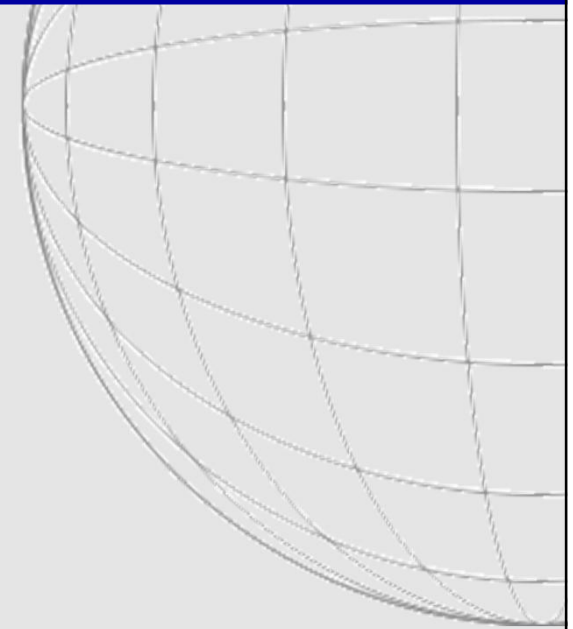


L u e n n o

Jonot ja niiden hallinta



Luennon sisältö

- Jonojen perusteet
- Erilaiset jonomallit
- Jonojen psykologia





Elämä on yhtä jonottamista ja odottelua...

- Aamukahvi
- Suihku ja peili
- Hissi
- Liikennevalot
- Joukkoliikenne
- Aamuruuhka
- Tylsä luento (*n)
- Kouluruokailu
- Tietokoneluokka
- WWW-sivut
- Postimyynti
- Printterin korjaus
- Case-tapaaminen
- Tenttitulokset
- Pankkiautomaatti
- Tavaratalon myyjä
- Kuntosali/aerobic
- Varattu puhelinlinja
- Videovuokraus
- Ruokakauppa
- Kumppanin tulo
- XOXOXOXOX jne.
- Ava Chat
- Nukku-Matti



...ja harvoin kauhean sööttiä!



Jonoja löytyy tuottavaltakin puolelta



Tilaus odottaa valmistusta

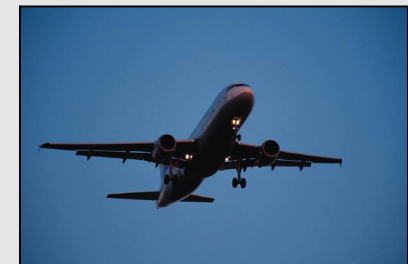
Rekat odottelevat purkua/lastausta



Tuotantolinjan asemat odottelevat materiaalia



Lentokoneet odottavat nousua/laskua



Yritys odottaa maksua

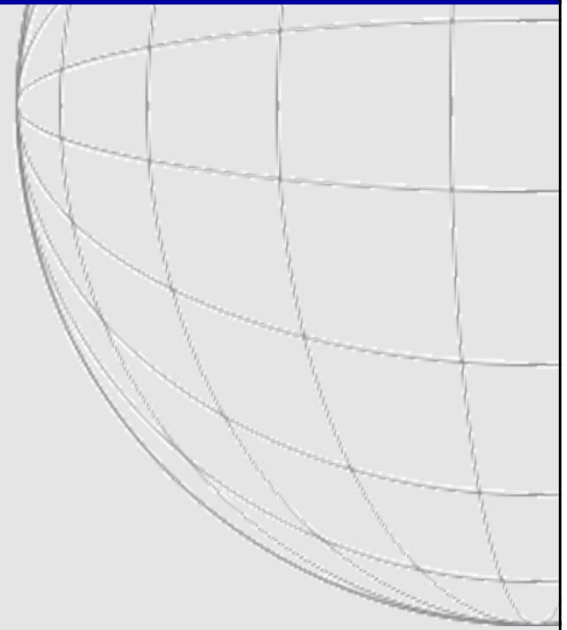
Odottelu käytännössä varsin merkittävää

<i>Toimiala</i>	<i>Prosessi</i>	<i>"Todellinen" läpimenoaika</i>	<i>Teoreettinen läpimenoaika</i>	<i>Prosessin tehokkuus</i>
Mainonta	Uusi graafinen ilme	18 vrk.	2 t.	0,14 %
Vakuutus	Hakemuksen käsittely	72 t.	7 min.	0,16 %
Pankki	Lainan hyväksyminen	24 t.	34 min.	2,36 %
Sairaala	Laskutus	10 vrk.	3 t.	3,75 %
Auto-rahoitus	Rahoitus-sopimus	11 vrk.	5 t.	5,60 %

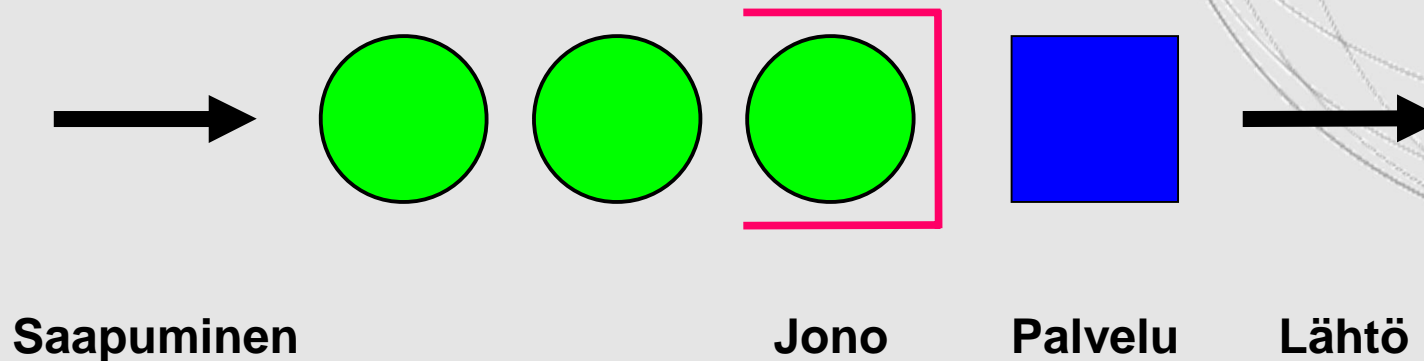
Miksi jonojen huomioiminen on tärkeää?

- **Jonoja on kaikkialla ja kukaan ei pidä niistä**
 - kaikista operaatioista löytyy jonoja (tuotannosta ja palveluista)
 - jonotusaika eliniän aikana pelottavan suuri
 - esim. harjoitustyö- ja tenttitulosten odottelu Aalto Biz:ssä
 - tutkimusten mukaan jopa 5-6 vuotta elinajasta!
- **Liittyvät läheisesti kaikkiin operaatioihin**
 - esim. kapasiteetin hallinta, läpimenoajat ja prosessivarastot (WIP)
- **Jonojen hallinnalla strategista merkitystä**
 - perinteinen tehokkuus vs. joustavuus/palvelutaso -päättös pikaruokaloissa, lentokentillä, huvipuistoissa, puhelinpalveluissa
- **Jonojen muodostumista ei voida aina välttää vaikka kuinka yritettäisiin!**

Jonojen perusteet



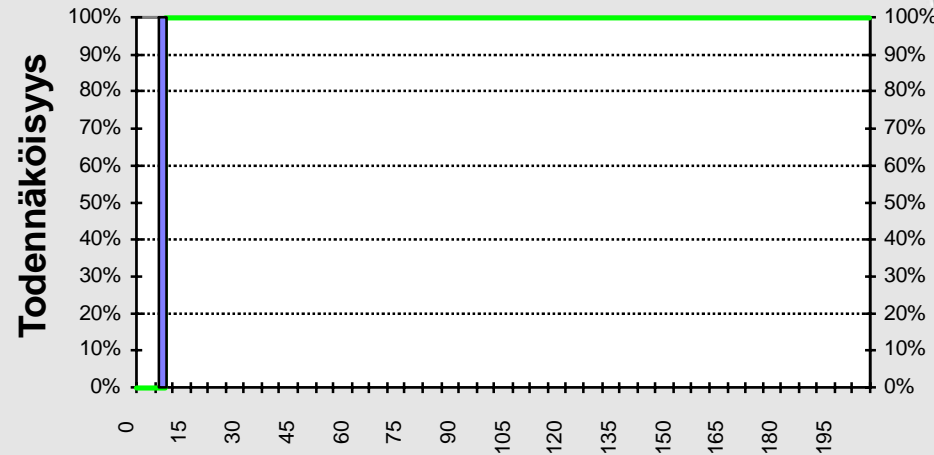
Mikä jono oikeastaan on?



Jono on asiakkaiden/töiden joukko joka odottaa tarvitsemaansa palvelua yhdeltä tai useammalta palvelijalta/koneelta
(jonotutkimus: miten jono syntyy ja käyttäytyy)

Ideaalimaailmassa jonoja ei koskaan olisi!

