



EXAMENSARBETE INOM TEKNIK,  
GRUNDNIVÅ, 15 HP  
*STOCKHOLM, SVERIGE 2016*

# **Modellering och kundprocessanalys av kösystem på Vapiano Sturegatan**

**YRR AHLKLO**

**CARIN LIND**



# Modellering och kundprocessanalys av kösystem på Vapiano Sturegatan

Y R R A H L K L O  
C A R I N L I N D

Examensarbete inom teknik: Tillämpad matematik och  
industriell ekonomi (15 hp)  
Civilingenjörsutbildning i industriell ekonomi (300 hp)  
Kungliga Tekniska högskolan 2016  
Handledare på KTH: Johan Karlsson, Jonatan Freilich  
Examinator: Henrik Hult

TRITA-MAT-K 2016:30  
ISRN-KTH/MAT/K--16/30--SE

Royal Institute of Technology  
*SCI School of Engineering Sciences*

**KTH SCI**  
SE-100 44 Stockholm, Sweden

URL: [www.kth.se/sci](http://www.kth.se/sci)



## Sammanfattning

I denna rapport har kösystemet på Vapiano Sturegatan undersökts och analyserats. Restaurangen har problem med långa köer under lunchtid och syftet med denna rapport är att ge förslag på hur man skulle kunna minska dessa.

De befintliga kösystemet har modellerats med hjälp av markovsk köteori och approximerats till ett M/M/2-system samt ett M/M/8-system, varav M/M/2-systemet bedömdes vara mest tillförlitligt. Beräkningar av den förväntade tiden i systemet för olika fall ledde till slutsatsen att det bör vara effektivare att öka tillagningskapaciteten på varje betjäningstation istället för att öppna en ytterligare station.

Dessutom levereras förslag på alternativa kösystem samt en jämförande analys av tillhörande kundprocesser. För att erhålla ett bättre kundflöde i restaurangen och en smidigare kundprocess för ökat kundvärde kan ett elektroniskt kösystem införas. Om implementering sker noggrant och enligt en väl genomtänkt plan kommer fördelarna med ett sådant system vara många och överträffa dagens befintliga kösystem.

Rapporten levereras slutligen till Vapiano Sturegatan med förhoppningen att de ska kunna använda den vid planering av restauranger och förändringar i kösystemet.



# Modelling and Customer Process Analysis of the Queuing System at Vapiano Sturegatan

## Abstract

In this Bachelor thesis, the queuing system of Vapiano Sturegatan has been analysed. The customers of the restaurant experience long waiting times during lunchtime, which is a problem Vapiano Sturegatan recognises. The purpose of this report is to suggest and analyse possible improvements of the queuing system in order to reduce this problem.

The current queuing system was approximated with markovian queuing models. Both an M/M/2- and an M/M/8-approach were considered, which of the M/M/2-model was deemed most reliable. The expected time in the system was calculated for different modifications of Vapiano Sturegatan's current queuing system setup. They led to the conclusion that adding capacity to every serving station would be the best improvement to their current system, instead of adding an extra station.

Furthermore, other queuing systems are considered and analysed from a customer process perspective. To improve the flow of customers in the restaurant, this report suggests an electronic queuing system. As long as the suggested system is implemented with careful planning and evaluation, the advantages of the electronic system exceed the benefit of simplicity of the current queuing system.

This thesis will be delivered to Vapiano Sturegatan. The authors hope that the results can be beneficial in the planning of future restaurants and changes of the queuing system.





# Förord

Detta kandidatexamensarbete motsvarande 15 högskolepoäng är skrivet av Yrr Ahlklo och Carin Lind under vårtmerminen 2016 på Kungliga Tekniska Högskolan. Arbetet är skrivit inom civilingenjörsutbildningen Industriell Ekonomi med inriktning mot tillämpad matematik.

Vi vill tacka vår handledare Johan Karlsson för vägledning och återkoppling inom den matematiska delen av arbetet. Tack även till Per Enqvist som gav oss råd på vägen gällande den matematiska delen. Vi vill även tacka Jonatan Freilich för inspiration och återkoppling angående den del av arbetet som berör kundprocesser.

Ett stort tack riktas också till Vapinao Sturegatan, deras kunder och personal. Främst tack till Caroline Valjemyr och Frida Svanström som givit oss förtroende att genomföra kandidatarbetet på restuarangen. Tack för att ni tog er tid för intervjuer och datainsamling samt allt stöd genom projektet.



# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrund . . . . .	5
1.2	Syfte . . . . .	6
1.3	Frågeställning . . . . .	6
1.4	Metod . . . . .	7
1.5	Avgränsning . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Matematisk teori</b>	<b>9</b>
2.1	Sannolighetsteori . . . . .	9
2.1.1	Realtiv frekvens och sannolikhet . . . . .	9
2.1.2	Sannolikhetsfördelningar . . . . .	9
2.1.3	Stokastiska processer . . . . .	12
2.2	Köteori . . . . .	15
2.2.1	Introduktion . . . . .	15
2.2.2	Nomenklatur . . . . .	15
2.2.3	Kendalls notation . . . . .	15
2.2.4	Littles lag . . . . .	16
2.2.5	M/M/c-kö . . . . .	16
2.2.6	M/M/2-kö . . . . .	17
2.3	Maximum likelihood-metoden . . . . .	17
2.3.1	ML-estimering för exponentialfördelning . . . . .	18
<b>3</b>	<b>Data</b>	<b>19</b>
3.1	Intervju på Vapiano Sturegatan . . . . .	19
3.2	Tidtagningsdata . . . . .	19
3.2.1	Insamling . . . . .	19
3.2.2	Utformning av frågeformulär . . . . .	20
3.2.3	Bearbetning . . . . .	20
3.3	Försäljningsdata . . . . .	21
3.3.1	Insamling och bearbetning . . . . .	22
<b>4</b>	<b>Metod</b>	<b>23</b>
4.1	Utfomning av modellen . . . . .	23
4.1.1	Identifiera kötyp . . . . .	23
4.1.2	Betjäningsintensitet . . . . .	24
4.1.3	Ankomstintensiteter i M/M/2-modellen . . . . .	25
4.1.4	Ankomstintensiteter i M/M/8-modellen . . . . .	26
4.1.5	Jämförelse och val av slutgiltig modell . . . . .	26

4.2	Minska förväntad tid i systemet . . . . .	27
4.2.1	En extra station . . . . .	27
4.2.2	Betjäna tre personer per station . . . . .	27
<b>5</b>	<b>Resultat</b>	<b>28</b>
5.1	Estimerade parametrar . . . . .	28
5.1.1	Betjäningsintensiteter . . . . .	28
5.1.2	Ankomstintensiteter i M/M/2-modellen . . . . .	28
5.1.3	Ankomstintensiteter i M/M/8-modellen . . . . .	29
5.1.4	Sammanställning och test av parametrar . . . . .	29
5.2	Slutgiltig modell . . . . .	29
5.3	Minska förväntad tid i systemet . . . . .	30
5.3.1	En extra station . . . . .	30
5.3.2	Betjäna tre personer per station . . . . .	30
5.3.3	Känslighet för minskad betjäningsintensitet . . . . .	31
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>32</b>
6.1	Datans tillförlitlighet och relevans . . . . .	32
6.1.1	Försäljningsdata . . . . .	32
6.1.2	Tidtagningsdata . . . . .	32
6.2	Metod . . . . .	33
6.2.1	Ankomstprocess . . . . .	33
6.2.2	Betjäningsintensitet . . . . .	33
6.2.3	Kösystemets utformning i modellen . . . . .	33
6.3	Analys av resultat . . . . .	34
6.3.1	Estimerade parametrar . . . . .	34
6.3.2	Modellens tillförlitlighet . . . . .	34
6.3.3	Modellering av förändringar av kösystemet . . . . .	34
6.4	Vidareutveckling av modellen . . . . .	35
6.4.1	Utökad datainsamling . . . . .	35
6.4.2	Förbättrad estimering av betjäningsintensiteten . . . . .	35
6.4.3	Arbetsbördans påverkan på serviceintensiteten . . . . .	35
<b>7</b>	<b>Slutsats</b>	<b>36</b>
<b>8</b>	<b>Jämförelse av olika kösystem utifrån ett processperspektiv</b>	<b>37</b>
8.1	Inledning . . . . .	37
8.1.1	Bakgrund . . . . .	37
8.1.2	Syfte . . . . .	38
8.1.3	Frågeställning . . . . .	38
8.2	Metod . . . . .	38
8.2.1	Litteraturstudie . . . . .	38
8.2.2	Intervju . . . . .	38
8.2.3	Observationer . . . . .	39
8.3	Teoretisk referensram . . . . .	39
8.3.1	Customer Relationship Management (CRM) . . . . .	39
8.3.2	Operations Management . . . . .	39
8.4	Kundprocesser . . . . .	40
8.4.1	Alternativa processer . . . . .	40
8.4.2	Byte av process . . . . .	40

<i>INNEHÅLL</i>	4
8.4.3 Jämförande analys av kundprocesser . . . . .	41
8.5 Slutsats . . . . .	43
<b>9 Källförteckning</b>	<b>44</b>
<b>A Formulär till tidtagning</b>	<b>46</b>
<b>B Data från tidtagning</b>	<b>49</b>
<b>C Bearbetad försäljningsdata</b>	<b>53</b>



# Kapitel 1

## Inledning

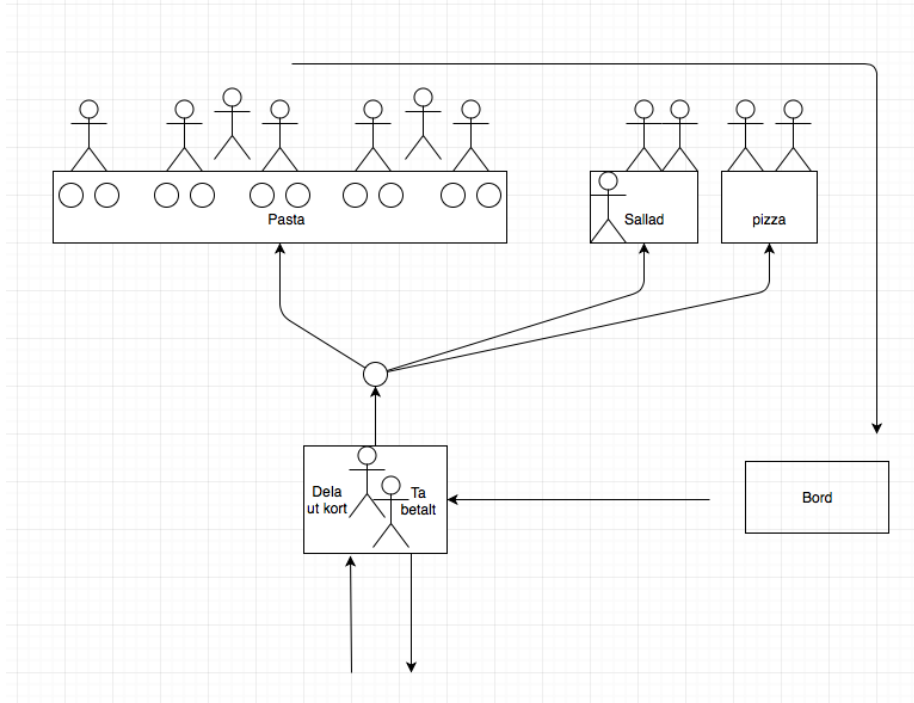
### 1.1 Bakgrund

Vapiano är en tysk restaurangkedja som erbjuder italiensk mat så som pasta, pizza och sallad. Det finns över 150 restauranger runt om i världen, varav de flesta i Tyskland. Eftersom Vapiano är ett franchisekoncept så är restaurangerna utformade på ungefär samma sätt världen över. Maträtterna är nästintill identiska på alla restauranger och således även kösystemet. I denna rapport undersöks kösystemet tillhörande restaurangen på Sturegatan i Stockholm.

För att läsaren ska få en överblick över Vapianos koncept så beskrivs restaurangen på Sturegatan i detta stycke. Se även illustration i figur 1.1. Kunden anländer till nämnd restaurang och får ett så kallat SmartCard i entrén. Kortet används sedan för att registrera beställningar av mat och dryck under besöket. I restaurangen finns olika stationer för pasta, pizza och sallad. Kunden väljer typ av maträtt och ställer sig sedan i kö vid motsvarande station. Konceptet utgår från att kocken tillreder rätten så att kunden kan beskåda processen och påverka val av exempelvis pasta eller kryddor. Vid stationerna registreras beställningarna på kundens SmartCard. Kunden får sin mat och sätter sig vid något av borden. När kunden sedan är redo att lämna restaurangen visar kortet vilket belopp som ska betalas i kassan på vägen ut.

Vapiano Sturegatan är medvetna om att det nuvarande kösystemet är en svag länk i deras koncept. Kösystemet är en faktor som får vissa kunder att avstå från att besöka restaurangen. Detta illustreras exempelvis genom att en recensent (Paula I., 2014) som skriver: ”Kommer man hit i sällskap blir man dock snabbt varse den stora nackdelen - kösystemet. [...] På riktigt är detta avgörande varför vi ibland väljer ett annat ställe.” Detta är anledningen till att Vapiano Sturegatans kösystem undersöks. Arbetet utgår från två perspektiv. För det första kan man använda köteori för att undersöka hur det nuvarande systemet skulle kunna förbättras. För det andra så undersöks implementering av ett alternativt system som skulle kunna minska problemet med köerna.

Figur 1.1: Illustration av Vapiano på Sturegatan



## 1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka hur Vapiano Sturegatans kösystem skulle kunna förbättras genom att utforma en matematisk modell som kan användas för att analysera det nuvarande kösystemet. Syftet är också att ge förslag på alternativa kösystem och hur dessa skulle kunna påverka kundprocessen samt flödet i restaurangen. Denna rapport levereras till Vapiano Sturegatan med förhoppningen att de ska kunna använda resultaten vid planering av restauranger och förändringar i kösystemet.

