10. Vid en olycka på spår bedöms inte trafiken stå still en längre tid och endast den stationen som olyckan inträffar på kommer att stängas av. Varje olycka antas därför generera medelförseningstiden 0,5 timmar per försenad resenär. Beroende på vilken tid på dygnet olyckan inträffar kommer antalet personer som blir försenade att variera. Tiden som trafiken blir påverkad är i samma storleksordning med trafikstoppet i brandscenariot med skräpbrand i kapitel 5.4.1 där antalet personer som blir försenade varierar mellan 30 000 och 1000. Antalet personer som blir försenade på grund av olyckor uppskattas därför till 15 000 stycken. Tidsvärde för förseningstid är 127 kr/person och timma (SIKA 2008:3). Detta ger en förseningskostnad på 1,9 Mkr för varje olycka.

Socialt omhändertagande

Kostnaden för omhändertagande av förare har i brist på information uppskattats till 0,2 Mkr per olycka. Det grundar sig på antagandet att föraren blir i medel sjukskriven 4 månader. Arbetsgivarutgifter uppskattas till cirka 150 000 kr för dessa 4 månader och övriga 50 000 kr är exempelvis kostnader för psykologiskt stöd och kostnader för utbildning av ny förare. Antagna värden ovan är helt och hållet uppskattat och kan därför inte på något sätt ses som något riktvärde.

Resultat

Den årliga nyttan av plattformsdörrar med avseende på olyckor beräknas genom ekvation 9 nedan.

$$B_o = (O_o + F_o + S_o)_{\text{Utan PSD}} - (O_o + F_o + S_o)_{\text{Med PSD}}$$

$$B_o = 0,53 + 0,05 + 0,01 - 0 = 0,59 \text{ Mkr/år}$$

Eftersom kostnaderna av olyckorna utan plattformsdörrar endast avser olyckskostnader kopplade till påkörning av tåg samt fall ner på spår blir olyckskostnaderna med plattformsdörrar noll kr.

Antalet olyckor per år varierar i osäkerhetsanalysen. Med stöd av statistiken har fördelningar tagits fram med hjälp av programmet @Risk. Poissonfördelning har valts med medelvärdet 0,033 för allvarligt skadade och medelvärdet 0,018 för omkomna.

5.4.4 Självmord

Nyttan av plattformsdörrar med avseende på minskat antal självmord beräknas på ungefär samma sätt som för olyckor i föregående kapitel. Skillnaden från nyttoberäkning av olyckor är att endast en andel (χ) av självmorden förhindras. Denna andel antas för stationen i fallstudien vara 0,3, det vill säga att 30 % av självmorden förhindras. Värdet är antaget och baseras inte på några undersökningar, det kan därför inte på något sätt ses som något riktvärde.

Antalet självmordsincidenter har uppskattats med hjälp av självmordsstatistik från Stockholms tunnelbana i tabell 11 (SIKA, 2004; SIKA, 2008).

Tabell 11: Självmordsstatistik, Stockholms tunnelbana.

År	Allvarligt skadade	Omkomna	Totalt antal självmordsincidenter
1999	1	14	15
2000	3	7	10
2001	6	5	11
2002	4	9	13
2003	1	5	6
2004	6	10	16
2005	4	3	9
2006	3	6	9
2007	2	7	9
Medel	3,33	7,33	10,67
Medel/100	0,033	0,073	0,107

På samma sätt som för effekten olyckor, fördelas respektive medelvärde av självmordsincidenterna över 100 stationer. Medeltalen av självmordsincidenter per station i tabell 11, används för att beräkna kostanden av effekten självmord. VSL på 22,3 Mkr används för omkomna och för allvarligt skadade används beloppet 4,15 Mkr (SIKA 2008:3). Kostnaderna av försening uppgår till 1,3 Mkr per självmordsincident, precis som för olyckor. Även socialt omhändertagande har samma belopp som för olyckor, 0,2 Mkr.

Resultat

Den årliga nyttan av plattformsdörrar med avseende på självmord beräknas genom ekvation 11 nedan

$$B_S = (\chi O_S + F_S + S_S)_{\text{utan PSD}}$$

$$B_S = 0,3 \cdot 1,77 + 0,1 + 0,02 = 0,65 \text{ Mkr/år}$$

Antalet självmordsincidenter per år varierar i osäkerhetsanalysen. Med statistiken i tabell 11 som underlag har sannolikhetsfördelningar tagits fram med hjälp av programmet @Risk. Poissonfördelning har valts med medelvärdet 0,033 för allvarligt skadade och medelvärdet 0,073 för omkomna. Fördelningarna stämmer troligtvis bra för de närmaste åren men osäkerheten ökar för varje kalkylår på grund av den osäkerheten som finns om framtiden (state of the world). I osäkerhetsanalysen varierar även andelen (χ) genom en liksidig fördelning från 0,2 till 0,4.

5.5 Kostnader plattformsdörrar

Vägledningen omfattar inte kostnadsuppskattning av plattformsdörrar, kostnaderna av plattformsdörrar baseras i fallstudien därför på en utredning som SL utfört (Storstockholms Lokaltrafik, 2007). Det årliga underhållet av plattformsdörrar är uppskattat av författarna till denna rapport. Denna kostnadspost utgörs t.ex. av renhållning och klottersanering. Kostnaderna som redovisas i tabell 12 inkluderas i kostnads-nyttoanalysen.

Tabell 12: Kostnader plattformsdörrar.

Kostnadspost	Kostnad, punktskattning	Fördelning i osäkerhetsanalys
Plattformsväggar och dörrar	22,83 Mkr	Triangelfördelat (10,7; 23,1; 34,7)
Skyltar och belysning mm.	5,67 Mkr	Triangelfördelat (3; 6; 8)
Glasetstning	0,27 Mkr	Triangelfördelat (0,1; 0,2; 0,5)
Förberedelser, station	7,33 Mkr	Triangelfördelat (2; 5; 15)
Ventilation	1,43 Mkr	Triangelfördelat (1; 1,1; 2,2)
El, tele, ny utrustning	0,50 Mkr	Triangelfördelat (0; 0,5; 1)
Årligt underhåll	0,30 Mkr	Triangelfördelat (0,1; 0,3; 0,5)
Efter 15 år	0,40 Mkr	Triangelfördelat (0,2; 0,4; 0,6)
Summa investeringskostnad	38,33 Mkr	

SL påpekar att kostnadsuppskattning i deras utredning ger en grov bild av de kostnader som plattformsdörrar skulle medföra (Storstockholms Lokaltrafik, 2007). I osäkerhetsanalysen ansåts därför alla kostnader som fördelningar, vilka kan ses i tabell 12.

5.6 Resultat

Med hjälp av ingående värden i tabell 12 och tabell 13 kan kostnader och nyttor jämföras.

Tabell 13: Ingående parametervärden till kostnads-nyttoanalys, statistisk.

Parameter	Värde
Diskonteringsränta	4 %
Ekonomisk livslängd	35 år
Årlig nytta av effekten Brand	1,09 Mkr
Årlig nytta av effekten Luftkvalitet	8,69 Mkr
Årlig nytta av effekten Olyckor	0,59 Mkr
Årlig nytta av effekten Själv mord	0,65 Mkr
Summa nyttor	11,02 Mkr

Nuvärdesnytta och nuvärdeskostnad beräknas med hjälp av ekvationerna 12 respektive 13.

$$PV(B) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+s)^t}; \quad PV(C) = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+s)^t}$$

Resultatet av nuvärdet av nyttorna (PV(B)) respektive kostnaderna (PV(C)) är

$$PV(B) = 216,9 \text{ Mkr}$$

$$PV(C) = 44,7 \text{ Mkr}$$

Med hjälp av nuvärdena beräknas sedan beslutskriterierna nettonuvärde (NNV) och nyttokostnadskvot (NK) med hjälp av ekvationerna 14 och 15.

$$NNV = PV(B) - PV(C) = 172,2 \text{ Mkr}; \quad NK = \frac{PV(B)}{PV(C)} = 4,9$$

5.7 Osäkerhetshantering

5.7.1 Osäkerhetsanalys

Följande har ingått som fördelningar i osäkerhetsanalysen som utförts genom Monte-Carlo simulering. Datorprogrammet @Risk används för simuleringen.

Tabell 14: Indata till osäkerhetsanalys.

Indata	Punktskattning	Fördelning
Diskonteringsränta	0,04	Likformig (0,03;0,05)
Sannolikhet brand, utan plattformsdörrar	0,20	Likformig (0,15;0,25)
Sannolikhet brand, med plattformsdörrar	0,06	Likformig (0,045;0,075)
Relativ risk, luftkvalitet	1,10	Normal (1,1;0,03825)
Koncentrationen av partiklar på plattform med plattformsdörrar installerade	100	Likformig (50;150)
Alvarligt skadade, olyckor	3,33	Poisson (3,33)
Omkomna, olyckor	1,78	Poisson (1,78)
Allvarligt skadade, självmordsincidenter	3,33	Poisson (3,33)
Omkomna, självmordsincidenter	7,33	Poisson (7,33)
Andelen förhindrade självmordsincidenter	0,30	Likformig (0,20;0,40)

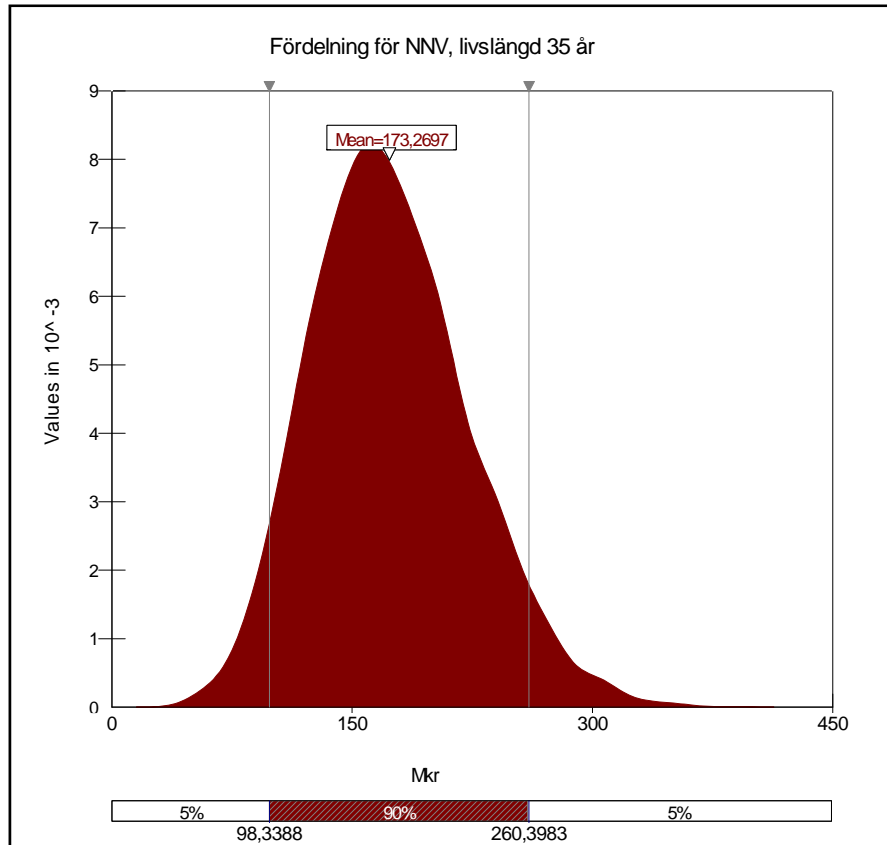
Sannolikheterna för brand (utan respektive med plattformsdörrar), olyckor och självmord simuleras årsvis, så att t.ex. antalet olyckor varje år är oberoende av varandra.

För att variera ekonomisk livslängd har tre separata beräkningar gjorts på 30, 35 respektive 40 år. Resultatet av Monte-Carlo simuleringen för den ekonomisk livslängd 35 år, kan ses i figur 9 och figur 10.

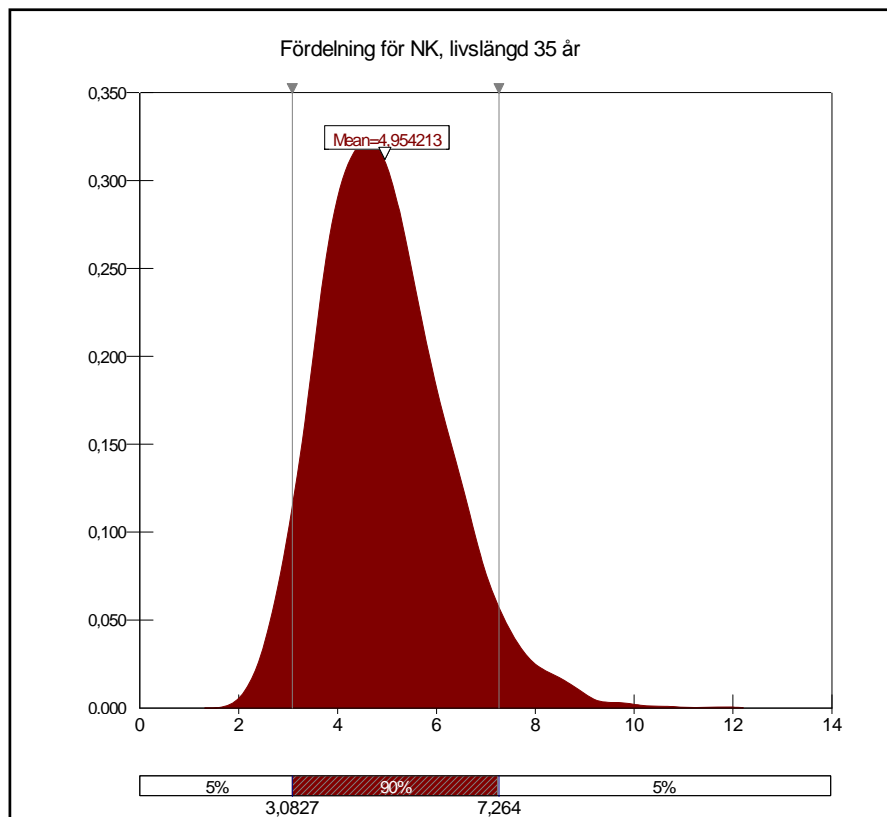
Simulering av nettonuvärdet (NNV) i figur 10 resulterade i ett medelvärde på 173,3 Mkr och ett 90 % konfidensintervall [98,3; 260,4] Mkr. Detta innebär att det troligaste värdet enligt simuleringen är 173,3 Mkr och att NNV med 90 % sannolikhet ligger inom intervallet 98,3 Mkr till 260,4 Mkr.

Simulering av nyttokostnadskvoten (NK) i figur 10 resulterade i ett medelvärde på 5 och ett 90 % konfidensintervall [3,1; 7,3]. Detta innebär att det troligaste värdet enligt simuleringen är 5, det vill säga att nyttan är fem gånger större än kostnaden. Simuleringen visar också att NK med 90 % sannolikhet ligger inom intervallet 3,1 Mkr till 7,3.

Medelvärdet för NNV med livslängden 30 år, blev 158,4 Mkr och för 40 år 185,5 Mkr. Det 90 % konfidensintervallet har ungefär samma spridning som resultatet för livslängden 35 år. Simuleringsresultaten för livslängderna 30 respektive 40 år återfinns i bilaga C.



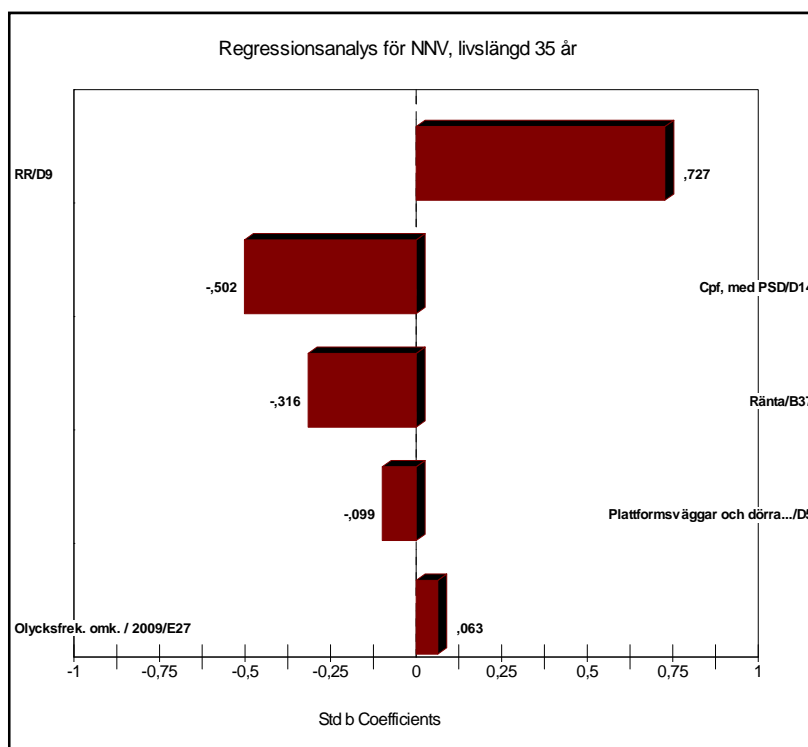
Figur 9: Resultat av Monte-Carlo simulering, nettonuvärde, ekonomisk livslängd 35 år.



Figur 10: Resultat av Monte-Carlo simulering, nyttokostnadskvot, ekonomisk livslängd 35 år.

5.7.2 Känslighetsanalys

I figur 11 redovisas de 5 indata som påverkar resultatet i kostnads-nyttoanalysen mest. Regressionsanalys har utförts eftersom R^2 var högt (0,96) vilket tyder på linjära samband. Den variabel som påverkar resultatet mest är den relativa mortalitetsrisken i samband med partiklar (RR). De resterande 4 indata (i ordningsföljd) är koncentrationen av partiklar på plattform med plattformsdörrar installerade ($C_{pf,Med PSD}$), diskonteringsräntan, kostnaden av plattformsväggar och dörrar och olycksfrekvensen för omkomna år 2009.