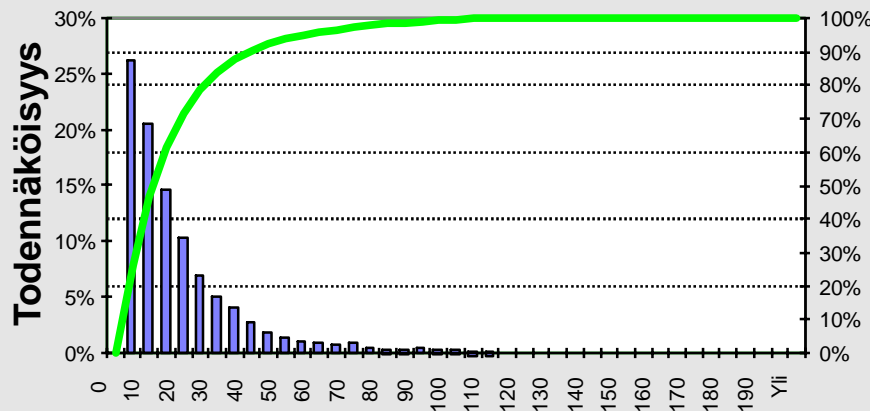
Toive



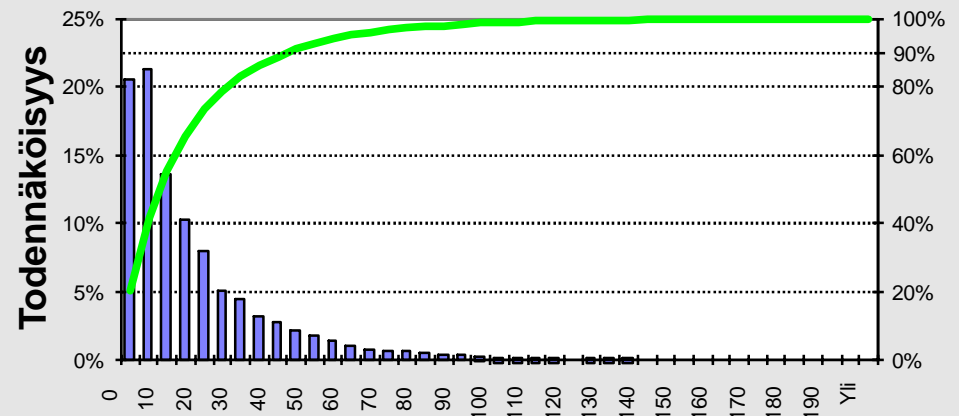
“Asiakas saapuu
10 minuutin välein
(~6 kpl per tunti)
ja palvelu kestää
8 minuuttia
(~7,5 kpl per tunti)”

Käytäntö

Saapumisväli



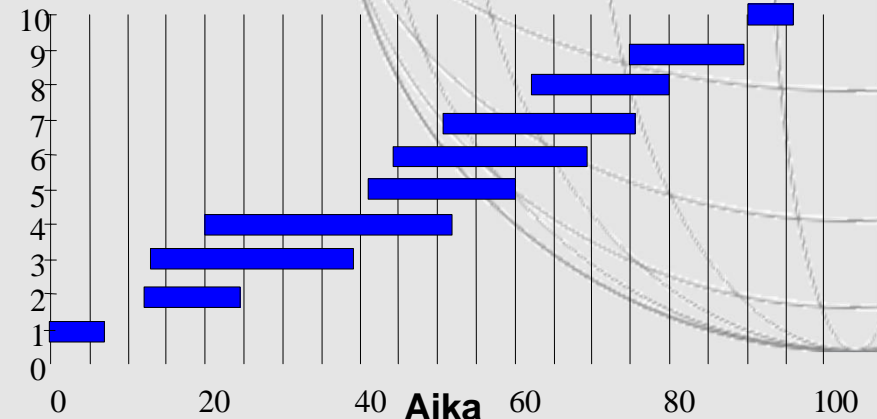
Palvelun kesto



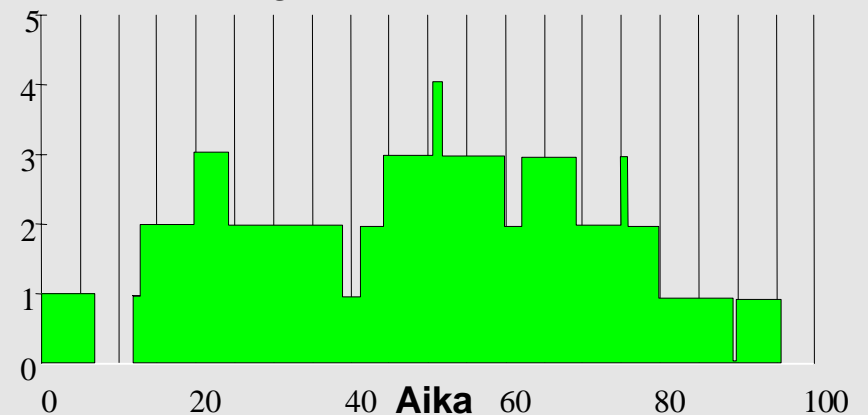
Jonot syntyvät vaihtelun seurauksena

- **Jonoja muodostuu kun lyhyen ajan kysyntä ylittää tarjolla olevan kapasiteetin**
 - systeemi usein suunniteltu keskimääräisten lukujen perusteella
 - è *vaihtelu siis synnyttää jonoja*
- **Vaihtelua sekä ”saapumisajoissa” että ”kestoissa”**
 - esim. soiton ajankohta ja pituus
- **Mitä enemmän vaihtelua on, sitä pidempi odotus!**
 - vaihtelun määrä vaikuttaa negatiivisesti kaikkiin jonotuksen tunnuslukuihin (osoitetaan jatkokurssilla J)

Puheluiden saapumisaika ja kesto

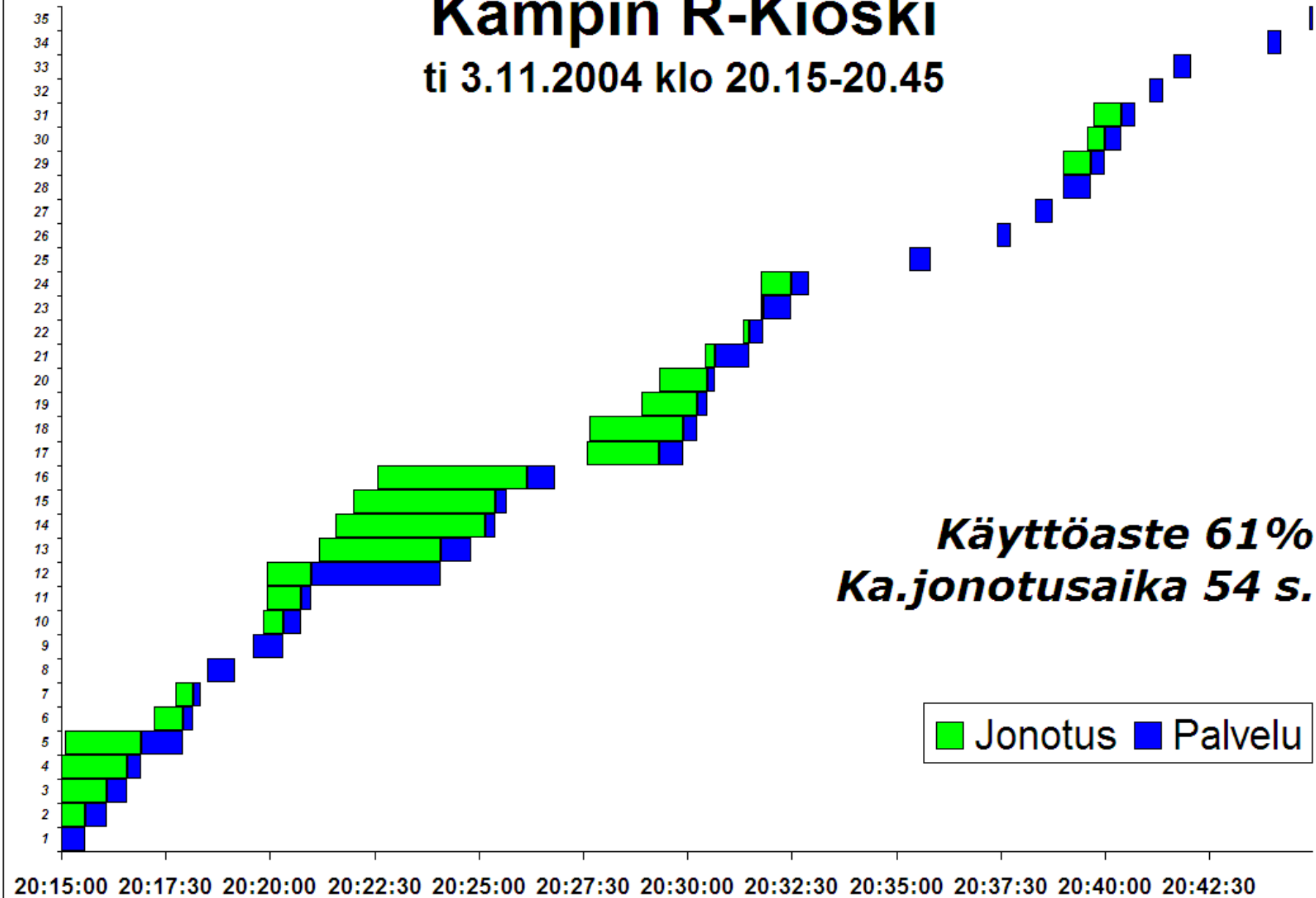


Puheluita systeemissä ("varasto")