## 1.3 Frågeställning

Frågeställningarna för detta arbete lyder

- Hur kan Vapiano Sturegatan minska kundernas kötider inom den typ av system som används idag?
- Vilka alternativa kösystem kan vara aktuella för Vapiano Sturegatan och hur skulle implementeringen av en ny kundprocess påverka flödet i restaurangen?



## 1.4 Metod

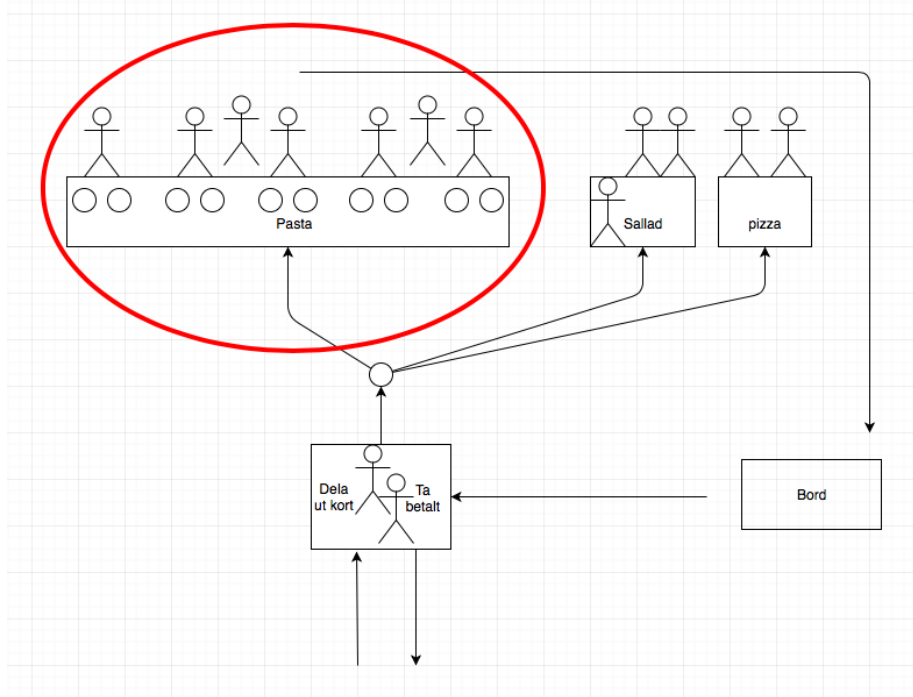
För att ge svar på den förstnämnda frågeställningen skapas en matematisk modell med hjälp av köteori. Genom att ändra relevanta parametrar undersöks vilka sätt som är effektiva för att minska kundernas väntetider. Den andra frågan besvaras främst genom analys utifrån litteratur från området operations management samt customer relationship management (CRM).

## 1.5 Avgränsning

Detta arbete begränsas till en restaurang, Vapiano på Sturegatan, där en fallstudie genomförs. Inom restaurangen modelleras endast den mest kritiska delen av systemet, nämligen stationerna där kunderna beställer pasta och risotto. Där står flest kunder i kö, beställer mat och väntar sedan på att få den tillagad. Pizzastationen modelleras ej eftersom den har en annan typ av kösystem med en så kallad "pager" (en liten manick som indikerar när maten är färdiglagad). Salladstationen modelleras inte heller eftersom det är svårt att definiera hur många kunder som betjänas samtidigt. Detta beror nämligen på om kunderna beställer sallader med eller utan kött. Om kunderna endast beställer vegetariska sallader kan många fler betjänas samtidigt. Se vilken del av systemet som modelleras med hjälp av figur 1.2.

Arbetet utförs inom ramen för de kurser i systemteknik och köteori som författarna har läst under sin utbildning. Därför utformas modellen med utgångspunkt i markovsk köteori.

Figur 1.2: Avgränsning inom Vapiano Sturegatans kösystem



# Kapitel 2

## Matematisk teori

I detta kapitel redogörs för formler, lagar och matematisk teori som kommer att användas vid utformning av modellen och för att besvara den givna frågeställningen.

### 2.1 Sannolikhetsteori

#### 2.1.1 Realtiv frekvens och sannolikhet

Sannolikheten för att en viss händelse ska ske kan tolkas som den relativa frekvensen för den händelsen, det vill säga kvoten av utfall av just den händelsen och alla möjliga händelser (Blom et al 2005, sid 12-13). Exempelvis kan sannolikheten för att en av Vapiano Sturegatans kunder väljer att äta pasta tolkas som den relativa frekvensen av sålda pastarätter, det vill säga kvoten av antal pastarätter och totalt antal sålda rätter.

#### 2.1.2 Sannolikhetsfördelningar

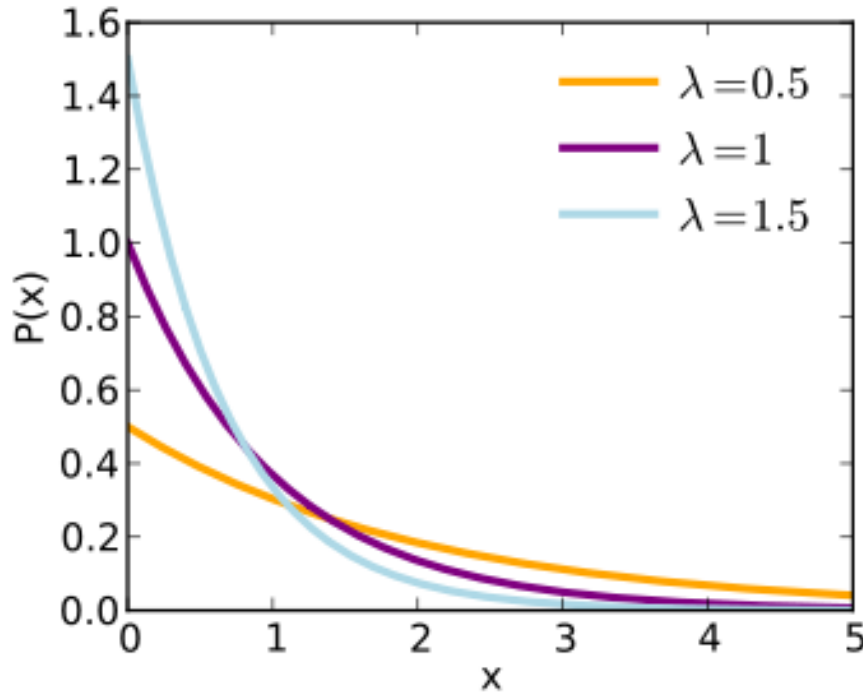
Sannolikhetsfördelningar är beskrivningar av sannolikheter för att olika möjliga utfall inträffar. Täthetsfunktioner och sannolikhetsfunktioner är funktioner som ger en bild av olika utfalls sannolikheter i förhållande till varandra. För att se sannolikheten för en mängd utfall integreras sannolikhetsfunktionen eller täthetsfunktionen över relevant område.

#### Exponentialfördelning

Exponentialfördelningens täthetsfunktion ges av (Koski 2014)

$$f(x) = \frac{1}{\lambda} e^{-x/\lambda}; \quad \lambda > 0, \quad 0 < x < \infty, \quad (2.1)$$

Figur 2.1: Exponentialfördelningar. Bildkälla: Wikipedia Commons



där  $\lambda > 0$  är en parameter i fördelningen. Väntevärdet  $E(X)$  och variansen  $V(X)$  ges av

$$E(X) = \frac{1}{\lambda} \quad (2.2)$$

$$V(X) = \frac{1}{\lambda^2} \quad (2.3)$$

Minneslöshet är en väldigt användbar och viktig egenskap hos exponentialfördelningen (Hillier et al 2010). Den innebär att om en stokastisk variabel  $X$  är exponentialfördelad så är dess betingade sannolikhet

$$P(X \leq s + t \mid X \geq t) = P(X \leq s) \text{ för alla } s, t \geq 0. \quad (2.4)$$

Minneslösheten medför även att föregående händelser inte påverkar sannolikheten för framtida utfall.

### Poissonfördelning

Poissonfördelningen är en diskret sannolikhetsfördelning. Den kan användas för att beskriva händelser som är oberoende av varandra. Ett populärt exempel är inkommande samtal till en telefonbaserad kundtjänst.

Fördelningens sannolikhetsfunktion är (Koski 2014, sid 60)

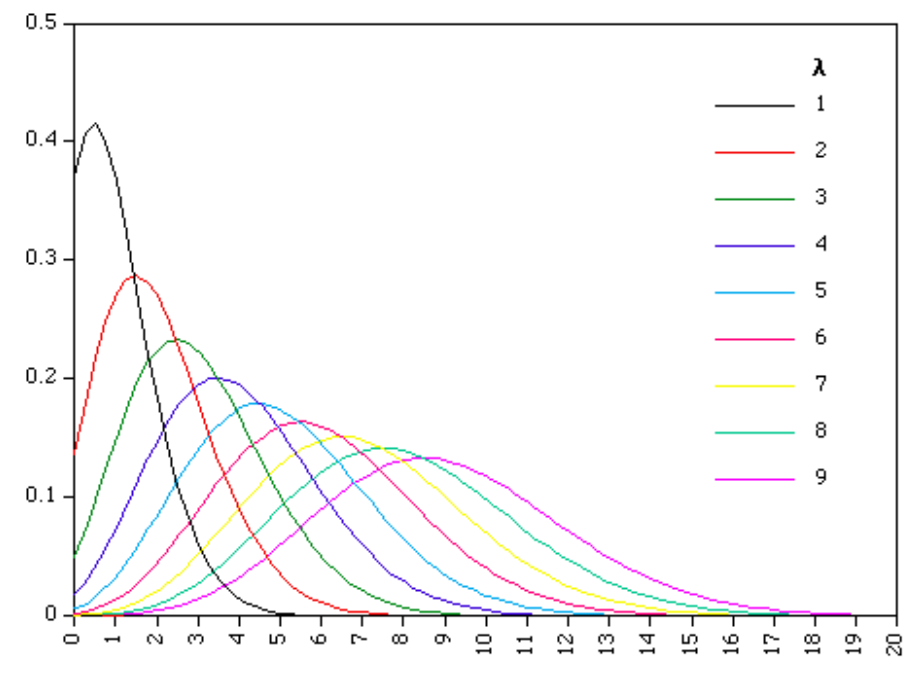
$$P(X = n) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^n}{n!}. \quad (2.5)$$

Väntevärdet  $E(X)$  och variansen  $V(X)$  ges av

$$E(X) = \lambda \quad (2.6)$$

$$V(X) = \lambda. \quad (2.7)$$

Figur 2.2: Poissonfördelningar. Bildkälla: University of Massachusetts



### Erlangfördelning

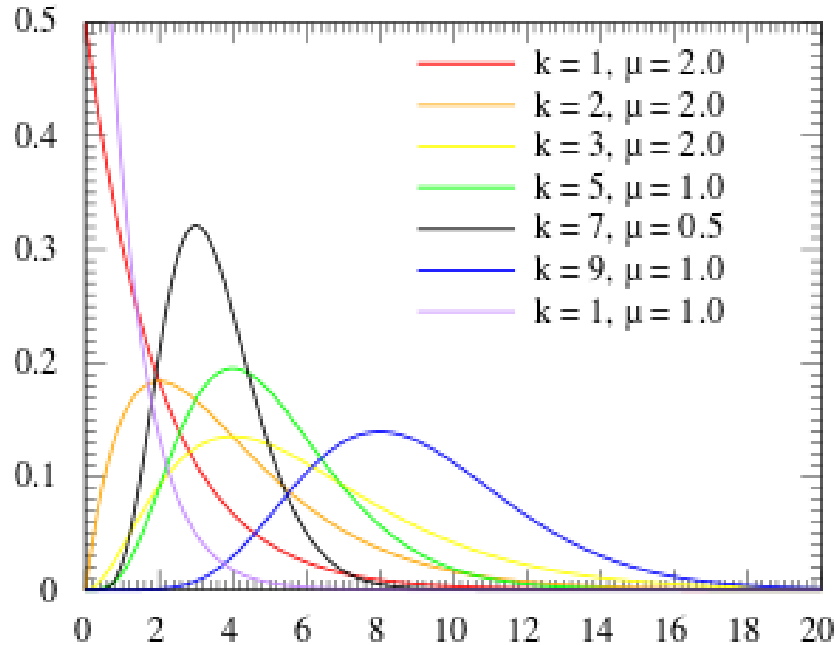
Erlangfördelningen har täthetsfunktionen

$$f(x; k, \lambda) = \frac{\lambda^k x^{k-1} e^{-\lambda x}}{(k-1)!} \quad \text{for } x, \lambda \geq 0. \quad (2.8)$$

Parametern  $k$  bestämmer formen på täthetsfunktionen och parametern  $\lambda$  står för intensiteten i de sammanhang som är relevanta i detta arbete (Hillier et al. 2010, sid 764).

Inom köteori kan Erlangfördelningen användas för att approximera betjämningsfördelningar som inte är exponentialfördelade (Hillier et al, 2010, sid 765).

Figur 2.3: Erlangfördelningar. Bildkälla: Wikipedia Commons



### 2.1.3 Stokastiska processer

En stokastisk process är en familj av stokastiska variabler som beskriver ett slumpmässigt skeende som varierar med tiden (Enger et al 2014, 1).

#### Markovprocesser

En Markovprocess är en tidskontinuerlig stokastisk process som beskriver tillståndet hos ett system som påverkas av slumpmässiga händelser. Processen är uppkallad efter den ryske matematikern med samma namn och kan bestämmas utifrån det befintliga tillståndet utan vetskap om det förflutna.