Figur 11: Regressionsanalys, nettonuvärde, ekonomisk livslängd 35 år.

5.8 Slutsats fallstudie

Resultatet av fallstudien visar att det utvärderade projektet med plattformsdörrar är klart samhällsekonomiskt lönsamt. Nyttokostnadskvoten (NK) visar att nyttan är 5 gånger större än kostnaderna. Monte-Carlo simuleringarna visade en relativt stor osäkerhet i resultatet. Alla utfall av simuleringarna hade positivt resultat, men spridningen från 5 % percentilen (98 Mkr) och 95 % percentilen (260 Mkr) uppgår till drygt 160 Mkr, vid livslängd 35 år.

Resultatet visade att effekten luftkvalitet har stor andel i beräkningarna, se nyttornas storleksordning i tabell 13. Känslighetsanalysen visade också att det är indata till modellen för luftkvalitet som påverkar resultatet mest. De två variablerna som definierats som fördelningar (RR och C_{fp}) är de som påverkar resultatet i störst utsträckning. Även diskonteringsräntan påverkade resultatet i relativt stor utsträckning. Om osäkerheterna i dessa indata kan minskas, kommer också spridningen i resultatet att minska. I diskussionen i kapitel 6 kommer osäkerhet i koppling till fallstudien behandlas ytterligare.

6 Diskussion och slutsats

En kunskapssammanställning om områden kring plattformsdörrar har gjorts i form av en litteraturstudie. Litteraturstudien har utgjort en grundsten för det vidare arbetet och utgör en grundläggande kunskapsbank för personer som ska arbeta i projekt med plattformsdörrar. Effekter av plattformsdörrar har identifierats genom litteraturstudien och en undersökning. De effekter som har identifierats ger en god inblick till hur plattformsdörrar kan påverka järnvägs- och tunnelbanesystem. Resultatet av effektidentifieringen kan därför användas som ett bra stöd i olika projekt med plattformsdörrar. Slutligen har en vägledning till kostnads-nyttoanalys av plattformsdörrar tagits fram. Denna vägledning möjliggör en samhällsekonomisk utvärdering av plattformsdörrar vilket i sin tur i ett större perspektiv kan leda till ökad välfärd.

Ovanstående stycke beskriver det samlade resultatet av detta arbete. Nedan diskuteras de olika resultaten i koppling till osäkerhet, validitet och reliabilitet.

I arbetet med litteraturstudien visade det sig att forskning kring plattformsdörrar som utgångspunkt var sällsynt. Det förekom däremot mycket forskning inom områden där plattformsdörrar kan ha preventiva effekter, t.ex. brand- och självmordsförebyggande. Litteraturstudien har därför kommit att behandla områden som plattformsdörrar påverkar i större utsträckning än vad tanken var vid arbetets start. Detta har varit en fördel i det vidare arbetet med effektkvantifiering eftersom effekter av plattformsdörrar har kunnat undersökas mer grundligt. En nackdel kan vara att litteraturstudien genom detta saknar ingående detaljinformation om plattformsdörrar.

Omfattning av varje delområde i litteraturstudien har inte styrts av relevans, utan av hur mycket litteratur som hittats inom områdena. Exempelvis är inte kapitlet om energibesparingar i litteraturstudien kortfattat på grund av att det saknar betydelse. Det beror på att det inte har hittats så mycket forskning om energibesparing i koppling till plattformsdörrar.

Litteraturstudien bör inte ses som komplett eller heltäckande för området kring plattformsdörrar. Den främsta anledningen till detta är att det inte är säkert att all relevant litteratur har hittats genom litteratursökningarna. Det kan i sin tur bero på att författarna har liknande utbildningsbakgrund och att detta har påverkat litteratursökningen. Litteraturstudien har utgjort en grundsten för det vidare arbetet och kan fungera som en grundläggande kunskapsbank för personer som ska arbeta i projekt med plattformsdörrar.

Identifieringen av plattformsdörrars effekter utfördes genom litteraturstudien samt genom en undersökning. I undersökningen identifierades inga nya effektområden men däremot mottogs många förslag med olika synsätt inom de olika effektområdena. Undersökningen bekräftade och stärkte de effekter som hittats i litteraturstudien, men det är inte säkert att alla effekter har identifierats. Utgångspunkten i undersökningen var att försöka rikta utskicken till personer med olika befattningar inom olika kompetensområden. Trots detta fanns några grupper överrepresenterade bland mottagarna som t.ex. brandingenjörer eller personer med annan teknisk bakgrund. Även svarsfrekvensen från brandingenjörer var hög, vilket kan ha påverkats av författarnas studiebakgrund. På grund av detta kan förslagen av möjliga effekter varit likartade. Det går inte

att utesluta att nya effekter identifierats om spridning bland kompetensområdena varit större eller om undersökningen skickats till fler mottagare.

Ett möjligt sätt att identifiera effekter är att ta del av erfarenheter från aktörer som har plattformsdörrar installerade, speciellt de aktörer som efterinstallerat plattformsdörrar i sitt tunnelbanesystem. Det visade sig dock i arbetet att det var svårt att få kontakt med dessa aktörer, bland annat på grund av att de flesta finns i Asien. Det upplevdes också svårt att få ta del av information i de fall kontakt med aktörerna var möjlig. Det bästa hade varit att få ta del av en utredning som behandlar plattformsdörrarnas påverkat på ett system där dörrarna efterinstallerats, men något sådant material har inte påträffats. Genom kontakt med Londons tunnelbana erhöles kortfattad information om en kostnads-nyttoanalys, vilket var till viss hjälp. Det är möjligt att aktörer inom järnvägs- och tunnelbanebranschen innehar mer kunskap om plattformsdörrars effekter och kvantifiering av dessa, än vad som kunnat redovisas i detta arbete.

Till vägledningen valdes de fyra viktigaste effekterna av plattformsdörrar ut för att kvantifieras. Valet gjordes eftersom det dels bedömdes vara orimligt att inom detta arbete hinna studera och kvantifiera alla de möjliga effekter som identifierats. Valet påverkades också av antagandet att några effekter har större betydelse än andra i en kostnads-nyttoanalys. Effekterna valdes med följande motivering; de kan identifieras i de flesta system, har potential att skada många människor och de kan påverka många människor. Urvalet vilar inte på några kvantifierade grunder utan har skett genom bedömning utifrån den kunskap som inhämtats genom litteraturstudien. Urvalet kan därmed omedvetet ha påverkats av författarnas bakgrund och intressen. Det går inte att bortse från att urvalet kan ha sett annorlunda ut om författarnas kompetens varit bredare eller haft tyngdpunkt inom annat område. Valet kan också ha påverkats av hur mycket litteratur som hittats inom varje effekt genom litteratursökningarna. Dessa tankar fanns dock med när urvalet gjordes.

De modeller för effektkvantifiering som rekommenderas i vägledningen är utformade genom förenklingar och antaganden. Resultaten av modellerna kommer därför inte heller att vara exakta. Hur validiteten är hos respektive modell finns det ingen större uppfattning om eftersom inga sådana granskningar gjorts inom arbetet.

Tanken med modellen för att kvantifiera effekten brand (brandmodellen) är att sammanväga risken för olika bränder genom händelseträäd och på så sätt kunna beräkna den förväntade årliga kostnadsförändringen till följd av plattformsdörrar. Det ingår dock många svåra moment i arbetet med brandmodellen; händelseträäd med skälig omfattning ska skapas, sannolikheter ska ansättas, brand- och utrymningssimulering ska utföras. Detta är ett arbete som dels kräver mycket sakkunskap och dels kräver mycket resurser. Med så många arbetsmoment som i sig genererar många bedömningar och val är det befogat att ifrågasätta metodens reliabilitet. Viss osäkerhet kan förvisso behandlas inom osäkerhetsanalysen, främst genom att sannolikheter varieras, detta kan eventuellt kompensera för brandmodellens osäkra validitet men inte för brister i reliabiliteten. Något som kan påverka reliabiliteten positivt är om indata i brandmodellen har hög giltighet, men det kräver i sin tur mer utredningsresurser.

Även i kvantifieringen av effekten luftkvalitet behandlas modellosäkerheten till viss del, genom att den relativa risken (RR) varieras i osäkerhetsanalysen. Den stora förenklingen som gjorts, att exponeringstiden linjärt skalats mot förhöjd koncentration, innebär att den relativa risken som används kanske inte är giltig. Det innebär också att variationen av den relativa risken som rekommenderas till känslighetsanalysen kanske inte är tillräcklig för att modellosäkerheten ska kunna hanteras. På grund av de stora förenkningarna som finns i modellen är det osäkert huruvida den speglar verkligheten. Det är viktigt att påpeka i sammanhanget att kunskapsläget kring luftkvalitet och partiklar, speciellt i anläggningar liknande tunnelbanor är långt ifrån utforskat. Modellen som rekommenderas i vägledningen måste därför ses för vad den är; en förenklad modell med ovisst validitet.

Effektkvantifieringen av effekten olyckor bygger på antagandet att alla olyckor som sker genom att personer faller ner på spår och blir påkörda av tåg inte inträffar då plattformsdörrar installeras. Något som bör beaktas är att olyckor som t.ex. att bli klämd i dörrarna, kan öka i frekvens efter att plattformsdörrar installerats vilket måste tas med i beräkningarna. Kan kostnaden av antalet olyckor som kommer att inträffa om plattformsdörrar inte finns installerade skattas med bra noggrannhet, bedöms modellen ha relativt bra validitet. Reliabiliteten styrs helt av skattningen av antalet förväntade olyckor.

Till skillnad från olyckor medför effekten självmord ytterligare en osäkerhet. En del av självmorden som inte utförs i tunnelbanesystemet kommer att begås på annan plats genom annan metod. Hur stor andel av självmordsincidenterna som förebyggs (γ) är svårt att uppskatta, vilket kan medföra att stor variation måste ansättas i osäkerhetsanalysen. Det finns ingen direkt metod för att bedöma andelen självmordsincidenter som förebyggs, vilket ställer krav på kompetensen i utredningsgruppen. Reliabiliteten påverkas ytterligare, jämfört med effekten olyckor, på grund av skattningen av (γ).

Summan av de fyra kvantifierade effekterna utgör nyttan av plattformsdörrar i vägledningen. På grund av att reliabilitet och validitet i de ingående delmodellerna är tvivelaktiga, kommer även den beräknade nyttan att vara osäker. Osäkerhetsanalysen med Monte-Carlo simulering syftar till att nyansera osäkerheten i resultatet. I vägledningen finns rekommendation om vilka indata som bör variera i osäkerhetsanalysen. Trots denna rekommendation går det inte med säkerhet säga att sanningen finns inom den fördelning som Monte-Carlo simuleringen resulterar i. Till största del beror detta på de osäkerheter som finns i delmodellerna. Naturligtvis kan fler indata i osäkerhetsanalysen ansättas som fördelningar och befintliga fördelningar kan breddas. Detta betyder också större spridning i resultatets fördelning i analysen, vilket kan leda till sämre beslutsunderlag. Det finns osäkerheter i vägledningen som därmed ger vissa begränsningar av användningen. Beskrivningen av dessa kan ge intrycket av att vägledningen är oanvändbar, vilket inte är fallet. Vägledningen är utan tvekan användbar, men bör ses som en första ansats till att kvantifiera plattformsdörrars effekter och därmed möjliggöra en samhällsekonomisk utvärdering.

Fallstudien i arbetet utfördes enbart i pedagogiskt syfte och inte för att utreda någon specifik station eller system. Den syftar heller inte till att utvärdera giltigheten av modellen i vägledningen. Arbetet med fallstudien gav upphov till ändringar i vägledningen, t.ex. förtydligande av instruktioner. Det gav också en

inblick i hur det är att arbeta med vägledningen och vilka bedömningar som måste göras av utredningsgruppen. Bedömningar som måste göras är t.ex. indata till brand- och utrymningssimuleringar, värdet av ett statistiskt liv (VSL), andelen (χ) självmordsincidenter som förebyggs och hur antalet årliga olyckor ska simuleras i osäkerhetsanalysen. Fallstudien gav även en uppfattning om hur mycket relativt arbete som krävs för att kvantifiera de olika effekterna av plattformsdörrar. Den effektkvantifiering som krävde mest resurser var brand, vilket beror på att kvantifieringen innehåller flera svåra moment som nämnts tidigare. Något som kan upplevas speciellt svårt är bedömningen av sannolikheter för ovanliga brandhändelser samt hur många personer som omkommer till följd av brand vid jämförelse mellan utrymnings- och brandsimulering.

Fallstudien har inte den detaljnivå som skulle krävas i en riktig utredning av ett projekt med plattformsdörrar. Ett exempel är antalet personer som drabbas av försening. Denna parameter vilar inte på någon statistik utan är enbart bestämd genom bedömning. Vägledningen rekommenderar att så osäkra indata ansätts som fördelningar i osäkerhetsanalysen. I fallstudien har inte detta gjorts eftersom i stort sett alla indata då skulle behöva ansättas som fördelningar, vilket i sin tur förlorar en del av den förevisande rollen som fallstudien har. Med andra ord kan indata som inte ansätts som fördelningar i fallstudien antas vara relativt säkra.

På grund av alla de förenklingar och osäkerheter som finns i fallstudien är det svårt att dra några slutsatser av resultatet, men några observationer är dock värda att nämna. Alla de kvantifierade effekterna av plattformsdörrar visar ett positivt årligt belopp, det klart största värdet har effekten luftkvalitet. Det ger en misstanke om att luftkvalitet kan vara den mest betydande effekten av plattformsdörrar, förutsatt att det finns en strävan efter bättre luftkvalitet vid projekteringen av plattformsdörrar.

Arbetet har inte omfattat några rekommendationer angående utformningen vid projekt med plattformsdörrar. En del överväganden angående utformning bör dock göras vid projekt med plattformsdörrar. Installationen av plattformsdörrar bör ske så enhetligt som möjligt inom samma tunnelbanelinjer. Detta för att inte tappa positiva samordningseffekter av plattformsdörrarna, t.ex. vid brand i tunnel skapar plattformsdörrar möjlighet till effektivare brandgasventilation av tunneln, vilket tappar effekt om enskilda stationer saknar plattformsdörrar. Ett annat exempel är effekten självmord, om en station i närheten saknar plattformsdörrar är risken stor att självmordsincidenten sker i denna station istället.

6.1 Framtida forskning

Ett rekommenderat arbete kan vara att tillämpa den vägledning som beskrivs i denna rapport på ett tunnelbanesystem som efterinstallerat plattformsdörrar och på så sätt testa modellen och delmodellernas validitet.

Ett annat arbete som rekommenderas är att testa vägledningen med två separata utredare eller utredningsgrupper för att utreda vägledningens och delmodellernas reliabilitet.

Det finns behov av att vidareutveckla delmodellerna, eventuellt med stöd av ovanstående arbeten, för att uppnå bättre resultat.

Effektområdet luftkvalitet och partiklar i tunnelbanan är långt ifrån utforskat. Detta område behöver mer forskning om hur luftkvalitet påverkar människor i järnvägs- och tunnelbaneanläggningar under mark.

Att ytterligare utvärdera vilka effekter av plattformsdörrar som är viktigast samt kvantifiera dessa utgör också ett möjligt forskningsområde.

7 Referenser

- Abrahamsson, M. (2003) *Uncertainty in Quantitative Risk Analysis – Characterization and Methods of Treatment*. Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- Adams, H. S., Nieuwenhuijsen, M. J. & Colvile, R. N. (2001) "Determinants of fine particle (PM_{2.5}) personal exposure levels in transport microenvironments, London, UK". *Atmospheric Environment* 35, 27, 4557-4566.
- Andersson, M., Hedskog, B. & Nyman, H. (2003) "Escape from a single exit underground station". *Tunnel Management International*, 6, 3, 38-43.
- Air Pollution and Health: A European Information System (APHEIS) (2009) *The Apheis program*. (Elektronisk) <<http://www.apheis.net>> (2009-01-16).
- Asker, B. (1975) *Stockholms tunnelbanor 1975*. Stockholm: Stockholms läns landsting.
- Axelsson, G. (1997) *Mätning av damm i tunnelbanan*. Stockholm: Arbetsmiljögruppen i Stockholm.
- Banverket (2004) *Yttrande inför regeringens prövning enligt 17 kap miljöbalken av Citybanan i Stockholm – Bilaga 8*. Borlänge: Banverket.
- Banverket (2008) *Citybanan, nyhetsbrev 3*. (Elektronisk) <<http://www.ipage.se/projekt/citybanan/Nr3/Artikel2.htm>> (2009-01-24).
- Beard, A. (2005) "Prevention and Protection: General Concepts". Kapitel 4 79-92. Beard, A. & Carvel, R. (Redaktörer) *The Handbook of Tunnel Fire Safety*. London: Thomas Telford Publishing.
- Beautrais, A. (2007) "The Contribution to Suicide Prevention of Restricting Access to Methods and Sites". *Crisis*, 28, (Suppl. 1), 1-3.
- Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D. & Goh, K. T. (Redaktörer) (2000) *Guidelines for community noise*. Geneva: World Health Organization.
- Bergqvist, A., Frantzich, H., Hasselrot, K. & Ingason, H. (2005) "Fire and Rescue Operations in Tunnel Fires: a Discussion of some Practical Issues". Kapitel 23, 481-504. Beard, A. & Carvel, R. (Redaktörer) *The Handbook of Tunnel Fire Safety*. London: Thomas Telford Publishing.
- Beskow, J., Thorson, J. & Öström, M. (1994) "National Suicide Prevention programme and Railway Suicide". *Social Science & Medicine*, 38, 447-451.
- Boardman, A. E., Greenberg, D. H, Vining, A. R. & Weimer, D. L. (2001) *Cost-Benefit Analysis: Concept and practice*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Boverket (2005a) *Risikvärdering -Delprojekt 2.1, bilaga till regeringsuppdrag Personssäkerhet i tunnlar*. Karlskrona: Publikationsservice, Boverket.
- Boverket (2005b) *Personssäkerhet i tunnlar – slutrapport, regeringsuppdrag*. Karlskrona: Publikationsservice, Boverket.
- Boverket (2006) *Utrymningsdimensionering*. Karlskrona: Publikationsservice, Boverket.