Kampin R-Kioski

ti 3.11.2004 klo 20.15-20.45

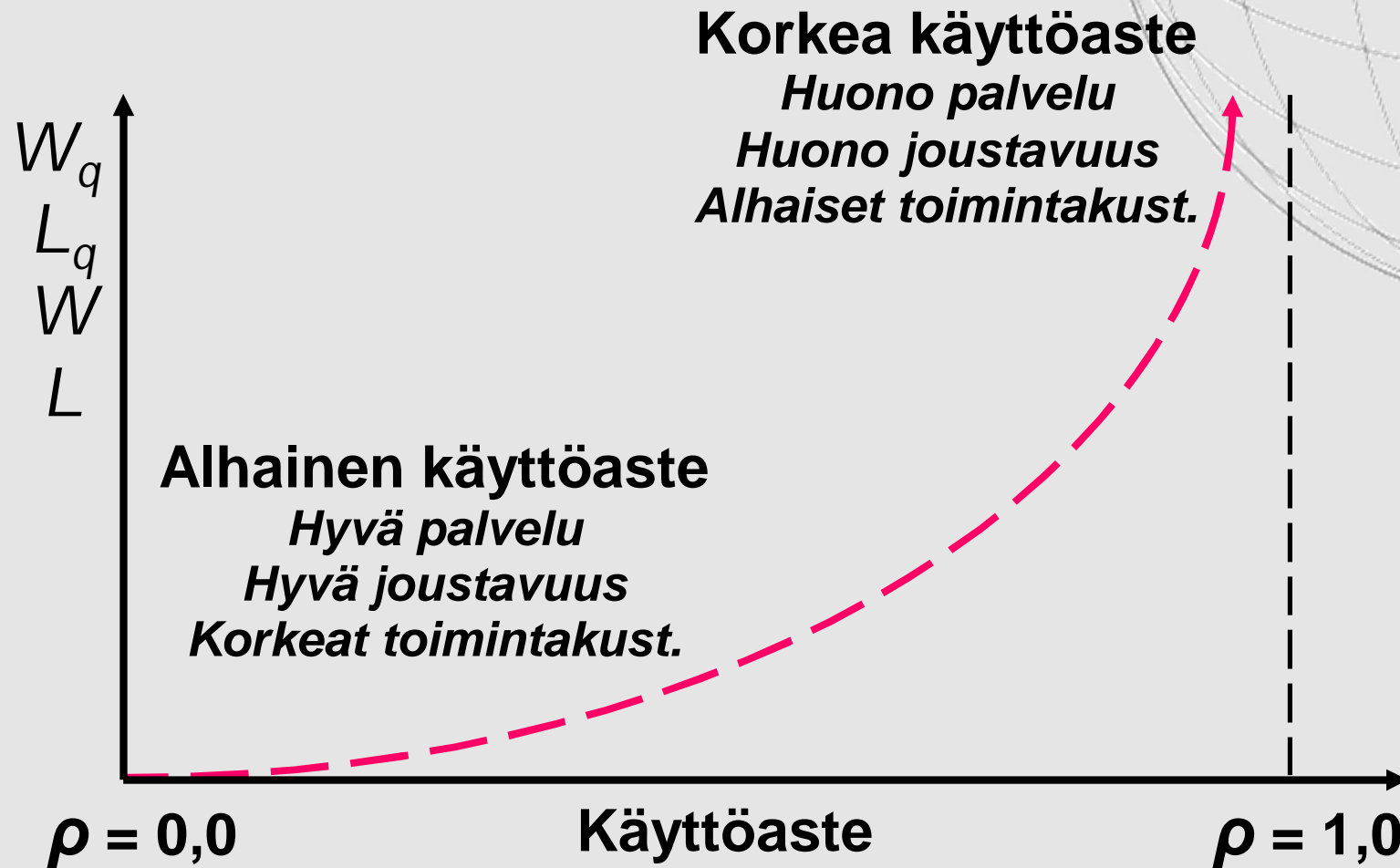


Vaihtelua sekä saapumisajoissa että kestoissa

Järvenpää (Maia)	Somernäjä (Kaido) ^{Manje}	Vantaa ^{JÄGE} (Maanika)	Haaga (Leena)	Repavaara
① 09.21 V	① 10.15 V	① 8.25 V	① 10.45 V	① 8.10 V
② 11.40 V	② 12.40 V	② 09.00 V	② 10.51 V	② 11.31 V
③ 12.30 V	③ 13.42 V	③ 10.15 V	③ 13.58 V	③ 11.50 V
④ 14.08 V	④ 17.32 V	④ 11.05 V	④ 14.20 V	④ 14.40 V
⑤ 15.56 V	⑤ 21.20 V	⑤ 12.00 V	⑤ 15.05 V	⑤ 16.40 V
⑥ 16.43 V	⑥ 21.50 V	⑥ 12.50 V	⑥ 15.55 V	⑥ 19.15 V
⑦ 17.09 V	⑦	⑦ 13.30 V	⑦ 16.46 V	⑦
⑧ 18.00 V	⑧	⑧ 15.30 V	⑧ 18.00 V	⑧
⑨	⑨	⑨ 16.13 V	⑨ 18.47 V	⑨
⑩	⑩	⑩ 18.20 V	⑩ 21.25 V	⑩
		⑪ 19.25 V	⑪	
		⑫ 19.41 V	⑫	
		⑬ 19.49 V	⑬	
		⑭ 20.50 V		
		⑮		

”Operaattori merkitsi jokaisen virolaisen prostituoidun asiakkaan tarkan saapumisajan. Asiakkaan lähdettyä prostituoitu soitti operaattorille, joka teki kellonajan viereen merkinnän lähdöstä. Tämän jälkeen operaattori ohjasi uuden asiakkaan vapautuneelle prostituoidulle.”

Jonojen hallinnalla strategista merkitystä



Trade-off kustannusten ja joustavuuden/palvelun välillä



HOME

QUICKSHOP OR SEARCH

Entire Site



GO

Enter item # or keyword

CUSTOMER SERVICE

Contact Us

- Email
- L.L.Bean Live Help
- ▶ Phone/Fax/Mail

Site Map

FAQ's

My Account

Shopping

Placing an Order

Shipping & Delivery

Returns & Repairs

International

Free Catalog Requests

Other Services

Explore the Outdoors

ABOUT L.L.BEAN

1912 – Today

Gift Services

Your Privacy

Security

Recall Notices

NEED HELP?

FAQs

Email Us

800-441-5713 (US/Canada)

International Help

Shop

Explore the Outdoors

▶ Customer Service

My Account

[Log In/Register](#)

[Your Privacy](#)

Contact Us by Phone, Fax or Mail

Customer Service: To ask about products and services...

Phone

- From U.S. and Canada: 800-441-5713 anytime
- From United Kingdom: 0-800-891-297 anytime
- From all other countries: (International Access Code) + 207-552-3028, anytime

Fax

- From U.S.: 207-552-3080
- From outside U.S.: (International Access Code) + 207-552-4080

TTY (telephone device for the deaf)

- From U.S. 800-545-0090
- From outside U.S. (International Access Code) + 207-955-3777

Postal Mail

L.L.Bean Inc.
Freeport, ME 04033-0001
USA

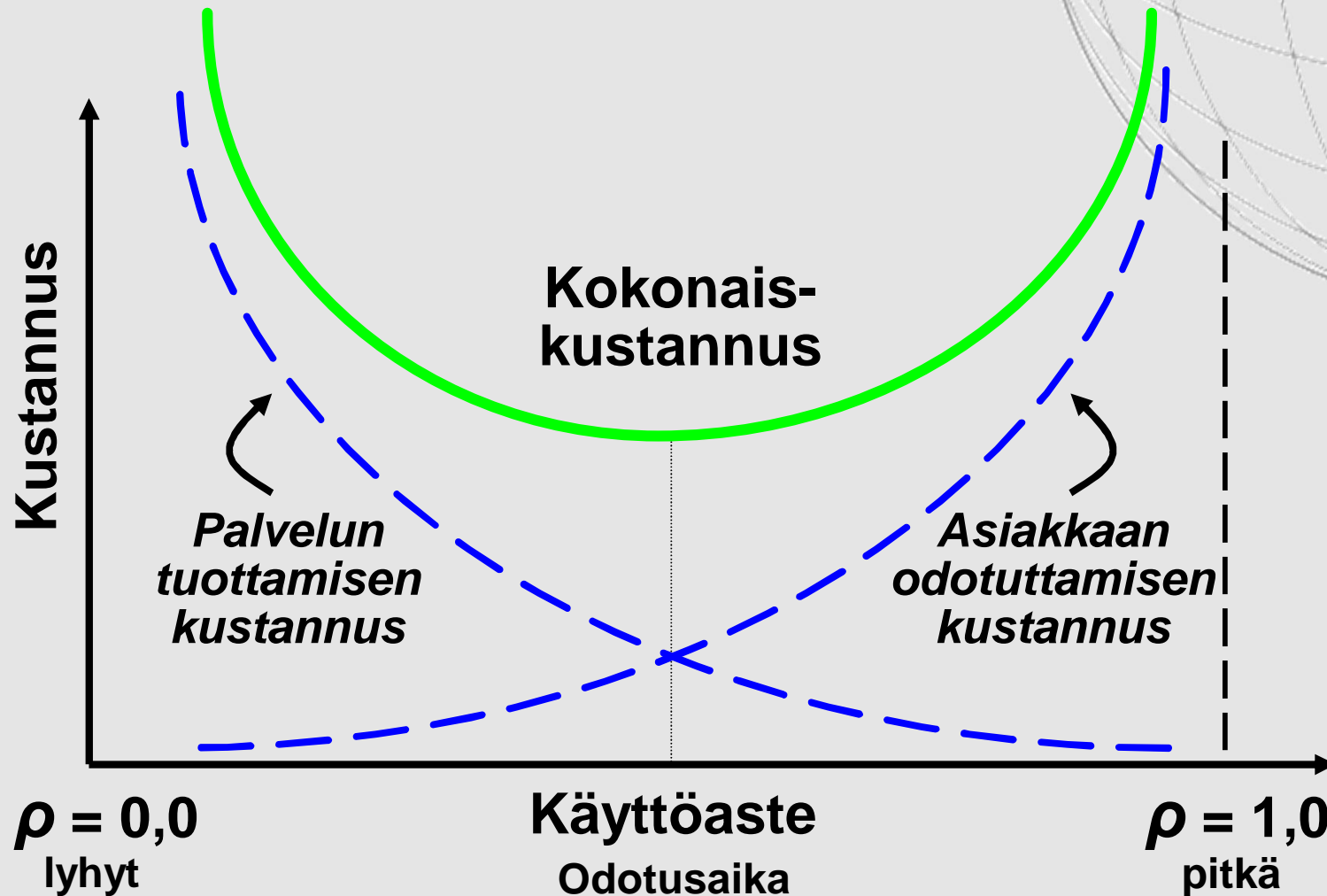
Orders: To Place an Order...