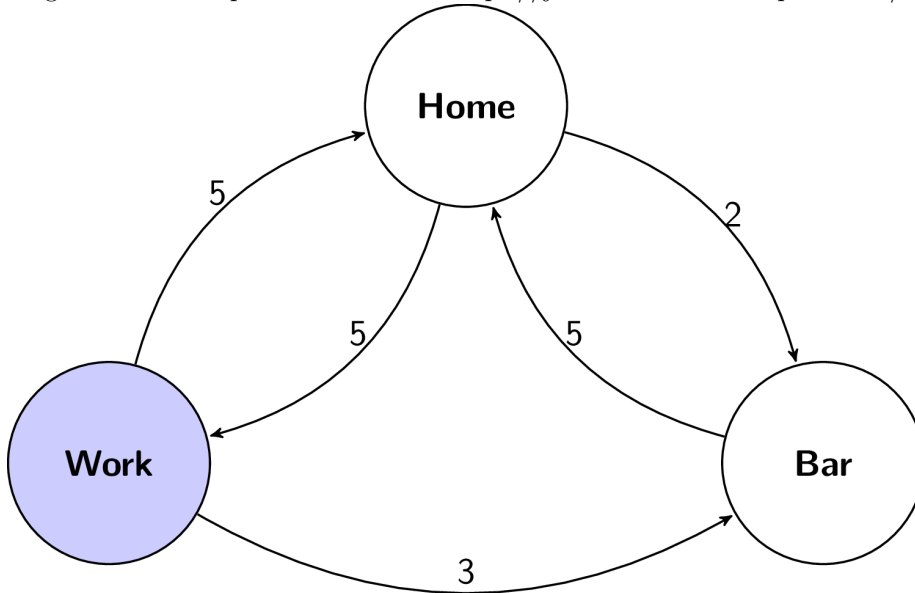
Ett kösystem är markovskt om den stokastiska variabeln  $X(t)$  är en Markovprocess. Man säger att en Markovprocess är en tidskontinuerlig stokastisk process som innehar markovegenskapen. Markovegenskapen i sig definieras som att nästkommande tillstånd i processen enbart är beroende av nuvarande tillstånd. Med detta menas att den saknar minne och således glömmet tiden som passerats. Egenskapen beskrivs matematiskt som (Enger et al, 2014).

$$\mathbb{P}(X_n = x_n | X_{n-1} = x_{n-1}, \dots, X_0 = x_0) = \mathbb{P}(X_n = x_n | X_{n-1} = x_{n-1}) \quad (2.9)$$

Delar av det vardagliga livet skulle kunna modelleras som en Markovprocess enligt figur 2.4. Här kan man se de olika platserna en person rör sig mellan som

tillstånd, där sannolikheten för var de väljer att gå näst endast beror på var de befinner sig i nuläget.

Figur 2.4: Markovprocess. Bildkälla: <https://johncarloshaez.wordpress.com/>

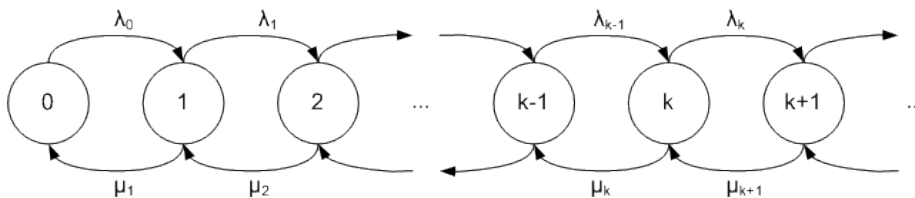


En Markovprocess kan även ha en stationär fördelning  $\pi$  vilket betyder att den efter lång tid, då  $t \rightarrow \infty$ , befinner sig i ett tillstånd  $k$  med sannolikhet  $\pi_k$ . Man säger då att processen befinner sig i ett stationärt tillstånd.

**Födelse-döds-process**

En födelse-döds-process är en speciell stokastisk process i kontinuerlig tid. Kunden anländer till systemet, det vill sägs föds och lämnar senare systemet, således dör. Detta innebär att man endast kan ta ett steg uppåt eller nedåt i processen. Kunden föds med ankomstintensiteten  $\lambda$  och dör sedan med betjäningensintensiteten  $\mu$  (Enger et al. 2014). Se figur 2.5 för illustration.

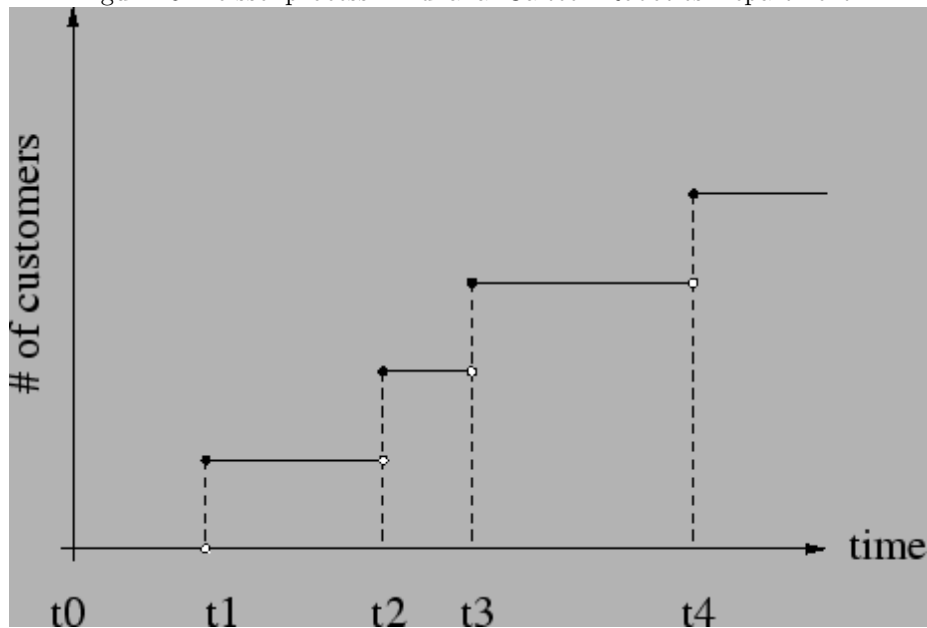
Figur 2.5: Födelse- och dödprocess. Bildkälla: Wikipedia Commons



### Poissonprocess

En Poissonprocess är en födelseprocess som används till att exempelvis beskriva ankomster till kösystem. Kunder ankommer med en Poissonfördelad process, således är tiden från en kund anländer tills dess att nästa kund ankommer exponentialfördelad. Det medför minneslöshet, det vill säga att ankomsten av kunder i det förflutna inte påverkar sannolikheten för att en ny kund ankommer i framtiden.

Figur 2.6: Poissonprocess. Bildkälla: Caltech Robotics Department



### Uttunning av Poissonprocess

Poissonprocesser har egenskapen att om punkterna delas upp i olika kategorier oberoende av varandra så är processerna som beskriver de nya kategorierna också Poissonfördelade (Enger et al 2014, sid 156). Ett exempel är om kunderna som ankommer till en restaurang enligt en Poissonprocess väljer take away med sannolikhet  $p$  och att äta på plats med sannolikhet  $1 - p$  helt oberoende av varandra. Då är ankomstprocesserna som beskriver take away-kunder respektive kunder som äter på plats också Poissonprocesser.



## 2.2 Köteori

### 2.2.1 Introduktion

Köteori är det område inom matematiken som behandlar köer och system av köer. Köer finns överallt i vår vardag, när man exempelvis ska handla mat eller checka in sitt bagage på flygplatsen. De uppstår då antalet kunder i systemet är fler än personal som betjänar. Grunden till köteori är att det finns en eller flera betjäningstationer dit kunder ankommer enligt någon ankomstprocess. Där får kunderna vänta i kö tills de blir betjänade enligt någon betjäningsprocess. När en kund sedan är betjänad lämnar den systemet. Korfattat kan man beskriva en kö på följande sätt.

- Från att en kund ställer sig i kö tills att denne har lämnat betjäningstationen anses denne vara i systemet.
- Kunder anländer med en viss ankomstintensitet  $\lambda$ .
- Kunder betjänas med en viss betjäningsintensitet  $\mu$ .
- Efter betjäning lämnar kunden systemet.

För att kunna beräkna förväntad tid i systemet och förväntad kölängd behövs vissa nyckelbegrepp. Betjäningsintensitet  $\mu$  är genomsnittligt antal betjänade personer per tidsenhet. Ankomstintensitet  $\lambda$  är genomsnittligt antal ankomna personer till betjäningsstället per tidsenhet. Tid i systemet  $W$  anger hur lång tid en genomsnittlig kund behöver för att både stå i kö och bli betjänad. Kötiden  $W_q$  anger hur lång tid den genomsnittlige kunden tillbringar i kö. Antal personer i systemet (dvs kunderna som står i kön samt de som blir betjänade) betecknas  $L$ , och  $L_q$  är antal personer i kön.

### 2.2.2 Nomenklatur

$\lambda$  = Ankomstintensitet.

$\mu$  = Betjäningsintensitet.

$L$  = Antal personer i systemet.

$L_q$  = Antal personer i kön.

$W$  = Förväntad tid i systemet.

$W_q$  = Förväntad tid i kön.

### 2.2.3 Kendalls notation

Kendalls notation är centralt begrepp inom köteorier. Det är ett standardiserat system för att beskriva en kö på formen A/B/c. A står för ankomstprocessen, B står för fördelningen av betjäningstiden och c står för hur många kunder som kan betjänas samtidigt.

### Ankomstprocess

Ankomstprocessen är en stokastisk process som beskriver hur kunder ankommer till ett kösystem. Olika bokstäver på position A i Kendalls notationssystem indikerar olika ankomstprocesser

- M anger att ankomstprocessen är en Poissonprocess. Bokstaven M står för Markov, eftersom poissonprocessen är en Markovprocess.
- D står för deterministisk ankomstprocess, vilket innebär att kunder kommer enligt ett givet mönster utan slumpmässighet.
- G står för en godtycklig ankomstprocess.

### Betjäningsfördelning

Betjäningsfördelningen beskriver sannolikheten för olika betjäningsintensiteter. Bokstäverna på position B i Kendalls notationssystem anger vilken fördelning som gäller.

- M står för exponentialfördelade betjäningstider. Bokstaven M står även här för Markov eftersom Markovegenskapen är minneslöshet, vilket är karakteristiskt för exponentialfördelningen.
- D står för deterministisk fördelade betjäningstider, vilket innebär att kunder betjänas enligt ett givet mönster utan slumpmässighet.
- G står för godtyckligt fördelade betjäningstider.

#### 2.2.4 Littles lag

Littles lag är en mycket användbar formel inom köteorin. Lagen har många tillämpningsområden, bland annat inom telekommunikation och datateknik. Den gäller för system i stationärt tillstånd. Littles lag är

$$L = \bar{\lambda}W \text{ och} \quad (2.10)$$

$$L_q = \bar{\lambda}W_q \quad (2.11)$$

där  $L$  är kunder i systemet,  $W$  är tid i systemet,  $\bar{\lambda}$  är medelankomstintensiteten i systemet,  $L_q$  är kunder i kö och  $W_q$  är kötiden.

#### 2.2.5 M/M/c-kö

En M/M/c-kö är namngiven enligt Kendalls beteckningssystem. M/M/c står för en markovsk ankomstprocess, en markovsk betjäningsprocess och  $c$  är antalet kunder som kan bli betjänade samtidigt. Ankomstprocessen är poissonfördelad och betjäningstiderna är exponentialfördelade enligt markovegenskapen (Enger et al. 2014). Nedan presenteras några formler som allmänt gäller för M/M/c-köer i stationärt tillstånd.

Trafikintensiteten är

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu}. \quad (2.12)$$

Erlangs fördröjningsformel ger sannolikheten för att en kund som anländer till systemet måste stå i kö. Den lyder

$$C_c = \frac{\frac{(c\rho)^c}{c!}}{(1-\rho) \left( \sum_{i=0}^{c-1} \frac{(c\rho)^i}{i!} + \frac{(c\rho)^c}{c!(1-\rho)} \right)}. \quad (2.13)$$

Antal personer i systemet  $L$ , personer i kön  $L_q$ , förväntad tid i systemet  $W$  och förväntad kötid  $W_q$  beräknas

$$L_q = \frac{C_c \rho}{1-\rho} \quad (2.14)$$

$$W_q = \frac{C_c \rho}{\lambda(1-\rho)} \quad (2.15)$$

$$L = \frac{\lambda}{\mu} + \frac{C_c \rho}{1-\rho} \quad (2.16)$$

$$W = \frac{1}{\mu} + \frac{C_c \rho}{\lambda(1-\rho)}. \quad (2.17)$$

### 2.2.6 M/M/2-kö

En M/M/2-kö är ett specialfall av en M/M/c-kö med  $c = 2$ , att systemet kan betjäna två kunder samtidigt. För M/M/2-köer gäller specifikt att trafikintensiteten är

$$\rho = \frac{\lambda}{2\mu} \quad (2.18)$$

och förväntat antal personer i systemet beräknas

$$L = \frac{2\rho}{1-\rho^2}. \quad (2.19)$$

## 2.3 Maximum likelihood-metoden

Maximum likelihood-metoden är en metod för att uppskatta parametrar i sannolikhetsfunktioner som beskriver en mängd data. Estimeringen utförs så att sannolikheten för att få den givna datan vid mätning maximeras.

Likelihoodfunktionen är en funktion som beskriver sannolikheten att få ett visst stickprov  $x_1, x_2, \dots, x_n$  från en fördelning beroende av den okända parametern  $\theta$ :

$$L(\theta) = f_{X_1, X_2, \dots, X_n}(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta) \quad (2.20)$$

där  $f$  är fördelningens täthetsfunktion eller sannolikhetsfunktion.  $\theta$  väljs sedan så att  $L(\theta)$  maximeras, och det värdet kallas ML-skattning av  $\theta$ .

