

# **Utvärdering av videoanalyismetoder för utrymning med tillämpning på hörn**

***Johan Nilsson & Robert Petersson***

---

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

**Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet**

**Report 5256, Lund 2008**



# **Utvärdering av videoanalyismetoder för utrymning med tillämpning på hörn**

**Johan Nilsson & Robert Petersson**

**Lund 2008**

Utvärdering av videoanalysmetoder för gångvägar med tillämpning på hörn

Evaluation of video analysis methods for walking paths with appliance on corners

Johan Nilsson & Robert Petersson

**Report 5256**

**ISSN: 1402-3504**

**ISRN: LUTVDG/TVBB--5256--SE**

Number of pages: 63

Illustrations: Johan Nilsson, Robert Petersson, Peter Thompson

Keywords

Pedestrian, Persias, evacuation, human behavior, corner

Sökord

Fotgängare, Persias, utrymning, människors beteende, hörn

Abstract

Evaluating evacuation experiments is a time consuming work. This report explores the possibilities of an automated time saving procedure with the help of ordinary computer programs and video cameras. Simplifying the procedure means that more types of tests can be made, i.e. walking paths of people turning corners. Trials were performed during two days with fire safety engineering students at the Faculty of Engineering, Lund University. During half of the trials the first day they wore helmets with colorful markings of paper. The objective was to see if the computer programs could recognize the subjects with or without the helmet. The objective of the second day was to explore how people walk and behave when turning corners. All the trials the second day the subjects wore helmets marked with colorful papers. The result show that people tend to walk after each other in lanes. This trend was obvious when the subjects were told to move faster and closer to each other. Trials made during these two days show that this is a reliable method to use but it not without flaws.

Författarna svarar för innehållet i rapporten.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2008.

---

Brandteknik och Riskhantering

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 Lund

Department of Fire Safety Engineering

and Systems Safety

Lund University

P.O. Box 118

SE-221 00 Lund

Sweden

## **Förord**

Detta projektarbete är genomfört i samarbete med avdelningen för Brandteknik och Riskhantering vid LTH.

Först och främst vill vi tacka vår handledare Daniel Nilsson för stort engagemang och tålmodigt arbete.

Vi vill även ge ett stort tack till Jonas Dürango för programmering av matlabprogram samt allmän hjälp med Matlab.

Tack till Sven-Ingemar Granemark på brandteknik och riskhantering för lån av verktyg till korridorsuppbyggnad.

Tack till Conny Svensson, LTH för utlåning av hjälmar till försöken.

Tack till Räddningsverkets skola i Revinge för utlåning av IR-kamera samt hjälmar till försöken.

Vi vill rikta ett stort tack till vänner och familj för hjälp och stöd.

Till sist ett stort tack till samtliga som deltog i försöken, utan er hade detta projektarbete inte varit möjligt.

Lund 2008

Johan och Robert

## Sammanfattning

Att analysera gångvägar vid utrymningsförsök är ett tidskrävande arbete. Med program för att analysera gångvägar, såsom Persias, måste varje försöksperson markeras manuellt. Detta tar, även för en erfaren användare, mycket tid. Går det på ett enkelt sätt få en dator att automatiskt markera försökspersonerna vore detta ett stort steg framåt. Målet med denna studie är att undersöka olika sätt att analysera ett utrymningsförsök med hjälp av videokameror och datorprogram.

Försök gjordes med studenter vid LTH som fick bära hjälmar med ditsatta färgade lappar för att se ifall bildbehandlingsprogram kunde känna igen lapparna. Allt filmades ovanifrån och gjordes sedan om till bildsekvenser. Det testades även att filma med en kamera som satt strax ovanför huvudena och som filmade vinklat in mot analysområdet. Under samma försök filmade även en IR-kamera ovanifrån för att testa om bildbehandlingsprogrammet lätt kunde urskilja försökspersoner utifrån IR-videofilmen. En analys med hjälp av Persias gjordes för att användas som referens för de andra metoderna.

Bildbehandlingsprogrammet gjorde om de markerade försökspersonerna till svarta prickar på en vit bakgrund. Vid Harvard University har det utvecklats ett program för att spåra vita vattendroppar på en svart bakgrund. Detta skrevs om så att den letade efter motsatsen dvs. det som producerats av bildprogrammet. Prickarna identifieras och programmet spårade dem och skrev ut koordinater med enheten pixel för dess positioner i bildrutan. I Excel gjordes pixelkoordinaterna om till längdkoordinater och jämfördes med Persias koordinater.

Det var svårt att markera var personerna befinner sig i Persias då det filmats ur ett vinklat perspektiv just pga. perspektivet. Filmerna från IR-kameran kunde inte användas då bildbehandlingsprogrammet inte kunde lokalisera försökspersonerna. Det fanns inget tillräckligt utmärkande med dem. Det gick dock bra med de färgglada lapparna. Förmågan att känna igen lapparna berodde mycket på filmningens kvalitet och ljussättningen. Då färgen skuggades eller bländades mycket hade bildprogrammet problem att automatiskt hitta färgen. Vidare kunde färger på kläder och golv identifieras som lappar vilket också ledde till felkällor.

Harvard-Photoshopmetoden, som kombinationen av Harvardprogrammet och bildprogrammet kallas i rapporten, visar sig kunna bestämma försökspersonernas positioner sånär som på 15 cm beroende på ifall de lutar på huvudet eller ej. För att testa om metoden kan producera resultat som kan användas till forskning gjordes även försök där försökspersonerna fick gå i en bana med ett 90° hörn. Försöket filmades ovanifrån med tre kameror, en innan hörnet, en i hörnet och en efter hörnet. Filmerna behandlades med Harvard-Photoshopmetoden enligt tidigare. Det filmade området delades upp i mindre områden. I varje område räknades antalet utslag av lapparna och redovisades i två sorters diagram, ett som visade gångvägen och ett som visade persontätheten.

Resultaten visar att vid passage genom hörn bildas det oftast två stråk, ett yttre och ett inre, där majoriteten av försökspersonerna går. Även innan och efter hörnet ses tendenser till stråk, fast då tre stycken. Dessa stråk bildas antagligen eftersom det är naturligt för människor att gå direkt efter någon då denna banar väg. Vid större folkmassor går oftast personer i led och inte bredvid varandra. Simuleringsprogram såsom Simulex räknar oftast med att enbart ett stråk uppstår, alternativt räknar det med ett jämnt homogent flöde. Förhoppningsvis kommer dessa nya data att göra simuleringsprogrammen mer verklighetstroga.

Harvard-Photoshopmetoden har potential att användas i framtiden under förutsättningen att rätt ljussättning används. Den största nackdelen med metoden är att det är omöjligt att utföra oannonserade

försök eftersom försökspersonerna måste ha en hjälm med lapp eller någon annan sorts markör på huvudet. Det är även viktigt att markörfärgen är så unik som möjligt då det ska undvikas att bildbehandlingsprogrammet känner igen ett klädesplagg som markör. Framtida forskning bör bl.a. inrikta sig på att få fram ett integrerat program istället för två separata.

## Summary

To analyze walking paths in evacuation trials is time-consuming work. With programs to analyze pedestrian walking paths, such as Persias, each test subject must be marked manually. This will take, even for an experienced user, a lot of time. It would be a big leap forward if a computer could mark the subjects automatically. The goal of this study is to investigate ways to analyze evacuation trials with the help of video cameras and computer software.

Trials were made using students at LTH who wore helmets with colored Post-It notes to see if the image editing program could recognize the notes. Everything was filmed from above and was then converted to image sequences. A camera that was placed just above the heads and filmed with an angle toward the analysis area was also tested. During the same trial an infrared camera from above filmed to test if the image editing program could easily detect test subjects based on infrared video. An analysis by Persias was used as reference for the other methods.

The image editing program transformed selected test subjects to black dots on a white background. At Harvard University a program has been developed to track white water drops on a black background. This was rewritten so that it looked for the opposite i.e. that was produced by the image editing program. The dots are identified and the program tracked them and wrote out coordinates with the unit in pixels for the positions in the frame. In Excel pixel coordinates was translated to length coordinates and compared with Persias' coordinates.

It was difficult to mark the subject's positions in Persia when filmed from an angled perspective, because of the perspective. The film from the infrared camera could not be used because the image editing program could not locate the subjects. There was nothing sufficiently distinctive about the subjects to be automatically marked. The Post-It notes were recognized almost every time by the image editing program. The ability to recognize the notes depended much on the film quality and lighting. When the notes were shadowed or if they reflected the light the image editing program couldn't automatically find them. Colors of clothes and floor were sometimes identified as notes which also led to errors.

The Harvard-Photoshop method, as the combination of the Harvard program and image editing program is called in the report proves able to determine the trial subject positions. The marginal of error is 0-15 cm depending on whether the subjects lean their heads or not. To test whether the method can produce results that can be used for research, attempts were made in which subjects went round a course with a 90 ° corner. The experiment was filmed with three cameras, one before the corner, one in the corner and one after the corner. All three cameras filmed from above. The films were transformed with the Harvard-Photoshop method as earlier described. The analyzed area was divided into smaller areas. The number of notes counted in each area was used to create two kinds of charts, one that showed walking paths and one that showed population density.

The results show that when the test subjects passed the corner they typically form two rows, an inner and an outer. Before and after the corner there are tendencies that the test subjects form three rows. These rows are formed probably because it is natural for people to walk after someone that paves the way. In larger crowds most people are more likely to walk after each other instead of side by side. Programs as Simulex usually simulates only on rows occurring, or one homogeneous flow. Hopefully, these new data will make simulation programs more realistic.



Harvard-Photoshop method has the potential to be used in the future, provided that the right lighting is used. The main disadvantage of the method is that it is impossible to carry out unannounced trials because the subjects must have a helmet or some other kind of marker on the head. It is also important that the color of the marker is as unique as possible, so it is avoided that the image editing program recognizes a garment as a marker. Future research should include focus on developing an integrated program instead of two separate.

## Innehåll

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte.....	2
1.2	Mål.....	2
1.3	Metod.....	2
1.4	Begränsningar.....	2
1.5	Rapportupplägg .....	3
2	Försök i rak korridor med öppning.....	5
2.1	Metod.....	5
2.1.1	Försöksuppställning.....	5
2.1.2	Försökspersoner.....	6
2.1.3	Genomförande av försök .....	7
2.1.4	Program som används vid dataanalys.....	8
2.1.5	Analys av data från försöken .....	11
2.2	Resultat .....	14
2.2.1	Reliabilitet för Persias i X-led .....	14
2.2.2	Reliabilitet i Y-led .....	18
2.2.3	Gångväg.....	22
2.3	Diskussion .....	28
2.4	Slutsats.....	29
3	Försök i korridor med hörn.....	31
3.1	Metod.....	31
3.1.1	Försöksuppställning.....	31
3.1.2	Försökspersoner.....	32
3.1.3	Genomförande .....	32
3.1.4	Program som användes vid dataanalysen .....	33
3.1.5	Analys av data från försöken .....	33
3.2	Resultat .....	34
3.2.1	Försök med grupper om fem .....	35
3.2.2	Försök med grupper om 75.....	36
3.2.3	Hastighetsanalys för försök 10 och 11 .....	38
3.3	Diskussion .....	39
3.4	Slutsats.....	41
4	Sammanfattande slutsats .....	43

4.1	Användning i framtiden.....	43
5	Referenser.....	45
	Bilaga A, Persias kalibrering.....	47
	Bilaga B, Försöksbilder Photoshop.....	49
	Bilaga C, Matlabprogram för automatisk överföring.....	55
	Bilaga D, 3D-diagram.....	57
	Bilaga E, Obehandlade resultat.....	61
	Fem personer, obehandlade resultat.....	61
	75 personer, obehandlade resultat.....	62
	Normal gång.....	62
	Trängsel.....	63



# 1 Inledning

Att på ett enkelt sätt kunna utvärdera gångvägar vid utrymningsförsök är ett stort problem. De metoder som finns idag är baserade på att varje individ måste lokaliseras manuellt. Hade det funnits snabbare metoder hade troligen fler utrymningssituationer kunnat undersökas, då varje försök skulle ta mindre tid. Frantzich (2001) efterlyser mer systematisk forskning kring utrymning och mer väldokumenterade försök. Ett sätt att få fram mycket data är genom annonserade försök där försökspersonerna är medvetna om att de deltar i ett försök. I och med att försökspersonerna är medvetna om att de medverkar i ett försök kan förutsättningarna för försöket i större grad påverkas. Annonserade försök har fördelen att kunna dokumenteras väl och utföras systematiskt. Frantzich et al. (2007) trycker på vikten att utföra flera försök av samma typ. Fördelen med annonserade försök är att förutsättningarna kan utformas så att samma försök enklare kan utföras flera gånger och varieras efter behov.

Personflöden genom dörrar och i trappor är väl undersökta (Frantzich, 1994), då passage genom öppningar oftast är den dimensionerande faktorn när förflyttningstiden skall beräknas. Detta fokus har inneburit att andra områden inte lika noga undersökts. Ett utforskat område är hur personflödet genom hörn ser ut. I utrymningsprogrammet Simulex är det inte en allt för ovanlig syn att onaturligt lite av hörnet utnyttjas, oavsett hur brett hörnet är (Haarala & Hagelin, 2005). Detta pga. att utrymningsprogram såsom Simulex, STEPS och Exodus använder sig av ingående modeller vilka endast tillåter merparten av personerna att förflytta sig den kortaste vägen till en utgång (Nilsson, 2007). Sådan är inte verkligheten. Men hur mycket av ett hörn används vid en utrymningssituation? Används även golvytan längst in i den yttre delen av hörnet när stora folkmassor utrymmer, eller räcker det med ett fåtal personer för att hela golvytan av hörnet skall utnyttjas. Med mer data kan programmen modifieras så att de på ett mer realistiskt sätt simulerar hur personer förflyttar sig runt ett hörn. Då det är svårt att dokumentera oannonserade försök utan att störa själva försöket kan annonserade försök lämpa sig bättre.

För att få fram data om hur personer förflyttar sig används idag program såsom Persias. Persias utvecklades för att ge data till utrymningsprogrammet Simulex (Thompson, 2004). Programmet baseras på att användaren spelar upp utrymningsfilmen, bildruta för bildruta, och markerar positionen på den eller de personer som filmats. Detta är en tidskrävande process, speciellt när ett stort antal personer skall analyseras. Med en enklare och snabbare metod skulle mer data om hur personer förflyttar sig kunna framställas. Detta kan användas för att skapa bättre och mer realistiska utrymningsmodeller. När oannonserade försök filmas begränsas oftast kamerans placering av takhöjden. Detta innebär att kameran ibland måste placeras på väggen med ett vinklat perspektiv för att fånga in hela analysområdet i kamerans blickfång. Vid annonserade försök är det lättare att påverka takhöjden och därmed kameraplaceringen.

Olika metoder utvecklas idag för att extrahera data från videofilmer. Ett projekt i Tyskland använder flera kameror som filmar samma områden från olika vinklar. En bakgrundsbild skapas då området är tomt. Då ett objekt är i området, exempelvis en människa, registreras denna som en avvikelse från bakgrundsbilden och kan därmed markeras ut och få koordinater (Meysel & Reulke, 2008). Svagheten med denna metod är att flertalet människor lätt registreras som ett större objekt om de går nära varandra. I utrymningssituationer är det oftast stor trängsel, alltså är metoden inte fullt tillämpligt. Ett annat projekt, även det i Tyskland, använder sig av vita mössor som sedan markeras av ett program. Färgkoder på mössorna visar programmet hur lång personen är. Längden behövs för att räkna ut mössans position i utkanten av bilden (Boltes, Seyfreid, Steffen & Schadschneider, 2008). Dessa typer av program kan även tillämpas t.ex. för att räkna antalet personer som befinner sig inom ett område

eller hur många som passerar en dataräkningslinje (Kerridge, Kukla, Willis, Armitage, Binnie, & Lei, 2005). Frågan som kommer upp är hur bra det fungerar då personer måste stå still en längre tid eller hur programmet hanterar personer som går tätt.

Vid Napier University har bl.a. utveckling för att mäta hur personer förflyttar sig med hjälp av detektorer som reagerar på infraröd stålning (kroppsvärme) pågått (Kerridge, Kukla, Willis, Armitage, Binnie, & Lei, 2005). Detektorerna, som är av den billigare sorten, har en upplösning på 16x16 pixlar och kan maximalt läsa av ett område på 4x4m<sup>2</sup>. Vid större försök krävs alltså flera detektorer och detta skapar programmeringsproblem. Metoden arbetar i realtid dvs. markerar och kalkylerar positioner samtidigt som det händer i verkligheten. Realtidsprocessen kräver mycket datorkraft och en direktförbindelse från detektorn till datorn. Även om de enskilda delarna av hårdvaran är billiga är metoden svår att använda och utveckla utan specialkunskap om både hård- och mjukvaran.

Inom filmindustrin används motion capture då skådespelare ska spela animerade roller. Skådespelaren har på sig en dräkt med rörelsedetektorer som är kopplad till en dator som animerar figurerna. (Nationalencyklopedin 2008) Tekniken används idag även inom många forskningsområden för att t.ex. göra en djupare studie av hur en person med cerebral pares ska opereras för att kunna gå normalt (MotionAnalasys, 2008).

## **1.1 Syfte**

Studiens syfte är att undersöka om det går att analysera videofilmer från utrymningsförsök på ett smidigare och mer automatiserat sätt än den manuella metod, i t.ex. Persias, som idag används. Studien avser ytterligare att undersöka huruvida Persias fungerar tillfredsställande med ett vinklat perspektiv dvs. inte rakt ovanifrån. Personers beteende vid passage genom hörn studeras för att visa på tendenser.

## **1.2 Mål**

Arbetet med denna rapport sker utifrån fyra mål: Första målet är att utvärdera Persias och dess förmåga att fungera med ett vinklat perspektiv. Andra målet är att utveckla en snabbare metod för att utvärdera utrymningsförsök på ett praktiskt och enkelt sätt. Uppfylls de första två målen är vidare två mål att få fram användbart dataunderlag för utrymmandens passage genom hörn och dessutom använda data för att påvisa tendenser hos personers beteende vid passage genom hörn.

## **1.3 Metod**

Arbetet började med en genomgång av litteratur inom området där problematiken för arbetet belystes. Utifrån detta formulerades syfte och mål för rapporten. Arbetsupplägget för att undersöka problematiken skedde genom att utföra två stycken försök. Första försöket skulle undersöka befintligt (Persias) och egenutvecklat (Harvard-Photoshopmetoden) program för att utvärdera utrymningsfilmer. Andra försöket använde sig av den mest effektiva metoden från försök ett för att undersöka hörnproblematik. Försöken till studien utfördes vid två tillfällen med ca två veckors mellanrum. Försökspersonerna som användes vid de båda tillfällena är studenter vid LTH och anställda på Brandteknik och Riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola. Försök ett undersöktes utifrån reliabiliteten hos Persias samt Harvard-Photoshopmetoden medan försök två undersökte utifrån hur personer i klungor passerade genom hörn.

## **1.4 Begränsningar**

Inga oannonserade försök utfördes utan båda försöken skedde i uppbyggda miljöer med försökspersoner som visste att de medverkade i försök. Försökspersonerna blev först efter försöken informerade om vad försöken syftade till för att undvika förändrat beteende.

## 1.5 Rapportupplägg

Rapporten är uppdelad i fyra huvudkapitel och fem bilagor. Första halvan av arbetet syftar till att utvärdera Persias samt utveckla en automatiserad metod för att ersätta Persias. Andra halvan syftar till att använda den nya metoden för att få fram data.

I första kapitlet (1 Inledning) beskrivs kort problematiken och tidigare forskning. Efter detta beskrivs syfte och mål. Sista delen beskriver kortfattat arbetsmetoden som användes, begränsningar samt rapportens upplägg.

Andra kapitlet (2 Försök i rak korridor med öppning) börjar med en ingående beskrivning av samtliga förutsättningar för korridorförsöket. Därefter följer en beskrivning av hur data från försöket togs fram och analyserades. Sedan redovisas även resultaten från försöket. Sist i kapitlet diskuteras resultaten och slutsatserna presenteras. Försöket inriktar sig på att utvärdera Persias samt utveckla Harvard-Photoshopmetoden.

Tredje kapitlet (3 Försök i korridor med hörn) är upplagt på ett motsvarande sätt som kapitel 2. Det som skiljer sig är att inriktning på detta försök är att få fram data för passage genom hörn.

Fjärde kapitlet (4 Sammanfattande slutsats) sammanfattar de slutsatser som dragits tidigare. Här presenteras även författarnas idéer om framtida användning och forskning kring Harvard-Photoshopmetoden.





## 2 Försök i rak korridor med öppning

Torsdagen 1/11-07 utfördes försök som syftar till att undersöka om Persias fungerar acceptabelt med ett vinklat kameraperspektiv samt om den egenutvecklade Harvard-Photoshopmetoden fungerar snabbare och/eller bättre än Persias.

### 2.1 Metod

Försöket genomfördes genom att författarna byggde upp en korridor samt rekryterade försökspersoner till att passera genom korridoren i olika gruppkonstellationer. Personerna uppmanades att tränga sig med varandra under hälften av försöken eftersom det skulle undersökas om detta försvårade vidare analys. Försöket filmades med olika sorters kameror och perspektiv. Filmerna analyserades sedan med hjälp utav Persias samt den egenutvecklade Harvard-Photoshopmetoden.

#### 2.1.1 Försöksuppställning

En 6 meter lång korridor byggdes i stora vattenhallen i Väg och Vattenhuset på LTH. Vägghöjden var 2,5 meter och bredden på korridoren var 1,6 meter. Korridoren avslutades med en öppning på 0,75 meter. Byggnadsmaterialet i korridoren var träfiberskivor ( $1200 \times 2500 \times 12 \text{mm}^3$ ) och träreglar ( $45 \times 95 \text{mm}^2$ ). För att korridoren skulle kunna motstå påfrestningar byggdes trianglar för att väggarna inte skulle falla utåt och en längre träregel fästes mellan väggarna så att de inte skulle falla mot varandra, se figur 1.

Till försöken användes tre kameror, två vanliga analoga med videoband (benämns lodrät kamera och vinklad kamera) och en analog IR-kamera. Placering av samtliga kameror syns i figur 2. Ovanför öppningen placerades den lodräta kameran, vilken var riktad neråt och filmade området i korridoren innan öppningen på en höjd av 4,5 meter. IR-kameran placerades likadant som den lodräta kameran. Med IR-kameran fanns ingen möjlighet för inspelning på videoband och den kopplades istället till en dator via en videokonverterare, vilken gjorde om den analoga signalen till digital som datorn sedan spelade in. Den lodräta kameran samt IR-kameran placerades på en fast brygga för att hantera finjusteringar över vilket område som filmades. Detta innebar att kamerorna inte filmade helt lodrätt utan i en liten vinkel.



Figur 2, Mått på banan samt placering av vinklad kamera, lodrät kamera och IRkamera.



Figur 1, Banans konstruktion samt placering av kameror.