- Brandteknik (2005) *Brandskyddshandboken*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik.
- Brousse, B. (2004) *Comparison of fire safety problems for the various transport modes in tunnels*. Prague: First International Symposium, Safe & Reliable Tunnels, Innovative European Achievements.
- Burström, P.G. (2001) *Byggnadsmaterial: Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: Studentlitteratur.
- Carvel, R., Beard, A., Jowitt, P. & Drysdale, D. (2004) "The Influence of Tunnel Geometry and Ventilation on the Heat Release Rate of a Fire". *Fire Technology*, 40, 5–26.
- Carvel, R. (2005) "Fire Protection in Concrete Tunnels". Kapitel 6, 110-126. Beard, A. & Carvel, R. (Redaktörer) *The Handbook of Tunnel Fire Safety*. London: Thomas Telford Publishing.
- Carvel, R. & Marlair, G. (2005) "A History of Fire Incidents in Tunnels". Kapitel 1, 3-41. Beard, A. & Carvel, R. (Redaktörer) *The Handbook of Tunnel Fire Safety*. London: Thomas Telford Publishing.
- Chan, L. Y., Lau, W. L., Lee, S. C. & Chan C. Y. (2002) "Commuter exposure to particulate matter in public transportation modes in Hong Kong". *Atmospheric International* 36, 21, 3363-3373.
- Chen, F., Guo, S-C., Chuay, H-Y. & Chien, S-W. (2003) "Smoke Control of Fires in Subway Stations". *Theoretical and Computational Fluid Dynamics*, 16, 349-368.
- Cheng, Y. H., Lin, Y. L. & Liu, C. C. (2008) "Levels of PM10 and PM2.5 in Taipei Rapid Transit System". *Atmospheric International*, 42, 31, 7242-7249.
- Chillrud, S. N., Epstein, D., Ross, J. M., Sax, S. N., Pederson, D., Spengler J. D. & Kinney, P. L. (2004) "Elevated Airborne exposures of teenagers to manganese, chromium, and iron from steel dust and New York City's subway system". *Environmental Science & Technology* 38, 732-737.
- Chiam, B. H. (2005) *Numerical Simulation of a Metro Train Fire*. Christchurch: University of Canterbury, Department of Civil Engineering.
- Coats, T. J. & Walter, D. P. (1999) "Effects of station design on death in the London Underground: observational study". *British Medical Journal*, 319, 957-957.
- Daigle, M. S. (2005) "Suicide prevention through means restriction: Assessing the risk of substitution – A critical review and synthesis". *Accident Analysis and Prevention*, 37, 625-632.
- Davidsson, G. (2003) *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Räddningsverket.
- Dockery, D. W., Pope, C. A., Xu, X., Spengler, J. D., Ware, J. H., Fay, M. E., Ferris, B. G. & Speizer, F. E. (1993) "An association between air pollution and mortality in six U.S. cities". *The New England Journal of Medicine*. 329, 24, 1753-1759.

- Dufwa, A. (1986) *Stockholms tekniska historia – Trafik, broar, tunnelbanor, gator*. Stockholm: Stockholms stad.
- Elvik, R. (2001) "Cost-benefit analysis of road safety measures: applicability and controversies". *Accident Analysis and Prevention*, 33, 1, 9-17.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2006) *Provisional Assessment of Recent Studies on Health Effects of Particulate Matter Exposure*. EPA.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2008a) *An Introduction to Indoor Air Quality*. (Elektronisk) <<http://www.epa.gov/iaq/ia-intro.html#What%20Causes%20Indoor%20Air%20Problems>> (2008-10-11).
- Environmental Protection Agency (EPA) (2008b) *National Ambient Air Quality Standards*. (Elektronisk) <<http://www.epa.gov/air/criteria.html>> (2008-10-11).
- Europa (2008a) *Air Quality Standards*. (EU:s webportal) (Elektronisk) <<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>> (2008-10-13).
- Europa (2008b) *Environment: Commission requests information from Member States on PM10 pollution*. (EU:s webportal) (Elektronisk), <<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/08/1112&>> (2008-10-13).
- Europa (2008c) *Noise*. (EU:s webportal) (Elektronisk) <<http://ec.europa.eu/environment/noise/home.htm>> (2008-10-16).
- Etzersdorfer, E. & Sonneck, G. (1998) "Preventing suicide by influencing mass-media reporting - The Viennese experience 1980–1996". *Archives of Suicide Research*, 4, 67–74.
- Frisk, M. (1997) "Olycka, självmord eller rop på hjälp? 173 fall i järnvägstrafiken under 1990-95". *Läkartidningen*, 94, 11, 973-974; 979-980.
- Frantzich, H. (2000) *Utrymning av tunnelbanetåg*. Karlstad: Räddningsverket.
- Frantzich, H. (2001) *Tid för utrymning vid brand*. Karlstad: Räddningsverket.
- Frantzich, H. & Nilsson, D. (2003) *Utrymning genom tät rök: beteende och förflyttning*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik.
- Frantzich, H. (2004) *Val av utrymningsväg i tunnel*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik.
- Gustavsson, P., Bigert, C. & Pollán, M. (2008) "Incidence of lung cancer among subway drivers in Stockholm". *American Journal of Industrial Medicine*, 51, 7, 545-547.
- Gershon, R. R. M. et al. (2008) "Epidemiology of subway-related fatalities in New York City" 1990-2003. *Journal of Safety Research*, doi:10.1016/j.jsr.2008.10.004.
- Gershon, R. R. M., Neitzel, R., Barrera, M. A. & Akram, M. (2006) "Pilot survey of subway and bus stop noise levels". *Journal of Urban Health*, 83, 5, 802-811.

- Gershon, R. R. M., Qureshi, K. A., Barrera, M. A., Erwin, M. J. & Goldsmith, F. (2005) "Health and safety hazards associated with subways: A review". *Journal of Urban Health* 82, 1, 10-20.
- Giri, D., Murthy, K., Adhikary, V. P. R. & Khanal, S. N. (2008) "Estimation of number of deaths associated with exposure to excess ambient PM10 air pollution". *International Journal of Environmental Science Technology*, 4, 2, 183-188.
- Hambrick-Dixon, P. J. (1986) "Effects of experimentally imposed noise on task performance of black children attending day care centers near elevated subway trains". *Developmental Psychology*, 22, 2, 259-264.
- Hammit, J. K. (2000) "Valuing Mortality Risk: Theory and Practice". *Environmental Science Technology*, 34, 8, 1396-1400.
- Harris, C. M. & Aitken, B. H. (1971) "Noise in subway cars." *Sound Vibration*, February, 21-24.
- Hawton, K. (2007) "Restricting Access to Methods of Suicides – Rationale and valuation of this Approach to Suicide Prevention", *Crisis*, 28, 4-9.
- HEATCO (2006) *Key issues in the development of harmonised guidelines project assessment and transport costing*; Second revision. (Elektronisk)
<<http://HEATCO.ier.uni-stuttgart.de>> (2008-11-06).
- Hu, S-C. & Lee, J-L. (2004) "Influence of platform screen doors on energy consumption of the environment control system of a mass rapid transit system: case study of the Taipei MRT system". *Energy Conversion and Management*, 45, 5, 639-650.
- Ingason, H. (2005) "Fire Dynamics in Tunnels". Kapitel 11 231-266. Beard, A. & Carvel, R. (Redaktörer) *The Handbook of Tunnel Fire Safety*. London: Thomas Telford Publishing.
- Ingason, H., Bengtsson, S. & Hiort, F. (1997) *Brand och Brandskydd i undermarksanläggningar*. Borås: SP Sveriges Provnings och Forskningsinstitut.
- Jagger, S. & Grant, G. (2005) "Use of Tunnel Ventilation for Fire Safety". Kapitel 8, 144-183. Beard, A. & Carvel, R. (Redaktörer) *The Handbook of Tunnel Fire Safety*. London: Thomas Telford Publishing.
- Johansson, C. & Johansson, P. Å. (2003) "Particulate matter in the underground of Stockholm". *Atmospheric Environment*, 37, 3-9.
- Johansson, C. (2007) *Hälsoeffekter av partiklar*. Stockholm: SLB-analys.
- KABA (2008) *Platform Screen Doors* (Elektronisk)
<<http://www.kaba.com/platform-screen-doors/>> (2008-12-10).
- Kammen, D. M. & Hassenzahl, D. M. (1999) "Should We Risk It". Princeton: Princeton University.
- Kang, K. (2007) "Application of Code Approach for Emergency Evacuation in a Rail Station". *Fire Technology*, 43, 331-346.

- Karlsson, H. L., Nilsson, L. & Möller, L. (2005) "Subway particles are more genotoxic than street particles and induce oxidative stress in cultured human lung cells". *Chem Res Toxicol*, 18, 1, 19-23.
- Kerkhof, A. (2003) "Railway suicide: Who is responsible?". *Crisis*, 24, 2, 47-48.
- Kim, K. Y., Kim, Y. S., Roh, Y. M., Lee, C. M. & Kim, C. N. (2008) "Spatial distribution of particulate matter (PM10 and PM2,5) in Seoul Metropolitan Subway stations". *Journal of Hazardous Materials*, 154, 440-443.
- Künzli, N., Kaiser, R., Medina, S., Studnicka, M., Chanel, O., Filliger, P., Herry, M., Horak, F., Puybonnieux-Texier, V., Quenel, P., Schneider, J., Seethaler, R., Vergnaud, J. C. & Sommer, H. (2000) "Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment". *The Lancet*, 356, 9232, 795-802.
- Law C.K, et al., (2008) "Evaluating the effectiveness of barrier installation for preventing railway suicides in Hong Kong". *Journal of Affective Disorders*, doi:10.1016/j.jad.2008.07.021.
- London Underground (2007) *The case for retrofitting platform edge doors*. (Intern rapport), London.
- Lönnemark, A. (2005) *On the Characteristics of Fire in Tunnels*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Brandteknik.
- Lönnemark, A. & Ingason, H. (2005) "Gas temperatures in heavy goods vehicle fires in tunnels". *Fire Safety Journal*. 40, 506-527.
- Maciocia, S. (2005) "Fire Detection Systems". Kapitel 5 93-109. Beard, A. & Carvel, R. (Redaktörer) *The Handbook of Tunnel Fire Safety*. London: Thomas Telford Publishing.
- Matsui, T., Uehara, T., Miyakita, T., Hiramatsu, K., Osada, Y. & Yamamoto, T. (2004) "The Okinawa study: effects of chronic aircraft noise on blood pressure and some other physiological indices". *Journal of Sound and Vibration*, 277, 3, 469-470.
- Mattsson, B. (2000) *Riskhantering vid skydd mot olyckor*. Karlstad: Räddningsverket.
- Mattsson, B. (2004) *Kostnad-nyttoanalys – värdegrunder, användbarhet, användning*. Karlstad: Räddningsverket.
- Mattsson, B. (2006) *Kostnad-nyttoanalys för nybörjare*. Karlstad: Räddningsverket.
- Metrobits (2008) *Plattform Screen Doors*. (Elektronisk) <<http://metro.com/metro/platform-screen-doors.html>> (2008-11-28).
- Midholm, E. & Widlund, M. (2003) *Riskidentifiering i undermarkstationer*. Lund: Lunds Tekniska Högskola.

Mishara, B. L. (1999) "Suicide in the Montreal Subway System: Characteristics of the Victims, Antecedents, and Implications for Prevention". *The Canadian Journal of Psychiatry*, 44, 7, 690-696.

Mishara, B. L. (2007) "Railway and Metro Suicides – Understanding the Problem and Prevention Potential". *Crisis*, 28, (Suppl. 1), 36-43.

Morgan, M. G. & Henrion, M. (1990) "*Uncertainty – A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*". Cambridge: University of Cambridge.

MTR Corporation (2008) "*Rail to people, people to rail, Sustainability report 2005*". MTR Corporation.

Nationalencyklopedin (2008) *Tunnelbana*. (Elektronisk)
<<http://www.ne.se/artikel/333052>> (2008-11-22).

Nieuwenhuijsen, M. J., Gómez-Perales, J. E. & Colvile, R. N. (2007) "Levels of particulate air pollution, its elemental composition, determinants and health effects in metro systems". *Atmospheric Environment*, 41, 37, 7995-8006.

Olesen, J. (2005) "Emergency Procedures in Rail Tunnels: Current Practice and Future Ideas". Kapitel 22, 451-480. Beard, A. & Carvel, R. (Redaktörer) *The Handbook of Tunnel Fire Safety*. London: Thomas Telford Publishing.

O'Donnel, I. & Farmer, R. D. T. (1992) "Suicidal acts on metro systems: an international perspective". *Acta Psychiatrica Scandinavia*, 86, 1, 60-63.

O'Donnel, I. & Farmer, R. D. T. (1994) "The epidemiology of Suicide on the London Underground". *Social Science & Medicine*, 38, 3, 409-418.

Palisade (1996) *Guide to Using @Risk - Windows version*. Newfield: Palisade Corporation.

Park, D. U. & Ha, K. C. (2008) "Characteristics of PM10, PM2.5, CO2 and CO monitored in interiors and platforms of subway train in Seoul, Korea". *Environment International*, 34, 5, 629-634.

Pathak, V., Tripathi, B. D. & Mishra, V. K. (2008) "Evaluation of traffic noise pollution and attitudes of exposed individuals in working place". *Atmospheric Environment*, 42, 16, 3892-3898.

Pfeifer, G. D., Harrison, R. M. & Lynham, D. R. (1999) "Personal exposure to airborne metals in London taxi drivers and office workers in 1995 and 1996". *The Science of the Total Environment*, 235, 253-260.

Plato, N., Bigert, C., Larsson, B. M., Svartengre, M. & Gustavsson, P. (2006) *Luftföroreningar i Stockholms tunnelbana: exponering av partiklar och kvävedioxid bland tunnelbanepersonal 2006:2*. Stockholm: Arbets- och miljömedicin, Stockholms Läns Landsting.

Pope, C. A. & Dockery, D. W. (2006) "Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect". *Journal of Air & Waste Management Association*, 56, 709-742.

Pope, C. A., Thun, M. J., Namboodiri, M. M., Dockery, D. W., Evans, J. S., Speizer, F. E. & Heath, C. W. (1995) "Particulate air pollution as a predictor

- of mortality in a prospective study of U.S. adults". *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 151, 3, 669-674.
- Priest, N. D., Burns, G. & Gorbunov, B. (1998) *Dust levels on the London underground: a health hazard to commuters?* London: Urban pollution research centre, Middlesex University.
- Ratnayake, R., Links, P. S. & Eynan, R. (2007) "Suicidal Behaviour on Subway Systems: A review of the Epidemiology". *Journal of Urban Health*, 84, 6, 766-781.
- Rådbo, H., Svedung, I. & Andersson, R. (2005) "Suicides and other fatalities from train-person collisions on Swedish railroads: A descriptive epidemiologic analysis as a basis for systems-oriented prevention". *Journal of Safety Research*, 36, 423-428.
- Rådbo, H., Svedung, I. & Andersson, R. (2008) "Suicide prevention in railway systems: Application of a barrier approach". *Safety Science*, 46, 729-737.
- Sasamoto, K. & Momomoto, A. (1995) "Safety equipment for passengers on railway platforms". *Safety Science*, 18, 4, 31-37.
- Seaton, A., Cherrie, J., Dennekamp, M., Donaldson, K., Hurley, J. F. & Tran, C. L. (2005) "The London Underground: dust and hazards to health". *Occupational and Environment Medicine*, 62, 6, 355-362.
- SFPE (2002) *Engineering Guide to Human Behavior in Fire*. Bethesda: Society of Fire Protection Engineers.
- Shields, J. (2005) "Human Behavior in Tunnel Fires". Kapitel 15, 323-342. Beard, A. & Carvel, R. (Redaktörer) *The Handbook of Tunnel Fire Safety*. London: Thomas Telford Publishing.
- SIKA (2004) *Bantrafik 2002-2003*. (Elektronisk) <http://www.sika-institute.se/Doclib/Import/101/ss_2004_5.pdf> (2009-01-12).
- SIKA (2008) *Bantrafik 2008*. (Elektronisk) <http://www.sika-institute.se/Doclib/2008/Statistik/ss_2008_29.pdf> (2008-12-04).
- SIKA (2008:3) *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn, ASEK 4*. Stockholm: Statens institut för kommunikationsanalys.
- Sitzmann, B., Kendall, M., Watt, J. & Williams, I. (1999) "Characterisation of airborne particles in London by computer-controlled scanning electron microscopy". *The Science of the Total Environment*, 241, 1-3, 63-73.
- Sjöstedt, S. (2005) *Partikelmätning på Lisebergsstationen*. Göteborg: Göteborgs universitet.
- Socialstyrelsen, (2005a) *Dödsorsaker 2005*. Socialstyrelsen: Stockholm.
- Socialstyrelsen (2005b) *Miljöhälsorapport 2005*. Socialstyrelsen: Stockholm.
- Socialstyrelsen (2006) *Partiklar i inomhusmiljön – en litteraturgenomgång*. Stockholm: Socialstyrelsen, Enheten för hälsoskydd.