Phone

- From U.S. or Canada: 800-441-5713 anytime
- From United Kingdom: 0-800-962-954 anytime
- From all other countries: (International Access Code) + 207-552-3027, anytime

**Puhelinkeskuksen
kapasiteettianalyysi ja
lisähenkilöiden (\$40')
palkkaaminen lisäsi
myyntiä n. \$10" vuodessa**

Jonoillakin kaksi kustannuskomponenttia



Jonotus- ja toipilasajat ovat kalliita

Jonotus- ja toipilasaika maksaa yhteiskunnalle sairaalahoitoa enemmän. Tulokset selviävät terveysturvarahoitusta selvittävästä tutkimuksesta.

Sairaalahoidon kustannukset ovat suhteellisen pieni osa kokonaiskustannuksista, kun huomioidaan myös potilaiden jonotus- ja toipilasaikojen hinnat.

Hoitoprosessin parempi ohjaaminen säästäisi yhteiskunnan verovaroja ja parantaisi potilaiden elämänlaatua.

Tutkimuksessa viitataan palvelun tarjoajien hoitokäytäntöjen ja toimintakulttuurien vaihtelevan yhä huomattavasti eri alueilla.

Finanssiryhmä OP:n sairaalasta tuli menestys

OP-ryhmän Omasairaala laajentaa Helsingistä muualle Suomeen. Hoidon tehokkuus on sairaalassa viritetty huippuunsa.

TALOUS 16.11.2014 2:00 Päivitetty: 16.11.2014 17:14

Jaana Savolainen HELSINGIN SANOMAT

JUHANI NIIRANEN HS



Instrumenttihoitaja Pia Hynninen (vas.), ortopedi Vesa Savolainen ja anestesiahoitaja Riikka Rantanen tekevät olkapään täyhystysleikkausta Juho Flinckille OP:n Omasairaalassa.



Johto tasapainottelee eri kustannusten välillä



- **Hyvän palvelun tuottaminen maksaa**
 - ylimääräisen kapasiteetin kustannukset
 - investointikustannukset
- **Odotuttaminen ei myöskään ole ilmaista**
 - menetetty/siirtynyt myynti
 - imagolliset vaikutukset tulevaisuuden tuottoihin
 - lisääntyneet muuttuvat kustannukset
 - asiakkaan aika/vaihtoehtoiskustannus
 - menetetty henki (esim. leikkausjonot)
- **Käytännössä odottamisen kustannukset eivät vielä realisoidu täysimääräisesti!**
 - asiakkaat ovat liian kilttejä ja vaatimustaso nousee hitaasti

ILTALEHTI

4.11.2003

Sonera lupasi liikoja

Soitimme kolmen operaattorin palvelunumeroihin ja mittasimme jonotusaikoja. Soneraa lukuunottamatta palvelut toimivat, kuten operaattorien kertoman perusteella sopi odottaakin. DNA selvisi kolmesta testatusta parhaiten ja vastasi joka soitolla melkein heti

Elisan tekninen tuki oli juuri niin toivoton kuin operaattorin edustaja tunnustikin. Yritimme neljä kertaa, mutta emme päässeet läpi kertaakaan. Odotimme kerran kahdeksan minuuttia, kerran 15 ja kaksi kertaa 20 minuuttia.

Sonera poikkesi linjasta. Luvattu muutaman minuutin vastausaika ei pitänyt alkuunkaan. Valitsimme teknisen tukinumeron valikon tarjoamista vaihtoehtoista laajakaistaongelmat ja pääsimme läpi vasta runsaan 10 minuutin jonotuksen jälkeen. Toisella yrityksellä valitsimme yleisen palvelunumeron valikoista laajakaistan ja odotimme 15 minuuttia ennen kuin suljimme puhelimen saamatta vastausta.

Muihin Soneran valikoihin soittamalla saimme vastauksen usein heti, mutta ainakin alle puolessatoista minuutissa.

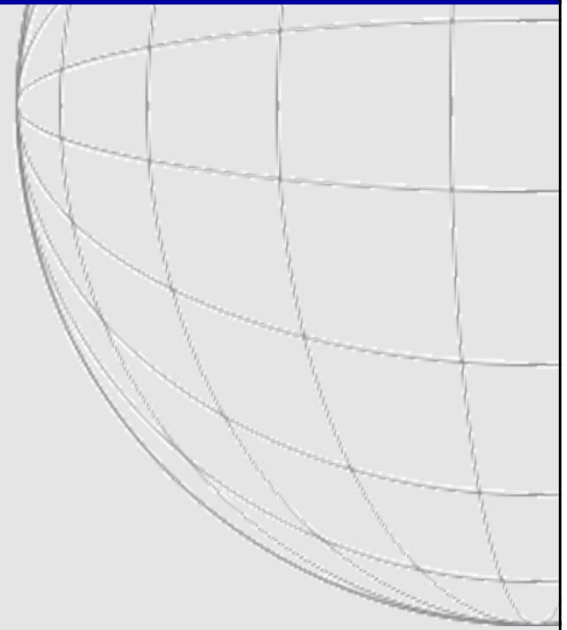
**Operaattorien palvelutaso
ärsyttää**

Tunnin jonotus puhelimessa

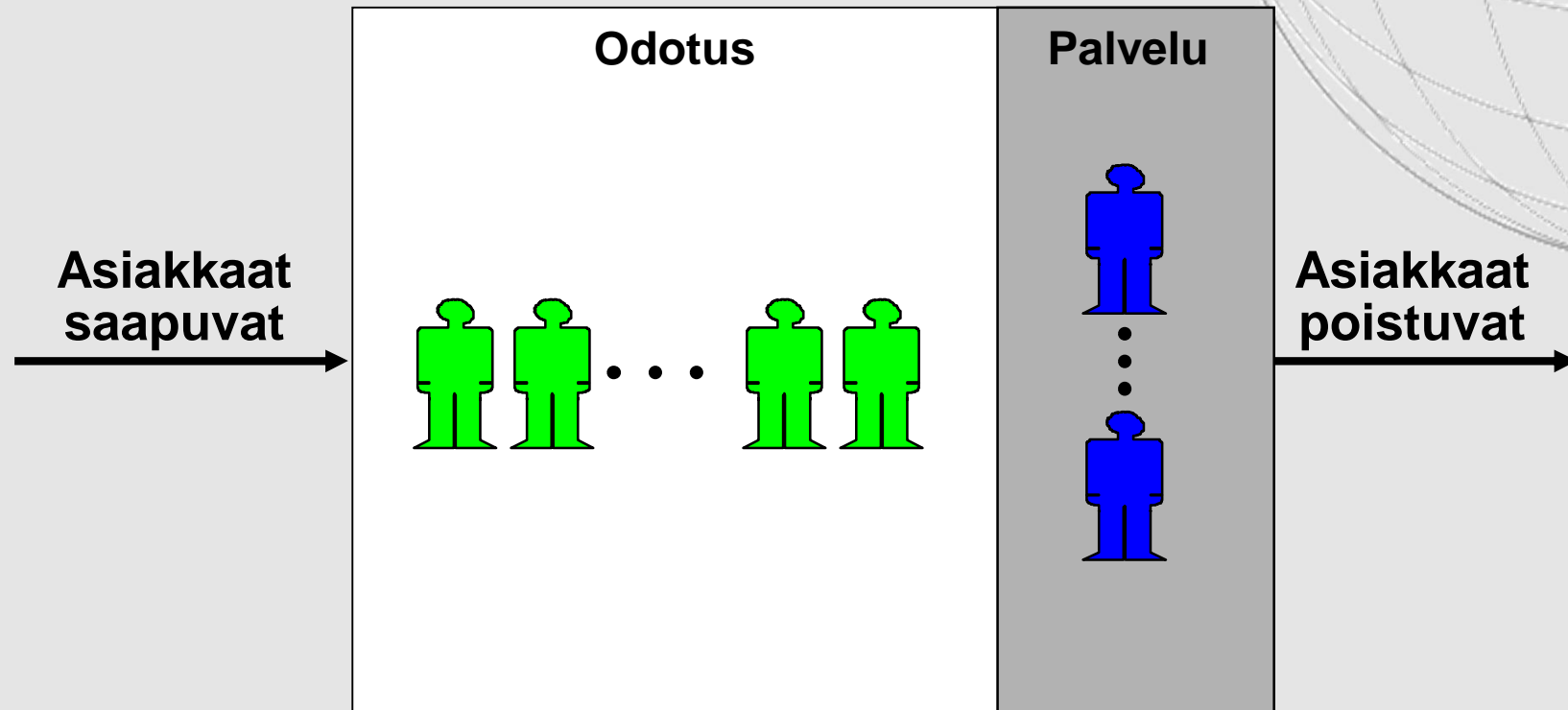
Tunti on pitkä aika puhelimessa. Varsinkin, jos kukaan ei vastaa. Tällaisia puheluita soitetaan kuitenkin jatkuvasti. Asiakkaat jonottavat eri operaattorien palvelulinjoilla saadakseen apua erilaisiin ongelmiinsa. Kysyimme operaattoreilta, mitä mieltä he itse ovat puhelinpalvelustaan.