Den vinklade kameran utrustades med vidvinkelobjektiv för att få med hela korridorrens bredd. Den placerades 2,4 meter från öppningen med linsen ca 2,1 meter ovanför golvet, se figur 3. Riktningen var snett neråt med en vinkel på knappt 45° eftersom det eftersträvades att få med så mycket av öppningen och så lite av det simulerade taket. Val av kamerans placering grundades på att det oftast bara finns möjlighet att filma inifrån korridoren och inte ovanifrån. Med denna position kunde större delen av öppningen filmas. Ingen extra ljussättning användes vid försöken. Det ljus som fanns tillgängligt var dagsljus och marginell belysning från befintliga lysrör.



**Figur 3, Den vinklade kamerans placering.**

### **2.1.2 Försökspersoner**

Drygt en vecka innan försöken sattes anmälningsskyltar upp på brandingenjörstudenternas anslagstavla och ett e-brev skickades ut till samtliga brandingenjörsklasser vid LTH. Två av klasserna besöktes även under lektionstid för att säkerställa uppslutning. Ersättning utlovades till de deltagande i form av baguette och läsk. Då försöken var över fick personerna först fylla i en enkät och sedan ta en baguette. Meningen med denna specifika ordning var att säkerställa att ingen glömde att fylla i enkäten. I enkäten frågades det efter ålder, kön, vikt och längd. För korridoröversöken fungerade detta perfekt, samtliga av de 47 försökspersonerna fyllde i enkäten. Resultatet av enkäten från korridoröversöken ses i tabell 1.

**Tabell 1, Resultat av enkäten korridoröförsök**

Sammanställda mätningar	Värde
Medelvärde ålder (år)	24
Standardavvikelse ålder (år)	6,3
Medelvärde vikt (kg)	75
Standardavvikelse vikt (kg)	14
Medelvärde längd (cm)	180
Standardavvikelse längd (cm)	8,6
Andel män (%)	68

### 2.1.3 Genomförande av försök

Totalt genomfördes 39 passeringar av banan. Vid de första 20 instruerades försökspersonerna att gå genom korridoren i normal takt dock med avsikten att det var en utrymning de skulle simulera. De ombads att efter varje passage av korridoren gå tillbaka till början av korridoren och därefter gå en gång till på försöksledarens signal.

Efter 20 passeringar instruerades försökspersonerna att trängas med varandra och att snabba upp gångtaket för att simulera en mer stressad utrymning. De första personerna i klungan instruerades att gå ca två meter in i korridoren och sedan stanna upp. Instruktionen gavs för att folkmassan skulle trängas ännu mer. Egentligen skulle det ha genomförts 40 försök men banan höll bara för 39. Under försök 11-30 hade försökspersonerna på sig en vit hjälm med en ljusgrön Post-it-lapp på toppen. En sammanfattning av scenariot finns i tabell 2.

**Tabell 2, Genomförande korridoröförsök**

Försök	Hjälm	Trängsel
1-10		
11-20	✓	
21-30	✓	✓
31-39		✓

Försök 1-20 flöt på utan problem. Försökspersonerna agerade som planerat men blev dock lite otåliga då IR-kameran krävde tid att spara ner filmerna till datorn. Under försök 21-39 trängde sig personerna till belåtenhet, men en del av dem hade väldigt lätt att bli överexalterade. Detta märktes särskilt under de sista försöken då tröttheten spelade in. En av träskivorna som definierade öppningen lossnade vilket i sin tur ledde till ytterligare dröjsmål. Vid försök 39 lossnade träskivan en andra gång. Detta ledde till att försök 40 aldrig blev av.

## 2.1.4 Program som används vid dataanalys

Nedan följer en beskrivning av de program som användes i de olika tillvägagångssätten.

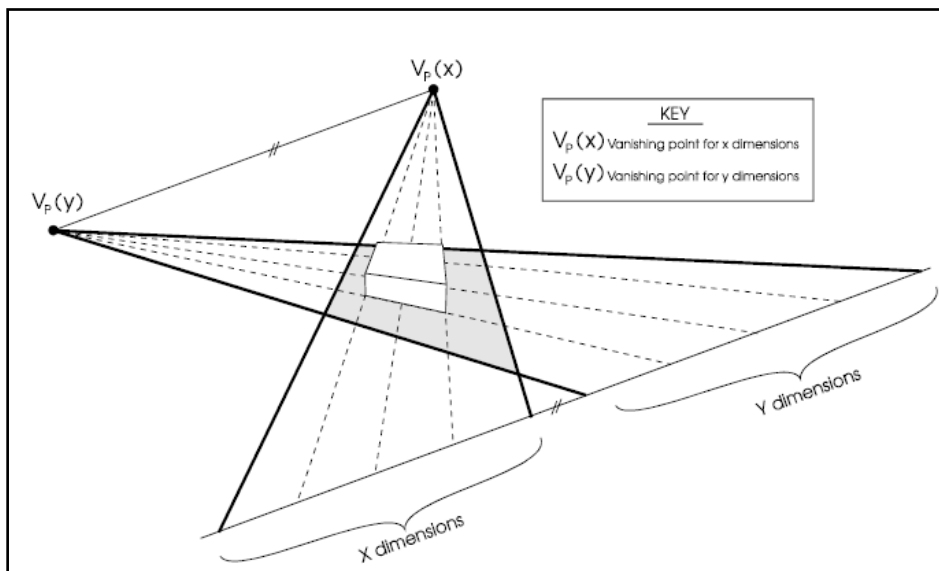
### 2.1.4.1 Persias

Persias är ett videoanalyseringsprogram för att registrera personers rörelser. Användaren importerar den film som analyseras i programmet. Filmen spelas sedan upp en bildruta i taget samtidigt som användaren markerar samtliga personers position i varje bildruta.

Den film som används i Persias måste ha ett fixerat perspektiv under hela inspelningen för att kunna analyseras. För att Persias skall känna igen filmen så måste den vara av videoformatet avi. Analysområdet väljs som ett fyrhörnigt område i axelhöjd (ca 1,5 meter över golvet). Hörnen på fyrhörningen märks ut under filminspelningen för att kunna bestämma dimensioner senare när filmen analyseras. För att säkerställa resultatet bör även kalibreringspunkter i axelhöjd markeras ut inne i analysrektangeln.

Analysen startas genom att filmen importerar där analysområdets hörnpunkter finns utmärkta. Dessa markeringar används för att skapa en dimensionsfil där hörnen på rektangeln markeras samt rektangelns längd och bredd anges. När dimensionsfilen laddas tillsammans med en avi-fil kan programmet utifrån hörnpositionerna bestämma samtliga reella positioner i filmen.

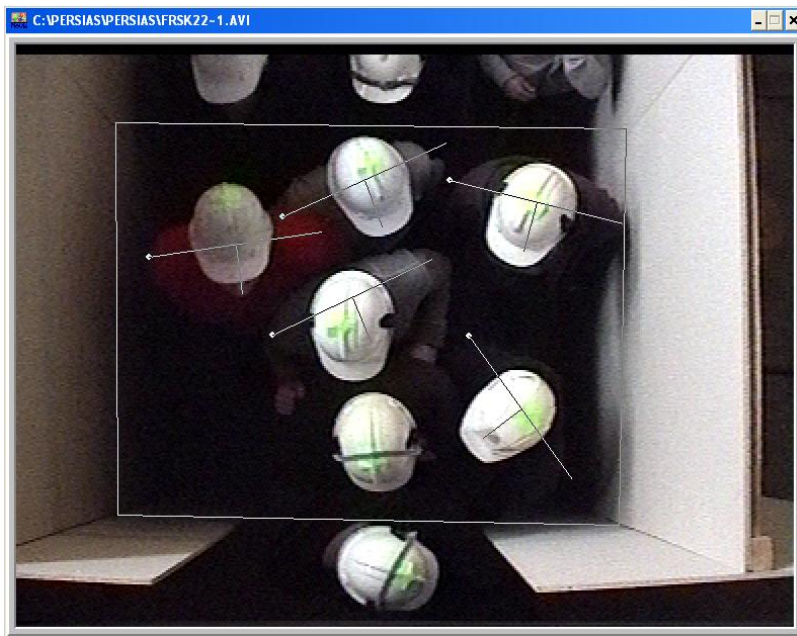
Positionsbestämningen sker utifrån att två gränspunkter (vanishing points) används, se figur 4. Det grå området i figur 4 är analysområdet och från dess sidor dras linjer till x och y gränspunkterna. En baslinje dras mellan gränspunkterna och parallellt med denna baslinje dras en ny baslinje på andra sidan analysområdet dit sidlinjerna förlängs. På den nya baslinjen markeras analysområdets siddimensioner. Utifrån detta bestämmer programmet med hjälp av vinklar från gränspunkterna samtliga positioner i bilden. Positionsbestämningen kan dock bli något felaktig, då bilden från en videokamera blir något förvrängd längre från centrum av bilden. Utifrån detta blir positionen fel med +/- 5 % (Thompson, 1994).



Figur 4, Skiss över positionsbestämning i Persias (Thompson 1994).

Analys av en film kräver att avi-filen samt filmens dimensionsfil importerar till programmet. När detta är gjort spelas filmen fram till den bildruta där analysen börjar. Bildrutan markeras som "initial data

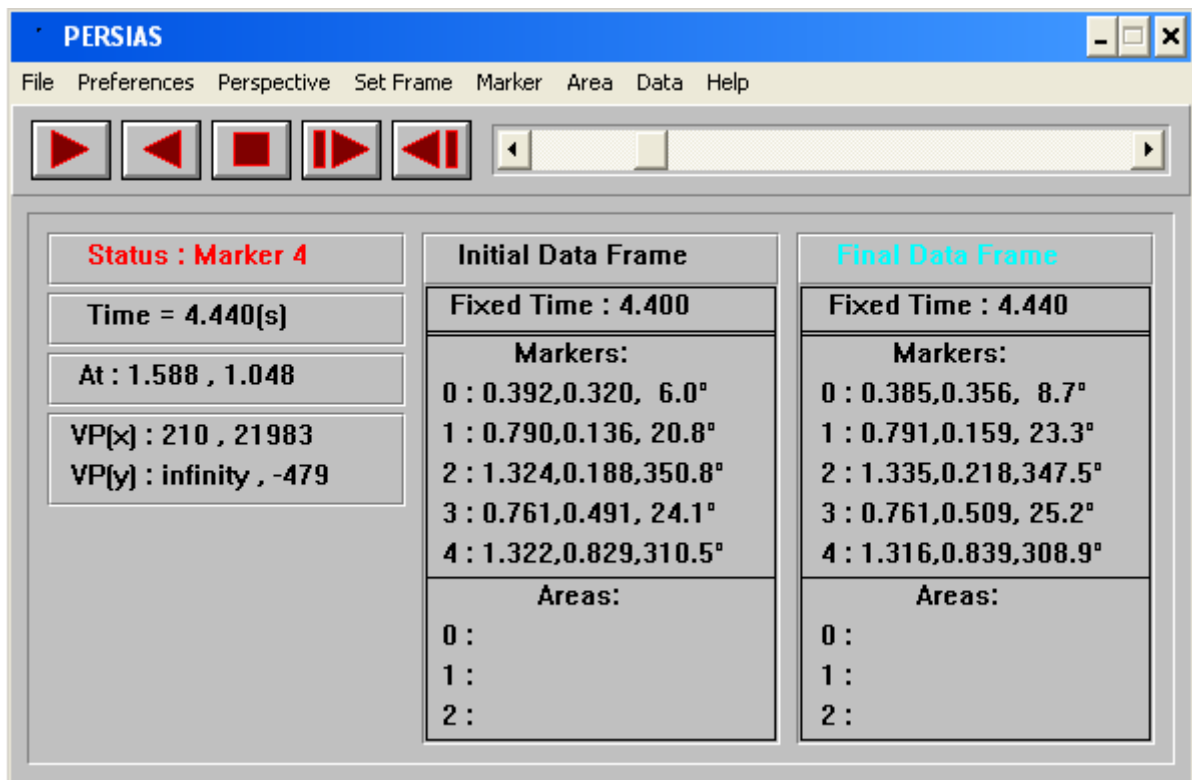
capture”. Analysen sker alltid mellan två bildrutor, benämnda ”initial data capture” och ”final data capture”. ”T-markörer” och/eller ”area-markörer” används för att markera samtliga personer (max 5) som analyseras i denna bildruta, se figur 5.



**Figur 5, Videofönster med fem t-markörer och dimensionsområde.**

En person markeras med en t-markör genom att först välja markör och sedan vänsterklickar på den person som skall markeras. Höger musknapp används sedan för att ställa in den vinkel som personen står i. Positionen på utplacerade markörer syns i Persias huvudfönster, se figur 6. När samtliga personer som analyseras har blivit markerade flyttas filmen fram en bildruta (eller flera beroende på inställning i programmet) och den markeras i programmet som ”final data capture”. Nu markeras igen samtliga personer som markerades i ”initial data capture-bildrutan”. Därefter väljs vilken analysinformation man vill spara till ett kalkylblad som en cvs-fil vilken används i t.ex. Excel. Proceduren återupprepas sedan tills samtliga bildrutor är analyserade.

För att snabba upp analysen används kommandot ”data shuffle forward”. Denna funktion gör om ”final data capture” till den nya ”initial data capture” och filmen hoppar fram en bildruta som blir den nya ”final data capture”. Återigen markeras de personer som analyseras och ”data shuffle forward” används igen.



Figur 6, Persias huvudfönster.

Utdata som Persias producerar består av bl.a. tid och position för markörerna i bildrutorna ("initial" och "final") samt markörernas förflyttning och hastighet mellan bildrutorna. Utdata behandlas i kalkylprogram t.ex. Excel.

#### 2.1.4.2 *Harvard-Photoshopmetoden*

De program som användes i den alternativa dataanalysen för korridor försöken är Adobe Premiere 8 (Adobe, 2008), Virtual Dub (Virtualdub, 2008), Adobe Photoshop CS2 (Adobe, 2008), Tiffcombiner (Tiffcombine, 2008), Matlab (Mathworks, 2008) med en programfil som hämtades från Harvard University ([http://www.rowland.harvard.edu/labs/bacteria/index\\_software.html](http://www.rowland.harvard.edu/labs/bacteria/index_software.html)) samt Excel.

Virtual dub är ett enklare videobehandlingsprogram som finns gratis att ladda ner på Internet.

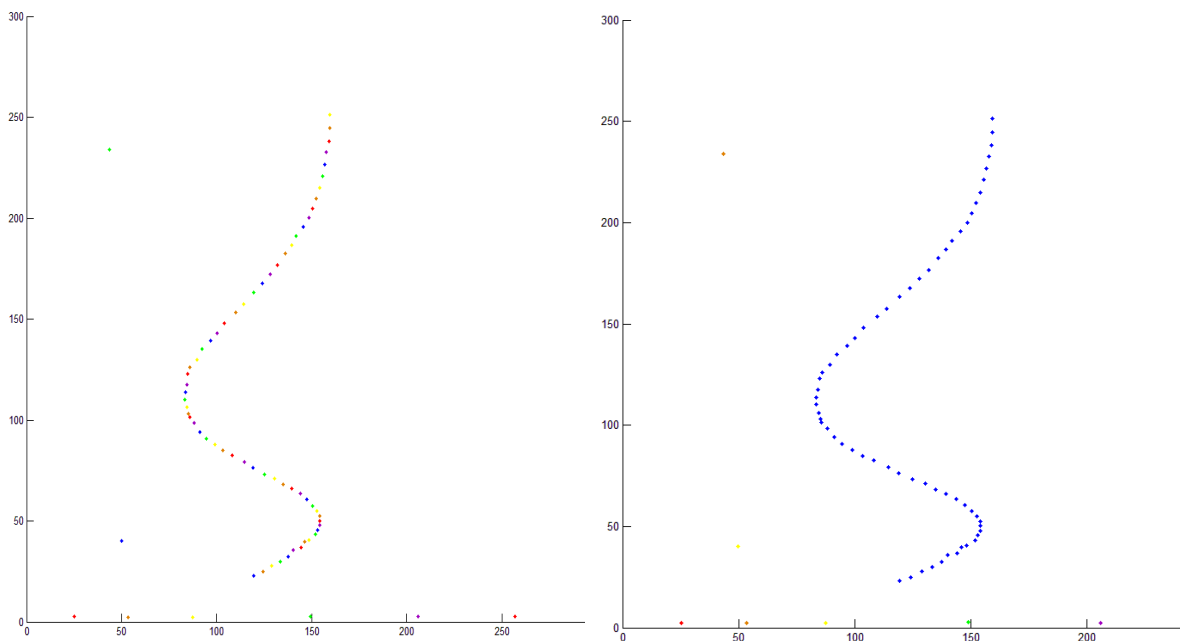
Adobe Premiere är ett mer avancerat videobehandlingsprogram, som dock är lite svårare att använda. Programmet kan kosta upp till 10 000 kr för en proffslicens.

Adobe Photoshop är ett avancerat bildbehandlingsprogram med de flesta tänkbara funktionerna. En licens kostar runt 10 000 kr.

Tiffcombiner gör om flertalet bilder till en enda tiff-fil. En tiff-fil är en enda fil som kan innehålla en hel bildserie. Programmet kostar runt 200 kr för en licens men provas gratis i 30 dagar.

Harvardprogrammet är ett tvådelat matlabprogram som är gjort för att spåra upp till hundra belysta droppar på en mörk bakgrund. Båda delarna hämtas gratis från Internet och används och ändras fritt. Den första delen lokaliserar masscentrum av svarta punkter på en vit bakgrund (eller vita punkter på en svart bakgrund) och skriver ut dessa som koordinater i ett koordinatsystem. Den andra delen spårar vilka punkter som är samma bild till bild. Finns det i en bildserie en svart prick som rör sig på en vit bakgrund kommer den första delen av programmet att skriva ut samtliga koordinater för mittpunkten

av den svarta prick. Den andra delen kommer att säga att det är samma prick som rör sig och kommer att plotta ut dess rörelser på ett diagram och som en datafil. Vid flera prickar ändrar användaren själv vilken sökradie programmet använder. Då sökradien är ställd på 10 pixlar skapar programmet ett sökrområde med en diameter på 20 pixlar i nästa bild med centrum där punkten befinner sig i första bilden. Det området som markeras av sökradien undersöks. Om programmet hittar endast en prick i området tolkar programmet pricken som samma på båda bilderna och ger den samma identitet. Hittar programmet ingen eller flera prickar får samtliga prickar en ny identitet. Följderna ses i figur 7 där vänstra diagrammet har olika färger/identiteter medan det högra har en. (Darnton, 2003)



Figur 7, Visar konsekvensen av för kort eller lång sökradie i Harvardprogrammet (vänstra bilden) samt hur det ska se ut (högra bilden). Annan färg betyder att programmet identifierar pricken som en annan person.

## 2.1.5 Analys av data från försöken

Fokus i denna studie låg på dataanalysen. Försök 9, 18, 22 och 33 valdes ut för analys eftersom inget avvikande hände under dem. Försökspersonerna hade hjälm på sig under 18 och 22 vilket möjliggjorde att båda analysmetoderna användes. Skillnaden mellan 18 och 22 respektive 9 och 33 är att under 22 och 33 var personerna omedda att tränga sig mot varandra. Försök 9 valdes ut för att kontrollera om IR-kameran ger bilder som kan analyseras av Harvard-Photoshopmetoden.

### 2.1.5.1 Persias

Försöken analyserades i Persias med respektive dimensionsinställning utifrån filmer där försöksrektangels hörn markerades. Skärmdump från Persias med den vinklade kameran syns i figur 8. Dock uppmärksammades det i efterhand att kalibreringspunkter inte tagits ut. Detta ledde till att en kalibreringskontroll av den lodräta kameran utfördes i efterhand, se bilaga A. Utifrån denna undersökning återspeglar hädanefter den lodräta kameran ett relativt korrekt resultat och fungerar som referens. Jämförelsen mellan den lodräta och den vinklade kameran bygger därför i fortsättningen på att den lodräta kamerans resultat har en hög validitet. Validitet är ifall mätningarna verkligen relaterar det som skall undersökas, t.ex. vid bestämning av övervikt har BMI-värdet hög validitet medan skostorleken har låg.

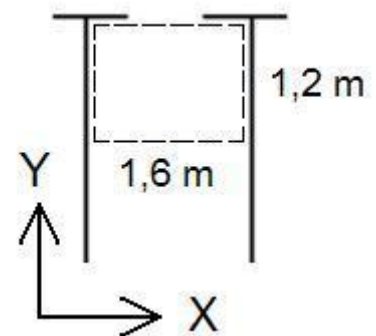
Efter genomgång av försök 18 och 22, där samtliga bildrutor analyserats, undersöktes reliabilitet hos användaren av programmet. Reliabilitet är hur noga en mätning utförs, klarar en användare att placera markören korrekt i samtliga bildrutor? Är reliabiliteten låg kan resultaten från analyser inte användas med lika stor trovärdighet i forskningssammanhang. För att kontrollera reliabiliteten hos Persias genomfördes extra analyser där samma sekvens analyserades 100 gånger.



Figur 8, Skärmdump från Persias

Två försökspersoner med olika gångstilar, båda män, valdes ut från försök 22 för närmare undersökning. En person som gick rakt i en större klunga i mitten av analysområdet och en person som hade en mer svajande gång och gick fritt och närmare väggen. För varje kameraperspektiv utfördes 100 analyser där författarna utförde 50 analyser vardera.

Analyserna genomfördes så att analysen alltid startade på samma tidpunkt när försökspersonen gick in i analysområdet. Programanvändaren fick sedan placera ut markören på samma ställe på försökspersonen i samtliga bildrutor tills användaren bedömde att försökspersonen var ute ur analysområdet. Samma dimensionsfil användes av båda författarna. Resultaten behandlades i Excel och spridningen på markörens position jämfördes för varje bildruta, dock enbart fram till den sista bildrutan där data fanns från samtliga försök. Diagram över reliabiliteten i X- och Y-led skapades där medelpositionen, 5:e percentilens position samt 95:e percentilens position för varje bildruta visas. Utöver reliabilitetsdiagram skapades också diagram över samtliga personers gångvägar för försök 18 och 22. Detta gjordes för att Harvard-Photoshopmetoden jämfördes senare med Persias. I diagrammen visas



Figur 9, Koordinatsystem



den del av korridoren som analyseras som ett koordinatsystem där X-led är korridorens bredd och Y-led är korridorens längd, se figur 9.

### **2.1.5.2 Harvard-Photoshopmetoden**

I samma två försök som med Persias gjordes även försök med Harvard-Photoshopmetoden. I fallen där 100 analyser gjordes i Persias gjordes dock bara en med denna metod då den alltid ger samma resultat.

Virtual dub gjorde om försöksfilmerna där försökspersonerna inte bar hjälm till stillbilder. I Photoshop provades en metod för att försökspersonerna skulle markeras.

Vid färgförsöken gjordes försök att hitta en färg som bara fanns hos försökspersonerna och inte i t.ex. golvet eller något annat som inte analyserades. Ett exempel ur försöken ses i figur 10.