- Socialstyrelsen (2009) *Statistikdatabasen – dödsorsaker*. (Elektronisk) <<http://www.socialstyrelsen.se/Statistik/statistikdatabas/>> (2009-01-24).
- Stefopoulos, E. K. & Damigos, D. G. (2007) "Design of emergency ventilation system for an underground storage facility". *Tunneling and Underground Space Technology*, 22, 3, 293-302.
- Storstockholms lokaltrafik (SL) (2007) *Förbättrad luftmiljö på stationer genom glasväggar och ventilationsåtgärder*. (Elektronisk) <<http://www.sl.se/Upload/styrelsen/uploads/styrelsehandlingar/apr%2007/Ärende%2019.pdf>> (2008-10-13).
- Storstockholms Lokaltrafik (SL) (2008) *Statistik Rådmanngatan*. (Statistik excel-dokument), Stockholms Lokaltrafik.
- Storstockholms lokaltrafik (SL) (2009) *Pressmedelanden – Tvärbanan till Solna rycker närmare och nya vagnar till tunnelbanan köps in*. (Elektronisk) <<http://sl.se/Templates/Article.aspx?id=13160>> (2009-01-31).
- Svenska Brandförsvarsförbundet (1998) *Brand och brandskydd i undermarksanläggningar – En sammanfattning av kunskapsläget*. Stockholm: Svenska Brandförsvarsförbundet.
- Tabarra, M., Abi-Zadeh, D. & Sadorkierski, S. (2004) Technical Review – Ventilation: "Design of a modern subway ventilation system". *Tunnels & Tunnelling International*, November 2004.
- Thomas, F. (2007) *Att systematisera objektsspecifik osäkerhet i EVA-kalkyler – diskussion och exempel – VTI rapport 59*. Lindköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Tranah, T. & Garmer, R. D. T. (1994) "Effects on train drivers: Psychological reactions of drivers to railway suicide". *Social Science & Medicine*, 38, 459-469.
- Veolia Transport (2009) *Fakta & Siffror*. (Elektronisk) <http://www.veolia-transport.se/tmp/ExtensionPage_____26979.aspx?epslanguage=ML> (2009-01-31).
- Vose, D. (2000) *Risk Analysis – A Quantitative Guide*; Second edition. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Westinghouse (2008) *Westinghouse Platform Screen Doors*. (Elektronisk) <<http://www.platformscreendoors.com>> (2008-11-28).
- Wisell, T. (2002) *Halter av partiklar i Stockholms tunnelbaneluft*. Stockholm: SL infrateknik AB.
- World Health Organization (WHO) (2000) "Air Quality Guidelines for Europe; second edition". *WHO Regional Publications, European series*, No. 91. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organization (WHO) (2003) "Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide". *Report on a WHO working group*, Bonn, Germany, 13–15 January 2003. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

- World Health Organisation (WHO) (2005) "WHO air quality guidelines – global update 2005". *Report on a WHO working group*, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organisation (WHO) (2008) "WHO Statement - World Suicide Prevention Day 2008". Geneva: WHO.
- Yang, K. H. & Lee, S. K. (2000) "Smoke Management and Egress Design Analysis of an Underground Railway Station". *Journal of Applied Fire Science*, 9, 2, 153-171.
- Yang, Y., Chen, C., Fan, H., Qu, L. & Ren, M. (2007) "Numerical and Experimental Study on Optimal Running Mode of Smoke Extraction System in a Subway Station in Beijing". *Building Simulation 2007*, 1254-1261. International Building Performance Simulation Association. (Elektronisk) <http://www.ibpsa.org/m_bs2007.asp> (2008-11-06).
- Yip, P. S. F. & Lee, D. T. S. (2007) "Charcoal-Burning Suicides and Strategies for Prevention". *Crisis*, 28, (Suppl. 1), 21-27.
- Yoshida, T. & Nakamura, S. (1988) "Subjective ratings of health status and railway noise". *Journal of Sound and Vibration*, 127, 593-598.
- Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H. & Gidlöf-Gunnarsson, A. (2006) "Effects of road traffic noise and the benefit to access of quietness". *Journal of Sound and Vibration*, 295, 1-2, 40-59.

Bilaga A – Effektidentifiering

A1 Utskick och mottagare

Nedan finns det meddelande som skickades ut via e-post. För mottagarlista se tabell 15: mottagare av utskick sorterat efter organisation.

Hej!

Vi är två Brandingenjörstudenter på Lunds Tekniska Högskola som just nu arbetar med vårt examensarbete som behandlar plattformsdörrar i järnvägs- och tunnelbanestationer under mark. Som ett led i arbetet med att identifiera de effekter dessa plattformsdörrar kan medföra, negativa som positiva, utför vi en undersökning bland utvalda personer med olika bakgrund.

Med plattformsdörrar menar vi heltäckande glaspartier med dörrar, mellan perrong och spår. När tåget kommer in på stationen och stannat öppnas både plattformsdörrarna och tågets dörrar samtidigt. Detta betyder bland annat att tåget stannar på samma ställe varje gång. Vill du läsa mer om plattformsdörrar finns mer information på följande adress, http://en.wikipedia.org/wiki/Plattform_screen_doors.

Vi är väldigt tacksamma om du kan:

Svara på detta mail och skriva ner 5-10 effekter som du tror/vet att plattformsdörrar kan medföra, både i tunnlarna, på stationer och för människor som vistas där.

Kan du komma på fler än 10 effekter så få du gärna skriva ner dem också, ju fler förslag vi kan få desto bättre.

Exempel på effekter kan vara:

– Tåg kan hålla högre fart in till plattform eller när de passerar station eftersom föraren vet att spåret är fritt.

– Trafikstörningar vid installation av plattformsdörrarna.

I slutrapporten kommer det inte att framgå vilken person som lagt vilket förslag.

Tack för hjälpen!

Robin Haglund
civ03rha@student.lu.se
0702-075787

Erik Isaksson
bri04eis@student.lu.se
0706-270609

Mottagarlista

Tabell 15: Mottagare av utskick sorterat efter organisation.

Organisation	Funktion
Banverket	Säkerhet
Brandskyddslaget	Brandingenjör / konsult
Brandteknik LTH	Brandingenjör / Civ. ing. riskhantering.
Brandteknik LTH	Brandingenjör / Civ. ing. riskhantering.
Brandteknik LTH	Brandingenjör / Civ. ing. riskhantering.
Byggkonsult	Projektledare
De handikappades riksförbund	Informatör
De handikappades riksförbund	Informatör
European Rail Agency	Projektledare
Holmes Fire	Senior Fire Engineer
Hong Kong	Professor
Järnvägsstyrelsen, tekn. avd.	Enhetschef
Karlstad universitet	Forskare
Knorr-Bremse	Servicechef
London Underground	Strategy Research Manager
Metrosällskapet KPH	Kommunikationsassistent
Mälardalens högskola	Forskare
New York	Brandingenjör
Riksförbundet rörelsehindrade barn och ungdomar	Kunskapskoordinator
Räddningstjänsten syd	Brandingenjör
Sachverständigenbüro für Brandschutz	Ingenjör
Seneca College	Professor, brandteknik
SIKA	Utredare
SIKA	Utredare
SIKA	Utredare
SL, teknik/brand	Brandskyddskunnig
SL, teknik/brand	Brandskyddskunnig
SL	Miljösamordnare
Socialstyrelsen, enh. för funk. hind.	Utredare
Socialstyrelsen, enh. för funk. hind.	Utredare
Socialstyrelsen, hälsoskydd	Utredare
Socialstyrelsen, hälsoskydd	Utredare
Stockholms brandförsvär	Brandingenjör
Stockholms brandförsvär	Brandingenjör
Stockholms brandförsvär	Brandingenjör
Stockholms brandförsvär	Brandingenjör
Stockholms brandförsvär	Brandingenjör
Svensk kollektivtrafik	Statistik, miljö, fordonsfrågor
Svensk kollektivtrafik	Särskild kollektivtrafik, forsk.
Svensk kollektivtrafik	Trafikpolitik
Swepro	Konsult
Swepro	Brandingenjör
TIDC, Australia	Project Manager
TIDC, Australia	Project Manager

Trafikplanering, LTH	Professor
Trafikplanering, LTH	Professor
Trafikplanering, LTH	Teknisk doktor
Trafikteknik, LTH	Universitetslektor
Trafikteknik, LTH	Professor
Trafikteknik, LTH	Professor
Tunnelbanepolisen	Polis
Tågja	Säkerhet
Tågja	Underhåll
Tågoperatörernas branschförening	Utredare
Westinghouse	Business dev. manager
WSP	Brandingenjör / Civ. ing. riskhantering.
---	Brandingenjör / konsult

Bilaga B – Brand

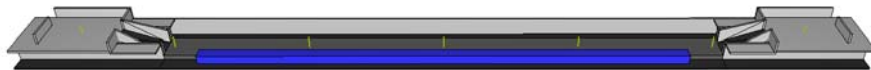
I denna bilaga redovisas förutsättningar för de brand- och utrymningssimuleringar som ligger till grund för kostnader av personskador som används vid kvantifiering av effekten brand i fallstudien.

B1 Grundhändelser

Fyra olika grundhändelser, det vill säga brandplatser, har valts; brand i tåg vid plattform, brand i tåg i tunnel, brand på plattform och skräpbrand på spår. Skräpbranden på spår har inte simulerats eftersom konsekvensen endast bedöms bli kostnader av trafikförseningar.

Stationsbeskrivning

Tunnelbanestationen i fallstudien har baserats på Rådmanngatans tunnelbanestation i Stockholm, men förenklingar och modifieringar har gjorts och stationen ska ses som en fiktiv modell. Stationen utgörs av en mittplattform som är 150 m lång, 8 m bred och 3,3 m från plattform till tak. Vid respektive ände av plattformen nås en biljetthall via en 15 m lång och 4,2 m bred trappa. Spårområdet på respektive sida om plattformen är 4 m brett 4,6 m från spår till tak. De två biljetthallarna är 20 m långa, 16 m breda och 2,3 m från golv till tak. Två utgångar från respektive biljetthall binder samman stationen med gatunivå och är 3,4 m samt 4 m breda. Utgångarna från biljetthallarna har förenklats och ansluter direkt till gatunivå, utan trappa eller gångtunnel. Stationsbyggnaden utgörs helt av betong. Plattformsdörrar har också lagts till och har på respektive sida tjugo öppningsbara dörrar som är 1,5 m breda samt 2,2 m höga. Modellen av stationen är symmetrisk och brandsimulering har gjorts med fältmodellen FDS 5, se figur 12. Grundscenarier 1-3 utrymningssimuleras med 1000 samt 1500 personer på plattform. Utrymningssimulering har gjorts i programmet Simulex.



Figur 12: Stationsmodell i fallstudien.

Brand 1 – brand i tåg vid plattform

I grundhändelse brand 1 brinner det under tåget som anlant till stationen. När tåget kommer in till station är brandens effekt ca 1,5 MW och effekten utvecklas till maxeffekten 8 MW efter en mediums snabb α - t^2 kurva. Maxeffekten nås efter cirka 7,5 minuter. Storleksordningen av branden har valts med stöd av Chiam (2005) och Brousse (2004). Brand 1 simulerades också med plattformsdörrar där samtliga tjugo dörrar på ena sidan mot branden är öppna.

Brand 2 – brand i tåg i tunnel

I grundhändelse brand 2 brinner det under tåget som kört in i tunneln, men stannat relativt nära stationen. Brandens effekt är ca 1,5 MW och effekten utvecklas till maxeffekten 8 MW efter en mediums snabb α - t^2 kurva. Maxeffekten nås efter cirka 7,5 minuter. I brand 2 med 1500 personer på plattformen antas även 200 personer vara tvungna att utrymma i tunneln, från det brinnande tåget mot stationen. Detsamma gäller när 1000 personer befinner sig på plattform, då 100 personer utrymmer från tunnel. Brand 2 simulerades också med plattformsdörrar där tre dörrar på samma sida som branden är öppna under hela simuleringen. Dörrarna är öppna eftersom personerna i tunneln antas utrymma via dessa till plattform.

Brand 3 – brand på plattform

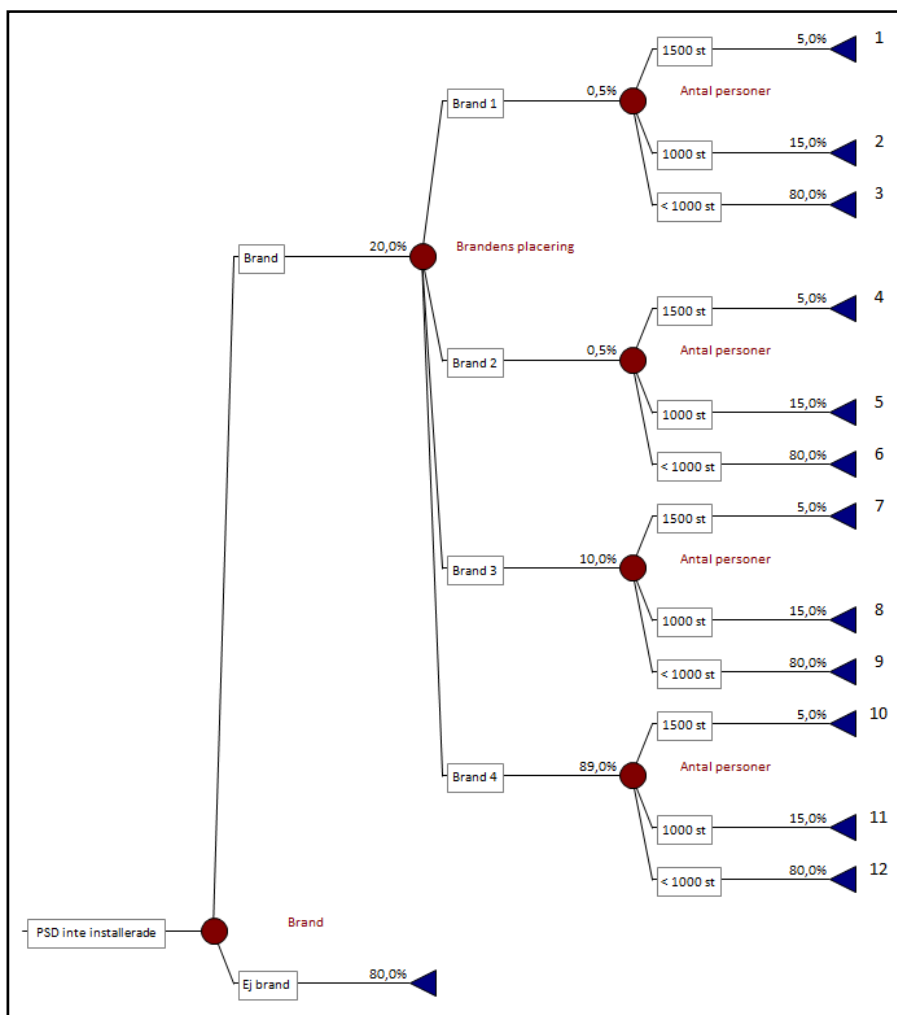
I grundhändelse brand 3 brinner det på plattformen med maxeffekten ca 2 MW. Branden kan tänkas uppstå i t.ex. en godisautomat eller liknande som kan förekomma på plattformen. Brandens effekt utvecklar sig efter en snabb α - t^2 kurva. Maxeffekten nås efter cirka 2,5 minuter. Brand 3 simulerades också med plattformsdörrar där alla dörrar är stängda.

Brand 4 – skräpbrand på spår

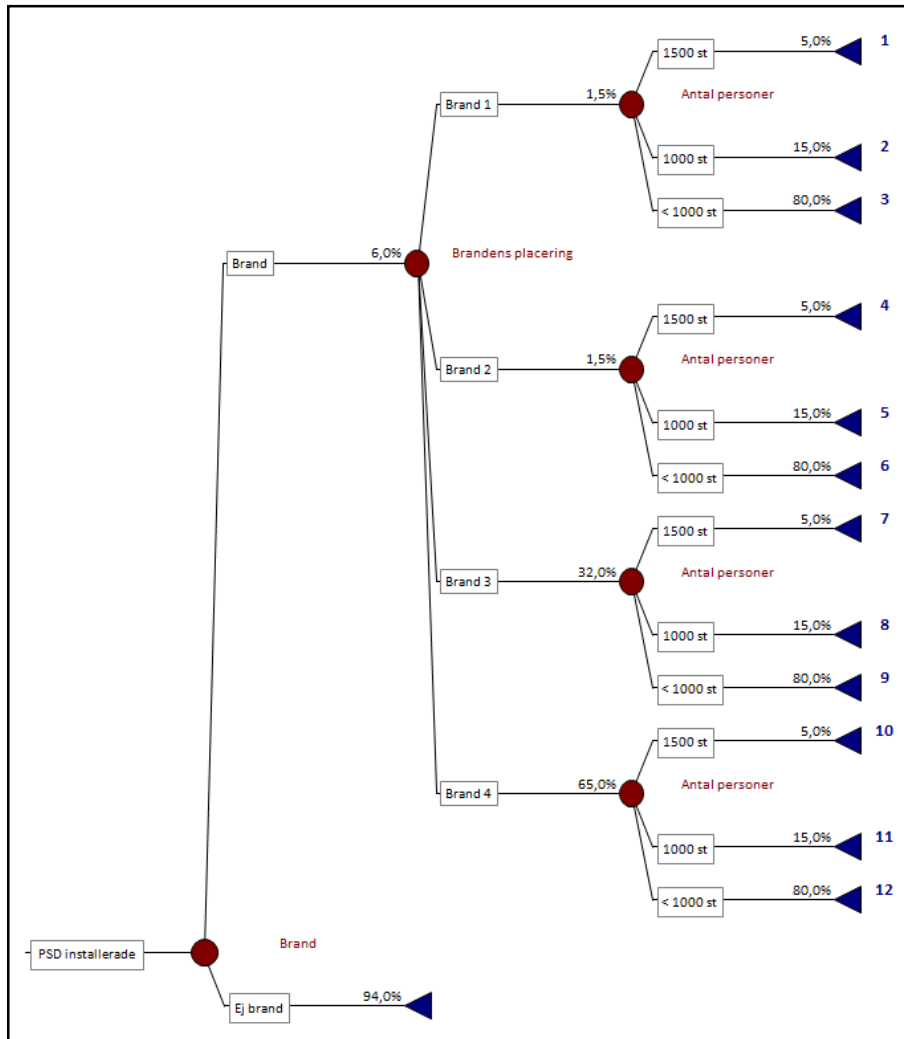
I grundhändelse brand 4 brinner skräp på spåret. Detta antas inte bidra till några personskador eller egendomsskador utan endast kostnader av förseningar i trafiken. Av den anledningen simuleras varken brand eller utrymning.