Erilaiset jonomallit

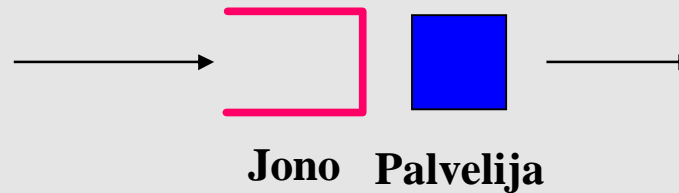


Jonosysteemit pääasiassa hyvin samanlaisia

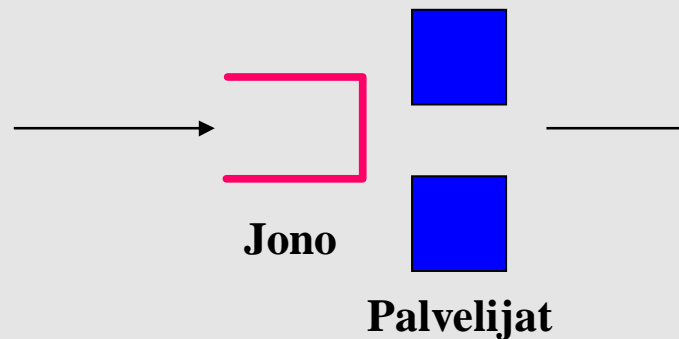


Pieniä eroja organisoinnissa kuitenkin löytyy

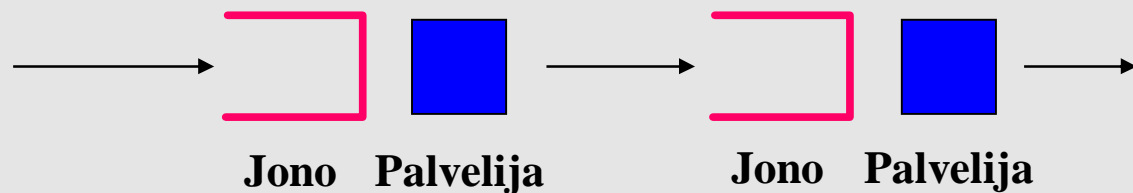
Aggregointi



Joustavuus



Erikoistuminen



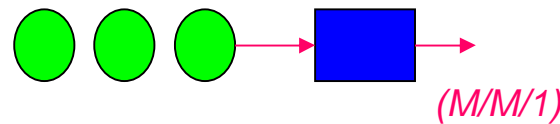
Jonomallien kannalta prosesseissakin eroja

Yksi vaihe

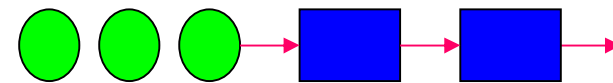
Monivaiheinen

Yksi kanava

Yhden hengen parturiliike

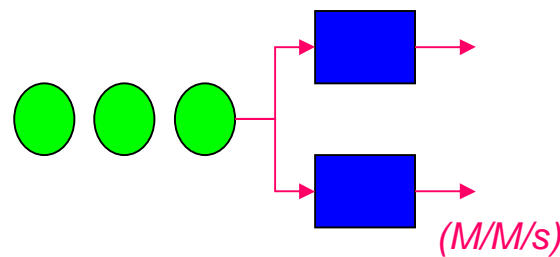


Auton pesu

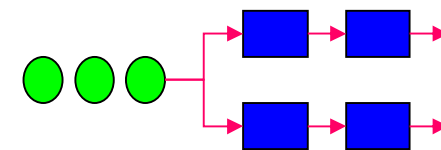


Monta kanavaa

Pankki

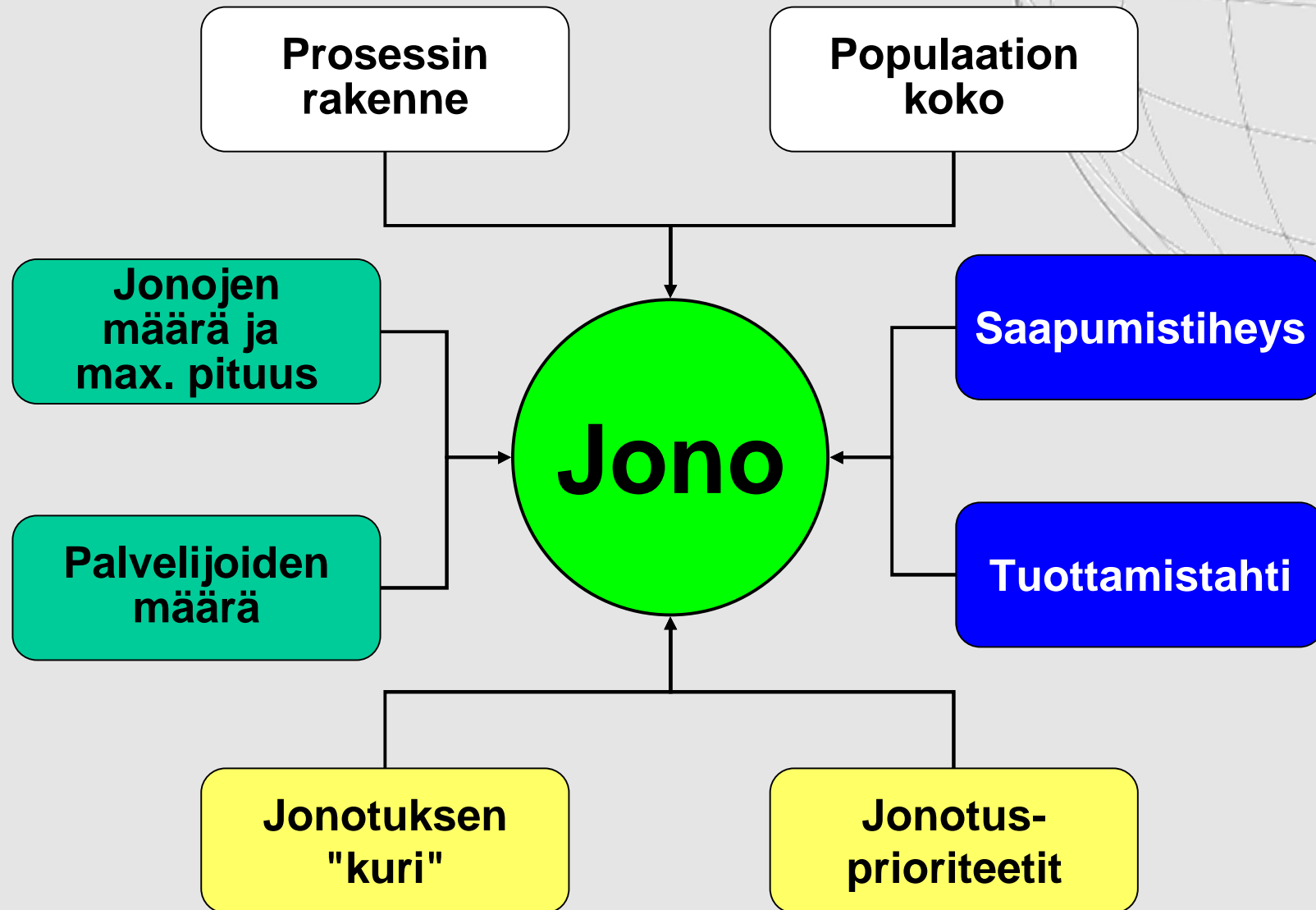


Sairaalan ilmoittautuminen



peruskurssin laskujen fokus

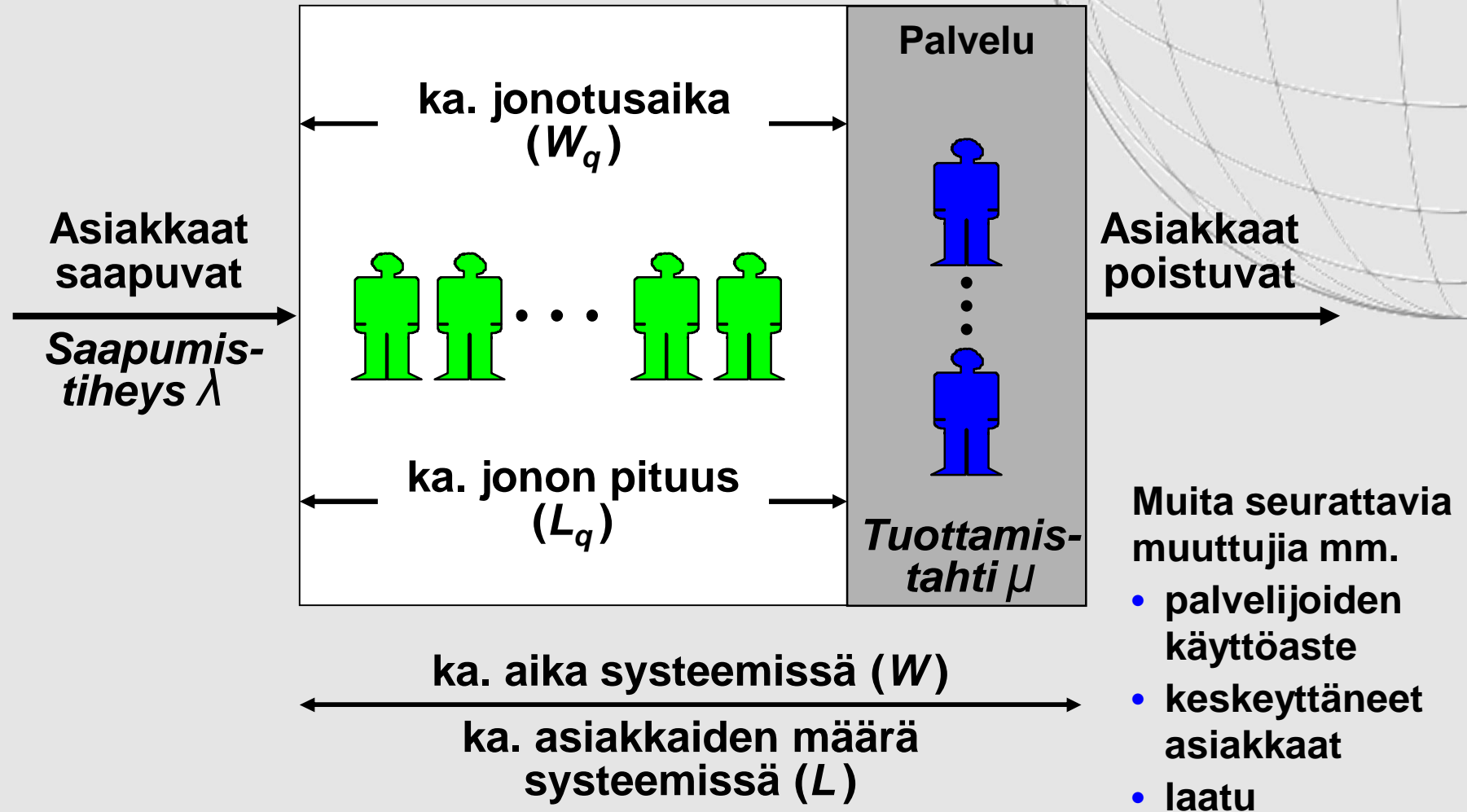
Jonomalleissa tietyt perusmuuttujat



Jonomalleissa tietyt perusmuuttujat

- **Prosessin rakenne**
 - onko yksi- vai monivaiheinen, useita peräkkäisiä vaiheita?
- **Populaation koko ja homogeenisuus**
 - ääretön populaatio vai ei, voidaanko asiakastyyppejä tunnistaa?
- **Asiakkaiden saapumistiheys λ (kpl per aika!)**
 - oletetaan olevan usein Poisson -funktion muotoinen
 - käytännössä vaihtelee esim. kellonajan mukaan (esim. poliklinikka)
- **Keskimääräinen palvelun tuottamistahti μ (kpl per aika!)**
 - oletetaan olevan usein eksponentiaalisen funktion muotoinen
- **Jonotusperiaate ja -prioriteetti**
 - first in - first out, last in - first out, kriittisimmät ensin (esim. tapaturmapoli)...
- **Asiakkaiden käyttäytyminen**
 - esim. kuri; odottaa jonossa, lähtee kesken jonosta, ei jää jonottamaan
- **Palvelijoiden lukumäärän (s) ja organisointi**
- **Jonojen määrä ja maksimikapasiteetti**