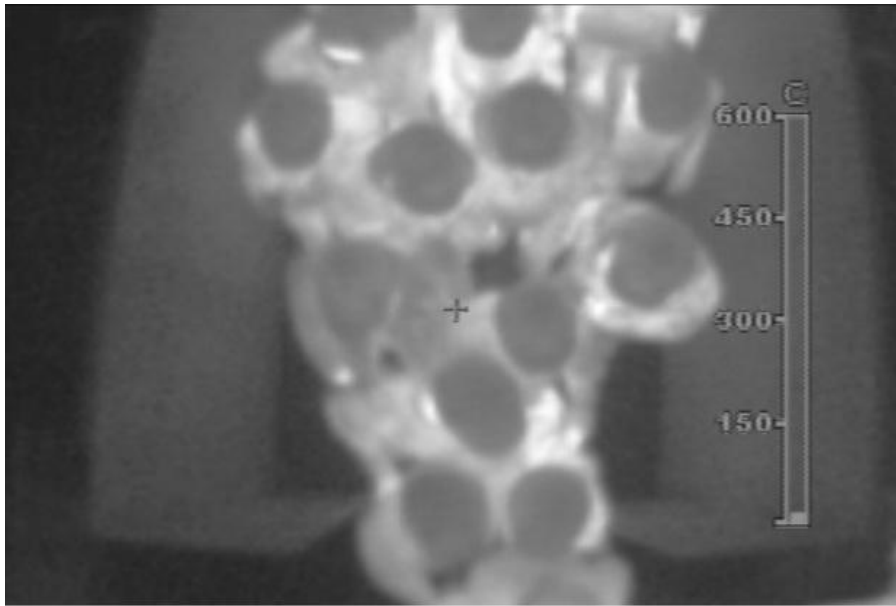


**Figur 10, Skärmdump från ett av försöken gjorda utan hjälm**

I försöken med hjälm användes även här Virtual dub för att göra om filmerna till stillbilder. I Photoshop behandlades bilderna så att den gröna Post-it-lappen på varje försöksperson markerades. Målet var att lapparna i slutändan skulle bli svarta prickar på en vit bakgrund. Se bilaga B för bilder och beskrivning av bildbehandlingen.

### **2.1.5.3 Analys av data från IR kamera**

IR-filmen gjordes om till stillbilder. Dessa bilder behandlades sedan i Photoshop och målet var precis som i fallen ovan att hitta något utmärkande på de filmade försökspersonerna som sedan skulle kunna automatiseras. Behandling med Photoshop gjordes enbart för försök med hjälm, då bilderna från försök utan hjälm var oanvändbara i Photoshop. Se figur 11 för exempel på hur IR-filmen för försök med hjälm såg ut. Försöken med hjälm analyserades för att det var störst sannolikhet att det var just hjälmarna som Photoshop markerar eftersom det letade efter liknande färgnyanser i bilden. I försöket utan hjälm klarade inte Photoshop att markera personer. Detta beroende på att personer hade olika mycket hår på huvudet vilket ledde till olika temperaturer och då fick personerna olika gråtoner i IR-kameran.



Figur 11, Stillbild från IR-kameran

## 2.2 Resultat

Resultaten från korridor försöket delas upp i tre delar. Första delen redovisar reliabiliteten för Persias i X-led. Andra delen redovisar reliabiliteten för Persias i Y-led. Sista delen redovisar samtliga personers gångväg i försök 18 och 22. Reliabiliteten är analyserad utifrån två personers gångstilar, en rak och en svajande, samt två olika kameraperspektiv, lodrätt och vinklat. Första och andra delen innehåller ”rak gångstil, lodrät perspektiv”, ”svajande gångstil, lodrät perspektiv”, ”rak gångstil, vinklat perspektiv” samt ”svajande gångstil, vinklat perspektiv”. Resultaten för reliabiliteten redovisas i X- och Y-led där X-led betecknar korridorrens bredd medan Y-led betecknar korridorrens längd.

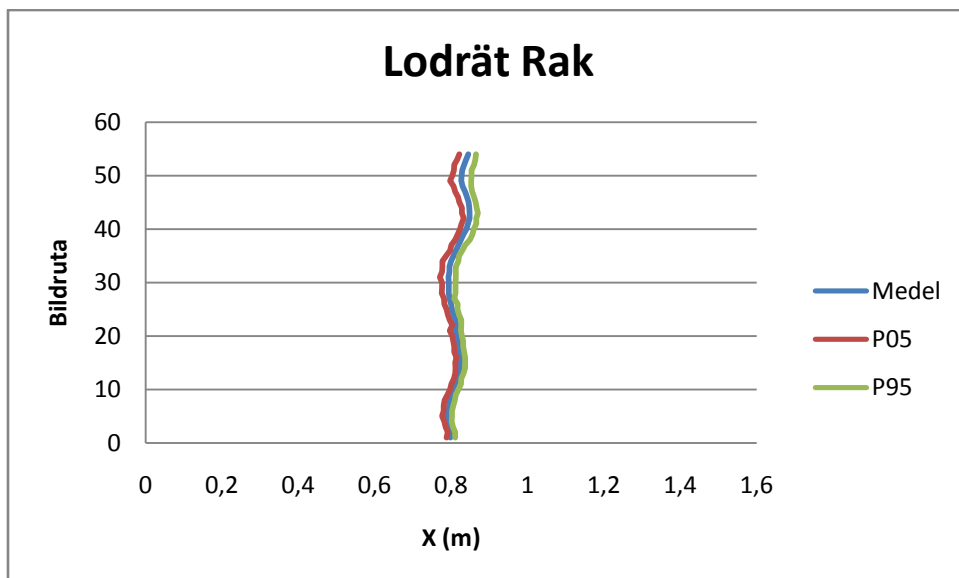
Filmen från IR-kameran kunde inte användas då Photoshop inte kunde lokalisera försökspersonerna per automatik. I början av försöken var omgivningen signifikant kallare än försökspersonerna, dock blev omgivningen snabbt varm och det var ibland svårt att urskilja personer från omgivningen. Ytterligare problem var att personer hade olika mycket hår på huvudet. Huvudtemperaturen blev olika på olika personer vilket gjorde att Photoshop inte kunde hitta en homogen nyans för samtliga försökspersoner. Endast då personerna hade hjälm på sig och filmades med vanlig kamera kunde de lokaliseras med automatik. Det är dessa försök som behandlas vidare i rapporten.

### 2.2.1 Reliabilitet för Persias i X-led

Resultaten för att undersöka reliabiliteten i Persias, samma person analyserad 100 gånger, redovisas i diagram där positionen i X-led redovisas på X-axeln och bildruta (tid) redovisas på Y-axeln. Sekvensen som analyserades är från en fix startpunkt till dess att personen bedömdes vara ute ur analysområdet. Detta innebär att sekvenserna blir olika långa för olika perspektiv. Medelvärdet av samtliga analyser samt 5:e och 95:e percentilerna (benämns fortsättningsvis  $P_{05}$  och  $P_{95}$ ) redovisas i varsin plot i diagrammen.

#### 2.2.1.1 Rak gångstil, lodrätt perspektiv

Försöket med rak gångstil vid ett lodrätt kameraperspektiv gav att reliabiliteten är hög tidigt i analysen för att sedan minska under analysens gång, se figur 12.



Figur 12, Analys av rak gångstil vid lodrätt perspektiv.

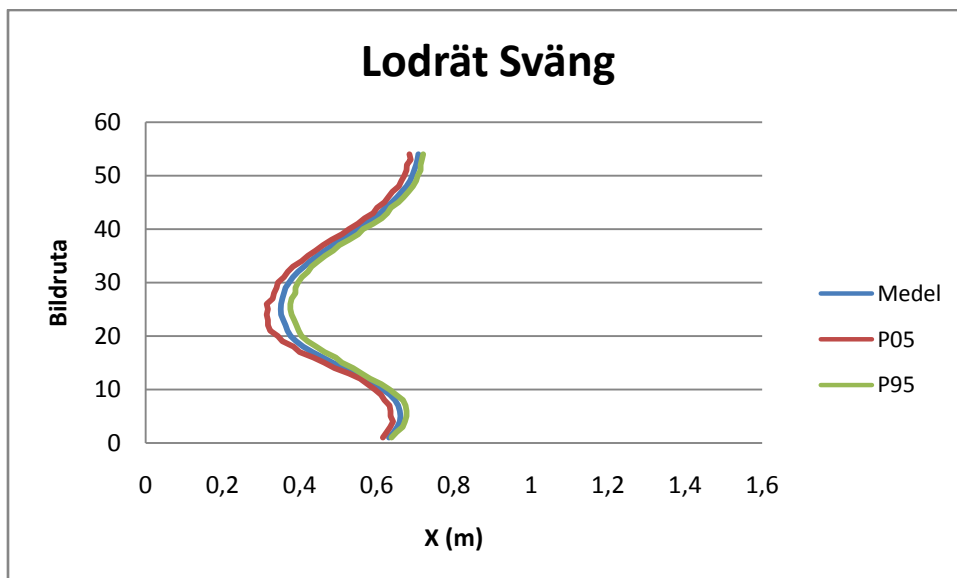
Skillnaderna mellan P<sub>05</sub> och P<sub>95</sub> i analysen ger att den första bildrutan har en av de lägsta skillnaderna i analysen på 2,2 cm medan 5 bildrutor från slutet så uppmäts den största skillnaden på 5,5 cm, se tabell 3.

Tabell 3, Skillnad mellan P<sub>05</sub> och P<sub>95</sub> vid rak gångstil och lodrätt perspektiv.

Rak Lodrät X	Skillnad P <sub>95</sub> och P <sub>05</sub> (m)	Bildruta
Första	0,022	1
Minst	0,019	12
Störst	0,055	49
Sista	0,044	54

### 2.2.1.2 Svajande gångstil, lodrätt perspektiv

För den svajande gångstilen med lodrätt kameraperspektiv är reliabiliteten relativt lika mellan början och slutet på analysen. Reliabiliteten ökar dock något vid den ”stora” svängen för att sedan minska igen, se figur 13.



Figur 13, Analys av svajande gångstil vid lodrätt perspektiv.

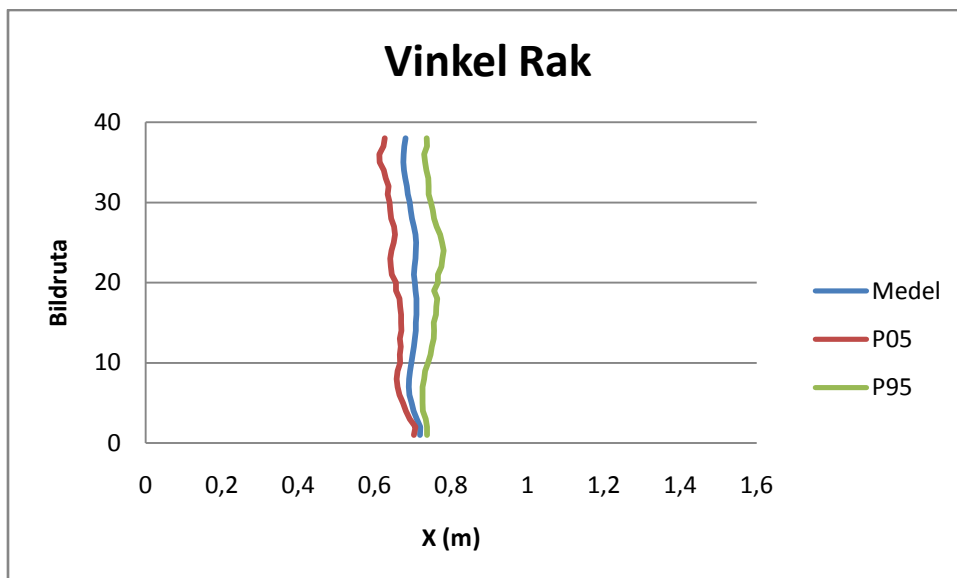
Skillnaden mellan P<sub>05</sub> och P<sub>95</sub> är som högst 7,4 cm strax innan ”stora svängen”, medan skillnaden vid analysens start och slut är 2,2 cm respektive 3,5 cm, se tabell 4.

Tabell 4, Skillnad mellan P<sub>05</sub> och P<sub>95</sub> vid svajande gångstil och lodrätt perspektiv.

Sväng Lodrät X	Skillnad P <sub>95</sub> och P <sub>05</sub> (m)	Bildruta
Första	0,022	1
Minst	0,022	1
Störst	0,074	22
Sista	0,035	54

### 2.2.1.3 Rak gångstil, vinklat perspektiv

Analysen av den raka gångstilen vid vinklat perspektiv liknar det lodräta perspektivet till vida att reliabiliteten är som störst i början av analysen. Reliabiliteten minskar sedan för att vara nästan som lägst vid slutet av analysen, se figur 14. Reliabiliteten är dock mycket lägre vid det vinklade perspektivet jämfört med det lodräta.



Figur 14, Analys av rak gångstil vid vinklat perspektiv.

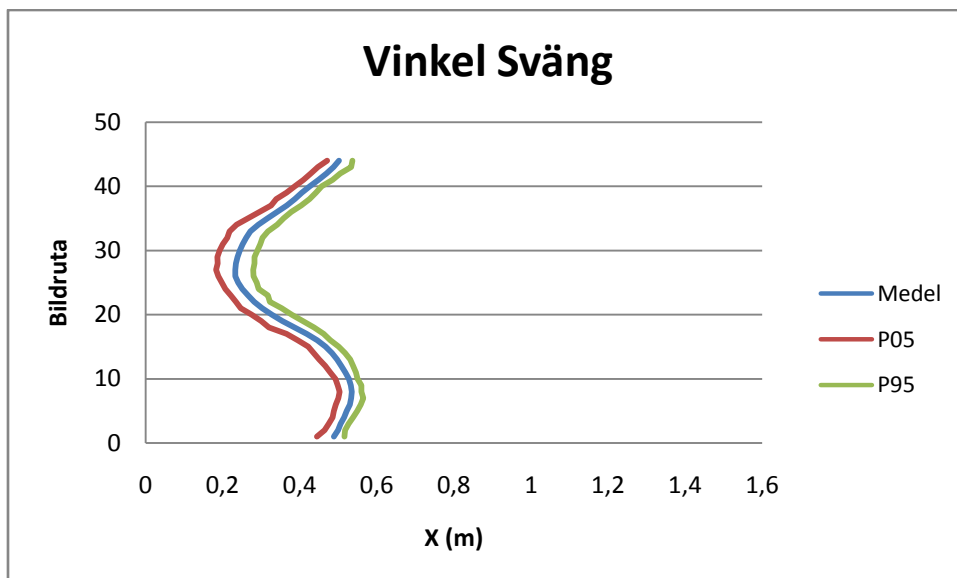
Skillnaden mellan  $P_{05}$  och  $P_{95}$  är i andra bildrutan 3 cm vilket är det minsta värdet. Skillnaden ökar sedan under analysen för att bli som allra störst vid den 23:e bildrutan där skillnaden är 13,6 cm. I sista bildrutan har skillnaden minskat något till 11 cm, se tabell 5.

Tabell 5, Skillnad mellan  $P_{05}$  och  $P_{95}$  vid rak gångstil och vinklat perspektiv.

Rak Vinkel X	Skillnad $P_{95}$ och $P_{05}$ (m)	Bildruta
Första	0,034	1
Minst	0,030	2
Störst	0,14	23
Sista	0,11	38

#### 2.2.1.4 Svajande gångstil, vinklat perspektiv

Det vinklade perspektivet ger liksom det lodräta att reliabiliteten inte skiljer sig väldigt mycket mellan början av analysen och slutet av analysen, se figur 15. Det vinklade perspektivet ger dock mycket lägre reliabilitet än det lodräta.



Figur 15, Analys av svajande gångstil vid vinklat perspektiv.

Minsta skillnaden mellan  $P_{05}$  och  $P_{95}$  uppmäts i början av analysen då den i tredje bildrutan är 5,2 cm. Efter detta växer den upp till 11,7 cm vid 18:e bildrutan. Vid sista bildrutan minskar den till 6,6 cm och liknar mer skillnaden vid början av analysen, se tabell 6.

Tabell 6, Skillnad mellan  $P_{05}$  och  $P_{95}$  vid svajande gångstil och vinklat perspektiv.

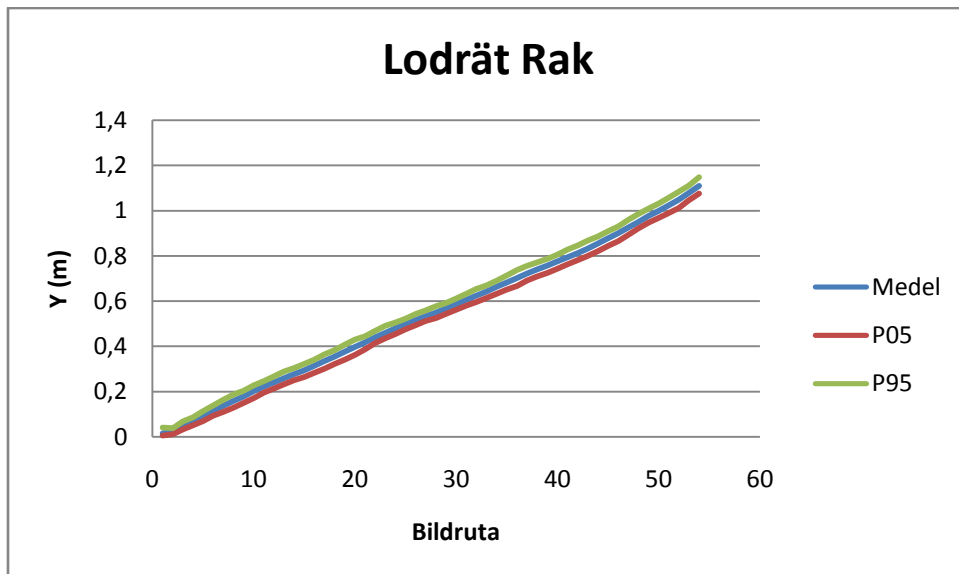
Sväng Vinkel X	Skillnad $P_{95}$ och $P_{05}$ (m)	Bildruta
Första	0,072	1
Minst	0,052	3
Störst	0,12	18
Sista	0,066	44

### 2.2.2 Reliabilitet i Y-led

Reliabiliteten i Y-led redovisas liksom reliabiliteten i X-led genom medel,  $P_{05}$  och  $P_{95}$  i diagram med tiden som bildruta i X-led och avståndet i korridorens längdriktning på Y-axeln. Då hastigheten är relativt konstant under försöken resulterar detta i linjära grafer där skillnaden mellan medelvärdet och  $P_{95}$  och  $P_{05}$  ses i skillnaden i Y-led för respektive bildruta (X-led).

#### 2.2.2.1 Rak gångstil, lodrätt perspektiv

För det lodräta perspektivet vid rak gångstil, se figur 16, är reliabiliteten i Y-led minst i början av analysen och ökar sedan under analysens gång.



Figur 16, Analys av rak gångstil vid lodrätt perspektiv.

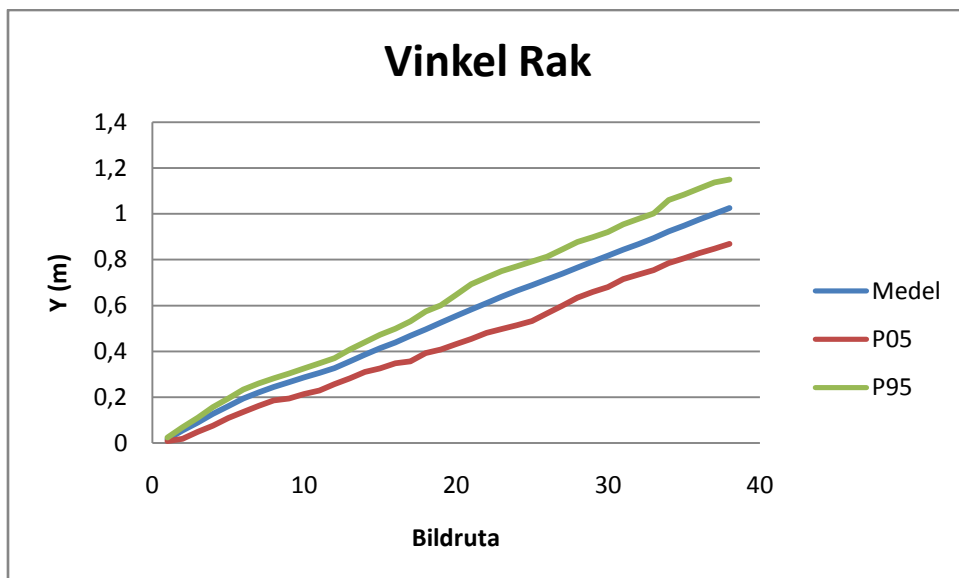
Minsta skillnaden mellan P<sub>05</sub> och P<sub>95</sub> är i början av analysen vid andra bildrutan med en skillnad på 2,7 cm. Skillnaden ökar sedan med bildrutorna till att den är som allra störst i sista bildrutan med 7,2 cm, se tabell 7.

Tabell 7, Skillnad mellan P<sub>05</sub> och P<sub>95</sub> vid rak gångstil och lodrätt perspektiv.

Rak Lodrät Y	Skillnad P <sub>95</sub> och P <sub>05</sub> (m)	Bildruta
Första	0,036	1
Minst	0,027	2
Störst	0,072	54
Sista	0,072	54

### 2.2.2.2 Rak gångstil, vinklat perspektiv

För det vinklade perspektivet med rak gångstil, se figur 17, är skillnaden mycket större jämfört med det lodräta perspektivet. Tendensen är annars den samma att reliabiliteten minskar under analysens gång, dock minskar reliabiliteten mer för varje bildruta vid det detta perspektiv jämfört med det lodräta perspektivet.



Figur 17, Analys av rak gångstil vid vinklat perspektiv.

Skillnaderna är i början av analysen 1,5 cm och ökar sedan under hela analysen upp till 28,9 cm i näst sista bildrutan, se tabell 8.

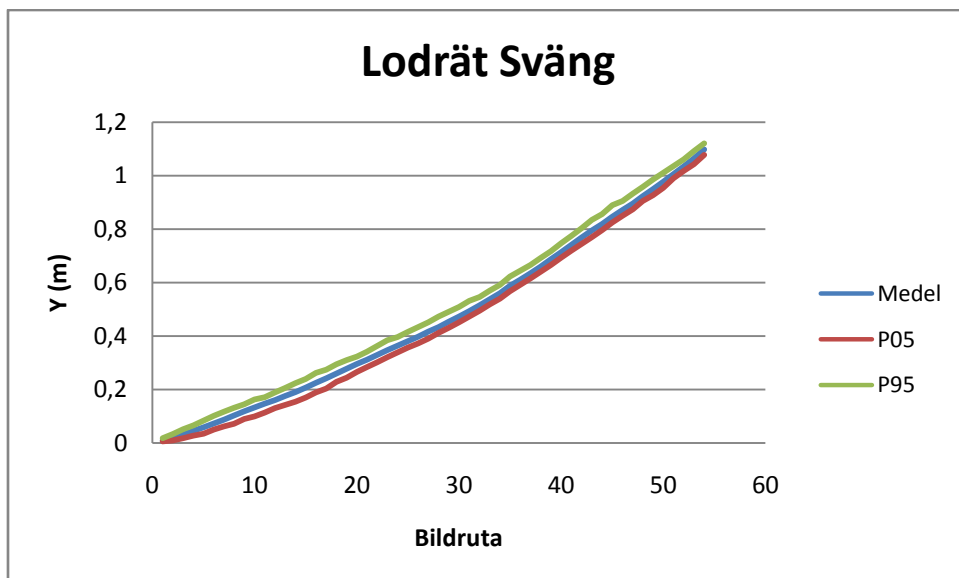
Tabell 8, Skillnad mellan P<sub>05</sub> och P<sub>95</sub> vid rak gångstil och vinklat perspektiv.