### 2.3.1 ML-estimering för exponentialfördelning

Likelihoodfunktionen för stickprov som är oberoende och exponentialfördelade med parametern  $\lambda$  är

$$L(\lambda) = \prod_{i=1}^n \lambda \exp(-\lambda x_i) = \lambda^n \exp\left(-\lambda \sum_{i=1}^n x_i\right) = \lambda^n \exp(-\lambda n\bar{x}), \quad (2.21)$$

där

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (2.22)$$

Derivering ger

$$\frac{d}{d\lambda} \ln(L(\lambda)) = \frac{d}{d\lambda} (n \ln(\lambda) - \lambda n\bar{x}) = \frac{n}{\lambda} - n\bar{x} \begin{cases} > 0, & 0 < \lambda < \frac{1}{\bar{x}}, \\ = 0, & \lambda = \frac{1}{\bar{x}}, \\ < 0, & \lambda > \frac{1}{\bar{x}}. \end{cases} \quad (2.23)$$

Detta ger att ML-skattningen av  $\lambda$  blir

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{\bar{x}} \quad (2.24)$$

# Kapitel 3

## Data

För att ställa upp en modell av Vapiano Sturegatans kösystem så användes två olika typer av data. Den första typen är tidtagningsdata som samlades in under två veckor med hjälp av restaurangens kunder. Den andra typen är försäljningsdata från Vapiano Sturegatan. Nedan följer mer ingående beskrivningar av datan.

### 3.1 Intervju på Vapiano Sturegatan

En intervju utfördes med restaurangchefen Frida Svanström för att ge information om hur hela kösystemet fungerar samt hur de olika stationerna för pasta är organiserade.

### 3.2 Tidtagningsdata

Vid arbetets start fanns inga uppgifter om hur länge Vapiano Sturegatans kunder står i kö. För att projektet skulle kunna genomföras behövdes sådan data och därför utfördes ett hundratal mätningar av kundernas kötid på restaurangen vid Sturegatan. Slumpmässigt utvalda kunder fick under mars månad gratis lunch i utbyte mot att de tog tid på olika intervall av sina besök, enligt givna instruktioner.

#### 3.2.1 Insamling

Kunderna har använt sina telefoner som stoppur och sedan fått föra in tiderna i ett frågeformulär vid kassan. De ombads mäta sin tid vid fyra angivna punkter:

1. När de ställde sig i kö.
2. När de fick beställa.
3. När de fick sin mat.

4. När de lämnade restaurangen.

Dessutom fick de lämna uppgifter om antal personer i systemet för den kö de stod i och vilken typ av maträtt de ätit.

### 3.2.2 Utformning av frågeformulär

För att samla in kundernas mätningar användes ett så kallat 'Google forms'-dokument som utformats i samråd med Vapiano Sturegatan. (Se bilaga A). Detta dokument utformades för att göra det så enkelt som möjligt för kunderna att registrera sina mätningar. Viktigt var att skapa ett formulär som var användarvänligt och lätt att förstå vid första ögonkastet eftersom kunden har mycket annat att tänka på vid sitt restaurangbesök. Därför lades mycket fokus på utformningen av formuläret och det testades på utomstående personer för att analysera användarvänligheten. Dokumentet ändrades således under ett flertal tillfällen och gick igenom en förbättringsprocess innan det publicerades. Det var också viktigt att utforma formuläret med rätt frågor och innehåll för att minimera bearbetningen av datan. Därför fick kunderna skriva in tiderna på rätt form från början och kompletterande exempel gavs under varje fråga för ökad förståelse.

För att modellen ska bli så realistisk som möjligt noterades att 1 borde adderas till  $L_i$ ,  $i = 1 \dots 132$  i kommande beräkningar. Detta beror på att frågorna har ett visst tolkningsutrymme. Den fråga som behandlar personer i systemet är utformad "Hur många kunder stod framför dig i kön?" för att det skulle vara lätt för Vapianos kunder att förstå. En undersökning genomfördes genom att intervjua andra studenter som besökt Vapiano Sturegatan om hur de uppfattade frågan. Resultatet visade att de två kunder som står längst fram i pastakön och blir betjänade, räknas med i kön av kunderna. Däremot räknar man inte med sig själv. Varje datapunkt i kategorin personer i systemet utelämnar därför kunden själv, som faktiskt också står i kön.

### 3.2.3 Bearbetning

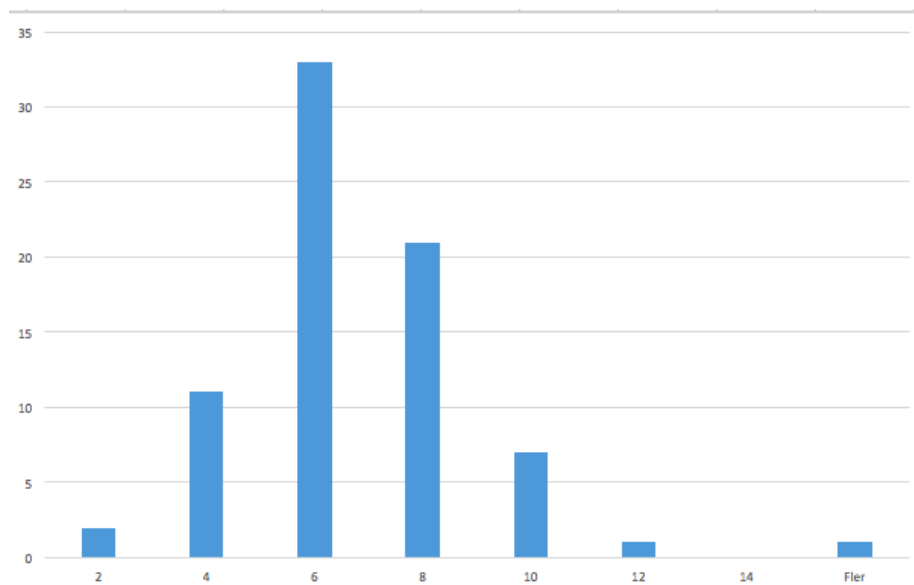
Bearbetning av datan innefattade att radera dubbelrader och att formatera om den inmatade datan så att allt blev på samma format. Alla tidsangivelser gjordes om till minuter i decimalform och kategorifrågorna fick index (se bilaga B). I kategorin personer i systemet saknades uppgifter i två kunders mätningar. Medelvärde av datan från de övriga kundernas mätningar användes då som kompletterande data för att underlätta vid matrisberäkningar. Detta påverkar ej resultatet av kommande beräkningar.

Insamlingen och bearbetningen av datan gav upphov till sju olika mätkategorier med vardera 132 datapunkter. För varje kategori gäller att  $i = 1 \dots 132$ . Kategorierna beskrivs och namnges nedan.

- Personer i systemet  $L_i$  - Totalt antal personer i systemet vid den station där kund  $i$  beställde mat.  
Medelvärde: 3.63 personer. Median: 3 personer.

- Tid innan kö  $T_i^1$  - Antal minuter från att kunden gick in i restaurangen till att kunden ställde sig i en kö.
- Kötid  $W_i^q$  - Antal minuter kunden stod i kö innan kunden fick beställa. Medelvärde: 5.99 minuter. Median: 4.28 minuter.
- Betjäningstid  $T_i^2$  - Antal minuter från att kunden beställde sin rätt till att rätten var klar. Medelvärde: 6.41 minuter. Median: 6.02 minuter.
- Ättid  $T_i^3$  - Antal minuter från att kundens maträtt var klar till att kunden lämnade restaurangen.
- Maträtt - Vilken typ av maträtt kunden åt. Kategorierna var pasta/risotto, pizza och sallad.
- Veckodag - Vilken veckodag kunden besökte restaurangen.

Figur 3.1 nedan visar betjäningstidernas fördelning.



Figur 3.1: Fördelning av uppmätta betjäningstider

### 3.3 Försäljningsdata

Försäljningsdata fanns tillgängligt och hämtades ur Vapiano Sturegatans databas. Varje gång en kund gör en beställning vid en av stationerna så registreras vilken maträtt som beställs samt antalet. Den data som används vid framtagning av modellen presenteras med antalet beställda rätter per två timmar (lunchtid) och per station (bilaga C).

### 3.3.1 Insamling och bearbetning

Försäljningsstatistik från varje enskild station har hämtats från Vapianos databas på Sturegatan. Datan som använts är från den 11 mars - 2 april, eftersom det är under denna period som datainsamlingen till detta arbete har utförts. Att använda samma period för både försäljningsdatan och tidtagningsdatan gör att datan kan direkt jämföras. Försäljningsdatan innehåller detaljerad information om hur många maträtter som sålts vid varje enskild station under varje timme.

SPEED OF SERVICE								
Hour	Product	Pasta					Pizza	Salat
		PASTA 1	PASTA 2	PASTA 3	PASTA 4	PASTA 5	PIZZA 1	SALAD 1
13.03.2016		121	108	121	96	33	210	107
11:00 - 11:59			6	10	17		15	2
12:00 - 12:59		10	13	11	17	6	42	10
13:00 - 13:59		13	16	16	15	12	32	20
14:00 - 14:59		20	14	19	15	9	30	24
15:00 - 15:59		16	12	17	17	6	19	13
16:00 - 16:59		14	6	15	4		12	6

Figur 3.2: Vapianos försäljningsdata från söndagen den 13 mars

I detta arbete begränsas undersökningarna till lunchrusningen. Därför har data från de två timmar med störst försäljning per dag använts. Genom inspektion av försäljningsdatan bekräftades att lunchrusningen under vardagar är kl 11-13 och under helgdagar kl 13-15, vilket är ungefär samma tider på dagen som tidtagningarna har utförts (se exempel i fig 3.2). Därför sammanställdes den relevanta datan som den syns i bilaga C med antal sålda rätter per lunch och dag för varje pastastation. Försäljningsdatan som används i denna rapport benämns  $x_{jk}$ ,  $j = 1 \dots 23$ ,  $k = 1 \dots 5$ . Här står index  $j$  för dagen datan kommer från, och index  $k$  för vilken pastastation datan kommer från. Datan visade även att under 87 % av dagarna i mätperioden så hade Vapiano Sturegatan endast fyra av fem pastastationer öppna.



# Kapitel 4

## Metod

I följande avsnitt presenteras arbetets metod samt hur olika potentiella modeller utformas och utvärderas.

### 4.1 Utfomning av modellen

#### 4.1.1 Identifiera kötyp

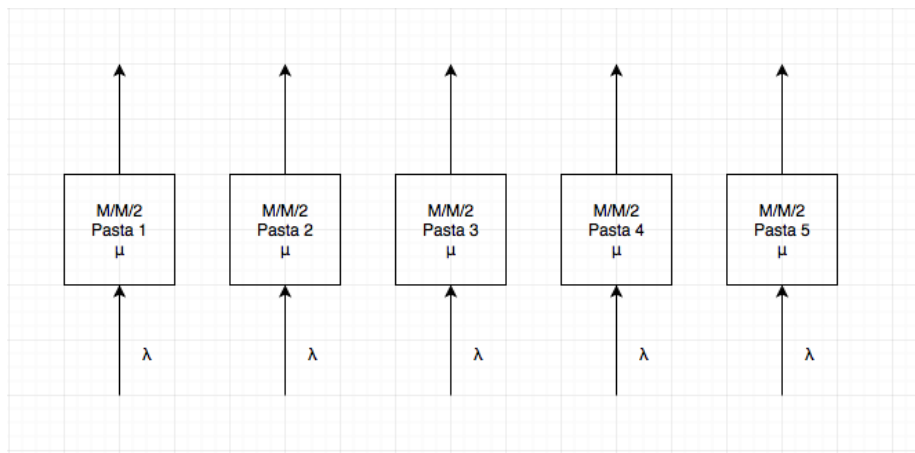
För att göra en modell av Vapiano Sturegatan med markovsk köteori så analyseras kösystemet. Vi utgår från  $M/M/c$ -modellen och behöver följaktligen endast bestämma hur många kunder som kan betjänas samtidigt. Den del av systemet som modelleras är inringad i fig. 1.2 på s.8. I denna rapport behandlas två alternativa sätt att modellera Vapianos kösystem, som sedan jämförs. Den mest realistiska modellen väljs därefter ut för att testa två olika sätt att förkorta kötiderna till pastastationerna.

#### $M/M/2$ -kö

Den utvalda delen av systemet kan modelleras som parallella  $M/M/2$ -köer, eftersom varje station kan betjäna två kunder samtidigt. Motiveringen till detta är att vid pastastationerna finns två stekpannor, således kan två rätter lagas samtidigt. Oavsett hur mycket personal som finns bakom disken kan endast två rätter lagas samtidigt, följaktligen kan bara två kunder betjänas samtidigt. Eftersom utgångspunkten är att modellera med markovska köer så kommer systemet att modelleras med exponentialfördelade betjäningstider och Poissonfördelade ankomster oavsett hur datan ser ut.

#### $M/M/8$ -kö

En svaghet med att modellera systemet som parallella  $M/M/2$ -köer är att kunderna enligt denna modell förväntas välja kö helt slumpmässigt. En kund skulle



Figur 4.1: De fem pastastationerna modellerade som fem identiska parallella M/M/2-köer

enligt M/M/2-modellen inte alltid ställa sig i den kortaste kön, vilket kan leda till att den förväntade tiden i systemet  $W$  och personer i systemet  $L$  överskattas. Ett alternativ är att istället modellera systemet som en enda M/M/8-kö för att ta hänsyn till att kunder oftast väljer att ställa sig i den kortaste kön, eller byter kö om en annan kö verkar snabbare. I M/M/8-modellen så betraktas de parallella fysiska köerna som en enda kö. Både M/M/2-modellen och M/M/8-modellen kommer att undersökas och jämföras nedan.

### 4.1.2 Betjäningsintensitet

Betjäningstiderna antas vara exponentialfördelade eftersom utgångspunkten är markovsk köteori. Betjäningsintensiteten kan uppskattas på två olika sätt, antingen med hjälp av den insamlade datan från tidtagningarna eller med hjälp av Vapiano Sturegatans egen försäljningsdata.

#### Betjäningsintensitet baserad på insamlad tidtagningdata

För det första kan intensiteten skattas med maximum likelihoodmetoden, det vill säga bestämma den intensitet som ger störst sannolikhet att få den erhållna datan i bilaga B. ML-estimatorn är (Blom et al. 2005)  $\hat{\mu} = 1/\bar{T}^2$  där  $\hat{\mu}$  är den estimerade betjäningsintensiteten och  $\bar{T}^2$  är medelvärdet av de insamlade betjäningstiderna. Se avsnitt 2.3.1 om maximum likelihood-metoden.