B2 Händelseträäd

Nedan redovisar händelseträden med tillhörande sannolikheter.



Figur 13: Händelseträäd med sannolikheter, utan plattformsdörrar.



Figur 14: Händelsetråd med sannolikheter, med plattformsdörrar installerade.

B3 Förutsättningar simulering

Brandsimulering i FDS, version 5.2.3 (parallell)

Turbulensmodell: LES, Smagorinsky.

Förbränningsmodell: Mixture fraction.

Strålningsmodell: Grey gas model, 100 vinklar.

Bränsle: Heptan, C_7H_{16} .

Soot yield: 8 %

Väggar: Samtliga väggar har definierats som betong 0,5 m breda och simulerats med värmeöverföring. Värmetransport genom plattformsdörrar och tåg har försumrats.

Gränssytor: Öppna gränssytor finns 32 m in i samtliga fyra tunnlars samt vid biljetthallarnas utgångar, det vill säga vid ändarna av modellen.

Omgivningstemperatur: 20°C.

Brandgaslagrets höjd har bestämts med hjälp av en undermodell som finns i FDS 5. Undermodellen utnyttjar skillnaden i temperatur mellan övre och undre brandgaslagret.

Antalet celler har i varje scenario uppgått till ca 150 000 totalt, varav ca 25 000 celler har utgjorts av brandgridden. Cellerna i branden har sidor på 20 cm och cellerna i övriga griddar har sidor på 60 cm. En simulering av brand 1 har gjorts med cirka 6 900 000 celler, för att kontrollera celloberoende. Cellerna i branden har sidor på 5 cm och cellerna i övriga griddar har sidor på 10 cm.

Utrymningssimulering i Simulex, version 2007.2.2.1

Simulex simulerar förflyttningstiden vid utrymning. Varseblivnings-, besluts- och reaktionstid har bestämts till ca 30 sekunder i alla scenarier.

B4 Resultat

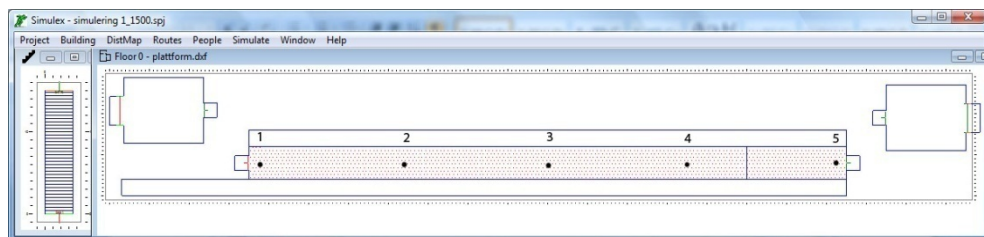
Med stöd av resultatet från brandsimuleringar och utrymningssimulering har antalet omkomna personer bedömts i varje scenario. Nedan redovisas hur detta utförts i fallstudien för brand 1.

Följande kriterier har bedömts vid bedömning av kritisk tid;

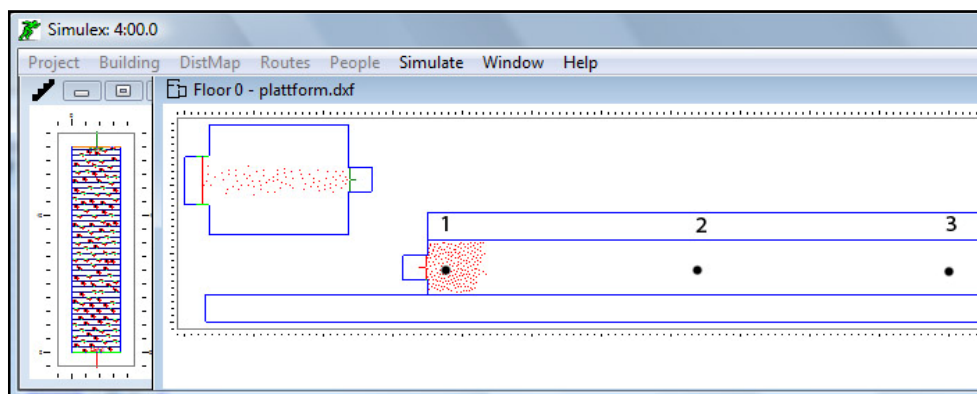
- brandgaslagrets höjd och temperatur, 1,9 meter och 80° C
- sikten i brandgaserna, 5 meter siktsträcka

Kriterierna för brandgaslagrets höjd och temperatur baseras på Brandteknik (2005). Den kritiska siktsträckan enligt Brandteknik är 10 meter. I detta fall med tydlig köbildning har utrymmande personer nära till framförvarande personer varför den kritiska siktsträckan bedöms kunna minskas till 5 meter.

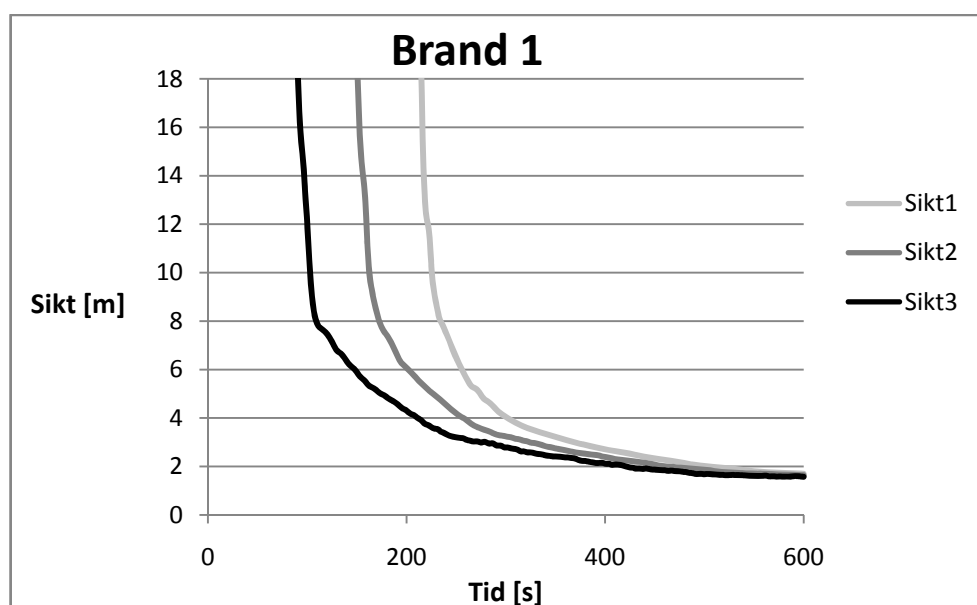
I figur 15 kan uppställningen av utrymningssimulering av 1500 personer för brand 1 och 3 visas. Trappan till vänster i figuren utgör en av de två trapporna som förbinder plattformen med de båda biljetthallarna. I punkterna 1-5 har siktberäkningar gjorts i brandsimuleringarna. I utrymningssimuleringarna antas endast en del av personerna på plattformen utrymma via den högra trappan i. Detta antagande har sin grund i att branden i samtliga scenarier finns i den högra delen av figuren. Styrningen av utrymmande personer i Simulex har gjorts genom att avdela plattformen, vilket kan ses som ett streck i figur 15.



Figur 15: Uppställning i Simulex, utrymningssimulering brand 1 och 3.



Figur 16: Utrymningssimulering brand 1, kritisk sikt i punkt 1 vid 4,5 minuter.



Figur 17: Kritisk siktsträcka (5 meter) i brand 1.

Simuleringarna av brand 1-3 (utan och med plattformsdörrar) visar att någon kritisk temperatur i brandgaslagret på plattformen inte uppnås i närhet till utrymmande. Därför används siktberäkningar för att bestämma tid till kritiska förhållanden. Kritiska förhållanden med avseende på sikt, inträffar först i mätpunkt 3 och sedan punkt 2. De utrymmande har då redan passerat dessa punkter. Kritisk tid för brand 1 kan avläsas i figur 17 och är cirka 4,5 minuter (270 sekunder) i mätpunkt 1. Vid den tiden är det cirka 350 personer på plattformen och i trappan upp till biljetthallen enligt utrymningssimulering, se figur 16. Dessa 350 personer bedöms därför omkomma.



Figur 18: Uppställning i Simulex, utrymningssimulering brand 2.

I brand 2 och 3 har bedömningarna gjorts på samma sätt som för brand 1, som redovisats ovan. I brand 2 tillkommer även utrymmande personer från tåg i tunnel. Dessa personer utrymmer till en början i tunneln tills de når plattformen. Problematiken kring att klättra upp från spår till plattform (1,3 meter högt) har i utrymningssimuleringen approximerats med en trappa som är 20 meter lång och 2 bred. Personer i denna trappa antas befinna sig på spåret. I tunneln hinner inte sikten bli kritisk under den tid det finns personer kvar på spåret. Temperaturen blir dock kritisk (80° C) innan alla personer hunnit ta sig upp på plattformen vilket resulterar i utfall av omkomna personer. Resultatet av bedömningar av omkomna utifrån brand- och utrymningssimulering visas i tabell 16 och tabell 17.

Tabell 16: Resultat av simuleringar, utan plattformsdörrar.

Brandplats	Scenario	Antal person	Antal omkomna
1	1	1500	350
	2	1000	0
	3	< 1000	0
2	4	1500 + 200	500
	5	1000 + 100	60
	6	< 1000	0
3	7	1500	0
	8	1000	0
	9	< 1000	0

Tabell 17: Resultat av simuleringar, med plattformsdörrar installerade.

Brandplats	Scenario	Antal person	Antal omkomna
1	1	1500	90
	2	1000	0
	3	< 1000	0
2	4	1500 + 200	50
	5	1000 + 100	0
	6	< 1000	0
3	7	1500	0
	8	1000	0
	9	< 1000	0

Brand 1 har simulerats med två olika cellantal, en med cirka 150 000 och en med 6 900 000 celler. Jämförs temperaturer och hastigheter i ett tvärsnitt mitt på plattformen vid tiden 300 sekunder, är det inga större skillnader mellan simuleringarna. Dock finns skillnad i sikt på plattformen samt temperatur och hastigheter i branden. Eftersom kritiska förhållanden bedöms efter sikt, skulle det bli ett annat resultat om fler celler användes i samtliga scenarier. Detta innebär att celloberoende inte kan bekräftas vilket i sin tur betyder att fler än 150 000 celler skulle behövas för att få ett mer tillförlitligt resultat.

B5 Indata-filer FDS

Nedan presenteras indata-filer till CFD-programmet FDS 5. Hela indata-filen av brand 1 presenteras och för övriga scenarier presenteras endast de delar som skiljer sig från brand 1.

Indata brand 1

```

1  &HEAD CHID='SCEN1'/
2  &TIME T_END=600.00/
3  &DUMP RENDER_FILE='SCEN1.ge1', DT_HRR=5.00, DT_SLCF=10.00/
4
5  &MESH ID='brand', IJK=30,30,30, XB=163.00,169.00,-0.50,5.50,0.00,6.00/
6  &MESH ID='MESH03', IJK=10,20,10, XB=163.00,169.00,5.50,17.50,0.00,6.00/
7  &MESH ID='MESH1', IJK=81,30,15, XB=169.00,220.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/
8  &MESH ID='MESH04', IJK=216,30,10, XB=32.00,163.00,-0.50,17.50,0.00,6.00/
9  &MESH ID='MESH02', IJK=64,30,15, XB=-6.50,32.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/
10
11 &REAC ID='FIRE',
12   FYI='NIST NRC FDS5 Validation',
13   C=7.00,
14   H=16.00,
15   O=0.00,
16   N=0.00,
17   CO_YIELD=6.0000000E-003,
18   SOOT_YIELD=0.0800/
19
20 &MATL ID='CONCRETE',
21   FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
22   SPECIFIC_HEAT=1.04,
23   CONDUCTIVITY=1.80,
24   DENSITY=2.2800000E003/
25
26 &SURF ID='BETONG',
27   FYI='betong',
28   COLOR='GRAY 80',
29   MATL_ID(1,1)=CONCRETE',
30   MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.00,
31   THICKNESS(1)=0.50/
32
33 &SURF ID='FIRE',
34   COLOR='RED',
35   HRRPUA=2.0000000E003,
36   RAMP_Q=FIRE_RAMP_Q'/
37
38 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=0.00, F=0.1800/
39 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=30.00, F=0.2180/
40 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=60.00, F=0.2590/
41 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=90.00, F=0.3040/
42 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=120.00, F=0.3530/
43 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=150.00, F=0.4050/
44 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=180.00, F=0.4610/
45 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=210.00, F=0.52/
46 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=240.00, F=0.58/
47 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=300.00, F=0.65/
48 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=330.00, F=0.72/
49 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=360.00, F=0.79/
50 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=390.00, F=0.87/
51 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=420.00, F=0.95/
52 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=450.00, F=1.00/
53 &RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=900.00, F=1.00/
54
55 &SURF ID='ADIABATIC',
56   COLOR='GRAY 80',
57   ADIABATIC=.TRUE./
58
59 &DEVC ID='LAYER1->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=34.00,34.00,8.00,8.00,1.30,4.60/
60 &DEVC ID='LAYER1->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=34.00,34.00,8.00,8.00,1.30,4.60/
61 &DEVC ID='LAYER1->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=34.00,34.00,8.00,8.00,1.30,4.60/
62 &DEVC ID='LAYER2->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=70.50,70.50,8.00,8.00,1.30,4.60/
63 &DEVC ID='LAYER2->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=70.50,70.50,8.00,8.00,1.30,4.60/
64 &DEVC ID='LAYER2->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=70.50,70.50,8.00,8.00,1.30,4.60/
65 &DEVC ID='LAYER3->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=107.00,107.00,8.00,8.00,1.30,4.60/
66 &DEVC ID='LAYER3->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=107.00,107.00,8.00,8.00,1.30,4.60/
67 &DEVC ID='LAYER3->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=107.00,107.00,8.00,8.00,1.30,4.60/
68 &DEVC ID='LAYER4->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=143.50,143.50,8.00,8.00,1.30,4.60/
69 &DEVC ID='LAYER4->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=143.50,143.50,8.00,8.00,1.30,4.60/