Rak Vinkel Y	Skillnad P <sub>95</sub> och P <sub>05</sub> (m)	Bildruta
Första	0,015	1
Minst	0,015	1
Störst	0,29	37
Sista	0,28	38

### 2.2.2.3 Svajande gångstil, lodrätt perspektiv

Reliabiliteten i Y-led för den svajande gångstilen vid lodrätt perspektiv liknar densamma för X-led då reliabiliteten är hög till att börja med, är mindre i mitten och blir större igen i slutet av analysen, se figur 18.





Figur 18, Analys av svajande gångstil vid lodrätt perspektiv.

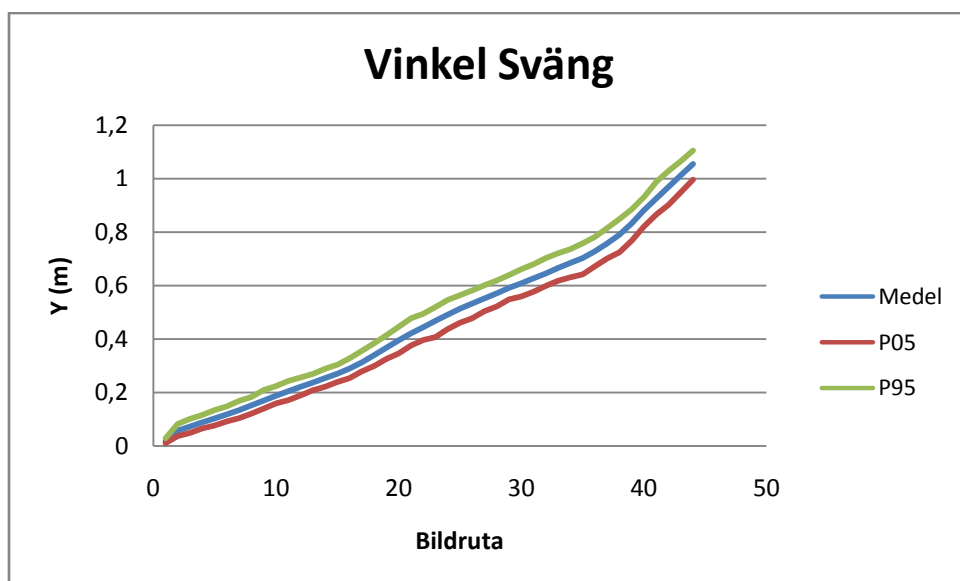
Skillnaden mellan  $P_{05}$  och  $P_{95}$  börjar på 1,2 cm och växer till max 7,3 cm vid den 16:e bildrutan, skillnaden vid sista bildrutan ligger på 4,4 cm, se tabell 9

Tabell 9, Skillnad mellan  $P_{05}$  och  $P_{95}$  vid svajande gångstil och lodrätt perspektiv.

Sväng Lodrät Y	Skillnad $P_{95}$ och $P_{05}$ (m)	Bildruta
Första	0,012	1
Minst	0,012	1
Störst	0,073	16
Sista	0,044	54

#### 2.2.2.4 Svajande gångstil, vinklat perspektiv

Reliabiliteten för den svajande gångstilen vid ett vinklat perspektiv börjar högt och minskar under analysens gång. Den blir som störst vid slutet av analysen, se figur 19. Reliabiliteten är liksom alla tidigare vinklade perspektiv lägre än för motsvarande gångstil med lodrätt perspektiv.



Figur 19, Analys av svajande gångstil vid vinklat perspektiv.

Största skillnaden mellan  $P_{05}$  och  $P_{95}$  är 12,7 cm i 42:a bildrutan och den minsta skillnaden är 1,8 cm i första bildrutan, se tabell 10.

Tabell 10, Skillnad mellan  $P_{05}$  och  $P_{95}$  vid svajande gångstil och vinklat perspektiv.

Sväng Vinkel Y	Skillnad $P_{95}$ och $P_{05}$ (m)	Bildruta
Första	0,018	1
Minst	0,018	1
Störst	0,13	42
Sista	0,11	44

### 2.2.3 Gångväg

Två försök utan störningar valdes ut, där försök 18 är med vanlig gångtakt och försök 22 med trängsel. Gångvägen för samtliga personer i dessa försök plottas i ett diagram för att åskådliggöra skillnaden mellan olika kameravinklar i Persias, samt skillnaden mellan Persias och Harvard-Photoshopmetoden. Diagrammen är konstruerade så att korridorrens längd är plottad på Y-axeln medan korridorrens bredd är plottad på X-axeln. Dörröppningen befinner sig mellan  $X=0,425$  och  $X=1,175$  vid  $Y=1,2$  och markeras i diagrammen med tjockare linje i diagrammet. Flera personers plot når inte upp till 1,2 utan slutar upp till 20 centimeter innan. Detta beror på att analysen i Persias slutat när användaren ansett att den analyserade personen befunnit sig vid slutet av analysområdet och i nästa bildruta skulle vara utanför analysområdet.

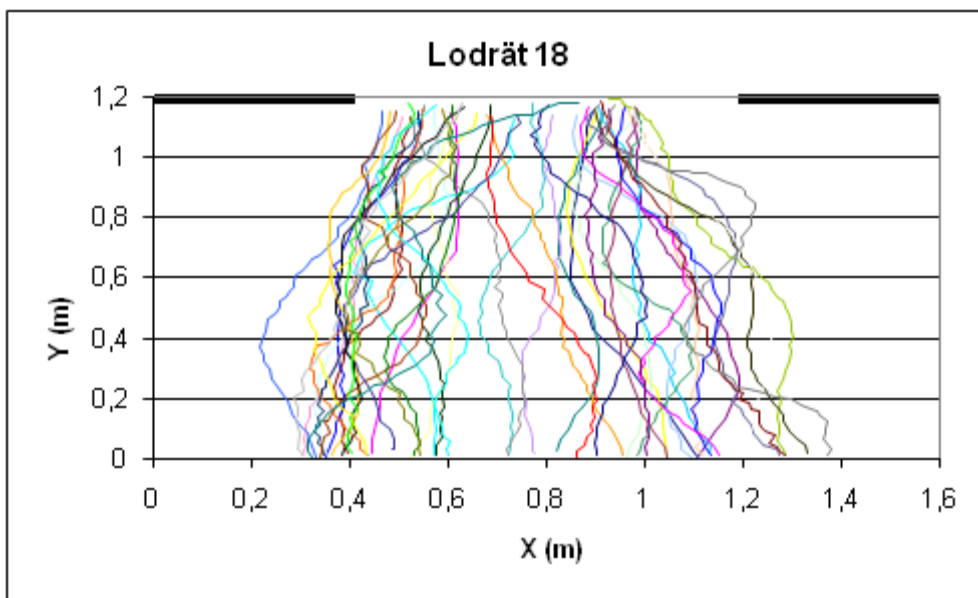
För diagrammen som visar gångvägar utifrån Harvard-Photoshopmetoden fanns inte fullständig data för flertalet gångvägar, detta medför att i diagrammen kan en försökspersons gångväg vara uppdelad i flera linjer och att delar av gångvägen saknas. Då data inte finns för hela gångvägen beror det på att

Post-it-lappen inte syntes i en bildruta och då klarade inte Harvardprogrammet att koppla ihop Post-it-lappen i bildrutan innan med Post-it-lappen i bildrutan efter och det blev två plottar. Bortfall av Post-it-lappar berodde bl.a. på att korta personer skuggades av längre personer. Skuggan ändrade färg på Post-it-lappen som då inte registrerades i Photoshop.

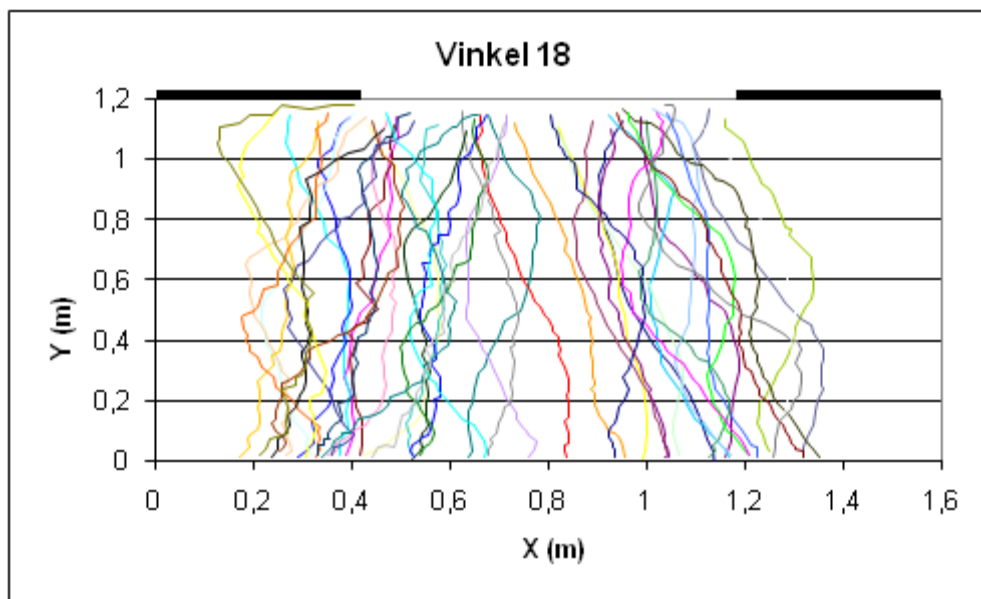
Ytterligare diagram skapades för att jämföra de båda kameravinklarna i Persias (lodrät och vinklad) och Harvard-Photoshopmetoden med varandra. Två försökspersoner med lättanalyserade gångbanor användes per försök. I kanten av diagrammet visas även den absoluta differensen mellan de olika gångvägarna med utgång från Persias lodräta perspektiv.

Tiden att analysera filmerna skilde sig väsentligt åt mellan Harvard-Photoshopmetoden och Persias. Analysera en film (exklusive bearbetning i Excel) på ca 20 sekunder och med 47 personer tog med Harvard-Photoshopmetoden mellan 15-20 minuter med en förhållandevis snabb dator. Med Persias tog analysen mellan 2 och 3 timmar. Tiden det tar för Harvard-Photoshopmetoden är beroende på hur lång film som skall analyseras. Tiden med Persias är både beroende på hur många personer som ska analyseras och filmens längd. Bearbetning av data i Excel för att skapa gångvägsdiagrammen tog 10-15 minuter för Persias och något längre tid för Harvard-Photoshopmetoden där data behövde mer manuell bearbetning.

Vid jämförelse av det lodräta perspektivet, figur 20, och det vinklade, figur 21, för försök 18 ses det okulärt att vissa gångvägar är relativt lika men att flertalet har stora skillnader. I början av korridoren stämmer gångvägarna bättre överens än i slutet av korridoren då flertalet gångvägar i det vinklade perspektivet tydligt ligger utanför dörröppningen.

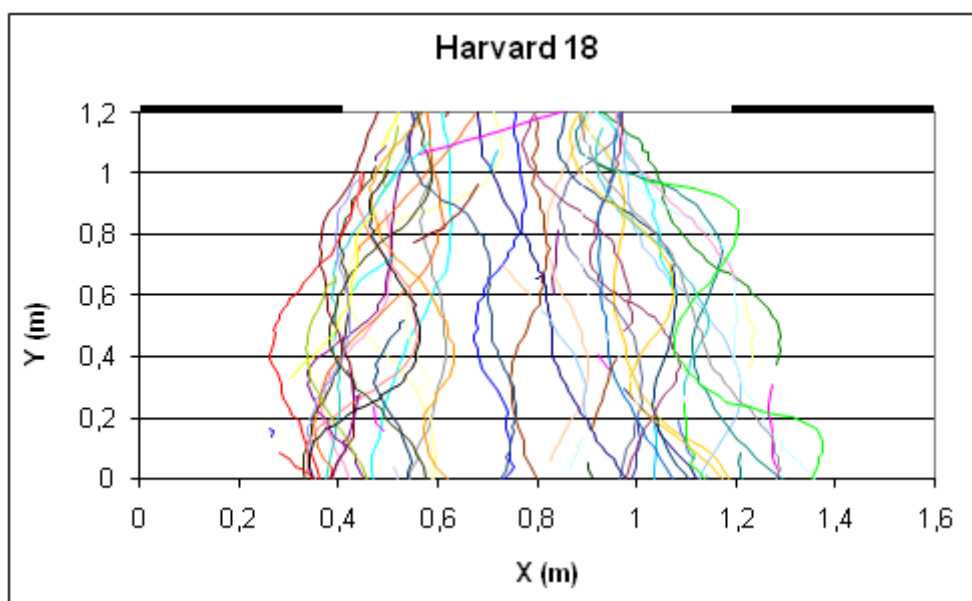


Figur 20, Gångväg Persias lodrät 18.



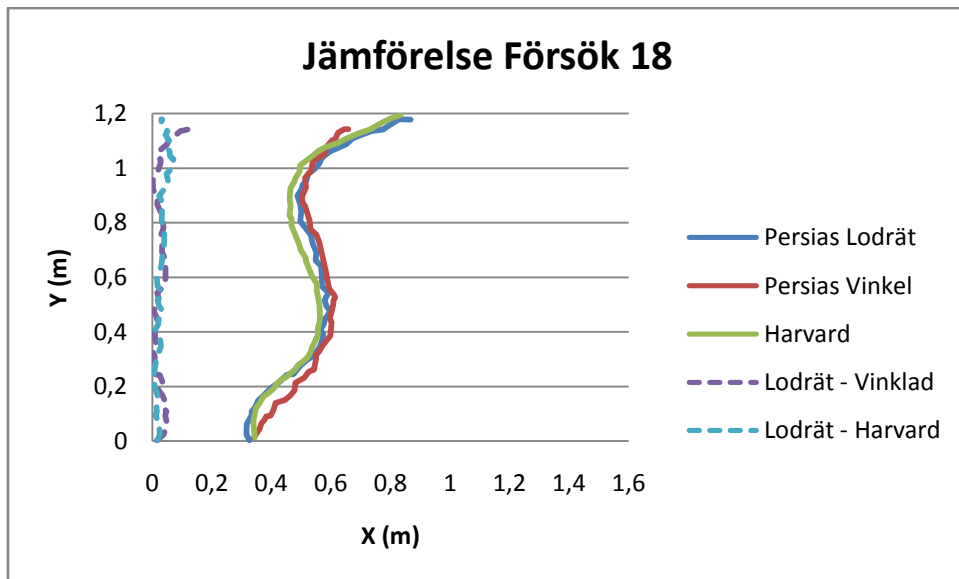
Figur 21, Gångväg Persias vinklad 18.

Vid jämförelse mellan Harvard-Photoshopmetoden, figur 22, och det lodräta Persiasperspektivet urskiljs att flertalet gångvägar är mycket lika.



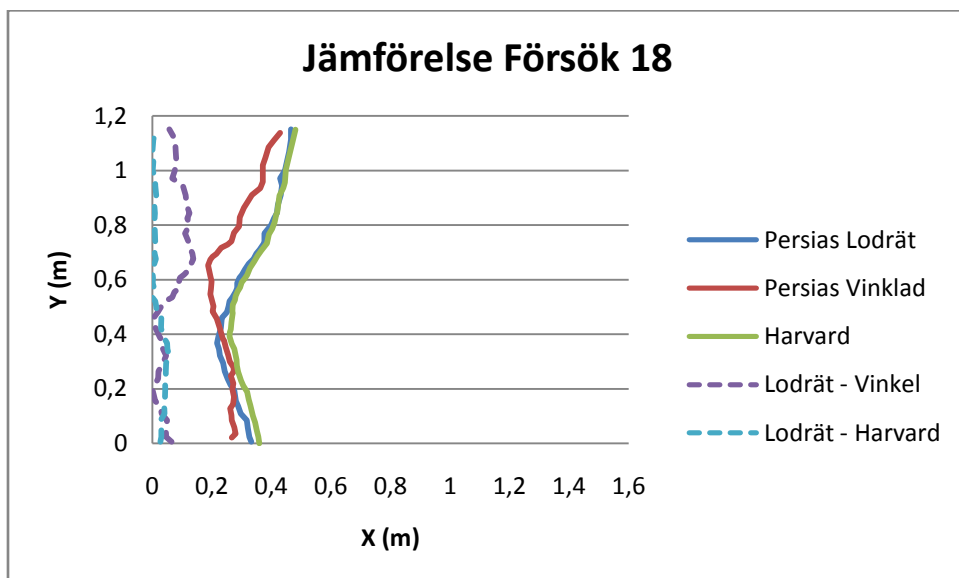
Figur 22, Gångväg Harvard-Photoshopmetoden 18.

För första personen som jämförs i försök 18, se figur 23, stämmer de två Persiasperspektivens gångvägar väl överens och det är först i slutet av korridoren de skiljs åt. Även Harvard-Photoshopmetodens gångväg stämmer väl överens med Persias lodräta perspektiv.



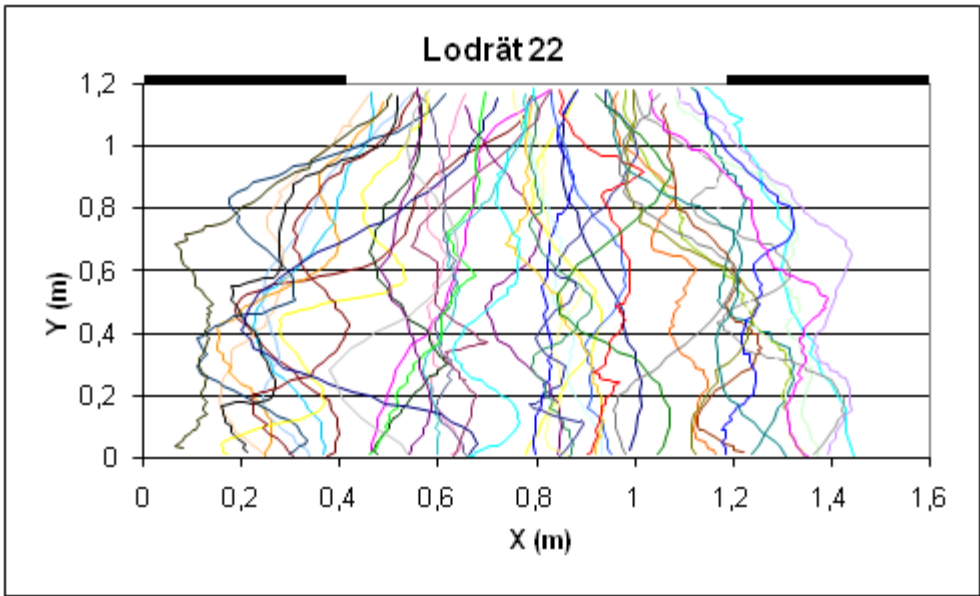
Figur 23, Jämförelse av gångväg mellan Persias och Harvard-Photoshopmetoden, försök 18.

I jämförelsedigrammet för den andra personen, se figur 24, stämmer gångvägarna för de båda Persiasperspektiven överens i början men efter 0,5 meter går de isär. Harvard-Photoshopmetoden och Persias lodräta perspektiv stämmer överens genom hela försöket.

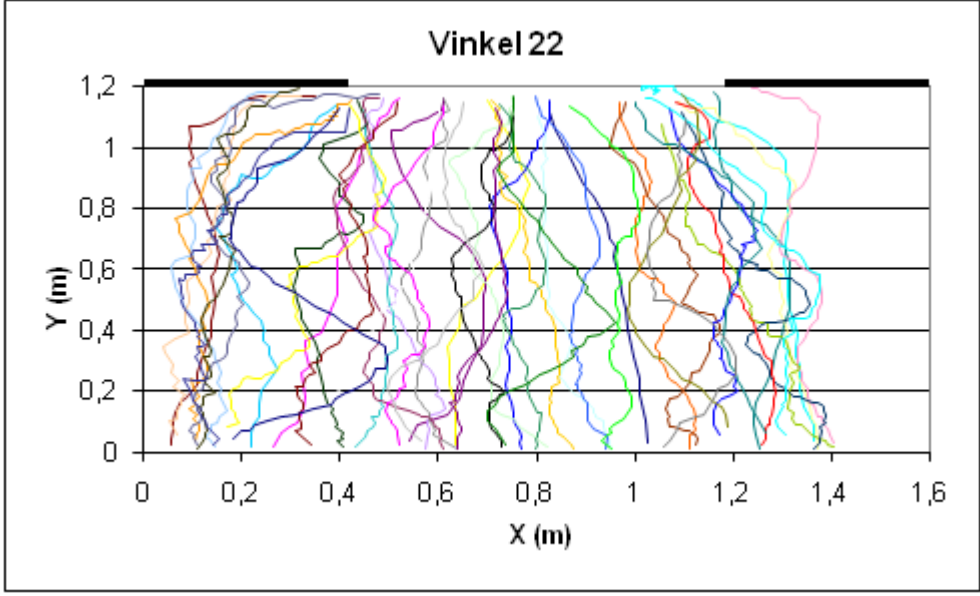


Figur 24, Jämförelse av gångväg mellan Persias och Harvard-Photoshopmetoden, försök 18.

Samma tendenser som syns för försök 18 kan även ses för försök 22. Det lodräta perspektivet, figur 25, och det vinklade perspektivet, figur 26, skiljer sig en del åt, speciellt vid slutet av korridoren.

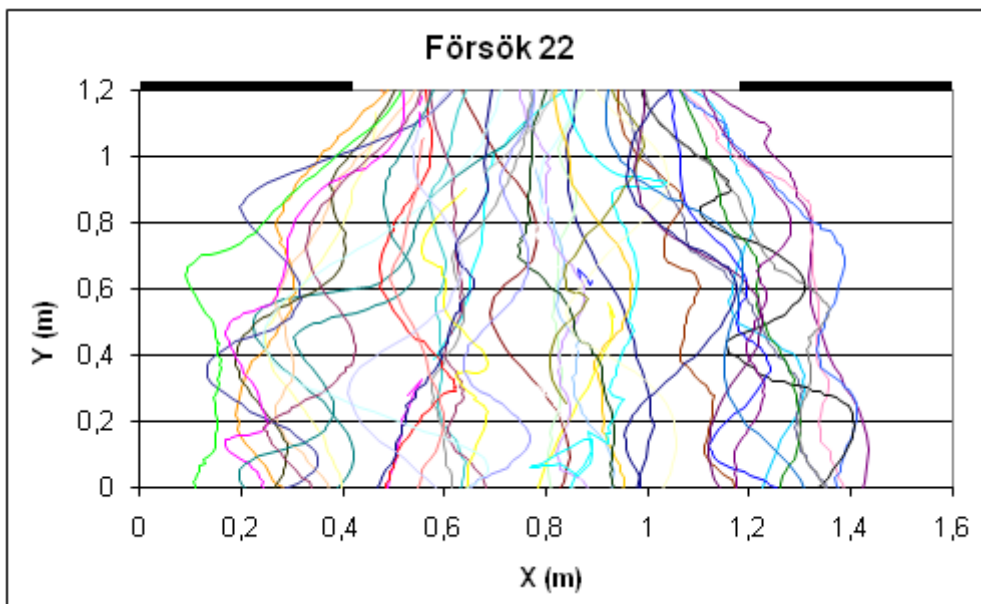


Figur 25, Gångväg Persias lodrät, försök 22.