#### Betjäningsintensitet baserad på försäljningsdata

För det andra så kan betjäningsintensiteten beräknas med hjälp av försäljningsdatan. Försäljningsdatan (se bilaga C) visar hur många rätter som såldes under den två timmar långa lunchrusningen per dag.

Datan för hela perioden (3 mars till 2 april) användes till beräkning av betjäningsintensiteterna med hjälp av Microsoft Excel (se bilaga C). Först beräknades betjäningsintensiteten för varje dag ( $j = 1 \dots 23$ ). Den totala försäljningen av pasta per timme beräknades. Därefter delades den totala försäljningen per timme med antalet öppna stationer, och med två samt med 60 för att få betjäningsintensiteten för varje enskild dag i enheten kunder/minut.

$$\mu_j = \frac{\frac{1}{2} \sum_{k=1}^5 x_{jk}}{\text{Antal öppna stationer}_j \cdot 2 \cdot 60} \quad (4.1)$$

I modellen används medelvärdet av dessa betjäningsintensiteter,

$$\hat{\mu} = \frac{1}{23} \sum_{j=1}^{23} \mu_j. \quad (4.2)$$

### 4.1.3 Ankomstintensiteter i M/M/2-modellen

Ankomstprocessen till Vapiano Sturegatan antas vara en Poissonprocess med intensitet  $\lambda_v$  i enlighet med den markovska köteorin, där index  $v$  är ankomster till restaurangen på Sturegatan. Personerna som väljer att äta på Vapiano Sturegatan antas också välja mat oberoende av varandra, utan att falla för något grupptryck. Detta medför att ankomstprocessen till varje enskild station är en Poissonprocess, eftersom Poissonprocesser har egenskapen att de kan uttunnas (se avsnitt 2.1.3). Kunderna antas välja pasta med sannolikhet  $a$ , sallad med sannolikhet  $b$  och pizza med sannolikhet  $c$  ( $a+b+c \leq 1$  gäller). Pizza- och salladsstationerna ingår inte i frågeställningen och är således inte med i beräkningarna nedan. Ankomstprocessen delas alltså upp i tre, en till pastadelen av systemet med ankomstintensitet  $a\lambda_v$ , en till salladsstationen med ankomstintensitet  $b\lambda_v$  och en till pizzastationen med ankomstintensitet  $c\lambda_v$ . Till varje enskild pastastation antar vi att kunderna väljer kö slumpmässigt. Ankomstintensiteten till varje enskild pastastation blir  $\lambda = a\lambda_v/5$ .

Ankomstintensiteterna kan bestämmas på två sätt. Antingen används Littles lag (2.10) eller en kombination av Littles lag och ekvation (2.19).

#### Littles lag

Littles lag (2.10) ger

$$\lambda = \frac{L}{W}. \quad (4.3)$$

Här är  $L$  det genomsnittliga antalet personer i systemet och  $W$  den förväntade tiden i systemet. Genom att använda ekvationerna ovan med den insamlade datan från tidtagningarna erhålls en estimering  $\lambda_{\text{little}}$  av ankomstintensiteten.

$W$  erhålls genom att addera genomsnittet av kötiden  $W^q$  till genomsnittet av servicetiden  $T^2$ , det vill säga

$$W = \bar{W}_i^q + \bar{T}_i^2. \quad (4.4)$$

$L$  är i detta fall medelvärdet av  $L_i + 1$ ,  $i = 1 \dots 132$ . Förklaring till att ett adderas finns i avsnitt 3.2.2 om utformningen av frågeformuläret.

### Modifierad Littles lag

Med Littles lag (2.10), antal kunder i systemet  $L$  (2.19) och uttrycket för  $\rho$  (2.18) så får vi genom substitution och förenkling

$$\lambda = 2\sqrt{\mu(\mu - 1/W)} \quad (4.5)$$

och har således en ekvation som beror på betjäningsintensiteten  $\mu$  och den förväntade tiden i systemet  $W$ . Ekvation (4.4) ger  $W$  och det finns två möjliga utfall eftersom  $\mu$  kan estimeras på två olika sätt (se avsnitt 4.1.2 om betjäningsintensiteter.)

#### 4.1.4 Ankomstintensiteter i M/M/8-modellen

I M/M/8-modellen så modelleras köerna till de fyra öppna pastastationerna som en enda lång kö för att ta mer hänsyn till att kunder tenderar att välja den kortaste kön och kan byta kö. Eftersom den insamlade datan mäter antal kunder i systemet per station så måste  $L$  multipliceras med fyra. Tiden i systemet  $W$  påverkas inte. Littles lag (2.10) ger då ankomstintensiteten

$$\lambda = 4 \frac{L}{W}. \quad (4.6)$$

Vi ser att ankomstintensiteten är fyra gånger så stor om systemet modelleras som en M/M/8-kö jämfört med om det modelleras som fyra M/M/2-köer. För att beräkna möjliga ankomstintensiteter i M/M/8-modellen multipliceras följaktligen ankomstintensiteterna från M/M/2-modellen med fyra.

#### 4.1.5 Jämförelse och val av slutgiltig modell

Det krävs en utvärdering för att se vilken kombination av estimerade intensiteter som ger den mest realistiska modellen, eftersom den kommer att användas för att modellera kötiden på Vapiano Sturegatan för olika scenarier. För att bedöma detta sattes de olika estimerade  $\lambda$  och  $\mu$  in i formlerna 2.19, 2.10, 2.16 och 2.17 för att först undersöka hur väl modellen stämmer överens med verkligheten.

## 4.2 Minska förväntad tid i systemet

Det sätt som Vapiano Sturegatan jobbar med att minska kötiden idag är främst att minska produktionstiden för de olika maträtterna, vilket ligger utanför denna rapports område. I detta arbete undersöks främst hur kösystemets uppbyggnad påverkar kundernas väntetider. I dessa beräkningar antas att ankomstprocessen till restaurangen är oförändrad.

För att undersöka hur Vapiano Sturegatan kan minska kundernas kötid genom att ändra utformningen av sina pastastationer testas två olika fall. För det första undersöks hur väntetiden påverkas av att ha ytterligare en pastastation öppen. För det andra undersöks hur väntetiden påverkas om varje station kan betjäna tre personer samtidigt istället för två. Efter att de två fallen har undersökts så jämförs de med avseende på känslighet för förändring i betjäningsintensitet.

### 4.2.1 En extra station

Under undersökningsperioden har Vapiano Sturegatan haft fyra pastastationer öppna under lunchtimmarna. För att undersöka hur kötiden och kölängden skulle förändras av att ha den femte stationen öppen under lunchen så modifieras modellen för att passa det nya scenariot.

Betjäningsintensiteten förändras inte eftersom alla pastastationer antas vara identiska i modellen. Den sammanlagda ankomstintensiteten till fyra pastastationer delas upp på fem stationer istället för fyra.

$$\lambda_{station} = \frac{4\lambda}{5} \quad (4.7)$$

### 4.2.2 Betjäna tre personer per station

I nuläget kan varje pastastation laga två rätter samtidigt. Om varje station istället kunde laga tre rätter samtidigt skulle väntetiden minska, förutsatt att ankomstintensiteten är oförändrad. För att undersöka hur väntetiden minskar så används samma ankomstintensitet och betjäningsintensitet som i den ursprungliga modellen. Istället för att sätta in intensiteterna i formlerna för M/M/2-modellen så används M/M/3-köer. Förväntat antal personer i systemet,  $L$ , och förväntad tid i systemet,  $W$ , beräknas med formlerna 2.16 och 2.17.

# Kapitel 5

## Resultat

Under denna rubrik presenteras arbetets resultat av modellerna samt undersökningen av de olika scenarierna för att minska förväntad tid i systemet.

### 5.1 Estimerade parametrar

#### 5.1.1 Betjäningsintensiteter

Resultatet av estimeringen baserade på insamlad data

$$\mu_{insamlad} = 0.1656$$

Resultatet av estimeringen baserade på försäljningsdata

$$\mu_{forsaljning} = 0.1423 \quad (5.1)$$

#### 5.1.2 Ankomstintensiteter i M/M/2-modellen

Enligt formel (4.3) erhöles värdet

$$\lambda_{litle} = 0.2862. \quad (5.2)$$

Med ekvation (4.5) erhöles värdena

$$\lambda_{forsaljning} = 0.2023 \quad (5.3)$$

$$\lambda_{insamlad} = 0.2512. \quad (5.4)$$

### 5.1.3 Ankomstintensiteter i M/M/8-modellen

Enligt ekvation (4.6) blir ankomstintensiteterna för M/M/8-modellen

$$\lambda_{\text{little}}^{M/M/8} = 1.1449 \quad (5.5)$$

$$\lambda_{\text{forsaljning}}^{M/M/8} = 0.8092 \quad (5.6)$$

$$\lambda_{\text{insamlad}}^{M/M/8} = 1.0049. \quad (5.7)$$

### 5.1.4 Sammanställning och test av parametrar

Användning av alla parameterkombinationer i modellen ger följande värden för  $\rho$ ,  $L$  och  $W$ :

Tabell 5.1: En jämförelse av estimeringarna för M/M/2-modellen

Använda estimeringar	$\rho$	Kunder i systemet $L$	Tid i systemet $W$
$\lambda_{\text{little}}, \mu_{\text{forsaljning}}$	1.0057	-176.9729	-618.3266
$\lambda_{\text{little}}, \mu_{\text{insamlad}}$	0.8639	6.8133	23.8050
$\lambda_{\text{forsaljning}}, \mu_{\text{forsaljning}}$	0.7108	2.8739	14.2055
$\lambda_{\text{insamlad}}, \mu_{\text{insamlad}}$	0.7583	3.5686	14.2055

Tabell 5.2: En jämförelse av estimeringarna för M/M/8-modellen

Använda estimeringar	$\rho$	Kunder i systemet $L$	Tid i systemet $W$
$\lambda_{\text{little}}^{M/M/8}, \mu_{\text{forsaljning}}$	1.0057	-172.7068	-150.8553
$\lambda_{\text{little}}^{M/M/8}, \mu_{\text{insamlad}}$	0.8639	10.7667	9.4044
$\lambda_{\text{forsaljning}}^{M/M/8}, \mu_{\text{forsaljning}}$	0.7108	6.3951	7.9027
$\lambda_{\text{insamlad}}^{M/M/8}, \mu_{\text{insamlad}}$	0.7583	7.2357	7.2007

## 5.2 Slutgiltig modell

I detta avsnitt jämförs de olika alternativa modellerna som presenterats i föregående avsnitt. Värdena som modellen ger jämförs med den insamlade datan, för att avgöra vilka estimerade parametrar som ger en modell som ligger så nära verkligheten som möjligt.

Tabell 5.3: Medelvärde och median av den insamlade datan

	$L$	$W_q$	$T^2$	$W = W_q + T^2$
Medelvärde	3.63	5.99	6.41	12.41
Median	3	4.28	6.02	10.29

### Tid i systemet $W$

I M/M/2-modellen (se tabell 5.1) ser vi att de två sista alternativen båda ger den förväntade tiden i systemet som ligger närmst medelvärdet och medianen av  $W$  som presenteras i tabell 5.3. I M/M/8-modellen ligger alternativ två närmst den insamlade datan.

### Kunder i systemet $L$

Den M/M/2-modell som ligger närmst medelvärdet och medianen för den insamlade datan är den sista i tabell 5.1. Den M/M/8-modell som uppskattar antals kunder i systemet bäst är alternativ två i tabell 5.2. Ett förväntat antal kunder i systemet på ca 11 personer i en M/M/8-kö är dock en underskattning jämfört med den insamlade datan. Den sista M/M/2-modellen stämmer bättre överens med medelvärdet och medianen av den insamlade datan.

### Slutsats

Jämförelse med den insamlade datan visar att M/M/2-modellen med parametrar  $\lambda_{insamlad}$  och  $\mu_{insamlad}$  stämmer bäst överens med den genomsnittliga lunchrusningen på Vapiano Sturegatan. M/M/2-modellen väljs eftersom den överskattar tiden i systemet men skattar antal personer i systemet mer precist, jämfört med M/M/8-modellen som underskattar både tid i systemet och kunder i systemet. Den utvalda delen av Vapianos Sturegatans kösystem modelleras följaktligen som fyra parallella M/M/2-köer med betjäningensintensiteten  $\mu_{insamlad} = 0.1656$  och ankomstintensiteten  $\lambda_{insamlad} = 0.2512$ .

## 5.3 Minska förväntad tid i systemet

### 5.3.1 En extra station

Enligt formel (4.7) är  $\lambda_{station} = 0.2010$ . Betjäningensintensiteten  $\mu_{station} = 0.1656$  är oförändrad, vilket ger  $\rho_{station} = 0.6066$ . Vi ser att förväntat antal kunder i systemet och förväntad tid i systemet blir

$$L_{station} = 1.9198 \quad (5.8)$$

$$W_{station} = 9.5525 \quad (5.9)$$

### 5.3.2 Betjäna tre personer per station

I detta fall är både ankomstintensiteten och betjäningensintensiteten oförändrade jämfört med M/M/2-modellen.  $\lambda_{M/M/3} = 0.2512$  och  $\mu_{M/M/3} = 0.1656$ , vilket



ger  $\rho_{M/M/3} = 0.5055$ . Vi ser att förväntat antal kunder i systemet och förväntad tid i systemet blir

$$L_{M/M/3} = 1.7648 \quad (5.10)$$

$$W_{M/M/3} = 7.0252. \quad (5.11)$$

### 5.3.3 Känslighet för minskad betjäningsintensitet

Matematiskt sett är det bäst att utöka varje pastastation så att tre personer kan bli betjänade samtidigt. Detta skulle dock kunna medföra en minskning av serviceintensiteten per kund. I detta avsnitt presenteras hur mycket en minskad serviceintensitet påverkar den effektivaste lösningen ovan.