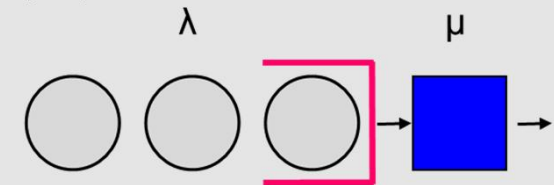
Mallien huomio samoissa muuttujissa



Erilaiset jonomallit

- M/M/1 -

- M/M mallit käytetyimpiä jonomalleja johtuen analysoinnin helppoudesta
- M/M/1 yksinkertainen jonojärjestelmä
 - asiakaspopulaatio ääretön
 - saapumiset satunnaisia ja Poisson-jakautuneita (M)
 - palveluaika eksponentiaalisesti jakautunut (M)
 - jonotusperiaate FIFO
 - jonottajat "hyvin käyttäytyviä"
 - jonoja 1 kpl ja jonon kapasiteetti ääretön
 - palvelijoita/työasemia rinnakkain 1 kpl (1)



Tarkkana:
lähtöarvot
kpl per aikayksikkö!

M/M/1 esimerkki

Tarkkana:
yksiköt
johdonmukaisesti!

Pikaruokalassa on 1 drive-thru ikkuna. Asiakkaan palvelemiseen menee keskimäärin 3 minuuttia ja vain yhtä asiakasta voidaan palvella kerralla. Asiakkaat saapuvat keskimäärin 4 minuutin välein. Saapumiset jonoon ovat Poisson-jakautuneita ja palveluajat eksponentiaalisesti jakautuneita. Laske keskeiset tunnusluvut.

$$\text{Käyttöaste } \rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{60 \text{ min per tunti} / 4 \text{ min per kpl}}{60 \text{ min per tunti} / 3 \text{ min per kpl}} = \frac{15 \text{ kpl per tunti}}{20 \text{ kpl per tunti}} = 0,75 = 75\%$$

$$\text{Ka. asiakkaiden määrä systeemissä } L = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} = \frac{15}{(20 - 15)} = 3,00 \text{ as.}$$

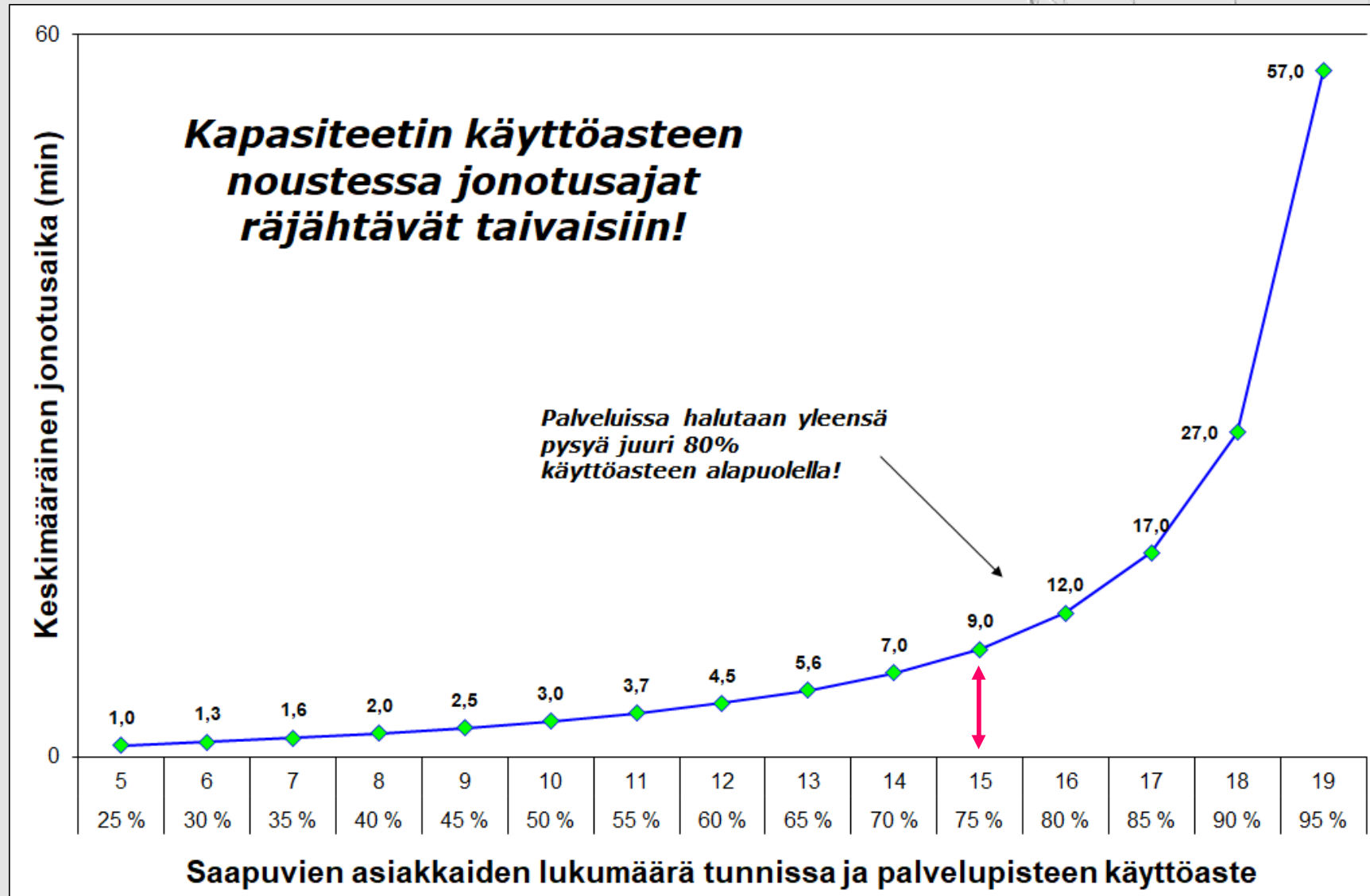
$$\text{Keskimääräinen jonon pituus } L_q = \rho L = 0,75 * 3 = 2,25 \text{ as.}$$

$$\text{Ka. asiakkaiden aika systeemissä } W = \frac{1}{(\mu - \lambda)} = \frac{1}{(20 - 15)} = 0,2 \text{ t.} = 12 \text{ min.}$$

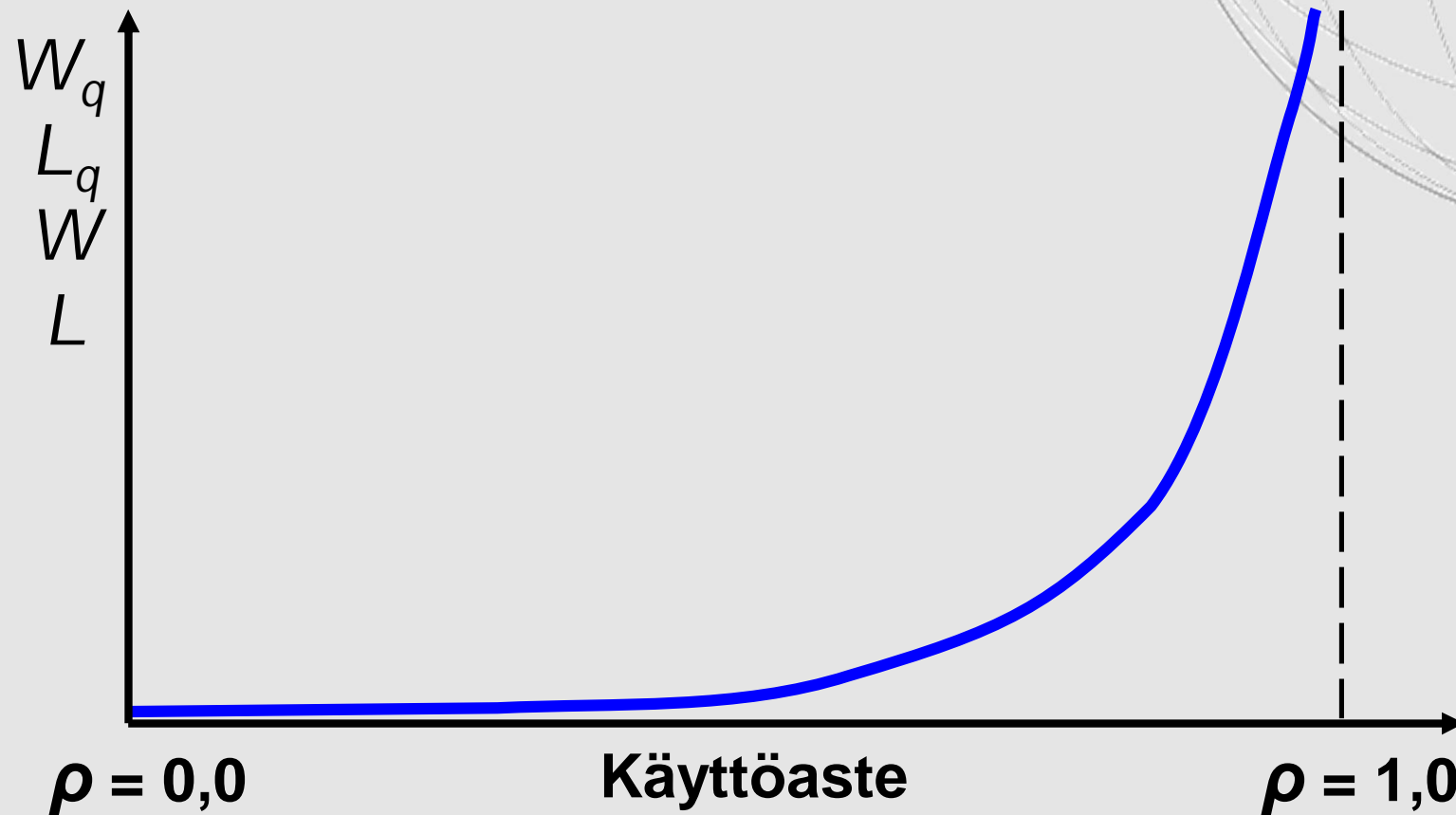
$$\text{Keskimääräinen jonotusaika } W_q = \rho W = 0,75 * 12 \text{ min} = 9 \text{ min.}$$