```

70 &DEVC ID='LAYER4->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=143.50,143.50,8.00,8.00,1.30,4.60/
 71 &DEVC ID='LAYER5->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=180.00,180.00,8.00,8.00,1.30,4.60/
 72 &DEVC ID='LAYER5->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=180.00,180.00,8.00,8.00,1.30,4.60/
 73 &DEVC ID='LAYER5->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=180.00,180.00,8.00,8.00,1.30,4.60/
 74 &DEVC ID='LAYER_BH1->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=10.00,10.00,8.00,8.00,5.60,7.90/
 75 &DEVC ID='LAYER_BH1->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=10.00,10.00,8.00,8.00,5.60,7.90/
 76 &DEVC ID='LAYER_BH1->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=10.00,10.00,8.00,8.00,5.60,7.90/
 77 &DEVC ID='LAYER_BH2->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=204.00,204.00,8.00,8.00,5.60,7.90/
 78 &DEVC ID='LAYER_BH2->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=204.00,204.00,8.00,8.00,5.60,7.90/
 79 &DEVC ID='LAYER_BH2->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=204.00,204.00,8.00,8.00,5.60,7.90/
 80 &DEVC ID='Sikt1', QUANTITY='visibility', XYZ=34.00,8.00,3.10, ORIENTATION=-1.00,0.00,0.00/
 81 &DEVC ID='Sikt2', QUANTITY='visibility', XYZ=70.50,8.00,3.10, ORIENTATION=-1.00,0.00,0.00/
 82 &DEVC ID='Sikt3', QUANTITY='visibility', XYZ=107.00,8.00,3.10, ORIENTATION=-1.00,0.00,0.00/
 83 &DEVC ID='Sikt4', QUANTITY='visibility', XYZ=143.50,8.00,3.10, ORIENTATION=-1.00,0.00,0.00/
 84 &DEVC ID='Sikt5', QUANTITY='visibility', XYZ=180.00,8.00,3.10, ORIENTATION=-1.00,0.00,0.00/
 85
 86 &OBST XB=-6.50,20.00,0.00,16.00,5.10,5.60, SURF_ID='BETONG'/ g_bh
 87 &OBST XB=0.00,20.00,0.00,16.00,7.90,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ t_bh
 88 &OBST XB=-0.50,0.00,3.40,12.00,5.60,8.40, SURF_ID='BETONG'/ bw_bh
 89 &OBST XB=-0.50,20.50,-0.50,0.00,5.10,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ rw_bh
 90 &OBST XB=-0.50,20.50,16.00,16.50,5.10,8.40, SURF_ID='BETONG'/ lw_bh
 91 &OBST XB=20.00,20.50,0.00,5.90,5.10,8.40, SURF_ID='BETONG'/ fwr_bh
 92 &OBST XB=20.00,20.50,10.10,16.00,5.10,8.40, SURF_ID='BETONG'/ fwl_bh
 93 &OBST XB=-6.50,32.00,11.50,12.00,-0.50,5.10, SURF_ID='BETONG'/ sw_t1
 94 &OBST XB=-6.50,32.00,4.00,4.50,-0.50,5.10, SURF_ID='BETONG'/ sw_t2
 95 &OBST XB=-6.50,32.00,12.00,16.00,-0.50,0.00, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ f_t1
 96 &OBST XB=-6.50,32.00,0.00,4.00,-0.50,0.00, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ f_t2
 97 &OBST XB=20.00,32.00,12.00,16.00,4.60,5.10, SURF_ID='BETONG'/ t_t1
 98 &OBST XB=20.00,32.00,0.00,4.00,4.60,5.10, SURF_ID='BETONG'/ t_t2
 99 &OBST XB=31.50,32.00,10.60,11.50,0.80,5.10, SURF_ID='BETONG'/ smallwall_l
 100 &OBST XB=31.50,32.00,4.50,5.40,0.80,5.10, SURF_ID='BETONG'/ smallwall_r
 101 &OBST XB=32.00,182.00,4.00,12.00,0.00,1.30, COLOR='GRAY 40', SURF_ID='BETONG'/ platform
 102 &OBST XB=32.00,182.00,0.00,16.00,-0.50,0.00, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ stationsgolv
 103 &OBST XB=32.00,182.00,0.00,16.00,4.60,5.10, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ stationstak
 104 &OBST XB=-6.50,220.00,-0.50,0.00,-0.50,5.10, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ swr_station
 105 &OBST XB=-6.50,220.00,16.00,16.50,-0.50,5.10, SURF_ID='BETONG'/ swl_station
 106 &OBST XB=194.00,220.00,0.00,16.00,5.10,5.60, SURF_ID='BETONG'/ g_bh[1]
 107 &OBST XB=194.00,214.00,0.00,16.00,7.90,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ t_bh[1]
 108 &OBST XB=193.50,214.50,-0.50,0.00,5.10,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ rw_bh[1]
 109 &OBST XB=193.50,214.50,16.00,16.50,5.10,8.40, SURF_ID='BETONG'/ lw_bh[1]
 110 &OBST XB=193.50,194.00,0.00,5.90,5.10,8.40, SURF_ID='BETONG'/ fwr_bh[1]
 111 &OBST XB=193.50,194.00,10.10,16.00,5.10,8.40, SURF_ID='BETONG'/ fwl_bh[1]
 112 &OBST XB=182.00,220.00,11.50,12.00,-0.50,5.10, SURF_ID='BETONG'/ sw_t1[1]
 113 &OBST XB=182.00,220.00,4.00,4.50,-0.50,5.10, SURF_ID='BETONG'/ sw_t2[1]
 114 &OBST XB=182.00,220.00,12.00,16.00,-0.50,0.00, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ f_t1[1]
 115 &OBST XB=182.00,220.00,0.00,4.00,-0.50,0.00, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ f_t2[1]
 116 &OBST XB=182.00,194.00,12.00,16.00,4.60,5.10, SURF_ID='BETONG'/ t_t1[1]
 117 &OBST XB=182.00,194.00,0.00,4.00,4.60,5.10, SURF_ID='BETONG'/ t_t2[1]
 118 &OBST XB=182.00,182.50,10.60,11.50,0.80,5.10, SURF_ID='BETONG'/ smallwall_l[1]
 119 &OBST XB=182.00,182.50,4.50,5.40,0.80,5.10, SURF_ID='BETONG'/ smallwall_r[1]
 120 &OBST XB=42.00,160.00,0.50,3.50,1.00,3.50, RGB=51,51,255, SURF_ID='ADIABATIC'/ train
 121 &OBST XB=165.00,167.00,1.00,3.00,0.00,0.1000, COLOR='RED', SURF_ID='INERT'/ firebox
 122 &OBST XB=214.00,214.50,3.40,12.00,5.60,8.40, SURF_ID='BETONG'/ bw_bh[1]
 123
 124 &OBST XB=32.00,32.61,5.50,9.70,5.40,6.00, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 125 &OBST XB=22.38,23.58,6.10,6.70,7.20,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 126 &OBST XB=22.98,23.58,5.50,6.10,7.80,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 127 &OBST XB=23.58,24.18,6.10,6.70,7.20,7.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 128 &OBST XB=24.18,26.59,6.10,7.30,6.60,7.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 129 &OBST XB=24.78,26.59,5.50,6.10,7.20,7.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 130 &OBST XB=25.38,25.98,7.30,7.90,6.60,7.20, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 131 &OBST XB=25.98,26.59,7.30,7.90,6.60,7.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 132 &OBST XB=26.59,27.19,6.10,7.90,6.60,7.20, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 133 &OBST XB=26.59,28.99,5.50,6.10,6.60,7.20, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 134 &OBST XB=27.19,27.79,7.90,8.50,6.00,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 135 &OBST XB=27.19,28.99,6.10,7.90,6.00,7.20, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 136 &OBST XB=27.79,28.99,7.90,8.50,6.00,7.20, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 137 &OBST XB=28.99,30.20,6.10,9.10,6.00,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 138 &OBST XB=28.99,30.80,5.50,6.10,6.00,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 139 &OBST XB=30.20,32.00,6.10,9.10,5.40,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 140 &OBST XB=30.80,32.00,5.50,6.10,5.40,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 141 &OBST XB=30.80,32.00,9.10,9.70,5.40,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak1 [Segment]
 142 &OBST XB=32.00,32.61,9.70,10.30,5.40,6.00, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 143 &OBST XB=19.37,19.97,5.50,10.30,7.80,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 144 &OBST XB=19.97,20.57,5.50,10.30,7.80,9.00, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 145 &OBST XB=20.57,21.17,6.10,10.30,7.80,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 146 &OBST XB=21.17,22.38,6.10,6.70,7.20,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 147 &OBST XB=21.17,23.58,6.70,10.30,7.20,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 148 &OBST XB=23.58,24.18,6.70,10.30,7.20,7.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 149 &OBST XB=24.18,25.38,7.30,7.90,6.60,7.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 150 &OBST XB=24.18,26.59,7.90,10.30,6.60,7.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]

151 &OBST XB=25.38,25.98,7.30,7.90,7.20,7.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 152 &OBST XB=26.59,27.19,8.50,10.30,6.60,7.20, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 153 &OBST XB=26.59,27.79,7.90,8.50,6.60,7.20, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 154 &OBST XB=27.19,28.99,8.50,10.30,6.00,7.20, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 155 &OBST XB=28.99,30.20,9.10,10.30,6.00,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 156 &OBST XB=30.20,30.80,9.10,9.70,5.40,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 157 &OBST XB=30.20,32.00,9.70,10.30,5.40,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trapptak2 [Segment]
 158 &OBST XB=32.00,32.61,5.50,10.30,1.20,1.80, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 159 &OBST XB=19.37,19.97,5.50,6.10,4.80,5.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 160 &OBST XB=19.97,20.57,5.50,6.10,4.80,6.00, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 161 &OBST XB=20.57,22.38,5.50,6.70,4.20,5.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 162 &OBST XB=22.38,24.18,5.50,7.30,3.60,4.80, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 163 &OBST XB=23.58,24.18,7.30,7.90,3.60,4.20, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 164 &OBST XB=24.18,25.38,5.50,7.90,3.00,4.20, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 165 &OBST XB=25.38,25.98,5.50,8.50,3.00,3.60, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 166 &OBST XB=25.98,27.19,5.50,8.50,2.40,3.60, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 167 &OBST XB=27.19,28.99,5.50,9.10,1.80,3.00, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 168 &OBST XB=28.99,30.80,5.50,9.70,1.20,2.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 169 &OBST XB=30.80,32.00,5.50,10.30,0.60,1.80, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv1 [Segment]
 170 &OBST XB=19.37,19.97,6.10,10.30,4.80,5.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv2 [Segment]
 171 &OBST XB=19.97,20.57,6.10,9.70,4.80,6.00, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv2 [Segment]
 172 &OBST XB=20.57,22.38,6.70,9.70,4.20,5.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv2 [Segment]
 173 &OBST XB=22.38,23.58,7.30,7.90,3.60,4.80, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv2 [Segment]
 174 &OBST XB=22.38,24.18,7.90,9.70,3.60,4.80, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv2 [Segment]
 175 &OBST XB=23.58,24.18,7.30,7.90,4.20,4.80, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv2 [Segment]
 176 &OBST XB=24.18,25.38,7.90,9.70,3.00,4.20, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv2 [Segment]
 177 &OBST XB=25.38,25.98,8.50,9.70,3.00,3.60, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv2 [Segment]
 178 &OBST XB=25.98,27.19,8.50,9.70,2.40,3.60, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv2 [Segment]
 179 &OBST XB=27.19,27.79,9.70,10.30,1.80,2.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv2 [Segment]
 180 &OBST XB=27.19,28.99,9.10,9.70,1.80,3.00, COLOR='GRAY 20', SURF_ID='BETONG'/ trappgolv2 [Segment]
 181 &OBST XB=32.00,32.61,9.70,10.90,0.60,1.20, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 182 &OBST XB=19.97,20.57,9.70,10.30,4.80,7.80, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 183 &OBST XB=19.97,20.57,10.30,10.90,4.80,9.00, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 184 &OBST XB=20.57,21.17,9.70,10.30,4.20,7.80, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 185 &OBST XB=20.57,21.17,10.30,10.90,4.20,8.40, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 186 &OBST XB=21.17,22.38,9.70,10.30,4.20,7.20, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 187 &OBST XB=21.17,22.38,10.30,10.90,4.20,7.80, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 188 &OBST XB=22.38,22.98,9.70,10.90,3.60,7.20, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 189 &OBST XB=22.98,24.18,9.70,10.90,3.60,6.60, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 190 &OBST XB=24.18,24.78,9.70,10.90,3.00,6.00, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 191 &OBST XB=24.78,25.98,9.70,10.90,3.00,5.40, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 192 &OBST XB=25.98,26.59,9.70,10.90,2.40,4.80, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 193 &OBST XB=26.59,27.79,9.70,10.90,2.40,4.20, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 194 &OBST XB=27.79,28.39,9.70,10.90,1.80,3.60, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 195 &OBST XB=28.39,28.99,9.70,10.90,1.80,3.00, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 196 &OBST XB=28.99,29.59,9.70,10.90,1.20,3.00, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 197 &OBST XB=29.59,30.20,9.70,10.90,1.20,2.40, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 198 &OBST XB=30.20,30.80,9.70,10.90,1.20,1.80, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 199 &OBST XB=30.80,31.40,10.30,10.90,0.60,1.80, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 200 &OBST XB=31.40,32.00,10.30,10.90,0.60,1.20, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_11 [Segment]
 201 &OBST XB=32.00,32.61,10.30,10.90,1.20,5.40, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 202 &OBST XB=32.00,32.61,9.70,10.30,1.80,5.40, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 203 &OBST XB=21.17,22.38,10.30,10.90,7.80,8.40, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 204 &OBST XB=22.38,22.98,10.30,10.90,7.20,8.40, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 205 &OBST XB=22.98,24.18,9.70,10.30,6.60,7.20, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 206 &OBST XB=22.98,24.18,10.30,10.90,6.60,7.80, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 207 &OBST XB=24.18,24.78,9.70,10.30,6.00,6.60, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 208 &OBST XB=24.18,24.78,10.30,10.90,6.00,7.80, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 209 &OBST XB=24.78,25.98,9.70,10.30,5.40,6.60, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 210 &OBST XB=24.78,25.98,10.30,10.90,5.40,7.20, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 211 &OBST XB=25.98,26.59,9.70,10.30,4.80,6.60, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 212 &OBST XB=25.98,26.59,10.30,10.90,4.80,7.20, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 213 &OBST XB=26.59,27.19,9.70,10.30,4.20,6.60, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 214 &OBST XB=26.59,27.79,10.30,10.90,4.20,6.60, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 215 &OBST XB=27.19,27.79,9.70,10.30,4.20,6.00, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 216 &OBST XB=27.79,28.39,9.70,10.30,3.60,6.00, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 217 &OBST XB=27.79,28.39,10.30,10.90,3.60,6.60, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 218 &OBST XB=28.39,28.99,10.30,10.90,3.00,6.60, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 219 &OBST XB=28.39,29.59,9.70,10.30,3.00,6.00, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 220 &OBST XB=28.99,29.59,10.30,10.90,3.00,6.00, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 221 &OBST XB=29.59,30.20,9.70,10.90,2.40,6.00, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 222 &OBST XB=30.20,30.80,10.30,10.90,1.80,6.00, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 223 &OBST XB=30.20,32.00,9.70,10.30,1.80,5.40, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 224 &OBST XB=30.80,31.40,10.30,10.90,1.80,5.40, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 225 &OBST XB=31.40,32.00,10.30,10.90,1.20,5.40, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_12 [Segment]
 226 &OBST XB=19.97,20.57,4.90,5.50,4.80,8.40, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r1 [Segment]
 227 &OBST XB=19.97,20.57,5.50,6.10,6.00,7.80, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r1 [Segment]
 228 &OBST XB=20.57,21.17,4.90,5.50,4.20,7.80, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r1 [Segment]
 229 &OBST XB=20.57,21.17,5.50,6.10,5.40,7.80, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r1 [Segment]
 230 &OBST XB=21.17,22.38,4.90,5.50,4.20,7.20, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r1 [Segment]
 231 &OBST XB=21.17,22.38,5.50,6.10,5.40,7.20, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r1 [Segment]
 232 &OBST XB=22.38,22.98,4.90,5.50,3.60,6.60, SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r1 [Segment]

233	&OBST XB=22.38,22.98,5.50,6.10,4.80,6.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
234	&OBST XB=22.98,24.18,4.90,5.50,3.60,6.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
235	&OBST XB=22.98,24.18,5.50,6.10,4.80,6.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
236	&OBST XB=24.18,24.78,4.90,5.50,3.00,5.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
237	&OBST XB=24.18,24.78,5.50,6.10,4.20,5.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
238	&OBST XB=24.78,25.38,5.50,6.10,4.20,4.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
239	&OBST XB=24.78,25.98,4.90,5.50,3.00,4.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
240	&OBST XB=25.38,25.98,5.50,6.10,3.60,4.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
241	&OBST XB=25.98,26.59,4.90,5.50,2.40,4.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
242	&OBST XB=25.98,26.59,5.50,6.10,3.60,4.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
243	&OBST XB=26.59,27.79,4.90,5.50,2.40,3.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
244	&OBST XB=27.19,27.79,5.50,6.10,3.00,3.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
245	&OBST XB=27.79,28.39,4.90,5.50,1.80,3.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
246	&OBST XB=28.39,28.99,4.90,5.50,1.80,2.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
247	&OBST XB=28.99,29.59,4.90,5.50,1.20,2.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
248	&OBST XB=29.59,30.20,4.90,5.50,1.20,1.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
249	&OBST XB=30.80,31.40,4.90,5.50,0.60,1.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1 [Segment]
250	&OBST XB=32.00,32.61,5.50,6.10,0.60,1.20, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
251	&OBST XB=32.00,32.61,4.90,5.50,0.60,5.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
252	&OBST XB=32.00,32.61,5.50,6.10,1.80,5.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
253	&OBST XB=19.97,20.57,4.90,5.50,8.40,9.00, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
254	&OBST XB=20.57,21.17,4.90,6.10,7.80,8.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
255	&OBST XB=21.17,22.38,4.90,6.10,7.20,8.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
256	&OBST XB=22.38,22.98,4.90,6.10,6.60,8.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
257	&OBST XB=22.98,24.18,4.90,6.10,6.00,7.80, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
258	&OBST XB=24.18,24.78,4.90,6.10,5.40,7.80, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
259	&OBST XB=24.78,25.98,4.90,6.10,4.80,7.20, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
260	&OBST XB=25.98,26.59,4.90,6.10,4.20,7.20, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
261	&OBST XB=26.59,27.79,4.90,6.10,3.60,6.60, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
262	&OBST XB=27.79,28.39,4.90,5.50,3.00,6.60, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
263	&OBST XB=27.79,28.99,5.50,6.10,3.00,6.60, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
264	&OBST XB=28.39,28.99,4.90,5.50,2.40,6.60, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
265	&OBST XB=28.99,29.59,4.90,5.50,2.40,6.00, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
266	&OBST XB=28.99,30.80,5.50,6.10,2.40,6.00, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
267	&OBST XB=29.59,30.20,4.90,5.50,1.80,6.00, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
268	&OBST XB=30.20,30.80,4.90,5.50,1.20,6.00, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
269	&OBST XB=30.80,31.40,4.90,5.50,1.20,5.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
270	&OBST XB=30.80,32.00,5.50,6.10,1.80,5.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
271	&OBST XB=31.40,32.00,4.90,5.50,0.60,5.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2 [Segment]
272	&OBST XB=181.59,182.85,9.70,10.30,5.40,6.60, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
273	&OBST XB=181.59,184.11,5.50,9.70,5.40,6.60, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
274	&OBST XB=184.11,184.74,5.50,9.70,6.00,6.60, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
275	&OBST XB=184.74,186.63,8.50,9.10,6.00,7.20, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
276	&OBST XB=184.74,187.26,5.50,8.50,6.00,7.20, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
277	&OBST XB=187.26,187.89,5.50,8.50,6.60,7.20, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
278	&OBST XB=187.89,188.52,7.90,8.50,6.60,7.80, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
279	&OBST XB=187.89,189.78,7.30,7.90,6.60,7.80, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
280	&OBST XB=187.89,190.41,5.50,7.30,6.60,7.80, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
281	&OBST XB=190.41,191.67,6.70,7.30,7.20,8.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
282	&OBST XB=190.41,192.93,5.50,6.70,7.20,8.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
283	&OBST XB=192.93,193.56,5.50,6.70,7.80,8.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
284	&OBST XB=193.56,194.19,5.50,6.10,7.80,9.00, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak1[1] [Segment]
285	&OBST XB=182.85,184.11,9.70,10.30,5.40,6.60, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
286	&OBST XB=184.11,184.74,9.70,10.30,6.00,6.60, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
287	&OBST XB=184.74,187.26,9.10,10.30,6.00,7.20, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
288	&OBST XB=186.63,187.26,8.50,9.10,6.00,7.20, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
289	&OBST XB=187.26,187.89,8.50,10.30,6.60,7.20, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
290	&OBST XB=187.89,190.41,8.50,10.30,6.60,7.80, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
291	&OBST XB=188.52,190.41,7.90,8.50,6.60,7.80, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
292	&OBST XB=189.78,190.41,7.30,7.90,6.60,7.80, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
293	&OBST XB=190.41,192.93,7.30,10.30,7.20,8.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
294	&OBST XB=191.67,192.93,6.70,7.30,7.20,8.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
295	&OBST XB=192.93,193.56,6.70,10.30,7.80,8.40, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
296	&OBST XB=193.56,194.19,6.10,10.30,7.80,9.00, COLOR=INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trapptak2[1] [Segment]
297	&OBST XB=181.59,182.85,9.10,9.70,0.60,1.80, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
298	&OBST XB=181.59,182.85,5.50,6.10,1.20,1.80, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
299	&OBST XB=181.59,183.48,6.10,9.10,0.60,1.80, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
300	&OBST XB=182.85,183.48,5.50,6.10,0.60,1.20, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
301	&OBST XB=182.85,183.48,9.10,9.70,0.60,1.20, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
302	&OBST XB=183.48,184.74,6.10,9.10,1.20,2.40, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
303	&OBST XB=184.74,185.37,6.10,8.50,1.80,2.40, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
304	&OBST XB=185.37,186.63,6.10,8.50,1.80,3.00, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
305	&OBST XB=186.63,188.52,6.10,7.90,2.40,3.60, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
306	&OBST XB=187.89,188.52,5.50,6.10,2.40,3.00, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
307	&OBST XB=188.52,189.78,6.10,7.30,3.00,4.20, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
308	&OBST XB=189.78,190.41,6.10,6.70,3.60,4.20, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
309	&OBST XB=190.41,191.67,6.10,6.70,3.60,4.80, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
310	&OBST XB=192.93,193.56,5.50,6.10,4.20,4.80, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv1[1] [Segment]
311	&OBST XB=181.59,183.48,9.70,10.30,0.60,1.80, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv2[1] [Segment]
312	&OBST XB=182.85,183.48,9.10,9.70,1.20,1.80, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv2[1] [Segment]
313	&OBST XB=183.48,184.74,9.10,10.30,1.20,2.40, COLOR=GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv2[1] [Segment]