I M/M/3-modellen används Vapiano Sturegatans nuvarande serviceintensitet  $\mu_{M/M/3} = 0.1656$ . Insättning av lägre serviceintensiteter i ekvationerna visar att om  $\mu_{M/M/3} = 0.13745$  istället, så blir tiden i systemet  $W = 9.5508$ . Om en utökning av varje stations kapacitet skulle medföra en minskning till 83% av nuvarande serviceintensitet blir det följaktligen ingen skillnad mellan de två alternativen för att minska tiden i systemet. En minskning till 83% av nuvarande serviceintensitet innebär en minskning från 9.9 kunder/timme till 8.2 kunder/timme.

# Kapitel 6

## Diskussion

Följande diskussion inleds med återkoppling till rapportens syfte och frågeställning. Syftet med arbetet är att undersöka hur Vapiano Sturegatans kösystem skulle kunna förbättras samt att utforma en modell som kan användas för att analysera systemet. Detta har nu gjorts, de nuvarande kösystemet har kartlagts och flera modeller har skapats. Denna del av rapporten avser följaktligen till att analysera och utvärdera modellerna samt vad resultatet ger för indikationer. Slutsatserna kan sedan sammanställas och levereras till Vapiano Sturegatan.

### 6.1 Datans tillförlitlighet och relevans

#### 6.1.1 Försäljningsdata

Försäljningsdatan som hämtats ur Vapianos databas kan anses vara utan större felkällor eftersom den erhållits ur deras system med stationer och SmartCard. Det som kan bedömas som kritiskt är hur datan sedan har bearbetats och de tidsintervall som valts ut. Den data som använts är hämtad från försäljningsdatan när försäljningen är som störst kring lunchtid, vilket är den tidsperiod då Vapiano har samlat in majoriteten av tidtagningsdatan. Dock stämmer inte tidsintervallen för de två typerna av data överens för varje dag under tidtagningen, vilket kan leda till problem med jämförelsen av datan.

#### 6.1.2 Tidtagningsdata

När det gäller datan från tidtagningarna finns det desto fler felkällor att ta i beaktning. För kunden kan det exempelvis vara mycket lätt att glömma bort att man faktiskt är mitt upp i en datainsamling och det är lätt hänt att få med en extra minut eller två. Beroende på hur seriöst kunderna har tagit uppgiften att mäta sin kötid kan starkt påverka resultatet.

Ytterligare en felkälla är att frågeformuläret kan tolkas på olika sätt. Dokumentet som utformades för att samla in data designades för att vara så lite

tolkningsbart som möjligt. Dock var det inget perfekt formulär och det är inte helt självklart att kunderna har tolkat formuläret som författarna avsåg. Speciellt gällande personer i systemet  $L$  kan formuläret tolkas på olika sätt (se avsnitt 3.2.2).

## 6.2 Metod

Metodens största svaghet är de antaganden som måste göras för att kunna använda markovsk köteori. Detta avsnitt tar upp antaganden som påverkar modellens tillförlitlighet.

### 6.2.1 Ankomstprocess

Ankomstprocessen antas vara en Poissonprocess. Det medför att personer antas bestämma sig för att gå in på Vapiano Sturegatan helt oberoende av varandra. I verkligheten så går folk ofta på restaurang i grupper, vilket innebär att man inom en grupp måste komma överens om vilken restaurang som ska besökas. En del av personerna som besöker Vapiano Sturegatan är således *beroende* av sina vänner i valet av restaurang. Människor som anländer i grupp kan dock också ses som oberoende individer ur en stor population (Stockholm) som anländer inom ett väldigt kort tidsintervall, vilket passar in på Poissonprocessen. Poissonprocessen är dessutom en Markovprocess och uppfyller därmed kravet på minneslöshet, sannolikheten att människor bestämmer sig för att gå till Vapiano Sturegatan ändras därför inte beroende på tidigare ankomster.

Ett problem är att data gällande kundernas ankomst till Vapiano inte finns tillgänglig, utan ankomstintensiteten måste estimeras utifrån kölängd, tid i systemet och betjäningintensitet. Estimeringen av ankomstintensiteten  $\lambda$  skulle kunna bli mer precis om data fanns att tillgå.

### 6.2.2 Betjäningintensitet

Betjäningstiderna i systemet antas vara exponentialfördelade. Inspektion av tidtagningsdatan (se fig 3.1) visar dock tydligt att så är inte fallet. Detta leder till att betjäningstiderna som i praktiken används i modellen skiljer sig i till exempel spridning jämfört med de verkliga betjäningstiderna. Detta är en av modellens största svaghet. Det kan även vara så att betjäningintensiteterna varierar beroende på vilken person som tillagar maten eller beroende på hur lång kö det är.

### 6.2.3 Kösystemets utformning i modellen

I modellen av Vapiano Sturegatans pastastationer antas att de personer som ställer sig i en kö inte tar hänsyn till köns längd utan ställer sig i en slumpmässigt vald kö. Enligt modellen byter inte heller kunderna kö och de beställer bara mat till sig själv. Alla dessa antaganden är förenklingar av verkligheten, som

påverkar modellens tillförlitlighet. Det är dock inte rimligt att göra några andra antaganden eftersom det inte finns någon data tillgänglig att basera dessa på. Det krävs tid och resurser utanför ramen för detta arbete för att exempelvis mäta hur stor andel kunder som byter kö.

## 6.3 Analys av resultat

### 6.3.1 Estimerade parametrar

De stora skillnaderna i resultat som visas i tabellerna 5.1 och 5.2 indikerar att små skillnader i de estimerade  $\lambda$  och  $\mu$  kan ge mycket stora effekter på den modellerade tiden i systemet och antal kunder i systemet. Det innebär exempelvis att mängden insamlad data kan ha stor betydelse för resultatet av modelleringen.

### 6.3.2 Modellens tillförlitlighet

Modellen speglar uppenbarligen inte den insamlade datan perfekt, utan är som alla modeller en förenklad bild av verkligheten. Den modellerade bilden av verkligheten (se sista raden i figur 5.1) skiljer sig från den insamlade datan (se figur 5.3) med t.ex. flera minuter för tid i systemet  $W$ . Därför kan modellen inte användas för att på ett precist sätt förutse tiden i systemet vid förändring av ankomstintensitet eller betjäningintensitet.

### 6.3.3 Modellering av förändringar av kösystemet

Som ovan nämnt bör modellen inte användas för precisa förutsägelser, men däremot kan den ge indikationer på hur tiden i systemet och antal personer i systemet ändras vid olika förändringar av kösystemet. I de två fall som testas i avsnitt 5.3 så framgår att det är mer effektivt att utöka betjäningstationerna till att servera tre personer samtidigt än att utöka med en extra station. Dessa två fall kan modifieras för att undersöka andra potentiella förändringar av kösystemet, och på detta sätt kan modellen användas för att jämföra alternativ och få en indikation på storleksordningen på förändringar av  $L$  och  $W$ .

Av de två fall som undersöktes visade sig alternativet att varje station serverar tre personer vara mest effektivt. Den matematiska modellen tar dock inte hänsyn till att serviceintensiteten kan minska när varje kock får mer att göra. Som synes i resultatet av beräkningarna så medför en minskning på mer än 17% av serviceintensiteten att alternativet att ha en extra pastastation blir det mest effektiva alternativet. Effekten av en ändring av kockarnas arbetsbörda är således mycket viktig att undersöka inför en eventuell förändring av kösystemets struktur. Modellen tar inte heller hänsyn till kostnaden för att genomföra de olika strategierna. Att ha en ytterligare station öppen under lunchen medför troligen framför allt ökade personalkostnader, medan att bygga om alla pastastationer så att tre rätter kan lagas samtidigt är en större investering. Det krävs

följaktligen ytterligare analys av personer som är väl insatta i Vapiano Sturegatan arbetslätt och ekonomi för att ta beslut gällande eventuella förändringar av systemet.

## 6.4 Vidareutveckling av modellen

För att förbättra modellen föreslås två huvuddelar:

1. Utökad datainsamling.
2. Förbättrad estimering av betjäningensintensiteten.
3. Undersök hur kockarnas arbetsbörda påverkar serviceintensiteten.

### 6.4.1 Utökad datainsamling

Om Vapiano vill gå vidare med framtagning av en matematisk modell för kösystemet så skulle en rekommendation vara att mäta ankomstintensiteten. Ett förslag är att placera en sensor på ett strategiskt utvalt ställe. Den bör registrera när folk har fått sitt SmartCard och går in i restaurangen, men ha så lite felmätningar som möjligt. Exempelvis ska den helst inte registrera personer som lämnar restaurangen som om de vore nya gäster. På detta sätt skulle Vapiano få tillgång både till data på ankommande kunder per timme samt försäljning per timme (genom sin redan mycket utförliga försäljningsdata). Detta skulle leda till en mer precis modell. Kömodellen skulle i så fall också kunna anpassas timme för timme, med en tidsberoende ankomstintensitet. Detta skulle kunna användas för att undersöka hur personalbehovet varierar under dagen.

### 6.4.2 Förbättrad estimering av betjäningensintensiteten

För att få en bättre modell föreslås att en annan kömodell används, av typen  $M/G/c$ . Förslagsvis kan betjäningstidernas fördelning estimeras som en Erlangfördelning, vars form passar bättre på den insamlade datans fördelning (jämför figur 3.1 med erlangfördelningarna i figur 2.13). Genom att modellera med  $M/E/2$ -köer istället för en  $M/M/2$ -köer så minskar den medräknade spridningen av betjäningstiderna, vilket kan medföra ett mer precist resultat (se avsnittet om Erlangfördelning i Matematisk teori).

### 6.4.3 Arbetsbördans påverkan på serviceintensiteten

Genom att samla in data från fler Vapiano-restauranger och jämföra serviceintensiteten beroende på arbetsbelastning och pastastationernas utformning kan den matematiska modellen utvecklas ytterligare. Den skulle t.ex. kunna bli mer finkalibrerad i undersökning av olika fall som  $M/M/3$ -kösystemet.

# Kapitel 7

## Slutsats

Vapiano Sturegatan kan minska sina kötider till pastastationerna genom att exempelvis ändra sitt kösystem på två sätt:

1. Använda en ytterligare station.
2. Utöka varje station till att kunna tillreda tre rätter samtidigt.

Att använda en ytterligare station under lunchrusningen är det enklaste alternativet att implementera. Eftersom det redan finns fem stationer och bara fyra används (under detta arbetets mätperiod) är det en enkel åtgärd att öppna den femte stationen. Detta leder dock inte till en lika stor minskning av förväntad tid i systemet (kötid samt betjäningstid) som att utöka varje stations kapacitet.

En extra station kräver mer personal som arbetar och medför därför större rörliga kostnader. Att utöka varje stations kapacitet är en engångskostnad eftersom det krävs en investering i ny utrustning och ombyggnad av stationerna. Detta fodrar dock inga extra personalkostnader såvida inte extra hjälp krävs till kockarna när de ska tillreda tre rätter istället för två. Vilket sätt som används för att minska kötiden för kunderna är ett beslut som bör utvärderas grundligt ur ett ekonomiskt perspektiv. Rent matematiskt är däremot alternativ två att föredra eftersom en ökad kapacitet på varje station ger kortare kötid än att öppna extra stationer.

En ytterligare dimension att ta hänsyn till är dock att en ökad arbetsbelastning för kockarna kan leda till lägre serviceintensitet. Resultaten i denna rapport visar att en minskning på 17% av den nuvarande serviceintensiteten skulle göra de två presenterade alternativen likvärdiga. Därför krävs god insikt i personalens kapacitet och i arbetssättet för att avgöra vilket av alternativen som verkligen är bäst att implementera på Vapiano Sturegatan.

## Kapitel 8

# Jämförelse av olika kösystem utifrån ett processperspektiv

### 8.1 Inledning

I detta kapitel kommer Vapiano Sturegatan kösystem diskuteras och analyseras utifrån perspektiven operations management och customer relationship management (CRM). Kösystemet kommer att ses som en kundprocess, då kundflödet genom restaurangen speglar kösystemet. Alternativa kösystem tillika kundprocesser kommer att diskuteras och jämföras för att minska köerna. Målet för Vapiano Sturegatan är att kunna minska kundernas kötid samtidigt som kundvärdet bevaras och utvecklas ytterligare.

#### 8.1.1 Bakgrund

Vapiano Sturegatans kösystem är i nuläget en svag punkt för hela restaurangkedjan. Processen kan anses vara omodern eftersom kunderna faktiskt måste stå i en fysisk kö och vänta för att få beställa. Som tidigare nämnt finns det kunder som väljer bort Vapiano Sturegatan på grund av detta. Om kundflödet förbättras finns det troligtvis fler potentiella kunder att locka samt att redan befintliga kunder får en bättre restaurangupplevelse. Vapiano Sturegatans nuvarande kösystem är dock en stor del av deras koncept, det vill säga att kunden ska kunna se när maten tillagas direkt vid beställning. Detta gör att en ny typ av kundprocess kommer att påverka deras koncept till viss del. Dessutom kommer införandet av en ny process att innebära en del förändringar för både Vapiano Sturegatan och deras kunder.

### 8.1.2 Syfte

Syftet med denna del av arbetet är att finna alternativa kösystem som Vapiano Sturegatan skulle kunna använda sig av. Målsättningen är att kösystemet ska bli effektivare och bättre för kunderna. I syftet ingår dessutom att analysera hur ett byte av system skulle påverka kundflödet samt hur den nya processen skiljer sig från den nuvarande. Detta mynnar ut i rapportens andra frågeställning som repeteras nedan.

### 8.1.3 Frågeställning

- Vilka alternativa kösystem kan vara aktuella för Vapiano Sturegatan och hur skulle implementeringen av en ny kundprocess påverka flödet i restaurangen?

## 8.2 Metod

För att analysera hur ett nytt kösystem kommer att förändra kundprocessen och flödet av kunder används teorier inom managementområdet. För att kontrollera och styra kundprocessen krävs att vissa verktyg anammas från Operations Management så att processen blir effektiv för både företag och kunder. Customer Relations Management, som omfattar styrning och organisering av kunder samt kundrelationer tillämpas också inom kundprocesser för att förstå kundens behov. Med hjälp av olika perspektiv från teori och litteratur kan kundprocessen analyseras och resultatet av ett systembyte undersökas.