M/M/1 esimerkki

- case mitä tapahtuu jos asiakasmäärät muuttuvat -

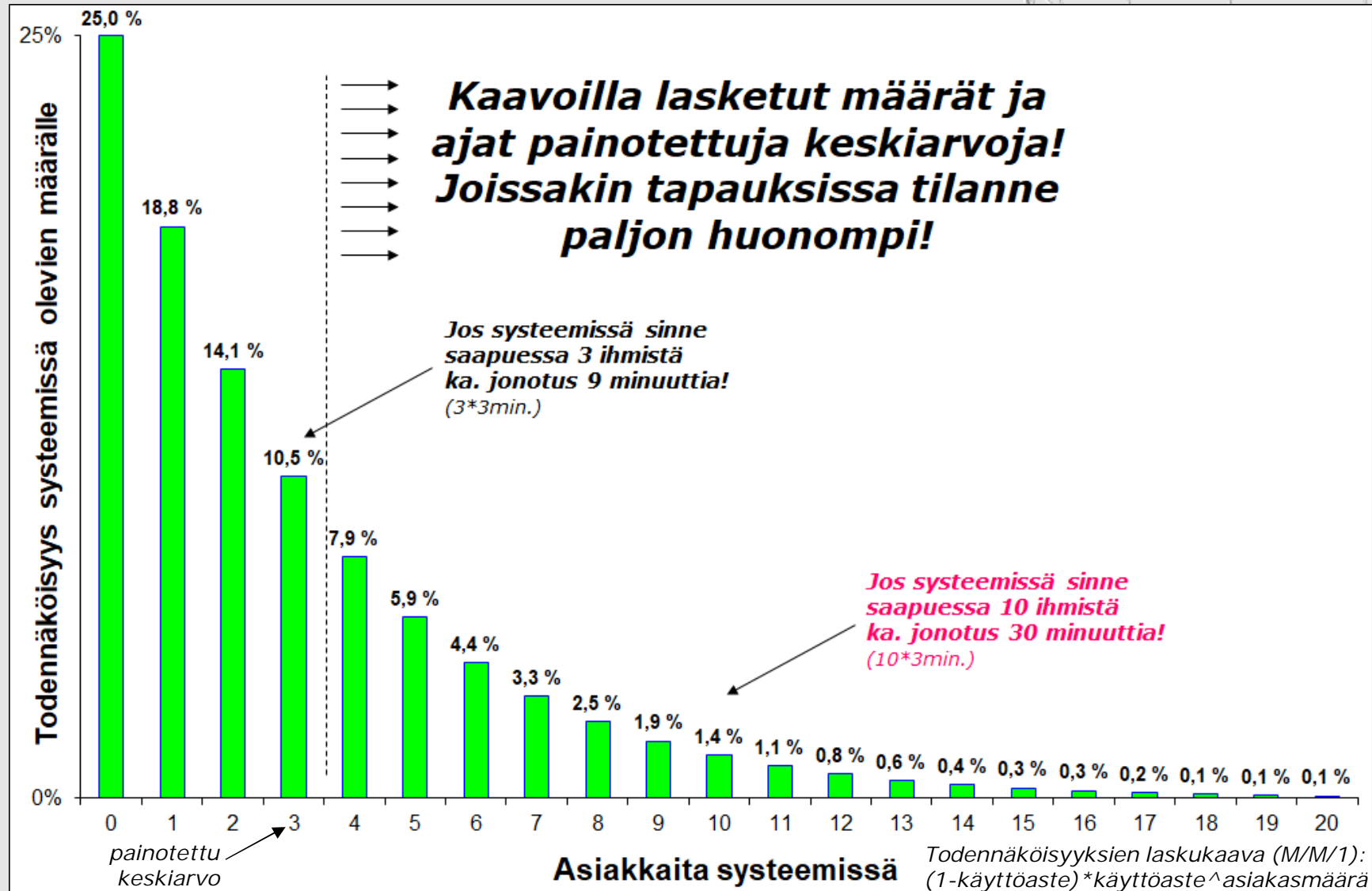


Käyttöaste vaikuttaa kaikkiin tunnuslukuihin

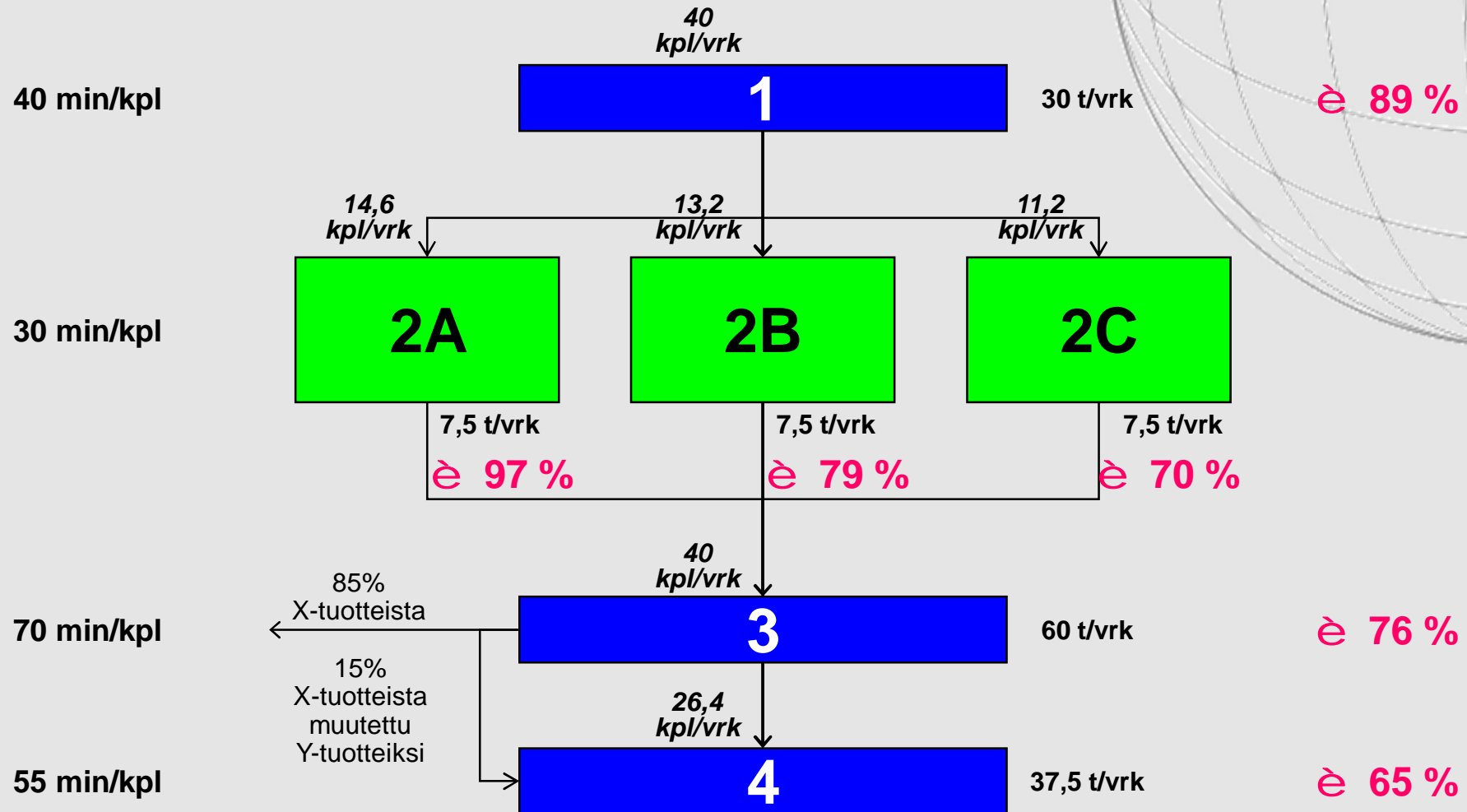


M/M/1 esimerkki

- case tulokset painotettuja keskiarvoja, eivät vakioita! -



Perusperiaatteet toimivat myös monivaiheisissa prosesseissa

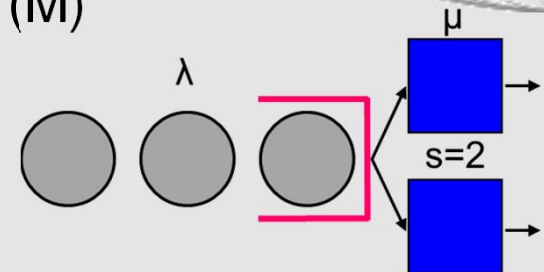


Miksi tilaus-toimitusviipeemme on niin pitkä?