314 &OBST XB=184.74,185.37,8.50,10.30,1.80,2.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv2[1] [Segment]

315 &OBST XB=185.37,186.63,8.50,10.30,1.80,3.00, COLOR='GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv2[1] [Segment]

316 &OBST XB=186.63,188.52,7.90,10.30,2.40,3.60, COLOR='GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv2[1] [Segment]

317 &OBST XB=188.52,189.78,7.30,10.30,3.00,4.20, COLOR='GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv2[1] [Segment]

318 &OBST XB=189.78,190.41,6.70,10.30,3.60,4.20, COLOR='GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv2[1] [Segment]

319 &OBST XB=190.41,191.67,6.70,10.30,3.60,4.80, COLOR='GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv2[1] [Segment]

320 &OBST XB=191.67,193.56,6.10,10.30,4.20,5.40, COLOR='GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv2[1] [Segment]

321 &OBST XB=193.56,194.19,6.10,10.30,4.80,6.00, COLOR='GRAY 20', SURF_ID=BETONG/ trappgolv2[1] [Segment]

322 &OBST XB=181.59,182.85,10.30,10.90,0.60,1.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

323 &OBST XB=182.85,183.48,10.30,10.90,1.20,1.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

324 &OBST XB=183.48,184.74,10.30,10.90,1.20,2.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

325 &OBST XB=184.74,185.37,10.30,10.90,1.80,3.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

326 &OBST XB=184.74,185.37,9.70,10.30,2.40,3.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

327 &OBST XB=185.37,186.00,10.30,10.90,1.80,3.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

328 &OBST XB=185.37,186.00,9.70,10.30,3.00,3.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

329 &OBST XB=186.00,186.63,10.30,10.90,1.80,4.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

330 &OBST XB=186.00,186.63,9.70,10.30,3.00,4.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

331 &OBST XB=186.63,187.26,10.30,10.90,2.40,4.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

332 &OBST XB=186.63,187.26,9.70,10.30,3.60,4.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

333 &OBST XB=187.26,187.89,10.30,10.90,2.40,4.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

334 &OBST XB=187.26,187.89,9.70,10.30,3.60,4.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

335 &OBST XB=187.89,188.52,9.70,10.30,3.60,5.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

336 &OBST XB=187.89,189.15,10.30,10.90,3.00,5.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

337 &OBST XB=188.52,189.15,9.70,10.30,4.20,5.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

338 &OBST XB=189.15,189.78,10.30,10.90,3.00,6.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

339 &OBST XB=189.15,189.78,9.70,10.30,4.20,6.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

340 &OBST XB=189.78,190.41,9.70,10.30,4.20,6.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

341 &OBST XB=189.78,191.04,10.30,10.90,3.60,6.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

342 &OBST XB=190.41,191.04,9.70,10.30,4.80,6.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

343 &OBST XB=191.04,191.67,10.30,10.90,3.60,7.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

344 &OBST XB=191.04,191.67,9.70,10.30,4.80,7.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

345 &OBST XB=191.67,192.93,10.30,10.90,4.20,7.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

346 &OBST XB=191.67,192.93,9.70,10.30,5.40,7.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

347 &OBST XB=192.93,193.56,10.30,10.90,4.80,8.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

348 &OBST XB=192.93,193.56,9.70,10.30,5.40,7.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

349 &OBST XB=193.56,194.19,10.30,10.90,4.80,9.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

350 &OBST XB=193.56,194.19,9.70,10.30,6.00,7.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_1[1] [Segment]

351 &OBST XB=181.59,182.85,10.30,10.90,1.20,5.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

352 &OBST XB=181.59,183.48,9.70,10.30,1.80,5.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

353 &OBST XB=182.85,183.48,10.30,10.90,1.80,6.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

354 &OBST XB=183.48,184.11,9.70,10.30,2.40,5.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

355 &OBST XB=183.48,184.74,10.30,10.90,2.40,6.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

356 &OBST XB=184.11,184.74,9.70,10.30,2.40,6.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

357 &OBST XB=184.74,185.37,9.70,10.30,3.00,6.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

358 &OBST XB=185.37,186.00,9.70,10.30,3.60,6.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

359 &OBST XB=185.37,186.00,10.30,10.90,3.60,6.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

360 &OBST XB=186.00,187.26,9.70,10.30,4.20,6.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

361 &OBST XB=186.00,187.26,10.30,10.90,4.20,6.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

362 &OBST XB=187.26,187.89,9.70,10.30,4.80,6.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

363 &OBST XB=187.26,187.89,10.30,10.90,4.80,7.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

364 &OBST XB=187.89,189.15,9.70,10.30,5.40,6.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

365 &OBST XB=187.89,189.15,10.30,10.90,5.40,7.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

366 &OBST XB=189.15,189.78,9.70,10.30,6.00,6.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

367 &OBST XB=189.15,189.78,10.30,10.90,6.00,7.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

368 &OBST XB=189.78,191.04,10.30,10.90,6.60,7.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

369 &OBST XB=190.41,191.04,9.70,10.30,6.60,7.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

370 &OBST XB=191.04,191.67,10.30,10.90,7.20,8.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

371 &OBST XB=191.67,192.93,10.30,10.90,7.80,8.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_12[1] [Segment]

372 &OBST XB=181.59,182.85,4.90,6.10,0.60,1.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

373 &OBST XB=182.85,183.48,4.90,6.10,1.20,1.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

374 &OBST XB=183.48,184.74,4.90,6.10,1.20,2.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

375 &OBST XB=184.74,185.37,4.90,6.10,1.80,3.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

376 &OBST XB=185.37,186.00,4.90,6.10,1.80,3.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

377 &OBST XB=186.00,186.63,4.90,6.10,1.80,4.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

378 &OBST XB=186.63,187.26,4.90,6.10,2.40,4.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

379 &OBST XB=187.26,187.89,4.90,6.10,2.40,4.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

380 &OBST XB=187.89,189.15,4.90,6.10,3.00,5.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

381 &OBST XB=189.15,189.78,4.90,6.10,3.00,6.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

382 &OBST XB=189.78,191.04,4.90,6.10,3.60,6.60, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

383 &OBST XB=191.04,191.67,4.90,6.10,3.60,7.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

384 &OBST XB=191.67,192.93,5.50,6.10,4.20,7.20, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

385 &OBST XB=191.67,192.93,4.90,5.50,4.20,7.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

386 &OBST XB=192.93,193.56,4.90,5.50,4.80,8.40, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

387 &OBST XB=192.93,194.19,5.50,6.10,4.80,7.80, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

388 &OBST XB=193.56,194.19,4.90,5.50,4.80,9.00, SURF_ID=BETONG/ trappsida_r1[1] [Segment]

389 &OBST XB=181.59,182.85,4.90,5.50,1.20,5.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2[1] [Segment]

390 &OBST XB=181.59,183.48,5.50,6.10,1.80,5.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2[1] [Segment]

391 &OBST XB=182.85,183.48,4.90,5.50,1.80,6.00, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2[1] [Segment]

392 &OBST XB=183.48,184.11,5.50,6.10,2.40,5.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2[1] [Segment]

393 &OBST XB=183.48,184.74,4.90,5.50,2.40,6.00, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2[1] [Segment]

394 &OBST XB=184.11,184.74,5.50,6.10,2.40,6.00, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2[1] [Segment]

395 &OBST XB=184.74,185.37,4.90,6.10,3.00,6.00, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID=BETONG/ trappsida_r2[1] [Segment]

```

396 &OBST XB=185.37,186.00,5.50,6.10,3.60,6.00, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
397 &OBST XB=185.37,186.00,4.90,5.50,3.60,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
398 &OBST XB=186.00,187.26,5.50,6.10,4.20,6.00, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
399 &OBST XB=186.00,187.26,4.90,5.50,4.20,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
400 &OBST XB=187.26,187.89,5.50,6.10,4.80,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
401 &OBST XB=187.26,187.89,4.90,5.50,4.80,7.20, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
402 &OBST XB=187.89,189.15,5.50,6.10,5.40,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
403 &OBST XB=187.89,189.15,4.90,5.50,5.40,7.20, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
404 &OBST XB=189.15,189.78,5.50,6.10,6.00,6.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
405 &OBST XB=189.15,189.78,4.90,5.50,6.00,7.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
406 &OBST XB=189.78,191.04,4.90,5.50,6.60,7.80, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
407 &OBST XB=190.41,191.04,5.50,6.10,6.60,7.20, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
408 &OBST XB=191.04,191.67,4.90,5.50,7.20,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
409 &OBST XB=191.67,192.93,4.90,5.50,7.80,8.40, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='BETONG'/ trappsida_r2[1] [Segment]
410
411 &VENT SURF_ID='FIRE', XB=165.00,167.00,1.00,3.00,0.1000,0.1000, IOR=3, RGB=255,0,51/ fire
412 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=220.00,220.00,-0.50,17.50,0.00,9.00, COLOR='INVISIBLE'/ vent[1]
413 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=214.50,220.00,-0.50,17.50,9.00,9.00, COLOR='INVISIBLE'/ vent_up[1]
414 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=-6.50,-6.50,-0.50,17.50,0.00,9.00, COLOR='INVISIBLE'/ vent
415 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=-6.50,-1.00,-0.50,17.50,9.00,9.00, COLOR='INVISIBLE'/ vent_up
416
417 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=2.00/
418 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=166.00/
419 &SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=2.00/
420 &SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=166.00/
421 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=8.00/
422 &SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=8.00/
423 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=14.00/
424 &SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=14.00/
425 &SLCF QUANTITY='visibility', PBX=8.00/
426
427 &TAIL /

```

Indata brand 1 (6,9 milj. celler)

I princip som scenario 1 ovan, fast med följande mesh

```

&MESH ID='brand', IJK=60,100,120, XB=163.00,166.00,-0.50,4.50,0.00,6.00, MPI_PROCESS=0/ 720.000
&MESH ID='brand2', IJK=60,100,120, XB=166.00,169.00,-0.50,4.50,0.00,6.00, MPI_PROCESS=1/ 720.000
&MESH ID='MESH02', IJK=80,180,60, XB=169.00,177.00,-0.50,17.50,0.00,6.00, MPI_PROCESS=2/ 864.000
&MESH ID='MESH03', IJK=80,180,60, XB=155.00,163.00,-0.50,17.50,0.00,6.00, MPI_PROCESS=3/ 864.000
&MESH ID='MESH04', IJK=215,90,45, XB=177.00,220.00,-0.50,17.50,0.00,9.00, MPI_PROCESS=4/ 870.750
&MESH ID='MESH05', IJK=325,90,30, XB=90.00,155.00,-0.50,17.50,0.00,6.00, MPI_PROCESS=5/ 877.500
&MESH ID='MESH06', IJK=290,90,30, XB=32.00,90.00,-0.50,17.50,0.00,6.00, MPI_PROCESS=6/ 783.000
&MESH ID='MESH07', IJK=190,90,45, XB=-6.00,32.00,-0.50,17.50,0.00,9.00, MPI_PROCESS=7/ 769.500
&MESH ID='MESH', IJK=60,120,60, XB=163.00,169.00,4.50,16.50,0.00,6.00, MPI_PROCESS=7/ 432.000

```

Cellstorleken påverkar dock antalet segment kring trapporna och på grund av indatafilens storlek, redovisas inte den här. Ta kontakt med författarna om denna vill erhållas.

Indata brand 2

Rader 1-9 byts ut mot

```

&HEAD CHID='SCEN2'/
&TIME T_END=600.00/
&DUMP RENDER_FILE='SCEN2.ge1', DT_HRR=5.00, DT_SLCF=10.00/

```

```

&MESH ID='brand', IJK=30,30,27, XB=206.00,212.00,-0.50,5.50,0.00,5.40/
&MESH ID='MESH03', IJK=10,20,15, XB=206.00,212.00,5.50,17.50,0.00,9.00/
&MESH ID='MESH', IJK=42,30,15, XB=181.00,206.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/
&MESH ID='MESH04', IJK=250,30,10, XB=32.00,181.00,-0.50,17.50,0.00,6.00/
&MESH ID='MESH06', IJK=10,10,6, XB=206.00,212.00,-0.50,5.50,5.40,9.00/
&MESH ID='MESH05', IJK=12,30,15, XB=212.00,220.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/
&MESH ID='MESH02', IJK=64,30,15, XB=-6.50,32.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/

```

Rader 55-57 byts ut mot

```

&SURF ID='SUPPLY',
  RGB=26,204,26,
  VEL=-0.2500/

```

Rad 120 tas bort och rad 121 byts ut mot

&OBST XB=208.00,210.00,1.00,3.00,0.00,0.1000, RGB=255,0,51, SURF_ID='INERT'/ firebox

Rad 411 byts ut mot

&VENT SURF_ID='FIRE', XB=208.00,210.00,1.00,3.00,0.1000,0.1000, IOR=3, RGB=255,0,51/ fire
&VENT SURF_ID='SUPPLY', XB=220.00,220.00,-0.50,4.50,-0.50,5.30, IOR=-1, COLOR='INVISIBLE'/ backvent

Indata brand 3

Rader 1-9 byts ut mot

&HEAD CHID='SCEN3'/
&TIME T_END=600.00/
&DUMP RENDER_FILE='SCEN3.ge1', DT_HRR=5.00, DT_SLCF=10.00/

&MESH ID='brand', IJK=27,24,30, XB=163.80,169.20,5.50,10.30,0.00,6.00/
&MESH ID='MESH03', IJK=9,12,10, XB=163.80,169.20,10.30,17.50,0.00,6.00/
&MESH ID='MESH05', IJK=9,10,10, XB=163.80,169.20,-0.50,5.50,0.00,6.00/
&MESH ID='MESH', IJK=81,30,15, XB=169.20,220.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/
&MESH ID='MESH04', IJK=216,30,10, XB=32.00,163.80,-0.50,17.50,0.00,6.00/
&MESH ID='MESH02', IJK=64,30,15, XB=6.50,32.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/

Rader 38-53 byts ut mot

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=0.00, F=0.0100/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=30.00, F=0.0400/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=45.00, F=0.0900/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=60.00, F=0.1600/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=75.00, F=0.2500/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=90.00, F=0.3600/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=105.00, F=0.4900/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=120.00, F=0.64/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=135.00, F=0.81/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=150.00, F=1.00/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=900.00, F=1.00/

Rad 120 tas bort och rad 121 byts ut mot

&OBST XB=166.00,167.00,7.50,8.50,1.30,1.40, COLOR='RED', SURF_ID='INERT'/ firebox

Rad 411 byts ut mot

&VENT SURF_ID='FIRE', XB=166.00,167.00,7.50,8.50,1.40,1.40, IOR=3, RGB=255,0,51/ fire

Indata brand 1 med plattformsdörrar

Rader 1-3 byts ut mot

&HEAD CHID='SCEN1_PSD'/
&TIME T_END=600.00/
&DUMP RENDER_FILE='SCEN1_PSD.ge1', DT_HRR=5.00, DT_SLCF=10.00/

Följande ska läggas till

&HOLE XB=44.50,46.00,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd
&HOLE XB=51.00,52.50,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd2
&HOLE XB=57.50,59.00,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd3
&HOLE XB=64.00,65.50,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd4
&HOLE XB=70.50,72.00,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd5
&HOLE XB=77.00,78.50,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd6
&HOLE XB=83.50,85.00,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd7
&HOLE XB=90.00,91.50,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd8
&HOLE XB=96.50,98.00,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd9
&HOLE XB=103.00,104.50,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd10
&HOLE XB=109.50,111.00,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd11
&HOLE XB=116.00,117.50,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd12
&HOLE XB=122.50,124.00,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd13
&HOLE XB=129.00,130.50,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd14
&HOLE XB=135.50,137.00,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd15
&HOLE XB=142.00,143.50,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd16
&HOLE XB=148.50,150.00,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd17


```
&HOLE XB=155.00,156.50,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd18
&HOLE XB=161.30,162.80,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd19
&HOLE XB=166.50,168.00,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd20

&OBST XB=32.00,182.00,4.00,4.50,1.30,4.60, RGB=51,204,255, SURF_ID='ADIABATIC'/ psd_t2
&OBST XB=32.00,182.00,11.50,12.00,1.30,4.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/ psd_t1
```