### 8.2.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie gjorts för att stärka kunskapsbasen inom områdena Operations Management samt Customer Relationship Management. Relevant fakta och information har hämtats från böcker, publikationer och artiklar. Litteraturen måste dock vara trovärdig och det ställer krav på urvalet av källor. I denna rapport har kraven varit att litteraturen i sig bör ha pålitliga referenser och att författarna ska ha erfarenhet inom ämnet. Informationen används sedan för att ge en djupare förståelse och analys av olika kösystem/kundprocesser. Litteraturen presenteras i källförteckningen och hänvisas till löpande i texten.

### 8.2.2 Intervju

En intervju med resaturangchefen Frida Svanström genomfördes i mitten på mars. Där erhöles en genomgång av hela den nuvarande kundprocessen samt information om kundernas och personalens tillvägagångsätt i systemet.



### 8.2.3 Observationer

Genom egna observationer och erfarenheter av Vapiano Sturegatan har bilden av kundprocessen ytterligare kartlagts. Det har samlats in kunskap om hur kunderna rör sig i restaurangen och hur personalen arbetar. Hur personalen hanterar kunder och bygger relationer till dessa har också observerats överskådligt.

## 8.3 Teoretisk referensram

### 8.3.1 Customer Relationship Management (CRM)

De teoretiska ramverket för Customer Relationship Management är väldigt brett. I denna rapport kommer främst olika system som används för att öka kundvärdet att beröras. Det innebär att man måste samla data om kunderna, analysera insamlad data och därefter utforska hur verksamheten kan arbeta för att uppnå ett ökat kundvärde. Det finns sedermera olika sätt att samla in och behandla datan på (Chang, 2007).

Det handlar inte endast om att samla in data och om fysiska system utan även om personliga relationer till kunden. Kortfattat kan man säga att CRM innefattar att försöka förstå ett företags kunder med hjälp av människor, utarbetade tekniker och specifika processer. (Chen et al. 2003).

Företagets lönsamhet stiger genom vård av deras kundrelationer. Det gäller att ta reda på hur kunden tänker och vad kundens behov är. Det viktigaste är att försöka skapa tillit hos kunden samt bygga och vårda relationen varsamt. Då ett företag förstår sina kunder till fullo kan man åtgärda och förbättra delar inom verksamheten som ger ökat värde till företaget i form av intäkter (Kumar et al. 2012). För Vapiano Sturegatans del är ett bättre kösystem och en smidigare kundprocess en viktigt pusselbit för ökat kundvärde.

### 8.3.2 Operations Management

Operations Management är ett centralt område inom alla organisationer. I denna uppsats kommer området att beröra kundprocessen med målet att effektivisera den. Det handlar om att kontrollera, designa och styra processen i önskvärd riktning. För Vapiano Sturegatan skulle redskap från området kunna tillämpas på kösystem för att åstadkomma en smidigare process. Hur exempelvis restaurangen ska designas kan vara en mycket viktig del i styrningen av kundflödet (Cardoen et al. 2009).

Det innebär också att säkerställa verksamhetens hantering av resurser och göra den så effektiva som möjligt. Det gäller att försöka tillgodose kundernas krav och samtidigt skapa en produktiv process så att den blir lönsam. Processen måste hanteras ordentligt så att inputs så som råvaror och arbetskraft förvandlas till outputs i form av varor och tjänster. En viktig del är därför noggran planering och schemaläggning för att uppnå ett effektivt flöde i systemet. (Barratt et al. 2010)

## 8.4 Kundprocesser

### 8.4.1 Alternativa processer

Självklart finns det flera alternativa typer av kösystem som Vapiano Sturegatan kan använda sig av och på så sätt få till olika kundprocesser. Exempelvis kan man välja att införa ”pager” till alla rätter och inte enbart till pizzan. Då skulle kunderna fortfarande stå i kö för att beställa men sedan kunna sätta sig för att vänta på att maten tillagas. Detta är dock inte helt optimalt eftersom det ofta tar längre tid att stå i kö än att få maten tillagad. Många gånger går det relativt snabbt när pastan väl tillagas och kunderna skulle knappt hinna slå sig till ro innan det är dags att hämta den.

En annan typ av process som man skulle kunna införa är de klassiska nummerlapparna samt en stor tavla som indikerar när det är ens tur att beställa mat. Detta känns dock ännu mer omodernt än nuvarande system och blir troligtvis ohållbart i längden. Att kunderna själva ska hålla koll på när deras nummer dyker upp på tavlan känns orimligt och skulle säkert leda till många onödiga stopp i processen. Troligtvis skulle flödet helt stanna upp emellanåt eftersom kunder glömmer sitt nummer och sedan kommer i efterhand och vill beställa mat. Om alla kunder dock hade stenkoll på sitt nummer och var redo vid signal skulle processen troligtvis fungera ypperligt. Då kan kunderna vänta vid sina bord och slippa stå i kö. Det är dock helt orimligt att anta att alla kunderna följer ett sådant flöde.

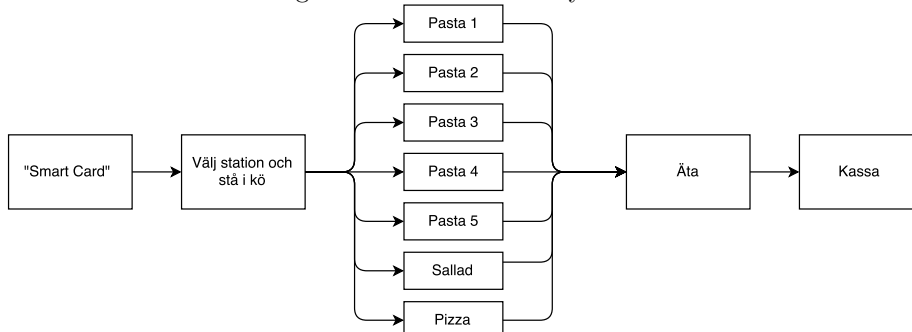
Om den tidigare nämnda processen utvecklas än mer och en app införs som kösystem så kan flera problem elimineras. På så sätt kan kundflödet hanteras med hjälp av kundens egen mobiltelefon. Processen börjar med att man laddar ner appen och väljer vilken typ av maträtt man vill äta. Under tiden kan man sätta sig vid valfritt bord och umgås med sitt sällskap. Istället för att stå i en fysisk kö står man i en elektronisk kö och appen meddelar med en märkbar notis när det är ens tur att beställa, vilket gör systemet effektivare än köappar. Denna process anser författarna vara den optimala för bästa kundflödet och därför kommer denna att jämföras och analyseras med nuvarande process.

### 8.4.2 Byte av process

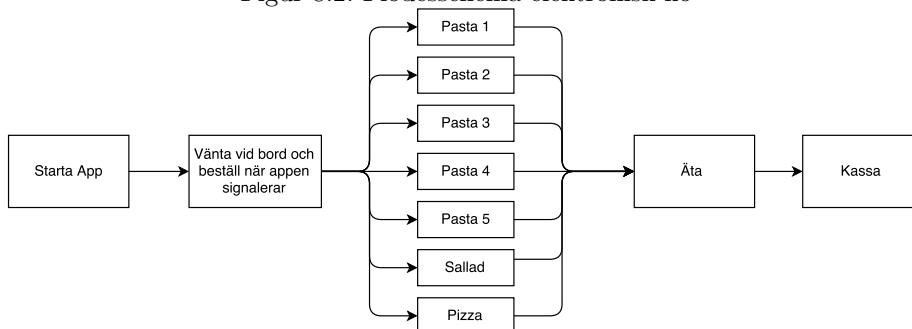
Om det nuvarande fysiska kösystemen skulle bytas ut till ett elektroniskt system skulle restaurangen få en helt annan typ av process och kundflöde. Appen skiljer sig från den fysiska kön eftersom kunderna istället står i en elektronisk kö. Nedan beskrivs de två olika kundprocesserna tillhörande respektive kösystem i två flödesscheman.

En förändring av kösystemet skulle innebära en del relativt omfattande förändringar för Vapiano Sturegatans kunder. Exempelvis behöver alla ha en smartphone så att de kan ladda ner appen, vilket de flesta i dagens samhälle har, men inte alla. Därför måste en alternativ lösning finnas till dem som inte har en smartphone. Det nya systemet innebär också att om man har besökt Vapiano tidigare så kan man direkt ställa sig i kö när man kommer till restaurangen. När man väl står i kö kan man sitta ner och umgås med sitt sällskap i väntan på att det blir ens

Figur 8.1: Flödesschema fysisk kö



Figur 8.2: Flödesschema elektronisk kö



tur att beställa. Det är den stora skillnaden mellan processerna och kunderna får nu en mycket mer behaglig upplevelse. När man sedan ska beställa mat är processen densamma, man går fram till anvisad station på appen och ser på när maten lagas. När man sedan fått sin mat registreras köpet på appen och därefter betalar man i kassan precis som tidigare.

### 8.4.3 Jämförande analys av kundprocesser

För att kunna analysera och jämföra processerna krävs att man känner till för- och nackdelar med båda systemen. den största fördelen med den elektroniska kön är att man slipper stå i en fysisk kö och faktiskt vänta på att personerna framför ska beställa. Istället kan man spendera tiden med att finna ett bord, välja maträtt och umgås med sitt sällskap. Studier visar på att hur en kö upplevs spelar stor roll (Stevenson). Människor upplever att en kö är mycket längre och jobbigare om de måste stå upp, vänta och inte har något att fördriva tiden med. Där har det elektroniska systemet en stor fördel eftersom man slipper stå i fysisk kö och kan släppa fokuseringen på själva köandet. På så sätt höjs även kundvärdet eftersom man då kan göra annat medan man väntar på sin tur att beställa (Davis et al. 1994).

Ett problem som finns med det fysiska kösystemet är att gäster i sällskap ofta får maten vid olika tidpunkter. För att få maten samtidigt försöker kunder

sprida ut sig i köer till olika stationer. Detta är en god tanke men fungerar inte alltid i praktiken. Eftersom olika rätter tar olika lång tid att tillaga och en del kunder beställer mer än bara en rätt så tar vissa beställningar längre tid. Det är lätt hänt att man råkar ställa sig i ”fel” kö, det vill säga en kö som tar längre tid än den bredvid. Då blir inte alltid den som kommer först också betjänad först. Studier visar på att detta är ett av det största irritationsmomenten för kunder, att köerna inte är rättvisa och att någon annan som kom efter kan bli betjänad före (Bialik, 2009). Med den elektroniska kön undviker man detta problem eftersom den indikerar nästa lediga kassa och man slipper blockeras av stora beställningar. Kundprocessen blir då mer rättvis och kunderna blir medvetna om att de prioriteras lika vilket är positivt utifrån ett CRM-perspektiv (Chen et al. 2003).

Den fysiska kön har en fördel i att den är väldigt användarvänlig och simpel. Kunder vet direkt hur man står i en kö. Kön kräver ingen egen utrustning och den ger tid att fundera över sitt val av maträtt. Med det elektroniska systemet blir det svårare. För det första är det en större tröskel att ladda ned appen än att bara få tilldelat ett ’smart card’ i kassan. Alla kanske inte ens har en smartphone som kan ladda ned appar eller ens en mobiltelefon överhuvudtaget. Därför måste Vapiano planera för ett alternativ till de få kunder som inte har en smartphone. När appen väl är nedladdad finns dock fördelen av smidighet för både kunderna och personalen. Det blir inga jobbiga köer och kunderna har inte lika stor tröskel att återvända till Vapiano Sturegatan eftersom de redan har appen och kösystemet i fickan. På så sätt kan man locka kunderna åter med sin smidiga process. För att vårda sin kundrelationer kan man också använda appen. Nöjdare kunder ger i sin tur större lönsamhet som tidigare nämnt (Kumar et al. 2012).

För att kunna implementera ett nytt elektroniskt kösystem och anpassa kundprocessen efter det krävs planering och schemaläggning. När man inför en så relativt stor förändring i processen fodras extra noggran planläggning samt att man säkerställer att det faktiskt fungerar. Rätt information måste nå ut till kunder och personal. För att undvika kaos och förvirring bland kunder och personal bör systemet testas under en kortare tid på ett fåtal stationer. När detta sedan fungerar felfritt kan man utöka systemet och kundprocessen till hela restaurangen. Det elektroniska systemet kommer även innebära att fler kunder sitter ned samtidigt. Detta medföljer att restaurangen behöver anpassa sig till detta genom att placera ut fler bord, stolar etc. Kanske måste restaurangen designas om helt eftersom det elektroniska kösystemet inte kräver lika stor yta framför varje station som dagens fysiska köer (Cardoen et al. 2009).

Att man ska kunna se och påverka kryddval och dylikt under tiden som maten tillagas är en viktig del i Vapianos koncept. Denna del försvinner inte i och med det elektroniska systemet utan kunderna får gå fram och beställa när appen indikerar det. Själva beställningen blir då precis likt den process som sker när man står i den fysiska kön. På så sätt blir processerna identiska från det ögonblick kunden beställer mat.

## 8.5 Slutsats

Slutsatsen av jämförelsen av olika kösystem utifrån ett processperspektiv är att Vapiano bör byta ut sitt kösystem. För att få en smidigare kundprocess samt för att öka sitt kundvärde kan ett elektroniskt system implementeras. Fördelarna med ett sådant system är många och överträffar enligt ovanstående analys det nuvarande systemet. Det krävs dock noggran planering och tester innan ett byte kan genomföras för att undvika förvirring bland både kunder och personal samt för att säkerställa att systemet som införs verkligen är användarvänligt och väl utformat.