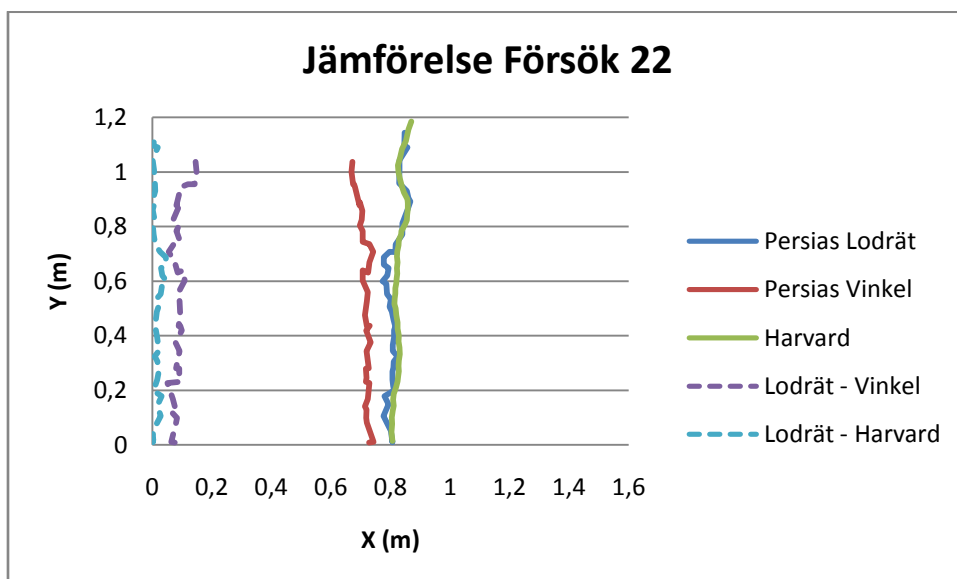
Figur 26 Gångväg Persias vinklad, försök 22.

Harvard-Photoshopmetodens diagram, figur 27, liknar det lodräta Persias perspektivet och det finns flera plottar i de båda diagrammen som stämmer väl överens.

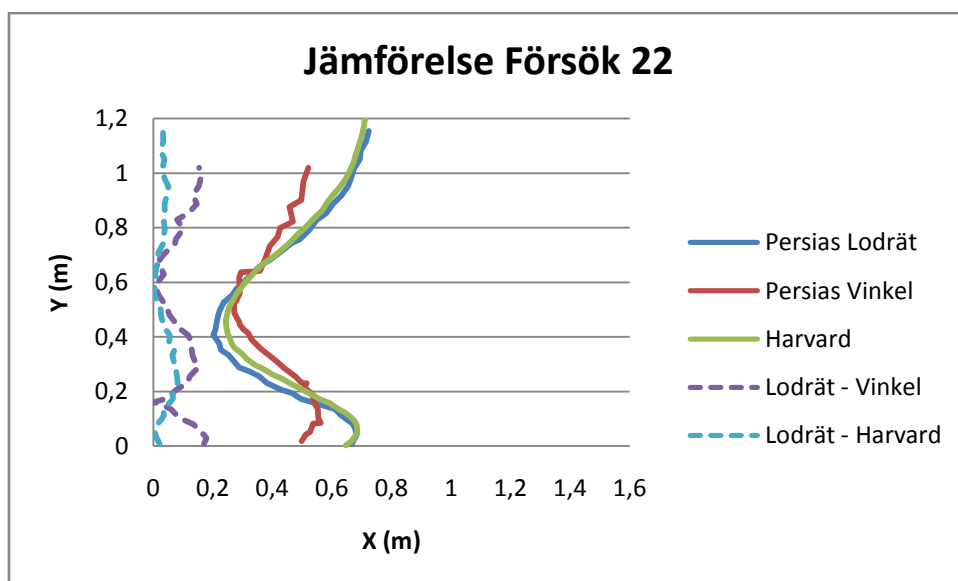


Figur 27 Gångväg Harvard-Photoshopmetoden, försök 22.

I jämförelsedigrammen för de två personerna i försök 22, figur 28 och figur 29, ses det att de båda Persiasperspektivens gångvägar skiljer sig åt. Harvard-Photoshopmetoden och det lodräta perspektivet stämmer väl överens i första diagrammet, figur 28, medan i det andra finns det vissa skillnader och blir som max 10-12cm, figur 29.



Figur 28, Jämförelse av gångväg mellan Persias och Harvard-Photoshopmetoden, försök 22.



Figur 29, Jämförelse av gångväg mellan Persias och Harvard-Photoshopmetoden, försök 22.

## 2.3 Diskussion

Varken IR-filmen eller försöken utan hjälm gick att behandla på ett smidigt sätt. Möjligheten finns att markera försökspersonerna genom att placera ut prickar manuellt på varje bildruta men då går det bara marginellt snabbare än Persias. Fördelen med att markera manuellt i Photoshop gentemot Persias är att det är möjligt att, på ett smidigt sätt, snabbt markera flera personer samtidigt i varje bildruta. När Photoshop automatiskt skulle markera de gröna Post-it-lapparna funkade det bra förutom i vissa partier där ljuset varierade för mycket. Mycket av Photoshops förmåga att urskilja lapparna beror på filmkvaliteten och ljussättningen. Korta personer som skuggades tappades lätt bort och i vissa vinklar bländades de gröna lapparna och blev nästintill vita. Bländningen berodde även på att lapparna satt på vita hjälmar och att kamerans färgkontrast inte var tillräcklig för att upptäcka färgskillnaden mellan lappen och hjälmen.

Ett försök med Harvard-Photoshopmetoden tar ca 15-20 minuter att analysera med en relativt snabb dator. Motsvarande tid för Persias är ca tre timmar, alltså en väsentlig förbättring att använda Harvard-Photoshopmetoden. Skulle resultaten komma bort på något sätt är det tryggt att veta att det går snabbt att få fram nytt och att det är exakt samma som produceras andra gången tack vare den digitala behandlingen och inspelade makron i Photoshop.

Om filmkvaliteten är dålig och Photoshop inte hittar samtliga lappar tappar Harvardprogrammet bort en person om den inte registreras i en av bildrutorna. Programmet tror istället att det är en ny person som kommit in. Harvard-Photoshopmetoden gav en felmarginal som observerats i dessa analyser upp till 10-12 cm. Felmarginalen beror troligen på försökspersonernas lutning på huvudet.

För det vinklade perspektivet i Persias visar den raka gångstilen tendenser till att till en början av analysen ge en väldigt hög reliabilitet för att sedan minska desto längre analysen fortsätter för att bli lägst vid de sista bildrutorna. Tendensen gäller för både det lodräta och det vinklade perspektivet men med störst minskning av reliabiliteten vid det vinklade perspektivet. Detta p.g.a. att försökspersonerna rör sig längre bort i bilden och en avvikande klickning ger allt större avvikelse för den reella koordinaten. För den svajande gångstilen är reliabiliteten mer stabil över hela analysen, det kan dock urskiljas att reliabiliteten sjunker i svängarna då försökspersonen lutar mer. Det lodräta perspektivet



hade en fullt godtagbar reliabilitet med tanke på den mätnoggrannhet som krävs. Det vinklade perspektivet gav inte en godtagbar reliabilitet då skillnaden mellan  $P_{05}$  och  $P_{95}$  kunde vara upp emot 30 cm.

För att få med så mycket av korridoren som möjligt i det vinklade perspektivet användes ett vidvinkelobjektiv på kameran. Då vidvinkelobjektivet förvränger bilden något kan detta ha påverkat utfallet av det vinklade perspektivet.

Troligen finns det en maxavvikelse var markeringarna placeras då det inte är troligt att en användare placerar markören speciellt långt ifrån personen som analyseras. Detta gäller speciellt för det lodräta perspektivet då analyspersonernas förflyttning kan liknas förflyttning över en tvådimensionell yta. För det vinklade perspektivet blir förflyttningen tredimensionell och om det inte existerar någon utmärkande fixpunkt på analyspersonerna vid analysområdets höjd kan det vara svårt att placera markören vid rätt höjd på försökspersonerna. Detta resulterar då i en felaktig position då en förändrad höjdsposition leder till förändrade längd- och breddpositioner.

Analysen av reliabiliteten startade alltid vid samma tidpunkt då försökspersonen gick in i testområdet. Då analysen skedde med testområdets gränser synliga kunde den första positionen utgå från ena gränsen. Detta skapade en högre stabilitet i de första uppmätta värdena, att sedan värdena blir mindre stabila tros bero på att föregående markering är synlig när den nya positionen skall markeras. Detta antas ha en inverkan på var analyspersonen placerar markören. Den som utför analysen ser att personen flyttar sig vid byte av bildruta och tenderar därför att ändra markörens position även då detta inte är nödvändigt, oftast överdrivet mycket. Detta gäller mestadel då varje bildruta markeras, det kan väljas så att t.ex. enbart var femte bildruta analyseras, om detta ger bättre eller sämre resultat är svårt att förutse.

## **2.4 Slutsats**

Utifrån resultaten från kalibreringsförsöken kan slutsatsen dras att det lodräta perspektivet ger ett resultat med bättre reliabilitet än det vinklade perspektivet. Detta innebär att det vinklade perspektivet inte används vidare under arbetets gång. Persias med vinklat perspektiv har stor sannolikhet att ge systematiska fel vid mätningen av placeringen av försökspersoner. Harvard-Photoshopmetoden anses ha en bra reliabilitet samt validitet för utvärderingar av utrymningsförsök och är betydligt snabbare än Persias. Metoden kommer därför att användas framöver under hörnförsöken. En lampa bör dock användas för att ge ett jämnare ljus och göra att ingen kortare försöksperson hamnar i skuggan. Fördelen med Persias gentemot Harvard-Photoshopmetoden är att det går att använda film med sämre kvalitet.



### 3 Försök i korridor med hörn

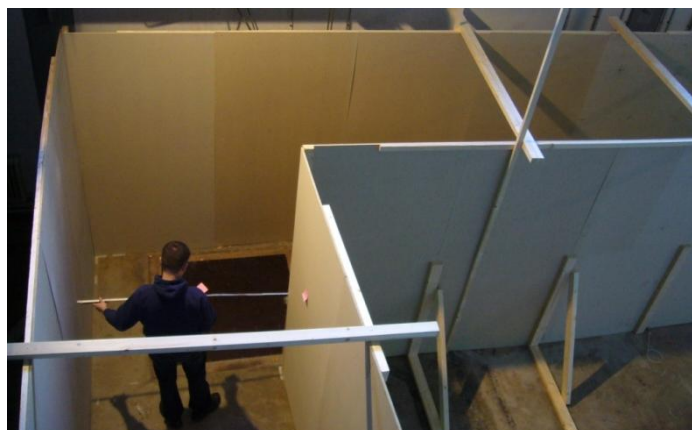
Onsdagen 14/11-07 genomfördes den andra försöksomgången. Med hjälp av tre kameror studerades försökspersonernas beteende vid hörn.

#### 3.1 Metod

Försöket genomfördes genom att författarna byggde upp en korridor samt rekryterade försökspersoner till att passera genom korridoren i två olika gruppkonstellationer. Personerna uppmanades att liksom i det förra försöket att tränga sig med varandra under hälften av försöken. Försöket filmades ovanifrån med tre stycken kameror. Filmerna analyserades sedan med Harvard-Photoshopmetoden.

##### 3.1.1 Försöksuppställning

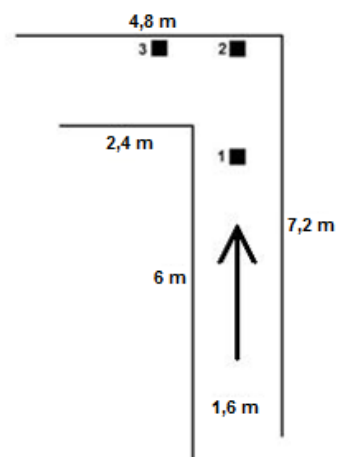
En korridor med en 90° vinkel byggdes i stora vattenhallen i V-huset på LTH, se figur 30. Byggnadsmaterialet i korridoren var träfiberskivor (1200x2500x12mm<sup>3</sup>) och träreglar (45x95mm<sup>2</sup>). För att korridoren skulle motstå påfrestningar byggdes trianglar för att väggarna inte skulle falla utåt och en längre träregel fästes mellan väggarna så att de inte skulle falla mot varandra. Bredden i korridoren var 1,6 meter och höjden var 2,5 meter, samma som för korridoröversikten.



Figur 30, Hörnbanan

Tre analoga kameror med videoband användes under hörnförsöken (benämns kamera 1-3). Kamera 1 placerades att den filmade precis innan hörnet, kamera 2 placerades att den filmade hörnet och kamera 3 filmade försökspersonerna efter hörnet, se figur 31. Samtliga kameror placerades 4,5 meter ovanför golvet, riktade nedåt. Kamera 2 och 3 var dock lite snett riktade som den lodräta kameran var under korridoröversikten. Kamera 1 monterades på en lång trästav för att kunna filma på rätt ställe. Kamera 1 filmade rakt ner.

Vid hörnförsöken användes extra ljussättning i form av en 150 W halogenlampa. Denna placerades mellan kamera 2 och 3. Pilen visar försökspersonernas gångriktning.



Figur 31, kameraplacering samt gångriktning.

### 3.1.2 Försökspersoner

Försökspersonerna för hörnförsöken rekryterades på samma sätt som för korridorörsöken dvs. ett e-brev följt av påhälsning i klassrummen. Försökspersonerna var studenter och personal från LTH. Efter försöket fick försökspersonerna, precis som för korridorörsöken, fylla i en enkät. Kön blev dock för lång till enkäten och en del av försökspersonerna tog baguette innan de fyllde i. Detta ledde till att endast 70 av 75 försökspersoner (93 %) fyllde i enkäten. Resultatet av enkäten visas i tabell 11.

Tabell 11, Resultat av enkäten för hörnförsöken

Sammanställda mätningar	Värde
Medelvärde ålder (år)	24
Standardavvikelse ålder (år)	5,4
Medelvärde vikt (kg)	74
Standardavvikelse vikt (kg)	11
Medelvärde längd (cm)	180
Standardavvikelse längd (cm)	9,4
Andel män (%)	71
Var med på korridorörsöken (%)	31

### 3.1.3 Genomförande

Försökspersonerna fick inte i förhand reda på vad försöket gick ut på. De fick först dela in sig i grupper om fem och gå banan två gånger i smågrupperna. Resten av försöken gick alla som en samlad klunga. Efter att de gått gemensamt 10 gånger instruerades de att packa sig tätare de resterande 10 gånger, se tabell 12. Efter första tätpackade försöket fick klungan instrueras att lugna ner sig lite då de agerade för våldsamt. Under samtliga försök hade försökspersonerna på sig en vit hjälm med en Post-it-lapp. Den ljusgröna färgen på Post-it-lappen som användes vid försök med rak korridor byttes till rosa, se figur 32. Färgbytet gjordes för att undersöka om det ger annorlunda utslag vid dataanalysen. Under några av försöken bildades en kö i slutet av korridoren. Detta ledde till att folk stod stilla i analysområdet. Dessa försök redovisas ej.

Tabell 12, Genomförande hörnförsök

Försök	Fem personer	75 personer	Trängsel
1-2	✓		
3-12		✓	
13-22		✓	✓



Figur 32, Hjälms med rosa Post-It-lapp.

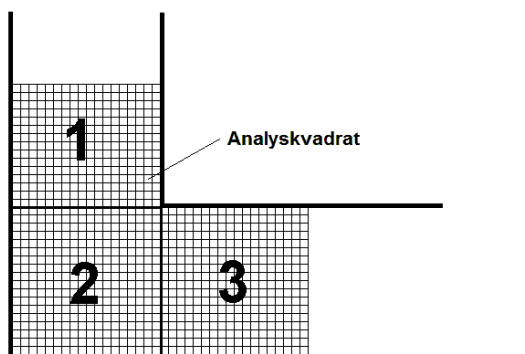
### 3.1.4 Program som användes vid dataanalysen

Av de program som användes vid korridoröversöket används för hörnförsöket enbart Harvard-Photoshopmetodens program (se kapitel 2.1.4.2) dvs. harvardprogramfilen till Matlab samt Photoshop. Utöver dessa två användes också ett egenkomponerat matlabprogram, se kapitel 2.1.4.2.

### 3.1.5 Analys av data från försöken

Samtliga försök från hörnförsöken analyserades enligt samma metod som användes för Post-it-lapparna vid korridoröversöket d.v.s. Harvard-Photoshopmetoden. Vid överföringen till Excel skrevs ett matlabprogram som gjorde att Matlab skrev över utdata automatiskt, se bilaga C. Detta gjordes för att undvika det manuella arbetet som annars uppkom.

Resultaten behandlades utifrån att analysområdet delats upp i kvadrater med sidorna 10 centimeter vilket visas i figur 33. Storleken på analyskvadraterna utformades så att en person som vinkelrätt passerar genom en "analyskvadrat" registreras minst en gång. För att inte registreras måste hastigheten överstiga 2,5 m/s. Beräkningar på resultaten utfördes för att bestämma antalet bildrutor en Post-it-lapp registrerats i en analyskvadrat. Beräkningarna tillät att samma Post-it-lapp var registrerad flera gånger i en analyskvadrat (vistelsetid). Resultaten redovisas i diagram med tre axlar där X- och Y-axeln är längdskalor i meter och redovisar hela analysområdet. Z-axeln redovisar antalet gånger en Post-it-lapp varit registrerad i respektive analyskvadrat. Två olika perspektiv användes för att ge en bättre översikt av resultatet. Ett perspektiv visar diagrammet ovanifrån medan det andra visar diagrammet från en vinkel, det senare redovisas i bilaga D. För diagrammen med perspektiv ovanifrån är Z-axeln endast synlig som färgskiftningar. Av samtliga hörnförsök skapades totalt tre diagram: fem personer i smågrupper, 75 personer utan trängsel och 75 personer med trängsel.



Figur 33, Analyskvadrater i analysområdet.

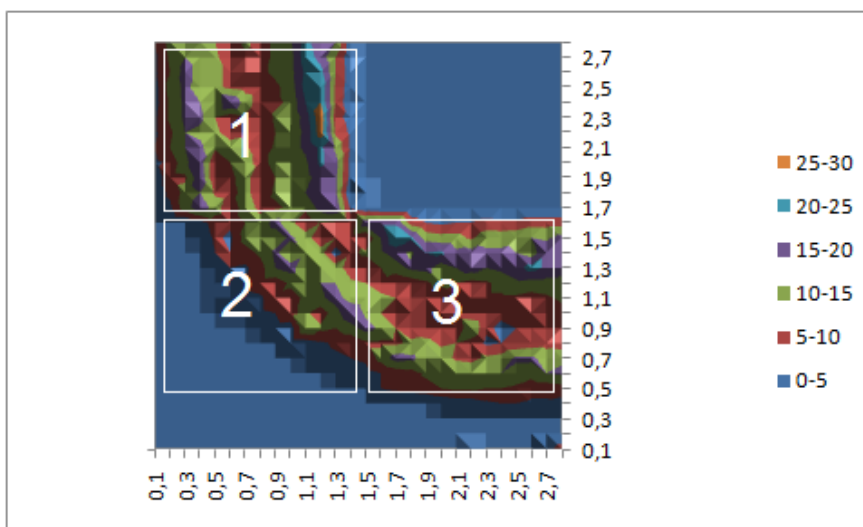
Samma slags diagram gjordes fast med förutsättningen att varje Post-it-lapp kunde registreras max en gång i varje analyskvadrat (utnyttjandegrad). Detta gjordes för att diagrammen inte skulle bli hastighetsberoende utan bara visa personernas vägval. Båda sorters diagram visar hur stor del utav hörnet som används. Då det bildades fasta punkter på väggar och golv som registrerades i varje bildruta togs analyskvadratens värde bort manuellt och ersattes med ett medelvärde av närliggande kvadraterna.

Hastigheten beräknades för samtliga personer i försök 10 och 11. Den beräknades genom att ta kortaste avståndet en person förflyttat sig mellan varje bildruta och dividera med 0,04 sekunder (tiden mellan varje bildruta). Utifrån detta beräknades hur många gånger varje person borde bli registrerade i en analyskvadrat. Skillnaderna mellan vistelsetiden och utnyttjandegraden kunde sedan överskådligt jämföras med varandra.

### 3.2 Resultat

Då utdata från Harvard-Photoshopmetoden innehöll analyskvadrater med väldigt mycket registreringar, bl.a. pga. Post-it-färgen uppstod i golvet korrigerades den utdata som ansågs bero på fel (värden som var minst dubbelt så stora som omgivande värden) till ett mer korrekt värde. Detta gjordes genom att ta bort det felaktiga värdet och skapa ett nytt värde utifrån medelvärdet av omkringliggande analyskvadrater. Endast korrigerade resultat redovisas i detta kapitel, okorrigerade resultat redovisas i bilaga E.

Belysningen under försöket gjorde att färgen på Post-it-lapparna ibland bländades och gick mot vitt. Detta ledde till de inte registrerades i Photoshop. En försöksperson bar en topp med samma färg nyans som Post-it-lapparna vilket ledde till att personens axlar registrerades som var sin Post-it-lapp. Diagrammen visar hela analysområdet där den övre vänstra kvadraten av diagrammet är kamera 1, nedre vänstra är kamera 2 och den nedre högra är kamera 3. Kamerafången visas i figur 34.



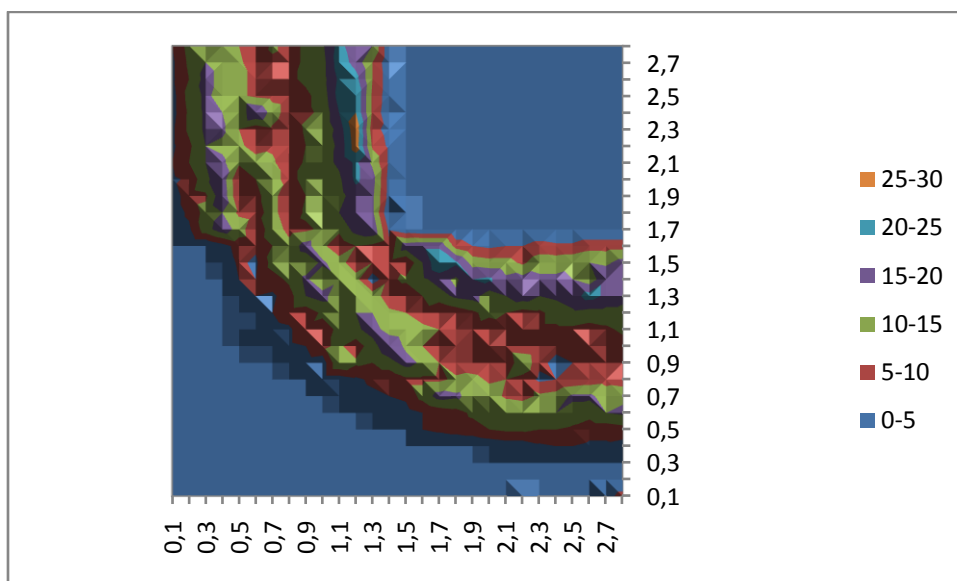
Figur 34, Kamerafång i diagram.