Indata brand 2 med plattformsdörrar

Rader 1-9 byts ut mot

```
&HEAD CHID='SCEN2_PSD'/
&TIME T_END=600.00/
&DUMP RENDER_FILE='SCEN2_PSD.ge1', DT_HRR=5.00, DT_SLCF=10.00/

&MESH ID='brand', IJK=30,30,27, XB=206.00,212.00,-0.50,5.50,0.00,5.40/
&MESH ID='MESH03', IJK=10,20,15, XB=206.00,212.00,5.50,17.50,0.00,9.00/
&MESH ID='MESH', IJK=42,30,15, XB=181.00,206.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/
&MESH ID='MESH04', IJK=250,30,10, XB=32.00,181.00,-0.50,17.50,0.00,6.00/
&MESH ID='MESH06', IJK=10,10,6, XB=206.00,212.00,-0.50,5.50,5.40,9.00/
&MESH ID='MESH05', IJK=12,30,15, XB=212.00,220.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/
&MESH ID='MESH02', IJK=64,30,15, XB=6.50,32.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/
```

Följande ska läggas till

```
&SURF ID='SUPPLY',
  RGB=26,204,26,
  VEL=-0.2500/

&HOLE XB=155.00,156.50,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd18
&HOLE XB=161.30,162.80,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd19
&HOLE XB=167.50,169.00,3.90,4.60,1.30,3.50, RGB=51,255,153, TRANSPARENCY=0.4000/ psd20

&OBST XB=32.00,182.00,11.50,12.00,1.30,4.60, RGB=255,204,204, SURF_ID='ADIABATIC'/ psd_t1
&OBST XB=32.00,182.00,4.00,4.50,1.30,4.60, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/ psd_t2
```

Rad 120 tas bort och rad 121 byts ut mot

```
&OBST XB=208.00,210.00,1.00,3.00,0.00,0.1000, RGB=255,0,51, SURF_ID='INERT'/ firebox
```

Rad 411 byts ut mot

```
&VENT SURF_ID='FIRE', XB=208.00,210.00,1.00,3.00,0.1000,0.1000, IOR=3, RGB=255,0,51/ fire
&VENT SURF_ID='SUPPLY', XB=220.00,220.00,-0.50,4.50,-0.50,5.30, IOR=-1, COLOR='INVISIBLE'/ backvent
```

Indata brand 3 med plattformsdörrar

Rader 1-9 byts ut mot

```
&HEAD CHID='SCEN3_PSD'/
&TIME T_END=600.00/
&DUMP RENDER_FILE='SCEN3_PSD.ge1', DT_HRR=5.00, DT_SLCF=10.00/

&MESH ID='brand', IJK=27,24,30, XB=163.80,169.20,5.50,10.30,0.00,6.00/
&MESH ID='MESH03', IJK=9,12,10, XB=163.80,169.20,10.30,17.50,0.00,6.00/
&MESH ID='MESH05', IJK=9,10,10, XB=163.80,169.20,-0.50,5.50,0.00,6.00/
&MESH ID='MESH', IJK=81,30,15, XB=169.20,220.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/
&MESH ID='MESH04', IJK=216,30,10, XB=32.00,163.80,-0.50,17.50,0.00,6.00/
&MESH ID='MESH02', IJK=64,30,15, XB=6.50,32.00,-0.50,17.50,0.00,9.00/
```

Rader 38-53 byts ut mot

```
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=0.00, F=0.0100/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=30.00, F=0.0400/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=45.00, F=0.0900/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=60.00, F=0.1600/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=75.00, F=0.2500/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=90.00, F=0.3600/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=105.00, F=0.4900/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=120.00, F=0.64/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=135.00, F=0.81/
```

Plattformsdörrar som säkerhetshöjande åtgärd

&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=150.00, F=1.00/
&RAMP ID='FIRE_RAMP_Q', T=900.00, F=1.00/

Rad 120 tas bort och rad 121 byts ut mot

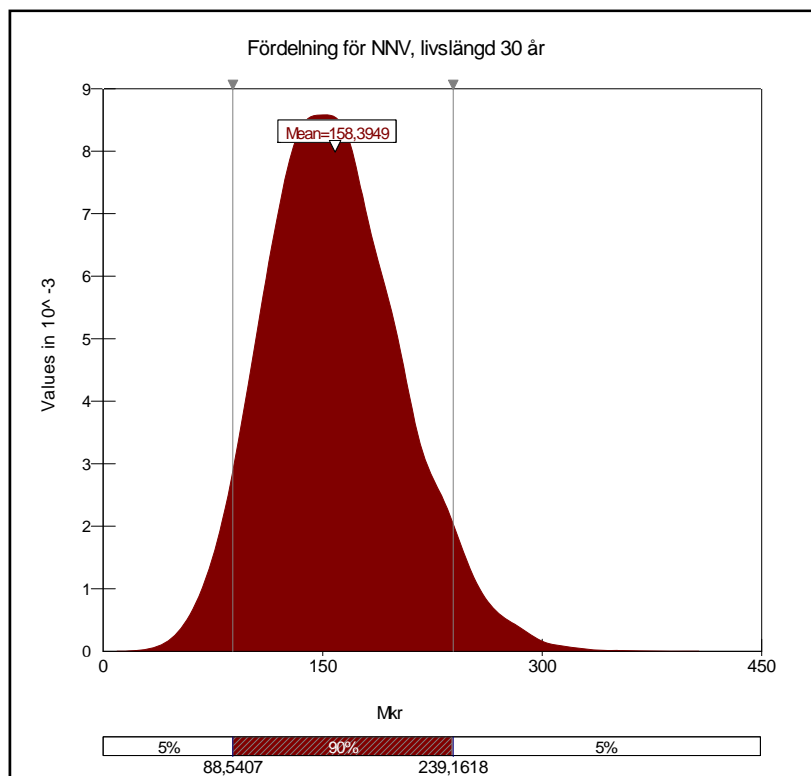
&OBST XB=166.00,167.00,7.50,8.50,1.30,1.40, COLOR='RED', SURF_ID='INERT'/ firebox

Rad 411 byts ut mot

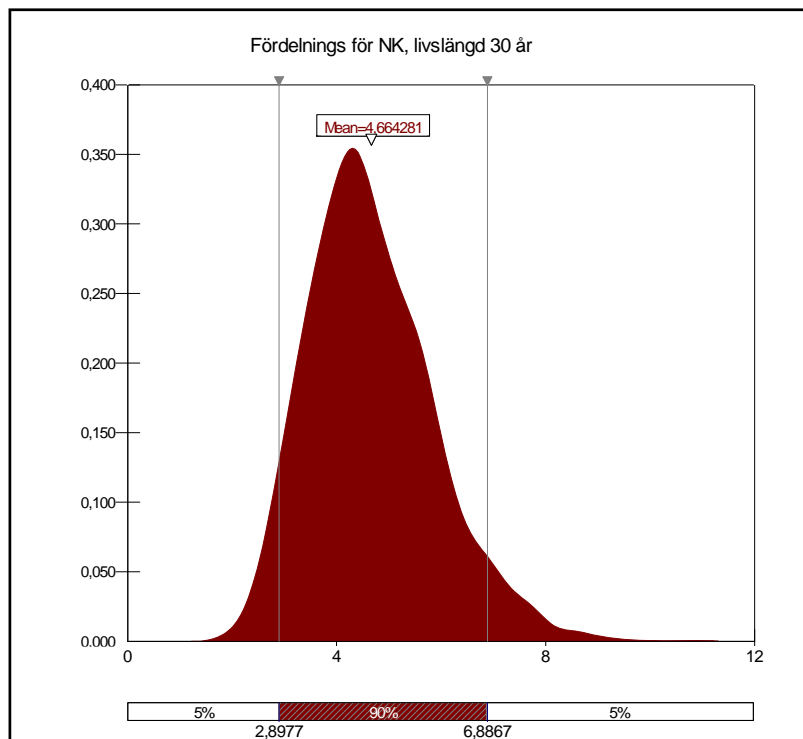
&VENT SURF_ID='FIRE', XB=166.00,167.00,7.50,8.50,1.40,1.40, IOR=3, RGB=255,0,51/ fire

Bilaga C – Resultat fallstudie

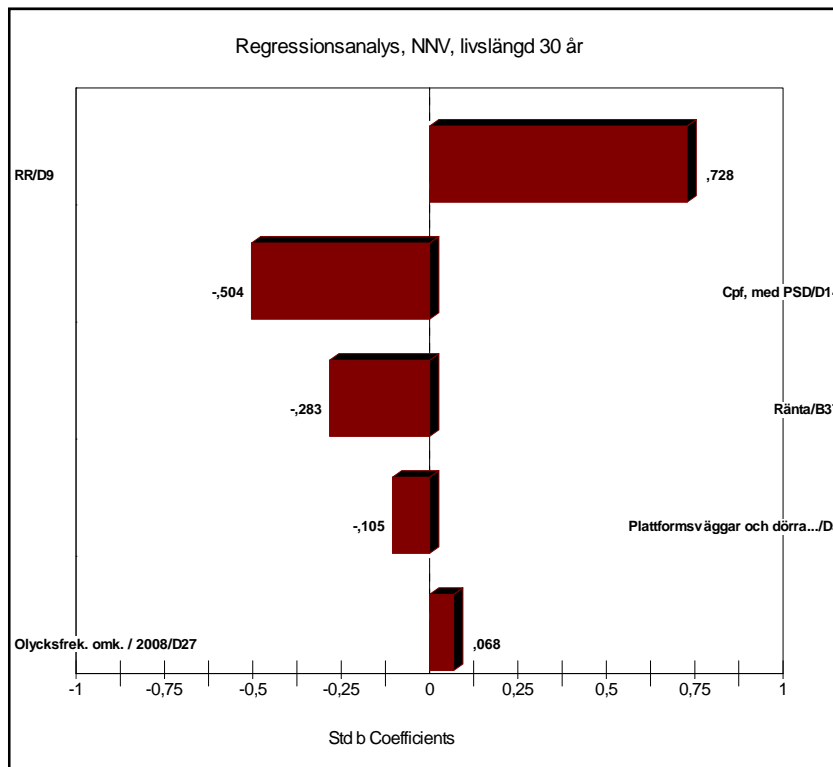
I denna bilaga redovisas resultaten av Monte-Carlo simuleringen avseende de ekonomiska livslängderna 30 respektive 40 år.



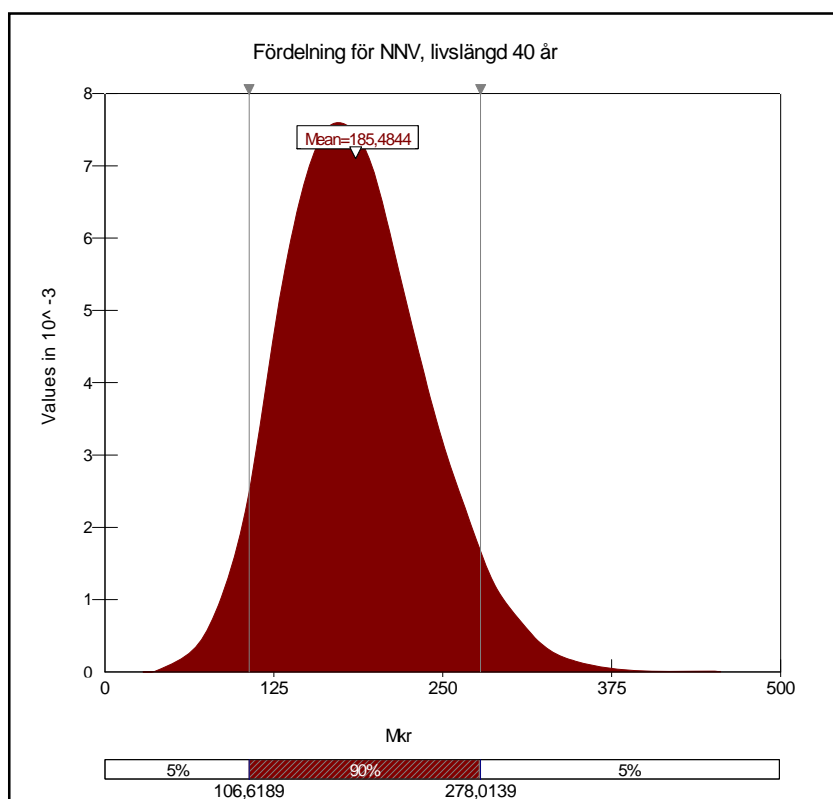
Figur 19: Resultat av Monte-Carlo simulering, nettonuvärde, ekonomisk livslängd 30 år.



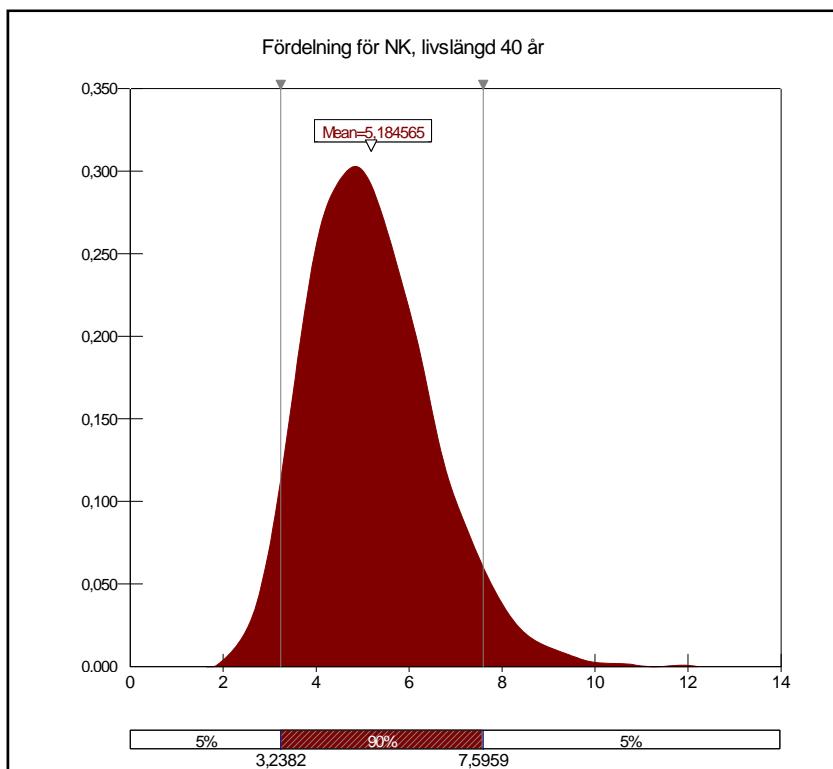
Figur 20: Resultat av Monte-Carlo simulering, nyttokostnadskvot, ekonomisk livslängd 30 år.



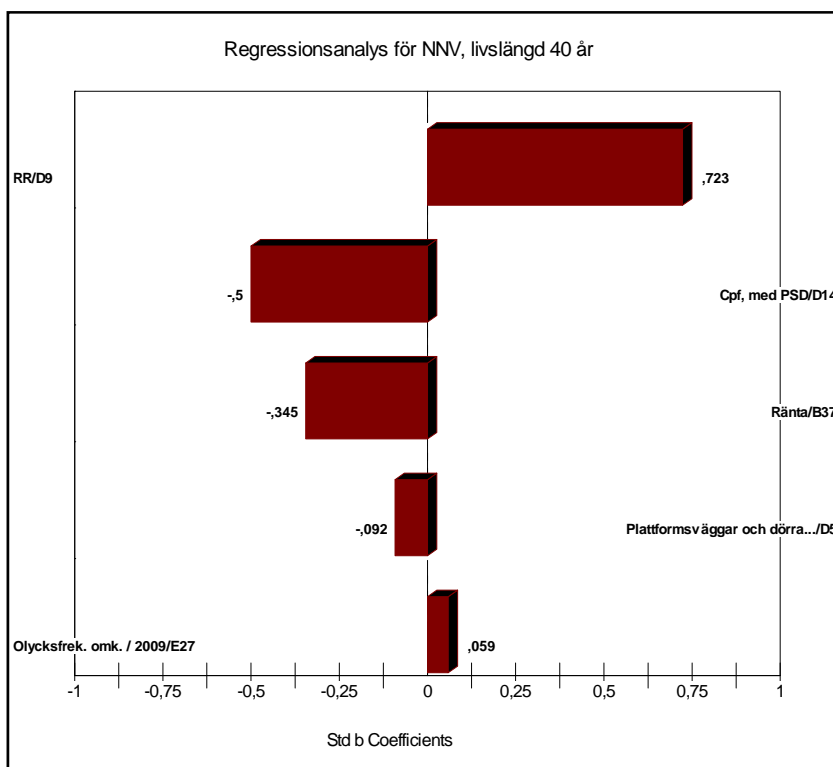
Figur 21: Regressionsanalys, nettonuvärde, ekonomisk livslängd 30 år.



Figur 22: Resultat av Monte-Carlo simulering, nettonuvärde, ekonomisk livslängd 40 år.



Figur 23: Resultat av Monte-Carlo simulering, nyttokostnadskvot, ekonomisk livslängd 40 år.



Figur 24: Regressionsanalys, nettonuvärde, ekonomisk livslängd 40 år.