## Kapitel 9

# Källförteckning

Barratt M, Choi T, Li M. (2010). *Qualitative case studies in operations management: Trends, research and future research implications*, Journal of Operations Management, Vol 29, pp. 329-342

Bialik C. (2009). *Justice - Wait for It - on the checkout Line*, The Wall Street Journal, <http://www.wsj.com/articles/SB125063608198641491>}

Blom G, Enger J, Englund G, Grandell J, Holst L. (2005). *Sannolikhets teori och statistik teori med tillämpningar*, Studentlitteratur

Cardoen B, Demeulemeester E, Belien J (2009). *Operating room planning and scheduling: A literature review* , European Journal of Operational Research Vol 201, Iss: 5, pp. 483-508

Chang H. (2007). *Critical Factors and Benefits in the Implementation of Customer Relationship Management*, Total Quality Management & Business Excellence, Vol 18, pp. 921-932

Chen I, Popovich K. (2003). *Understanding Customer Relationship Management (CRM): People, Process and Technology*, Business Process Management Journal, Vol. 9 Iss: 5, pp.672 - 688

Davis M, Heineke J, (1994). *Understanding the Roles of the Customer and the Operation for Better Queue Management*, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 14 Iss: 5, pp.21 - 34

Enger J, Grandell J. (2014). *Markovprocesser och köteori*, KTH Avd. Matematisk statistik

Hillier F, Lieberman G. (2010). *Introduction to Operations Research* 9e uppl. San Francisco: Holden-Day.

Koski T. (2014). *Lecture Notes: Probability and Random Processes at KTH*. Stockholm: Department of Mathematics, KTH

Kumar V, Reinartz, W. (2012). *Customer Relationship Management - Concept, Strategy and Tools* 2a uppl. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Paula I. (2014). *Recension av Vapiano Sturegatan*, Yelp.se  
[http://www.yelp.se/biz/vapiano-stockholm-2?hrid=53QkWNsPCDNUt6v0bsx8-g&utm\\_campaign=www\\_review\\_share\\_popup&utm\\_medium=copy\\_link&utm\\_source=direct](http://www.yelp.se/biz/vapiano-stockholm-2?hrid=53QkWNsPCDNUt6v0bsx8-g&utm_campaign=www_review_share_popup&utm_medium=copy_link&utm_source=direct)

Stevenson S. (2012). *What You Hate Most About Waiting in Line*, Slate Magazine  
[http://www.slate.com/articles/business/operations/2012/06/queueing\\_theory\\_what\\_people\\_hate\\_most\\_about\\_waiting\\_in\\_line\\_.html](http://www.slate.com/articles/business/operations/2012/06/queueing_theory_what_people_hate_most_about_waiting_in_line_.html)

Bilaga A

Formulär till tidtagning



## Tidtagning av ett besök på Vapiano

Tidtagningen börjar på 00.00 när du började ta tid. Ange alla tider nedan i formatet mm.ss

\*Required

1. **2. Efter hur lång tid ställde du dig i kön för att beställa mat? \***

Svara med tiden i formatet mm.ss. Exempel: 5 minuter och 20 sekunder skrivs 05.20

.....

2. **3. Hur lång tid stod du i kö tills det var din tur att beställa mat? \***

Svara med tiden i formatet mm.ss. Exempel: 5 minuter och 20 sekunder skrivs 05.20

.....

3. **4. Hur många personer stod framför dig i kön?**

.....

4. **5. Hur lång tid tog det från din beställning tills du fick din maträtt? \***

Svara med tiden i formatet mm.ss. Exempel: 5 minuter och 20 sekunder skrivs 05.20

.....

5. **5. Skriv tiden från att du fick maten till att du stoppade tidtagareuret eller började fylla i detta formulär: \***

Svara med tiden i formatet mm.ss. Exempel: 5 minuter och 20 sekunder skrivs 05.20

.....

6. **Vilken maträtt åt du? \***

Mark only one oval.

- Pasta
- Sallad
- Pizza
- Risotto

Tidtagning av ett besök på Vapiano

2016-04-29 16:30

**7. Vilken veckodag är det? \***

*Mark only one oval.*

- Måndag
- Tisdag
- Onsdag
- Torsdag
- Fredag
- Lördag
- Söndag

---

Powered by  
 Google Forms

Bilaga B

Data från tidtagning

## BILAGA B. DATA FRÅN TIDTAGNING

50

Kölängd	Tid innan kö	Kötid	Betjänigstid	Ättid	1: Pasta 2: Risotto 3: Sallad 4: Pizza	Veckodag
0	4,00	0,00	7,00	35,00	1,00	2
3	1,00	6,22	9,68	1,17	1,00	5
4	0,28	8,00	6,62	49,50	1,00	5
4	0,33	8,62	7,50	49,45	1,00	5
4	0,27	10,00	7,00	29,00	1,00	5
6	0,70	10,08	5,00	42,87	1,00	5
6	0,37	11,32	4,73	43,03	1,00	5
0	0,73	0,23	3,75	51,03	1,00	7
3	0,45	8,17	6,03	35,48	1,00	7
2	0,45	8,00	6,00	35,48	1,00	7
1	2,67	0,82	5,48	30,00	1,00	7
0	2,00	0,00	5,48	30,00	1,00	7
4	0,42	10,88	6,00	24,00	1,00	1
2	1,15	6,85	5,23	38,05	1,00	1
3	0,50	4,50	7,00	43,68	1,00	1
3	0,48	3,50	8,00	42,48	1,00	1
4	27,75	5,00	9,00	41,00	1,00	1
2	0,35	1,72	5,28	35,42	1,00	1
2	0,42	1,72	5,28	35,40	1,00	1
2	0,50	1,30	4,77	37,63	1,00	1
3	0,88	1,10	4,47	37,45	1,00	1
4	0,60	15,80	5,10	49,75	1,00	2
2	0,78	9,45	4,68	50,57	1,00	1
2	0,78	0,78	8,35	50,55	1,00	2
4	2,03	12,48	9,43	39,60	1,00	2
3	2,02	12,90	3,78	44,83	1,00	2
0	1,05	0,28	6,60	27,20	1,00	3
0	0,42	0,43	7,20	19,23	1,00	3
3	0,43	9,28	7,18	40,53	1,00	5
1	0,78	2,38	6,68	36,13	1,00	5
2	0,18	4,05	4,55	37,50	1,00	5
2	0,27	3,95	4,47	37,53	1,00	5
3	0,45	8,00	4,43	42,00	1,00	5
4	1,00	8,48	7,43	1,00	1,00	2
2	0,50	4,00	5,07	31,00	1,00	2
2	0,50	4,00	5,07	31,00	1,00	2
4	4,68	6,77	3,12	54,07	1,00	2
3	1,95	13,70	3,57	24,27	1,00	4
4	2,00	8,57	4,93	28,05	1,00	4
2	0,53	6,93	6,55	54,02	1,00	4
2	0,70	5,18	1,50	54,03	1,00	4
3	0,57	6,03	3,87	40,25	1,00	4
1	1,23	1,33	4,53	46,95	1,00	4
2	1,43	5,88	4,22	42,53	1,00	4
2	1,43	5,88	4,22	42,53	1,00	4
2	1,68	8,27	3,68	41,30	1,00	6
3	1,70	9,12	3,05	41,62	1,00	6

3	0,57	18,22	7,70	12,52	1,00	6
3	0,63	18,75	7,27	13,23	1,00	6
4	7,57	19,22	26,58	55,10	1,00	6
3	7,00	8,00	4,00	17,00	1,00	6
4	0,75	16,00	3,00	27,00	1,00	1
5	0,98	9,35	4,28	46,38	1,00	1
4	1,82	9,15	5,93	31,90	1,00	1
4	0,32	7,68	7,38	57,05	1,00	1
3	0,95	11,50	4,50	41,00	1,00	1
2	15,00	3,00	8,00	0,00	1,00	1
2	15,00	3,00	8,00	0,00	1,00	1
1	2,30	3,00	10,00	26,00	1,00	2
2	2,87	3,00	2,33	28,00	1,00	2
2	1,18	5,32	5,98	37,00	1,00	2
4	0,40	13,80	5,62	21,97	1,00	3
4	0,38	16,90	4,68	26,32	1,00	3
5	1,33	15,62	2,00	32,00	1,00	3
8	1,83	14,38	10,22	23,82	1,00	3
8	3,85	15,28	7,92	23,75	1,00	3
7	0,50	17,00	5,00	52,00	1,00	3
8	3,00	21,07	4,47	53,67	1,00	3
3	1,33	12,62	3,18	25,00	1,00	4
8	0,25	15,00	5,50	40,17	1,00	4
5	1,00	14,98	5,58	30,00	1,00	4
5	1,25	14,00	5,58	30,00	1,00	4
2	1,85	10,90	7,30	25,20	1,00	6
2	0,82	10,03	8,40	25,05	1,00	6
1	23,38	5,80	8,02	28,50	1,00	6
1	21,55	6,27	7,80	42,77	1,00	6
2	1,00	1,50	8,00	38,00	4,00	5
4	3,50	1,00	9,00	50,00	4,00	7
4	4,00	1,00	9,00	50,00	4,00	7
0	1,95	0,00	6,45	52,38	4,00	2
0	2,20	0,00	6,22	53,52	4,00	2
0	0,38	0,38	10,00	22,00	4,00	3
1	0,65	0,62	8,30	29,65	4,00	3
1	0,72	1,63	7,22	29,75	4,00	3
0	0,52	1,00	7,50	45,00	4,00	3
1	0,38	1,40	9,07	26,98	4,00	5
0	0,40	0,72	10,35	40,62	4,00	5
4	0,33	8,00	8,00	16,02	4,00	2
0	1,55	3,00	13,73	40,00	4,00	2
1	1,07	2,00	14,03	30,00	4,00	2
0	0,17	0,17	10,00	19,87	4,00	2
0	0,42	0,00	7,33	28,38	4,00	4
0	2,43	1,13	4,93	46,63	4,00	4
0	7,00	0,00	4,07	23,00	4,00	6
1	1,92	1,32	7,02	46,38	4,00	1
2	1,92	1,32	7,02	46,38	4,00	1
2	1,85	1,32	7,02	46,38	4,00	1
1	0,78	0,55	9,50	9,00	4,00	1
4	2,42	3,20	7,50	30,57	4,00	3
0	0,45	1,13	8,22	25,00	4,00	4
0	1,80	1,08	8,62	46,80	4,00	6
1	1,90	2,05	13,30	41,00	4,00	6

0	0,78	0,30	2,87	43,40	2,00	7
2,63	1,13	6,55	10,17	54,30	2,00	1
3	0,38	11,92	4,88	2,00	2,00	1
3	23,00	11,92	4,88	2,00	2,00	1
3	5,45	5,52	5,17	53,02	2,00	1
3	2,90	8,90	5,37	54,02	2,00	1
4	0,60	16,80	9,57	8,87	2,00	6
2,63	3,65	1,32	6,07	36,80	3,00	2
5	0,60	2,57	12,53	16,37	3,00	5
8	0,47	6,00	2,50	23,00	3,00	1
6	0,43	10,23	8,98	35,52	3,00	1
7	0,42	11,00	8,00	38,00	3,00	1
2	0,07	2,20	2,65	50,53	3,00	2
1	40,00	2,02	4,18	29,68	3,00	3
1	0,33	1,78	3,88	46,82	3,00	3
2	0,83	1,33	4,00	55,00	3,00	3
2	0,83	1,33	4,00	56,00	3,00	3
1	0,70	0,70	3,97	36,00	3,00	5
1	0,50	1,10	7,48	2,87	3,00	2
1	0,50	1,10	7,15	2,87	3,00	2
1	1,00	1,00	5,00	40,00	3,00	2
2	1,13	0,95	6,27	38,70	3,00	2
0	1,52	0,18	6,80	45,00	3,00	2
6	2,00	8,00	2,00	29,00	3,00	4
7	1,30	10,00	2,00	29,00	3,00	4
0	0,30	0,38	4,83	34,13	3,00	4
0	0,45	0,00	4,83	34,30	3,00	4
5	1,00	4,00	7,00	30,00	3,00	6
5	1,00	4,00	8,00	30,00	3,00	6
1	3,57	1,30	1,52	18,03	3,00	6

Bilaga C

Bearbetad försäljningsdata

Datum	Veckodag	pasta1	pasta2	pasta3	pasta4	pasta5	sallad	Total pastaförsäljning/h	Öppna pastastationer	Betjänings- intensitet
2016-03-11	5	34	39	41	34	0	53	74	4	0,154167
2016-03-12	6	39	29	33	32	30	50	81,5	5	0,135833
2016-03-13	7	33	30	35	30	21	44	74,5	5	0,124167
2016-03-14	1	30	28	36	27	0	49	60,5	4	0,126042
2016-03-15	2	36	31	35	34	0	44	68	4	0,141667
2016-03-16	3	28	37	30	37	0	48	66	4	0,1375
2016-03-17	4	37	35	36	32	0	49	70	4	0,145833
2016-03-18	5	37	31	31	39	0	41	69	4	0,14375
2016-03-19	6	36	0	51	33	33	45	76,5	4	0,159375
2016-03-20	7	36	3	36	42	28	36	72,5	4	0,151042
2016-03-21	1	35	17	33	33	2	52	60	4	0,125
2016-03-22	2	33	2	41	42	24	52	71	4	0,147917
2016-03-23	3	35	0	35	39	26	37	67,5	4	0,140625
2016-03-24	4	19	0	28	32	34	40	56,5	4	0,117708
2016-03-25	7	30	0	30	36	35	34	65,5	4	0,136458
2016-03-26	6	15	0	35	36	36	24	61	4	0,127083
2016-03-27	7	0	0	39	33	33	38	52,5	3	0,145833
2016-03-28	7	0	24	40	37	36	50	68,5	4	0,142708
2016-03-29	2	24	0	45	41	23	57	66,5	4	0,138542
2016-03-30	3	40	0	41	38	35	68	77	4	0,160417
2016-03-31	4	33	1	39	46	34	53	76,5	4	0,159375
2016-04-01	5	29	0	35	31	30	53	62,5	4	0,130208
2016-04-02	6	56	1	41	41	35	56	87	4	0,18125

Medelbetjäningsintensitet  
0,14228261







TRITA -MAT-K 2016:30  
ISRN -KTH/MAT/K--16/30--SE