Tidsåtgången för att behandla utdata från Harvard-Photoshopmetoden var ungefär 10-15 minuter per diagram (20 filmer vid 5 personer och 10 filmer vid 75 personer). För att beräkna hastigheterna krävdes mycket manuell bearbetning, tidsåtgång för att beräkna hastigheten för en film vid 75 personer varierande mellan 2-3 timmar.

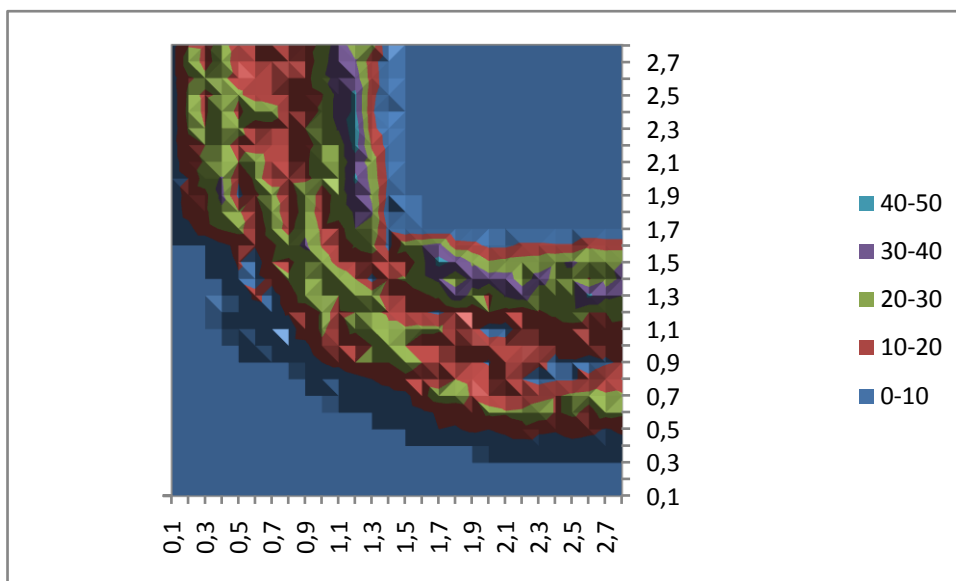
### 3.2.1 Försök med grupper om fem

Resultaten från de olika försöken redovisas samlat i ett diagram för överskådlighet. Dock har några genomgångar inte använts då de skulle ge missvisande resultat pga. att det vid en tidpunkt blev stopp vid utgången och personer stod stilla inne i analysområdet. De genomgångar som påverkats av detta, antingen genom att personer stod stilla eller misstanke fanns om att personer minskade hastigheten pga. stopp längre fram har inte tagits med i sammanställningen.

Resultaten från genomgångar med fem personer visar på att två gångstråk uppstår i analysområdet. Flest personer passerar genom analysområdet nära innerväggen medan en någon mindre andel passerar ungefär 30 till 70 centimeter längre ut. I själva hörnet är det som kortast avstånd mellan de två stråken medan i korridoren innan och efter är det ett längre avstånd mellan stråken, se figur 35-36. Vid jämförelse av utnyttjandegraden och vistelsetiden är vistelsetiden ungefär en faktor två större än utnyttjandegraden genom hela analysområdet, detta visar på att hastigheten är relativt jämn genom hela analysområdet.



Figur 35, Utnyttjandegrad vid fem personer samt schematisk kamerafång.



Figur 36, Vistelsetid med fem personer.

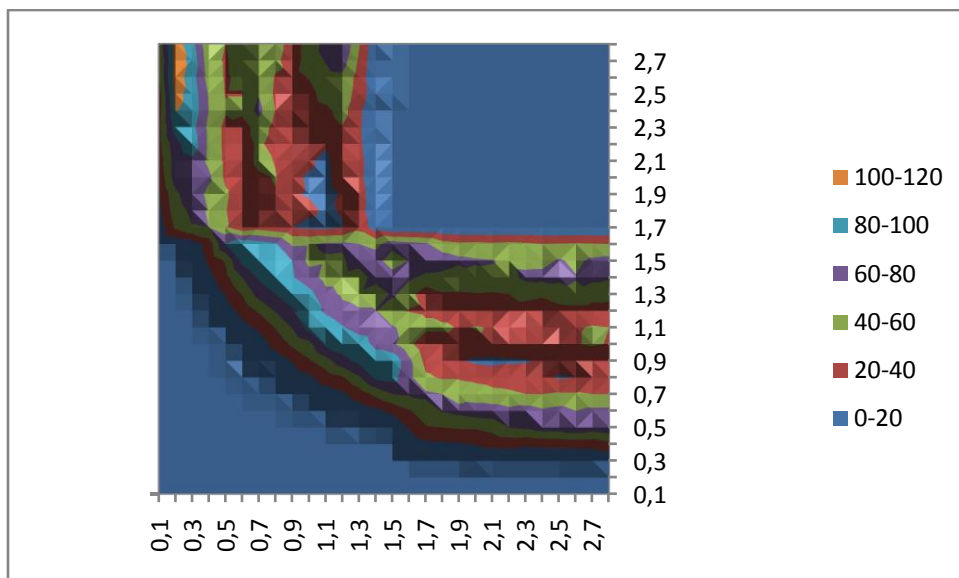
### 3.2.2 Försök med grupper om 75

För försöken med 75 personer sammanställs genomgång 1 till 10 till ett diagram (vanlig gång) och 11 till 20 sammanställs (trängsel) för att skapa ett mer överskådligt resultat.

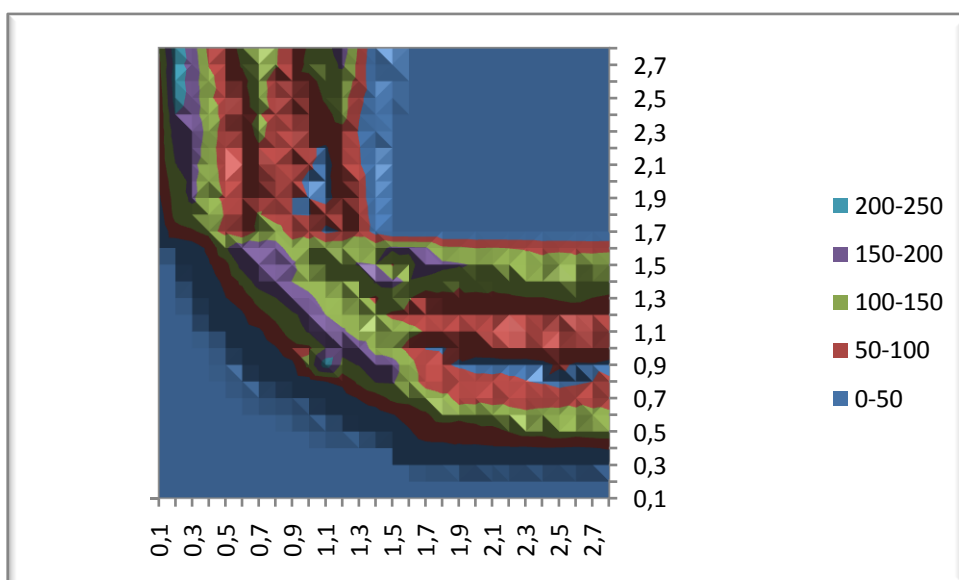
#### 3.2.2.1 Försök med normal gångtakt

Vid normal gång av försökspersonerna syns samma tendens till stråk som observerades för genomgångar med 5 personer. Två stycken tydliga stråk syns medan ett tredje svagt stråk anas i figuren över utnyttjandegrad, se figur 37. Stråken syns något bättre i figuren över vistelsetiden, se figur 38. Till skillnad mot när 5 personer gick går större andel i det yttre stråket än i det inre stråket. Avståndet mellan yttre och inre stråk är även något större än för 5 personer. Avståndet mellan inner- och ytterstråket varierar mellan ca 50 till 90 centimeter. Mittenstråket ligger ungefär lika långt ifrån det yttre som det inre stråket genom hela analysområdet förutom i slutet då det ligger lite närmare innerstråket. Vistelsetiden ligger som i försöken med 5 personer även här drygt 2 gånger större i hela analysområdet än vad utnyttjandegraden är.





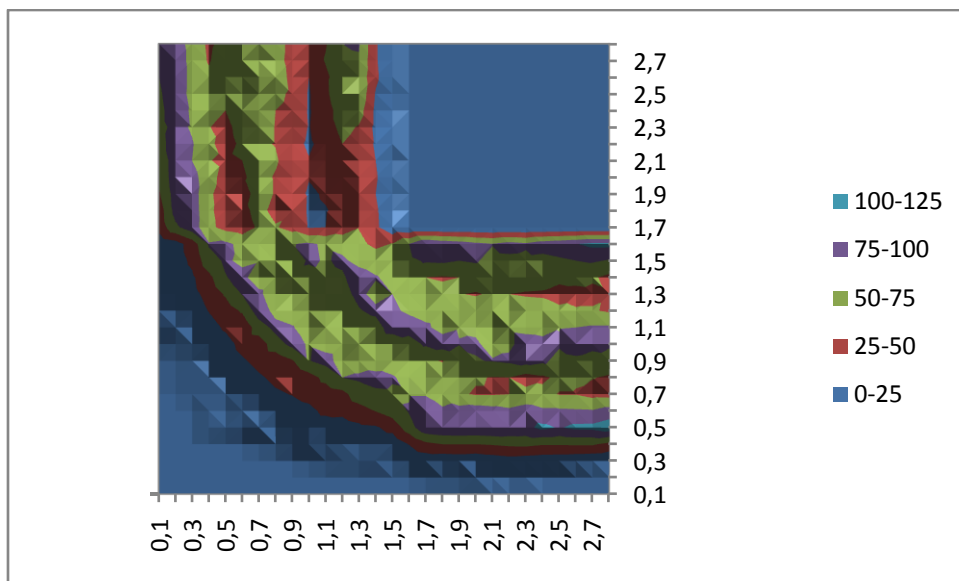
Figur 37, Utnyttjandegrad, normal gång.



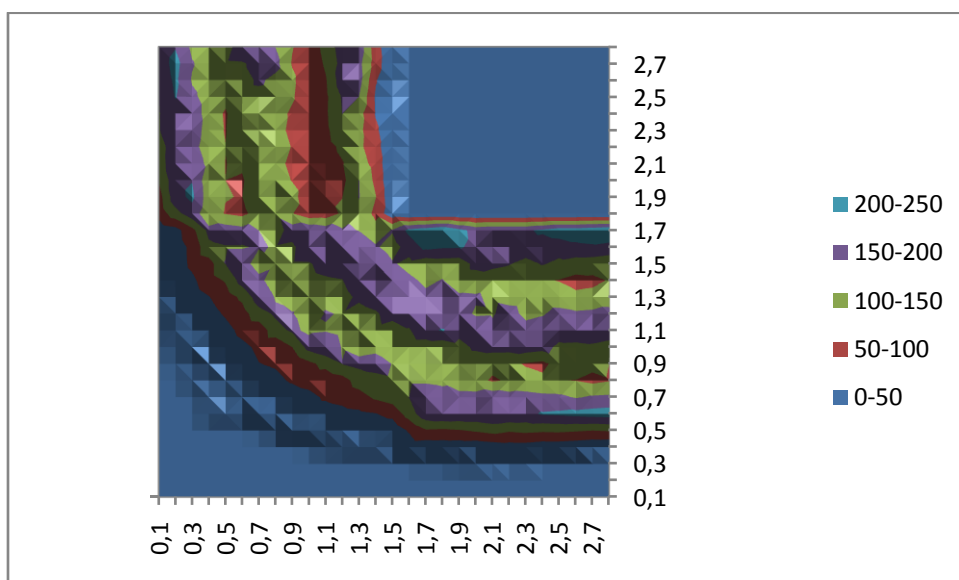
Figur 38, Vistelsetid, normal gång.

### 3.2.2.2 *Försök med trängsel*

För försöken där försökspersonerna uppmanades att tränga uppstår tre stycken gångstråk i utnyttjandegrad diagrammet, se figur 39. I figuren över vistelsetiden syns de tre stråken tydligt, se figur 40. Avstånden mellan inner- och ytterstråk är ca 50 till 100 centimeter. Mittenstråken går i början av analysområdet närmare ytterstråket för att senare gå mitt emellan ytter- och innerstråk. Skillnaden mellan vistelsetid och utnyttjandegrad ligger även här något över en faktor 2.



Figur 39, Utnyttjandegrad, trängsel.



Figur 40, Vistelsetid, trängsel.

### 3.2.3 Hastighetsanalys för försök 10 och 11

Hastigheten beräknades för samtliga personer i försök 10 och 11. Hastighetsresultaten begränsades till dessa två försök pga. den stora mängd manuellt arbete som krävdes för att få ut hastigheter.

Hastigheten räknades ut genom att beräkna den kortaste sträcka en person förflyttade sig mellan varje bildruta, sträckan (meter) dividerades med 0,04 (tiden i sekunder mellan varje bildruta). Försök 10 och 11 valdes ut för att få med ett försök där försöks personerna gick vanligt och ett där de trängdes.

Resultaten redovisas i tabell 13 och tabell 14. Tabellerna visar medel, median, största och minsta hastigheten samt standardavvikelsen genom hela analysområdet d.v.s. samtliga kameror, samt för varje enskild kamera. Medelhastigheten i försöket där personerna gick vanligt är ca 12 % högre än i försöket där försökspersonerna trängdes. Vid en medelhastighet på 1,13 m/s i försök 10 registrerades

varje person 2,21 gånger per analyskvadrat. För försök 11 blir det i medeltal 2,48 registreringar per försöksperson och analyskvadrat. Antalet registreringar per analyskvadrat stämmer väl överens med skillnaden mellan utnyttjandegraden och vistelsetiden.

Hastigheterna i de olika kamerorna skiljer sig något åt, för försök 10 är hastigheten lägst i kamera 2, själva hörnet, medan hastigheten är som lägst i kamera 1 för försök 11. Standardavvikelsen ökar från kamera 1 till kamera 3 i båda försöken.

**Tabell 13, Hastighet vid försök 10.**

Hastighet (m/s)	Kamera 1,2,3	Kamera 1	Kamera 2	Kamera 3
Medel	1,13	1,16	1,10	1,13
Median	1,14	1,15	1,13	1,15
Standardavvikelse	0,232	0,143	0,190	0,298
Största	1,66	1,53	1,61	1,66
Minsta	0,368	0,867	0,479	0,368
Medel antal registreringar per analyskvadrat	2,21	2,15	2,27	2,22

**Tabell 14, Hastighet vid försök 11.**

Hastighet (m/s)	Kamera 1,2,3	Kamera 1	Kamera 2	Kamera 3
Medel	1,01	0,913	0,949	1,01
Median	0,983	0,907	0,961	1,08
Standardavvikelse	0,250	0,174	0,215	0,275
Största	1,85	1,48	1,50	1,85
Minsta	0,420	0,549	0,449	0,420
Medel antal registreringar per analyskvadrat	2,48	2,74	2,63	2,28

### 3.3 Diskussion

Under hörnförsöken användes som tidigare nämnt en 150W stark halogenlampa för att ge en jämnare ljussättning över försöksområdet. Detta visar sig dock ha den negativa effekten att färgerna bländas och går mot vitt. Vid en liten skillnad mellan ljusrosa och vitt kan inte Photoshop urskilja och markera det rosa, särskilt då kameror med sämre kontrastegenskaper används. Det uppstod dessutom stationära utslag i Photoshop från en plywoodskiva i golvet som gav ifrån sig ett rödaktigt sken då det belystes med halogenlampan. Flera vanliga glödtrådslampor på 75W ger antagligen ett tillfredställande belysning utan att Post-it-lapparna bländas.

Vid hörnförsöken hade en av försökspersonerna på sig en rosa topp vilken också gav utslag i Photoshop. I resultaten gav detta ingen större förändring eftersom den rosa toppen visades som om det var en eller två extra Post-it-lappar i närheten då Photoshop markerade de båda axlarna som Post-it-lappar. Den rosa toppen anses endast påverka resultaten marginellt och tas därför inte i beaktning.

Arbetsbelastningen vid dataöverföringen från Matlab till Excel var minimal då det allt kunde utföras genom att köra ett färdigt script som gjorde detta automatiskt. Den enda manuella arbete var att välja vilken fil som skulle köras och vilket namn excelfilen skulle ha.

För att redovisa resultaten från hörnförsöket valdes två likartade metoder, vistelsetid och utnyttjandegrad. De båda metoderna användes för att ge en komplett bild över hur försökspersonerna rörde sig i analysområdet. Vistelsetidens resultat är beroende på hur snabbt försökspersonerna rör sig, en långsam försöksperson registreras fler gånger i varje ruta än en snabb. Utnyttjandegraden redovisar inte hur länge försökspersonerna uppehållit sig i en analyskvadrat utan endast hur många gånger försökspersoner passerat en analyskvadrat. Utifrån detta syns vilka gångvägar som använts. De två metoderna kan användas för att se om hastigheten drastiskt ändrats under ett försök. Vid hörnförsöket var hastigheten relativt konstant vilket ses i att diagrammen över vistelsetid och utnyttjandegrad är relativt lika. Vistelsetiden skall ge drygt två gånger så stort utslag som utnyttjandegraden utifrån hastighetsberäkningarna och vid okular jämförelse mellan vistelsetiden samt utnyttjandegraden är det ungefär en faktor 2 i skillnad.

Problem uppstår om hastigheten på försökspersonerna är stor och storleken på analyskvadraten liten. Försökspersonerna hinner passera analyskvadraten utan att bli registrerade. För att motverka detta valdes analyskvadrater av storleken 0,10m x 0,10m. För att en försöksperson inte skall registreras i en analyskvadrat måste hastigheten överstiga 2,5m/s då varje bildruta är 0,04 sekunder och  $2,5\text{m/s} \times 0,04\text{s} = 0,1\text{m}$ . Detta är dock endast giltigt då försökspersonerna förflyttar sig vinkelrätt mot en analyskvadrat. Vinkelrät förflyttning sker till största del i korridorpartierna. Sker passage av en analyskvadrat diagonalt blir sträckan för en försöksperson i en analyskvadrat ofta så kort att försökspersonen inte registreras. Detta sker främst i hörnpartiet.

Ett problem som uppdagades vid konstruktionen av vistelsetids- och utnyttjandegradsdiagrammen var att delar av golvet gav ifrån sig ett sken som av Photoshop registrerades som Post-it-lappar. Detta innebar att höga punktvärden uppträdde på vissa ställen i analysområdet. Punktvärdena kunde dock lätt korrigeras till ett mer troligt resultat genom att ta medelvärden av de intilliggande opåverkade analyskvadraterna.

För att konstruera vistelsetids- och utnyttjandegradsdiagrammen krävdes det mycket bearbetning av utdata som Harvard-Photoshopmetoden gav. För att databearbetningen skulle bli tidseffektiv och säkrare konstruerades makron i Excel. Detta innebär att varje försöksfil tar ca 5-7 minuter att analysera, beroende på hur snabb dator som används.

Resultaten redovisar endast var Post-it-lapparna befann sig och inte var resten av kroppen befann sig. Vid filmning ovanifrån skiljer sig inte detta mycket ifrån varandra.

Diagrammet för då fem personer gick visar tendenser till att två stråk bildas, ett inre och ett yttre. Bara en liten del av hörnets area används eftersom människorna väljer den närmaste vägen. De två stråken bibehålls även i svängen. Detta visar att två personer kan gå i bredd i ett hörn samtidigt som de väljer den närmaste vägen utan att trängas.

Diagrammen när 75 försökspersoner passerade genom hörnet visade att två stråk uppkom då de inte trängdes medan tre stråk uppkom i korridorerna vid trängsel. I hörnet var det fortfarande två stråk varav det större delades upp i två efter svängen.

Den tydliga uppkomsten av stråk kan komma från att det är mycket bekvämare att gå bakom någon eftersom denna banar väg. Exempel på detta är då flera personer passerar genom en större folkmassa, personerna går inte jämte varandra utan i ett led.

Resultaten visar dock inte på i vilken formation personerna gick. Det är oklart utifrån diagrammen om tre personer gick i bredd samtidigt eller om de gick två och två samt någon person ensam bakom.

Utifrån observation av försöksfilmerna konstateras det att personer gick två i bredd med en bakom i mitten.

Större yta av korridorerna samt hörnet användes då försökspersonerna trängdes. Detta visar förmåga att anpassa sig till ett ökat tryck bakifrån genom att använda hörnutrymmet mer. Även ifall personerna i de senare försöken blev tillsagda att trängas kan detta till viss del liknas vid en utrymning då människor köar för att komma ut. Dock kände försökspersonerna till vad som skulle komma runt hörnet vilken kan ha påverkat beteendet. Då de inte visste att något hinder skulle komma runt hörnet kan detta ha påverkat hastighet på de främre försökspersonerna. I en riktig utrymningssituation behöver detta inte vara fallet då personerna antagligen vet mindre om eventuella hinder. Detta anses dock inte påverka resultatet i någon större omfattning. I försöken användes mestadels studenter. Detta innebär att försöksgrupperna oftast inte är fullt representativ för en hel befolkning då medelåldern antagligen är mycket lägre i försöken. Andelen män är dessutom större än i en normalbefolkning.

Förhoppningsvis leder resultaten från hörnförsöket till bättre simuleringsprogram för utrymning. Även om simuleringarna aldrig visar sanningen skadar det inte att ta ett steg närmre. Vid validering av utrymningsprogram bör det kontrolleras att motsvarande stråk uppstår som under försöken.

### **3.4 Slutsats**

Av de försök som gjorts dras slutsatsen att vid passage genom hörn kan mer än en människa gå i bredd och då oftast i två stråk. Harvard-Photoshopmetoden kan användas för att få ut olika parametrar vid analys av utrymningsförsök, dock krävs det att rätt kamera och ljussättning används vid försöket samt att försökspersonerna märks ut med en unik färg. Data som tas fram presenteras fördelaktigt som ett 3D-diagram uppdelat i analyskvadrater.



## 4 Sammanfattande slutsats

Utvärderingen av Persias och dess olika kameraperspektiv visade att det lodräta perspektivet ger ett resultat med bättre reliabilitet än det vinklade perspektivet. Det senare visade sig inte vara tillämpbart då det har för dålig reliabilitet. Harvardprogrammet tillsammans med Photoshop anses ha en bra reliabilitet och validitet för utvärderingar av utrymningar. Dessutom är metoden snabbare än Persias och lika enkel att använda. Det krävs dock att rätt kamera och ljussättning används vid försöket samt att varje försöksperson märks ut med en unik färg. Metoden kunde med framgång användas för att få fram data över passage runt hörn. Data kunde sedan användas för att visa att vid passage runt hörn kan mer än en människa gå i bredd och då som regel i stråk. Analyskvadrater i 3D-diagram är ett bra sätt att få en tydlig presentation av denna typ av data och kan med fördel användas i framtiden.

### 4.1 Användning i framtiden

Vilket framgick av denna rapport fungerar Harvard-Photoshopmetoden tillfredställande men det finns förbättringsmöjligheter. För att metoden skall fungera bättre krävs att kameran men framför allt ljussättningen är bra. Viss eller ”lagom” belysning är oftast tillräcklig, huvudsaken är att korta personer inte skuggas av längre. Vad det gäller val av färg borde det eftersträvas att hitta en så unik färg som möjligt. Då rosa användes i denna studie uppstod det problem då en av försökspersonerna hade samma färg på sin tröja.

Harvard-Photoshopmetoden kan användas till de flesta utrymningsförsöket under förutsättningen att filmningen sker från ovan även om viss vinkel accepteras. Metoden kan t.ex. användas utomhus i större sammanhang. Harvardprogrammet har begränsningen att max 100 personer kan behandlas samtidigt enligt manualen, antagligen går det på något sätt utöka denna siffra. Då metoden används vid större utrymningsförsök är det viktigt att kameran ska filma så att varje lapp är minst en pixel, annars kan inte Photoshop markera den. Det bör nämnas att det inte är verifierat att en pixel räcker, vid endast en pixel är det viktigt att Photoshop letar efter exakt rätt färg att markera.

Lämpligast placeras kamerorna så att täckningsområdet överlappar varandra då det är lätt i efterhand att begränsa analysområdet men svårt då ett område missats i filmningen. Det kommer dock vara omöjligt att utföra oannonserade försök eftersom försökspersonerna måste utrustas med en markör, i detta fall en hjälm med lapp på. Redovisa resultaten på de sätt som görs i denna rapport ger enligt författarna en relativt klar bild över hur personerna går. Både gångväg och persontäthet i analysområdet visas på ett enkelt sätt.

Framtida studier bör inrikta sig mot att undersöka ifall andra sorters markeringar av personer funkar bättre än hjälmar med lappar, t.ex. självlysande färg eller dioder. Möjligheten att utföra oannonserade försök genom att registrera personer utan någon speciell markering bör undersökas, eventuellt genom att golvet ges en homogen färg. Det bör undersökas om IR kameror med bättre inställningsmöjligheter, högre precision och färgskala kan användas, detta för att eventuellt kunna användas till utrymningsförsök med nedsatt sikt, t.ex. discorök. Harvard-Photoshopmetoden bör även testas om den funkar för andra scenarier t.ex. stora folkmassor och/eller utomhus. Metoder för att använda vinklade kameraperspektiv bör studeras för ett ökat användningsområde. Programvaran till Harvard-Photoshopmetoden bör utvecklas så att allt integreras till ett enda program. Det bör även utvecklas ett filter för att få bort statistiska markeringar i resultatet.





## 5 Referenser

- Adobe (senast uppdaterad 2008). *Adobe* (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.adobe.com>> (2008-06-01).
- Boltes, M. Seyfreid, A. Steffen, B. & Schadschneider, A. (2008). *Automatic extraction of pedestrian trajectories from video recordings*. Proceedings of the 4th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics, PED 2008, University of Wuppertal, Germany.
- Darnton, N. (2003). *Particle/Bacterial Tracking Software Readme File* (Elektronisk). Tillgänglig: <[http://www.rowland.harvard.edu/labs/bacteria/index\\_software.html](http://www.rowland.harvard.edu/labs/bacteria/index_software.html)> (2007-10-17).
- Frantzich, Håkan (1994). *En modell för dimensionering av förbindelser för utrymning utifrån funktionsbaserade krav*. Lund: Lunds Universitet, Brandteknik.
- Frantzich, Håkan (2001). *Tid för utrymning*. Karlstad, Räddningsverket.
- Frantzich, H. Nilsson, D. Kecklund, L. Anderzén, I. Petterson, S. (2007). *Utrymningsförsök i Götatunneln*. Lund: Lunds Universitet, Brandteknik.
- Freetimefoto (senast uppdaterad 2008-03-04). *New Photoshop CS3: Refine Selection Edge* (Elektronisk). Tillgänglig: <[http://www.freetimefoto.com/photoshop/cs3/refine\\_edge\\_command.html](http://www.freetimefoto.com/photoshop/cs3/refine_edge_command.html)> (2008-03-09).
- Haarala, Daniel & Hagelin, Mattias (2005). *Utrymning av folkmassor – simulering och verklighet*. Lund: Lunds Universitet, Brandteknik.
- Harvard (senast uppdaterad 2003). Tillgänglig <[http://www.rowland.harvard.edu/labs/bacteria/index\\_software.html](http://www.rowland.harvard.edu/labs/bacteria/index_software.html) publiceringsdatum> (2007-10-24).
- Kerridge, J. Kukla, R. Willis, A. Armitage, A. Binnie, D. & Lei, L. (2005). *A Comparison of Video and Infrared Based Tracking of Pedestrian Movements* (elektronisk). Proceedings of the 5th International Workshop on Traffic and Granular Flows, Delft, 2003. Ss. 383-392. Tillgänglig: <[http://books.google.com/books?id=jJ\\_gGgev\\_sIC&printsec=frontcover&hl=sv&source=gbs\\_summary\\_r](http://books.google.com/books?id=jJ_gGgev_sIC&printsec=frontcover&hl=sv&source=gbs_summary_r)> (2007-11-24).
- Mathworks (senast uppdaterad 2008). *Matlab* (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.mathworks.com/>> (2008-06-01).
- Meysel, F. Reulke R. (2008). *Automated Multi-Camera Pedestrian Dynamics Acquisition and Analysis*. Proceedings of the 4th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics, PED 2008, University of Wuppertal, Germany.
- MotionAnalasys (senast uppdaterad 2008). *Research publications* (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.motionanalysis.com/html/movement/publications.html>> (2008-05-11).
- Nationalencyklopedin (senast uppdaterad 2008). *Motion capture* (Elektronisk). Tillgänglig: <[http://www.ne.se.ludwig.lub.lu.se/jsp/search/article.jsp?i\\_art\\_id=1558745&i\\_word=motion%20capture](http://www.ne.se.ludwig.lub.lu.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=1558745&i_word=motion%20capture)> (2008-06-01).
- Nilsson, Daniel (2007). *Datorsimulering av utrymning vid brand – inventering av tre angreppssätt*. Lund: Lunds Universitet, Brandteknik.

Thompson, P. (1994). *Developing new techniques for modelling crowd movement*. Diss. University of Edinburgh, Scotland.

Thompson P. (2004). *Simulex: simulated people have needs to* (Elektronisk). PDF format. Tillgänglig: <[http://www.fire.nist.gov/CDPUBS/NISTSP\\_1032/Papers/Thompson\\_Paper.pdf](http://www.fire.nist.gov/CDPUBS/NISTSP_1032/Papers/Thompson_Paper.pdf)> (2007-12-16). Workshop on Building Occupant Movement During Fire Emergencies, June 10-11, 2004, National Institute of Standards and Technology.

Tiffcombine (senast uppdaterad 2008). *Tiffcombine* (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.coolutils.com/TiffCombine>> (2008-06-01).

Virtualdub (senast uppdaterad 2008). *Virtualdub* (Elektronisk) Tillgänglig: <[www.virtualdub.org](http://www.virtualdub.org)> (2008-06-01).

Wikipedia (senast uppdaterad 2008). *Motion Capture* (Elektronisk) Tillgänglig: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_capture](http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture)> (2008-03-09).

## Bilaga A, Persias kalibrering



Figur 41, Kalibreringsområdet med Persias dimensions linjer samt markör synligt.

Då kalibreringspunkter inte togs ut under korridorförsöket gjordes det i efterhand ett kalibreringsförsök av Persias med lodrätt perspektiv. Kameran placerades för att i så stor utsträckning som möjligt efterlikna den lodräta kameran placering från korridorförsöket, ca 4,5 meter över golvet. Försöket utfördes genom att markera upp en 1,6 meter bred och 1,2 meter lång rektangel på golvet i stora labbhallen i V-huset. Rektangelns hörnpunkter fick utgöra data för dimensionsfilen. I rektangeln markerades 25 kalibreringspunkter med känd position. I figur 41 så är markeringarna synliga i golvet, för att åskådliggöra punkterna 1,5 meter ovan golvet så användes en 1,5 meter lång pinne. Utifrån hörnpositionerna skapades en dimensionsfil till Persias och sedan kontrollerades samtliga kalibreringspunkters position i Persias. Kalibreringspunkternas faktiska position jämfördes sedan mot den position som Persias angav, se tabell 15.

Tabell 15, Avstånds avvikelse i Persias.

	Skillnad (m)
Medel	0,04
Median	0,04
Standardavvikelse	0,03
Största	0,1
Minsta	0,003

Utifrån tabell 15 så ges att Persias ger ett positionsfel på ca 4 cm. Vid ett mer lodrätt perspektiv borde felet bli mindre. Ju mer ut mot kanten desto större fel pga. att kameran förvränger bilden något i kanterna.



## Bilaga B, Försöksbilder Photoshop

Kombinationen av funktioner som användes var:

Select – Color range

Select – Modify – Smooth

Select – Modify – Expand

Edit – Fill (1)

Select – Inverse

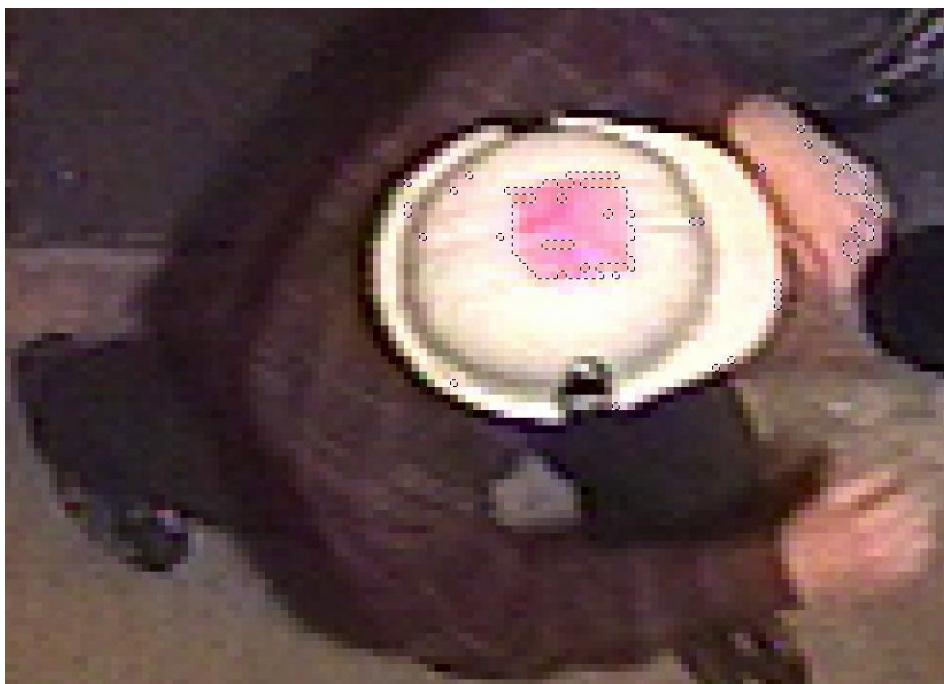
Edit – Fill (2)

Bilderna i bilagan visar hur stillbilder från försöksfilmerna behandlades i Photoshop. Figur 42 visar en filmad försöksperson innan bildbehandlingen börjar.



Figur 42, Obehandlad bild på en försöksperson.

Color range markerar en viss färg på bilen, i detta fall färgen på Post-it-lappen dvs. rosa eller ljusgrön, se figur 43. Färgen väljs genom att markeras då color range utförs, möjligheten att markera flertalet färgnyanser samtidigt användes. Inställningen "fuzziness" reglerar hur brett färgspektrum varje klick på bilden ska markera. Denna valdes till 0 och istället klickades fler nyanser in manuellt.



Figur 43, Bildbehandling "color range".

Smooth jämnar ut markeringarnas kanter så de blir jämnare och mer cirkelformade genom att ta bort pixlar i hörnen av markeringen, se figur 44. Hur mycket som tas bort regleras av "sample radius", denna valdes till 5 men skiljer sig då andra upplösningar används. Exakt hur kommandot fungerar eller är skrivet lämnar tillverkaren av Photoshop inte ut. Det som står i en onlineguide: " *Smooth Reduces irregular areas ("hills and valleys") in the selection boundary, creating a smoother outline.*" (freetimefoto 2008) I Praktiken leder detta till att kluster av mindre markeringar blir en enda lite större markering samt att mindre markeringar tas bort. Toleransen ställs in med "sample radius".



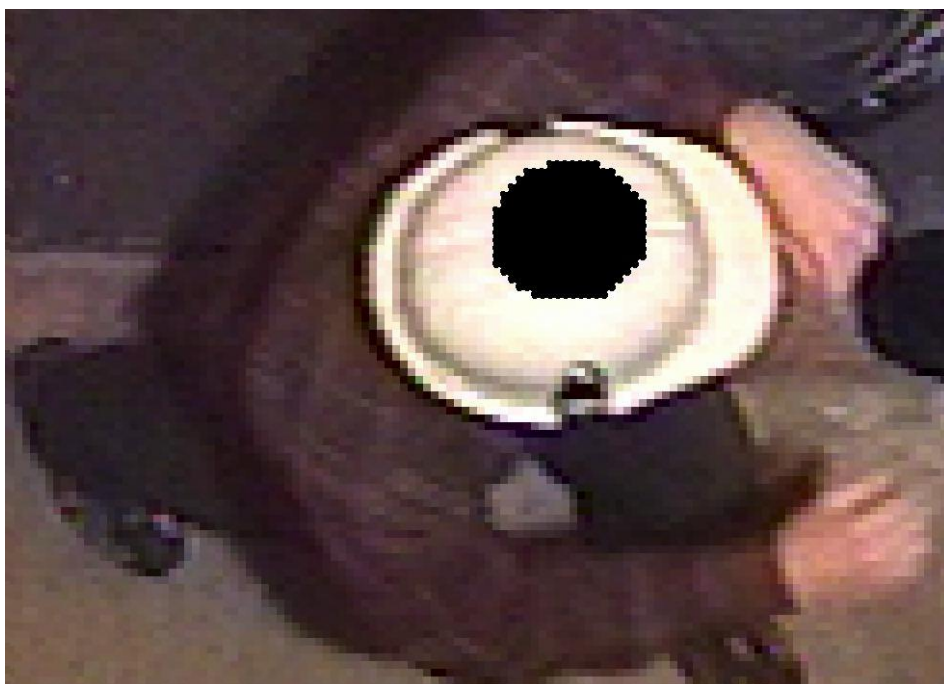
Figur 44, Bildbehandling "smooth".

Expand förstorar upp markeringen, vilket kan höras på namnet, se figur 45. "Expand by" valdes till 3 (beroende av upplösning samt hur många pixlar markeringen täcker). Funktionen innebär att radien på markeringen utökas med 3 pixlar. Detta gör även att mindre ojämnheter i markeringen försvinner.



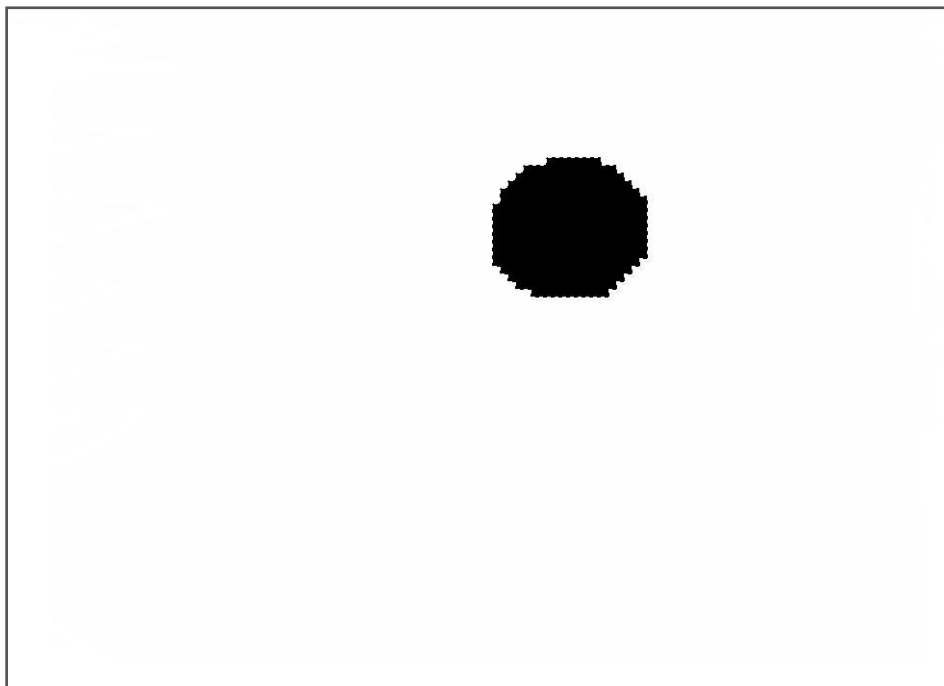
Figur 45, Bildbehandling "förstoring".

Fill (1) målar markeringen med en heltäckande valbar färg, se figur 46. Eftersom Post-it-lapparna är de som är markerade valdes svart färg. Markeringar som man gjort förblir markerade.



Figur 46, Bildbehandling färglägg svart.

Inverse inverterar markeringen som man har gjort dvs. allt som innan inte var markerat markeras och vice versa. Fill (2) är samma kommando/funktion som innan fast nu väljs färgen vit eftersom de svarta prickarna ska ha en vit bakgrund, se figur 47.



**Figur 47, Bildbehandling färlägg vit.**

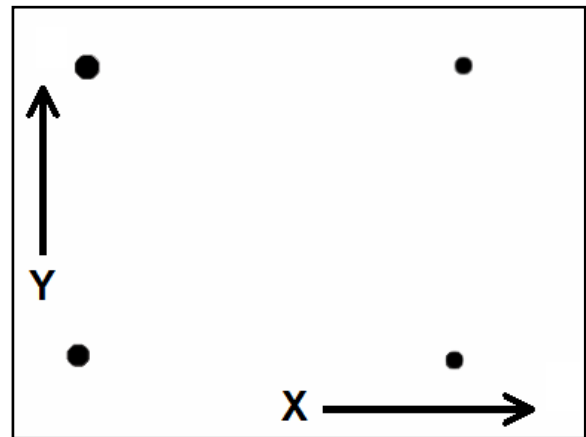
För att på ett lättare och mindre arbetskrävande sätt göra om en bild görs ett makro med ovanstående kommandon. Även kommandot File – Save, vilket sparar den omgjorda bilden och File – Close, vilket stänger bilden lades till i makrot. Ett makro är en serie av kommandon som man i förhand spelar in/programmerar. I Photoshop finns även en funktion med vilken man kan göra om flertalet bilder samtidigt med ett inspelat makro. Funktionen finns under File – Automate – Batch.

Då alla bilder var omgjorda gjordes försöken om till tiff-filer med hjälp av TiffCombiner, varje försök gjordes till en egen fil. Det lades till en bild där de fyra hörnen av området som skulle observeras märktes ut, samma område som användes till Persias, se figur 48 och figur 49.





Figur 48, Vy från den lodräta kameran



Figur 49, Bildruta med de fyra hörnen markerade

Tiff-filen kördes i Harvardprogrammet. Innan detta gjordes ändrades programmeringen, enligt instruktionsmanualen, så att programmet letade efter svarta prickar på vit bakgrund och inte tvärt om. Sökradien bestämdes till 10 pixlar då denna gav bäst resultat, dvs. programmet hittade ett antal personer som stämde bäst med verkligheten. Resultatet kom dels ut som en färdig plot i Matlab och dels som en matlabdatafil. Data i filen fördes över manuellt till Excel. Data från Harvardprogrammet är koordinater av var mittpunkten av punkten är angivet i ett koordinatsystem som har enheten pixlar. I Excel görs pixelkoordinaterna om till koordinater uttryckta i meter med hjälp av referenspunkter som hade uppmätta värden i verkligheten. Då kameraplaceringen är lite vinklad leder till att analysområdet inte är en perfekt rektangel dvs. längden på de motstående sidorna inte är samma. Detta korrigeras genom att ta ett medelvärde av sidolängderna. Koordinaterna stämmer därför bäst i mitten av diagrammet. De diagram som skapades av tillgänglig data från Harvard-Photoshopmetoden var diagram över samtliga personers gångvägar i försök 18 och 22. Dessa diagram jämfördes sedan med de diagram som visade personers gångvägar utifrån Persias data.



## Bilaga C, Matlabprogram för automatisk överföring

För att slippa manuellt överföra resultat från Matlab till Excel så skrevs ett program som automatiskt överförde resultaten från Harvardprogrammet till ett kalkylblad i Excel.

```
l=1;
for i=1:length(tracks)
    if length(tracks(1,i).x) > l
        l=length(tracks(1,i).x);
    end
end

stormatrix=zeros(1,2*length(tracks));

for k=1:length(tracks)
    for i=1:length(tracks(1,k).frame)
        stormatrix(tracks(1,k).frame(i),2*k-1)=tracks(1,k).x(i);
        stormatrix(tracks(1,k).frame(i),2*k)=tracks(1,k).y(i);
    end
end

xlswrite('c:\program\matlab\r2007b\work\robert\hej.xls',[1 2;3 4],3);
c=1;
stormatrix2=zeros(length(stormatrix),256);
for i=1:numel(stormatrix(1,:))
    stormatrix2(:,c)=stormatrix(:,i);
    if i==255
        xlswrite('c:\program\matlab\r2007b\work\robert\hej.xls',stormatrix2,1);
        stormatrix2=zeros(length(stormatrix),256);
        c=0;
    end
    c=c+1;
end
xlswrite('c:\program\matlab\r2007b\work\robert\hej.xls',stormatrix2,2);

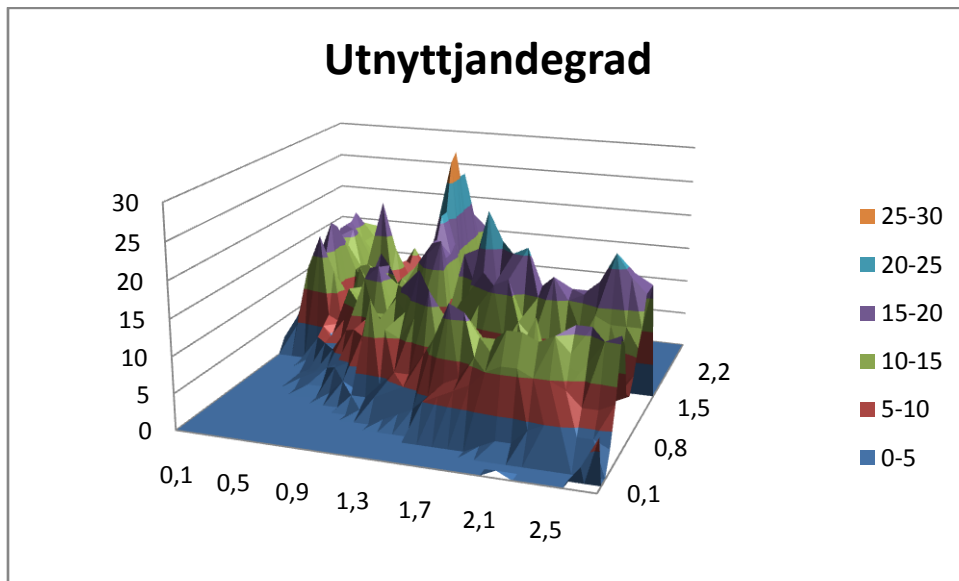
%xlswrite('c:\program\matlab\r2007b\work\robert\hej.xls',stormatrix)

%for i=1:length(tracks)
%    stormatrix(:,i)=tracks(1,i).x';
%    stormatrix(:,i+1)=tracks(1,i).y';
%end
```

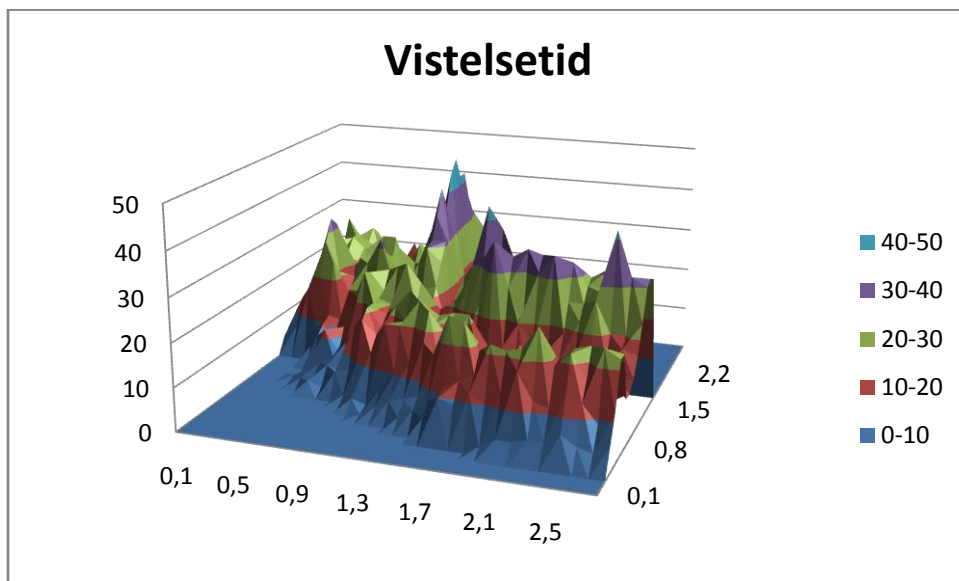


## Bilaga D, 3D-diagram

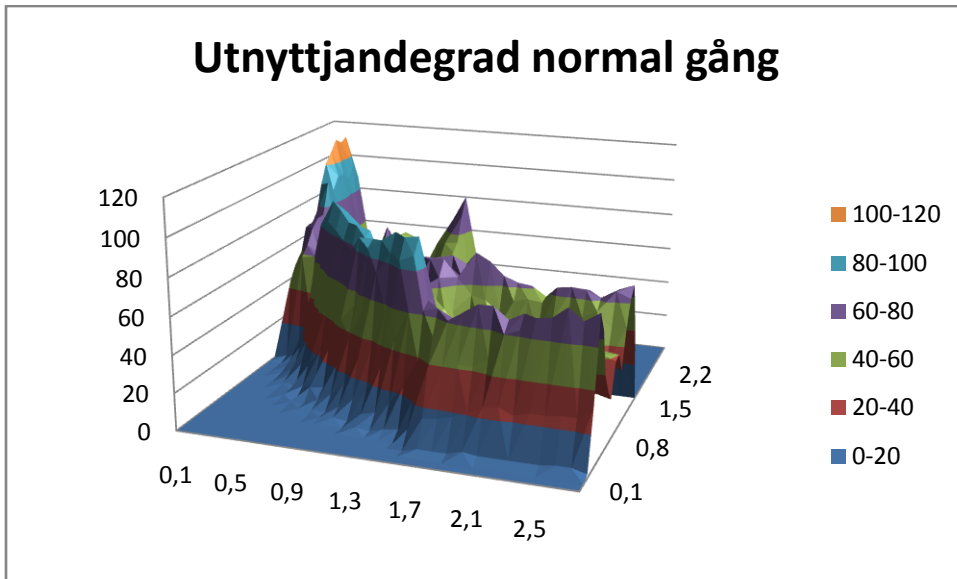
Här redovisas 3D-versionerna av diagrammen ifrån hörnförsöket. Se figur 50-55.



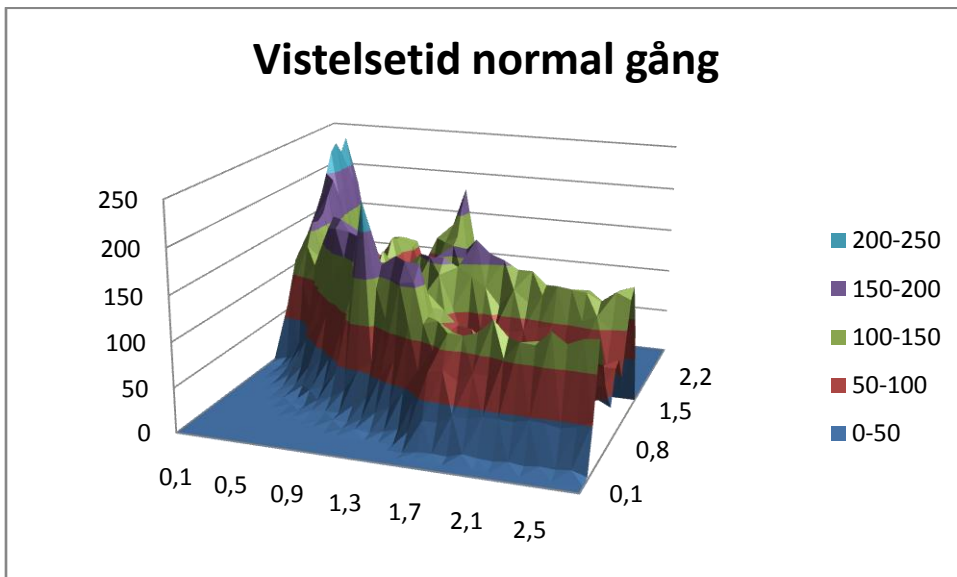
Figur 50, Utnyttjandegrad, fem personer.



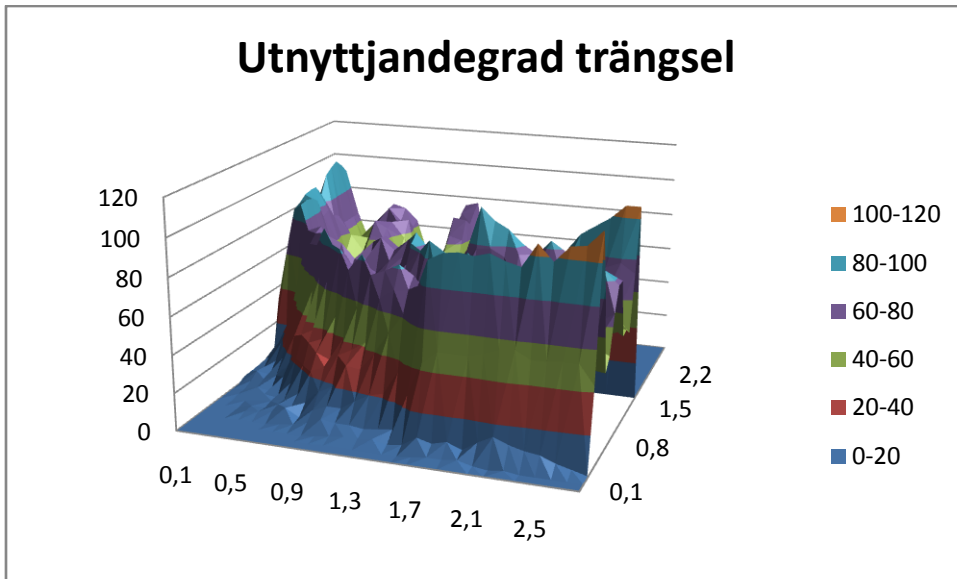
Figur 51, Vistelsetid, fem personer.



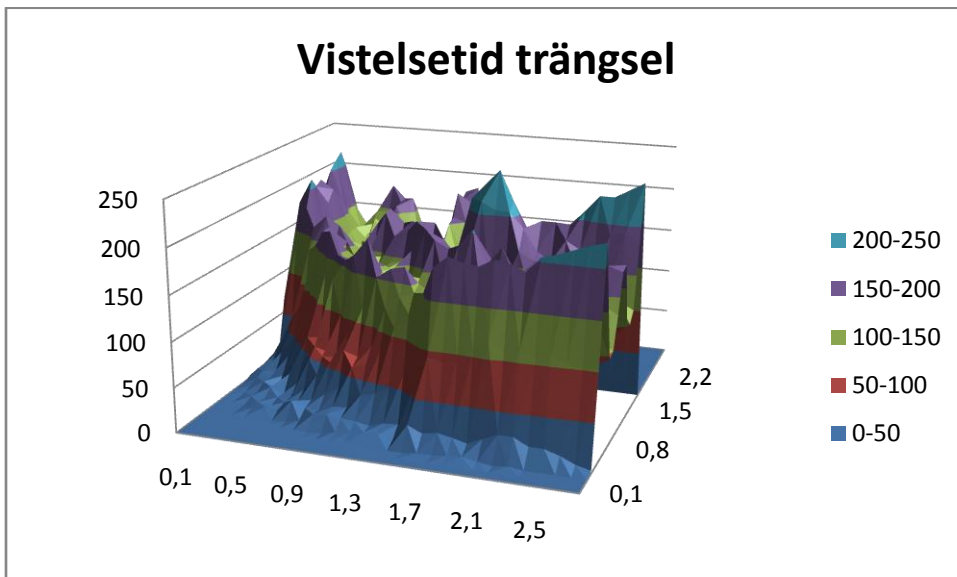
Figur 52, Utnyttjandegrad, normal gång, 75 personer.



Figur 53, Vistelsetid, normal gång, 75 personer.



Figur 54, Utnyttjandegrad, trängsel, 75 personer.



Figur 55, Vistelsetid, trängsel, 75 personer.



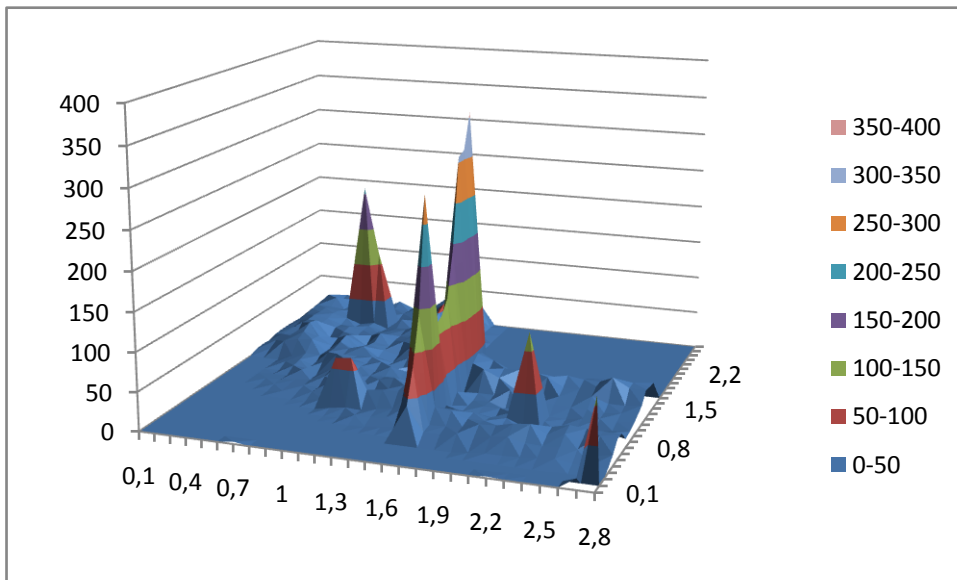


## Bilaga E, Obehandlade resultat

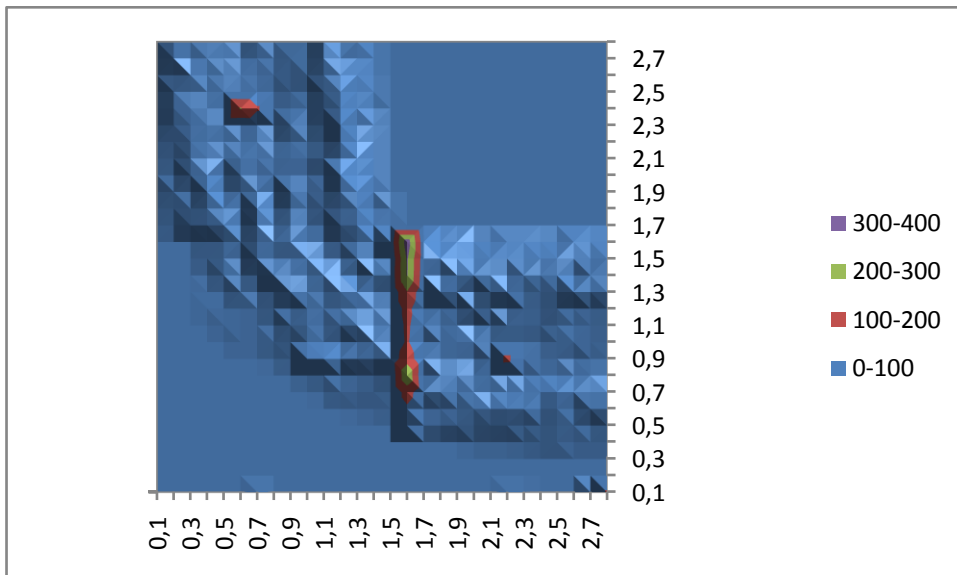
Då vissa områden i korridoren gav väldigt stora utslag redovisades endast de korrigerade resultaten i resultat delen och de okorrigerade resultaten redovisas i denna bilaga.

### Fem personer, obehandlade resultat

Figur 56 och figur 57 visar resultaten av vistelse tiden för genomgångarna med fem personer utan att de blivit korrigerade. De extremer som syns i diagrammen beror på att markör färgen uppstått i golvet och ger då extra stor tyngd i vissa analyskvadrater.



Figur 56, Obehandlade resultat, fem personer, från sidan.



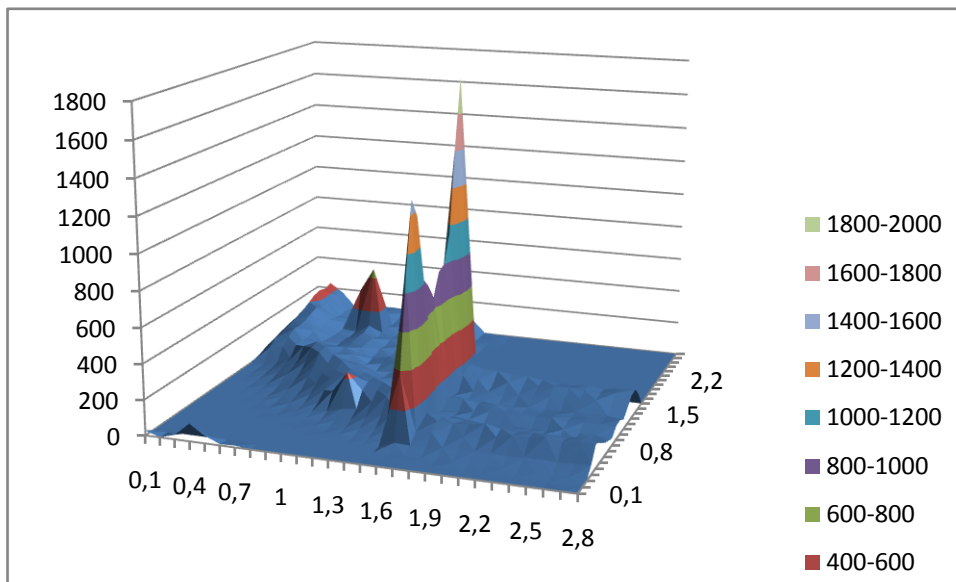
Figur 57, Obehandlade resultat, fem personer, ovanifrån.

## 75 personer, obehandlade resultat

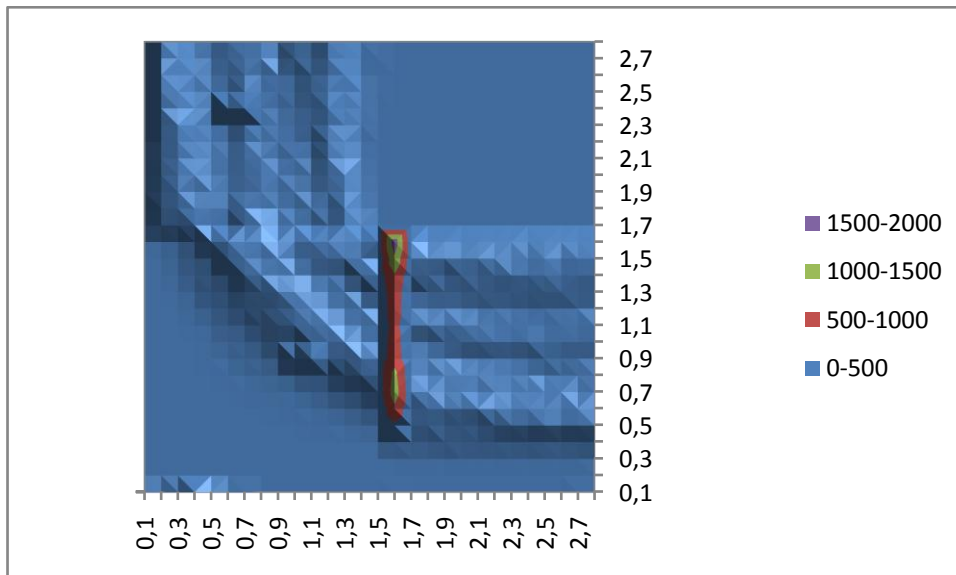
Försöken med 75 personer delas här in i två delar. Den första när försökspersonerna går vanligt och den andra när försökspersonerna ombetts att trängas.

### Normal gång

Figur 58 och figur 59 visar diagram över vistelsetiden vid genomgångar med ”normal” gång med 75 personer. Dessa visar samma extremvärden som för 5 personers genomgångarna.



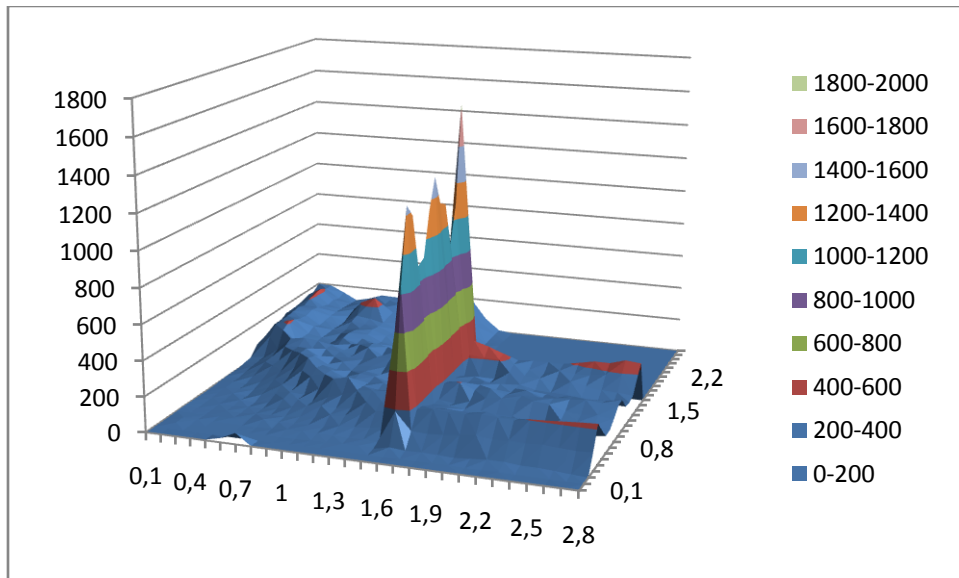
Figur 58, Obehandlade resultat, 75 personer normal gång, från sidan.



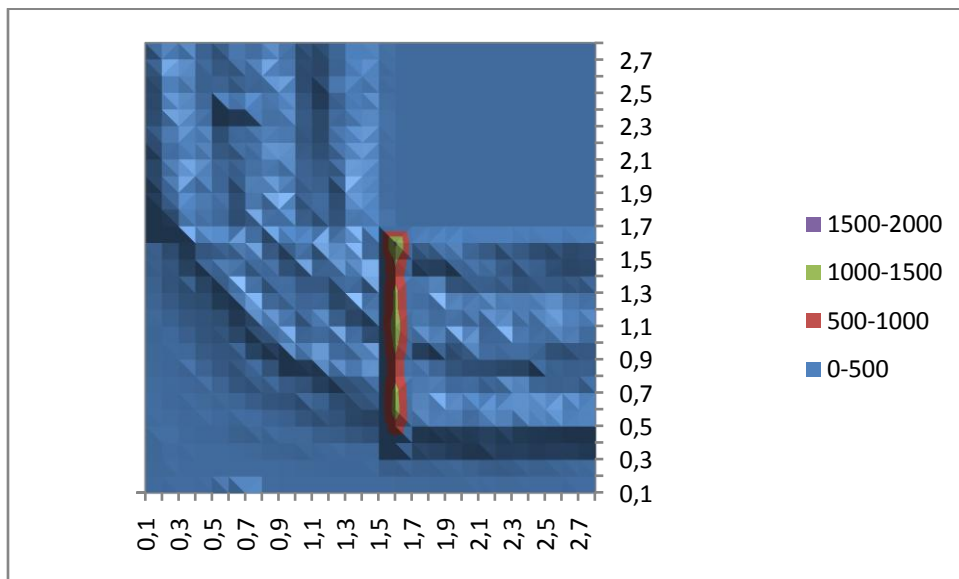
Figur 59, Obehandlade resultat, 75 personer normal gång, ovanifrån.

## Trängsel

Figur 60 och figur 61 visar diagram över vistelse tiden för genomgångar med 75 personer där försökspersonerna uppmanats att trängas. Dessa diagrammen uppvisar samma extremvärden som tidigare diagram med obehandlade resultat uppvisat.



Figur 60, Obehandlade resultat, trängsel, 75 personer, från sidan.



Figur 61, Obehandlade resultat, trängsel, 75 personer, ovanifrån.