Erilaiset jonomallit

- M/M/s -

- **Tilanne muutoin sama kuin M/M/1, paitsi että palvelijoita on nyt useita rinnakkain (s kpl)**
 - asiakaspopulaatio ääretön
 - saapumiset satunnaisia ja Poisson-jakautuneita (M)
 - palveluaika eksponentiaalisesti jakautunut (M)
 - jonotusperiaate FIFO
 - jonottajat ”hyvin käyttäytyviä”
 - jonoja 1 kpl ja jonon kapasiteetti ääretön
 - palvelijoita/työasemia rinnakkain s kpl (s)
- **Realistisempi tilanne koska systeemeissä yleensä enemmän kuin yksi palvelija**
- **Jonojen kombinointi vähentää jonotusaikaa!**
 - työntekijöiden joutenoloaika kohdistuu paremmin/tehokkaammin



Erilaiset jonomallit

- keskeiset M/M/s kaavat -

Käyttöaste ρ

$$= \frac{\lambda}{s\mu}$$

yksittäisen palvelijan tuottamistalti

Todennäköisyys joutenololle $P(0)$
(kaikki palvelijat samanaikaisesti)

$$= \left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left(\frac{1}{1-\rho} \right) \right]^{-1}$$

$P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \rho$ potenssina "tapauskohtainen" s

Keskimääräinen jonon pituus L_q

$$= \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \rho}{s! (1-\rho)^2}$$

potenssina aina 2

Keskimääräinen jonotusaika W_q

$$= \frac{L_q}{\lambda}$$

Ka. asiakkaiden aika systeemissä W

$$= W_q + \frac{1}{\mu}$$

Ka. asiakkaiden määrä systeemissä $L = \lambda W$

M/M/s esimerkki

Pikaruokalassa on 4 drive-thru ikkunaa (edelliseen verrattuna siis neljä kertaa enemmän kapasiteettia). Asiakkaan palvelemiseen menee keskimäärin 3 minuuttia. Asiakkaat saapuvat keskimäärin 1 minuutin välein (edelliseen verrattuna neljä kertaa enemmän kysyntää). Saapumiset jonoon ovat Poisson-jakautuneita ja palveluajat eksponentiaalisesti jakautuneita. Laske keskeiset jonottamisen tunnusluvut.

$$\text{Kassojen käyttöaste } \rho: \frac{\lambda}{(s\mu)} = \frac{60}{(4 * 20)} = 0,75 = 75\% \text{ vrt. } 75\%$$

Todennäköisyys, että kaikki 4 kassaa samanaikaisesti jouten:

$$= \left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left(\frac{1}{1-\rho} \right) \right]^{-1} = \left[\sum_{n=0}^3 \frac{(60/20)^n}{n!} + \frac{(60/20)^4}{4!} \left(\frac{1}{1-0,75} \right) \right]^{-1} = 0,0377 = 3,77\%$$

Ka. jonon pituus L_q :

$$= \frac{\left[P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \rho \right]}{s! (1-\rho)^2} = \frac{\left[0,0377 * \left(\frac{60}{20} \right)^4 * 0,75 \right]}{4! (1-0,75)^2} = 1,52 \text{ as}$$

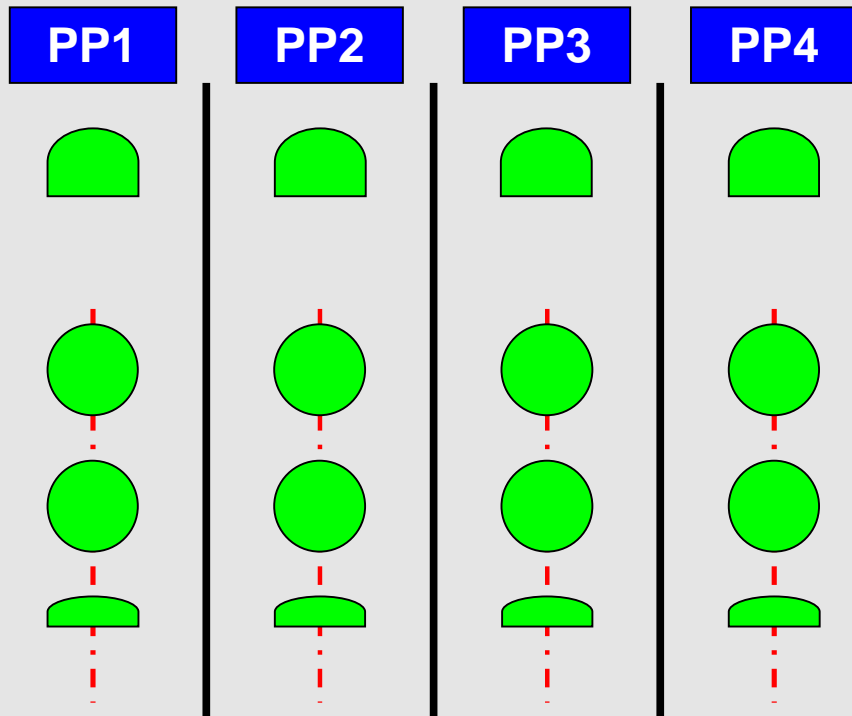
vrt. $4 * 2,25 = 9 \text{ kpl}$

Ka. jonotusaika W_q :

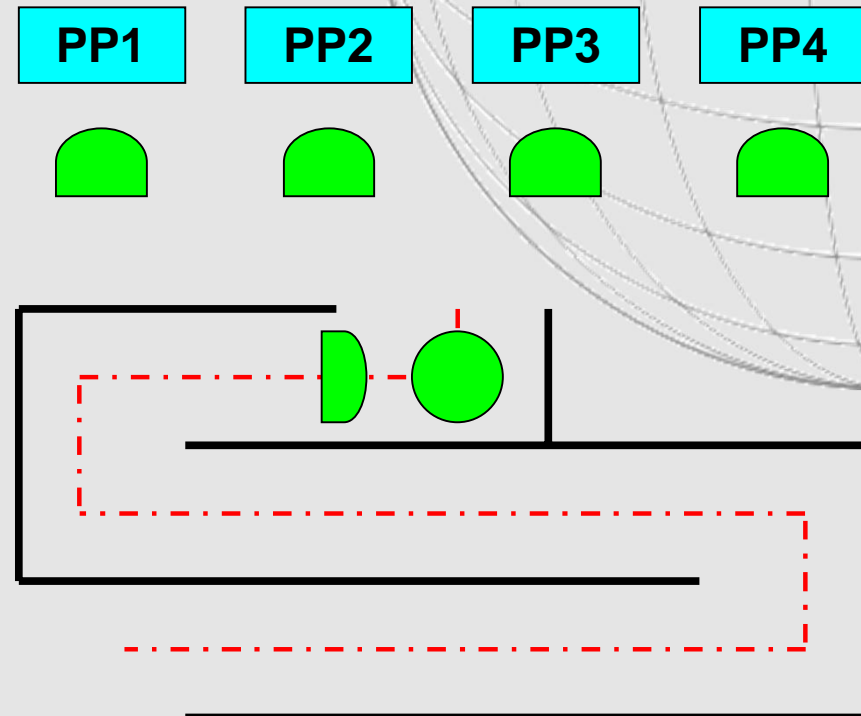
$$= \frac{L_q}{\lambda} = \frac{1,52}{60} = 1,52 \text{ min}$$

vrt. 9 min.

Kombinointi vähentää jonotusaikaa!



ka. jonotusaika 9 min.



ka. jonotusaika 1,5 min.

Työntekijöiden joutenoloaika kohdistuu paremmin

(huomioi kyllä huonosti asiakkaiden heterogeenisyyden, siirtymisen vaivan, kassojen erilaiset roolit (käteis- vs. pikakassa), henkilökohtaiset preferenssit jne.)

Tämä siis on kuluttajan kannalta järkevää... J



June 23, 2007

A Long Line for a Shorter Wait at the Supermarket

By [MICHAEL BARBARO](#)

Show New Yorkers a checkout line and they'll tell you whether it's worth the wait.

[Starbucks](#) at 9 a.m.? Eight minutes, head to the next one down the street. Duane Reade at 6 p.m.? Twelve minutes, come back in the morning.

But now a relative newcomer to Manhattan is trying to teach the locals a new rule of living: the longer the line, the shorter the wait.

Come again?

For its first stores here, [Whole Foods](#), the gourmet supermarket, directs customers to form serpentine single lines that feed into a passel of cash registers.

Banks have used a similar system for decades. But supermarkets, fearing a long line will scare off shoppers, have generally favored the one-line-per-register system.

By 7 p.m. on a weeknight, the lines at each of the four Whole Foods stores in Manhattan can be 50 deep, but they zip along faster than most lines with 10 shoppers.

Because people stand in the same line, waiting for a register to become available, there are no "slow" lines, delayed by a coupon-counting customer or languid cashier. And since Whole Foods charges premium prices for its organic fare, it can afford to staff dozens of registers, making the line move even faster.

"No way," is how Maggie Fitzgerald recalled her first reaction to the line at the Whole Foods in Columbus Circle. For weeks, Ms. Fitzgerald, 26, would not shop there alone, assigning a friend to fill a grocery cart while she stood in line.

When she discovered the wait was about 4 minutes, rather than 20, she began shopping by herself, and found it faster than her old supermarket.

"By now," Ms. Fitzgerald said of those competitors, "you'd think everyone else would catch onto this."

The science of keeping lines moving, known as queue management, is a big deal to big business. Since arriving in 2001, Whole Foods stores in Manhattan have won bragging rights as the top sellers among grocery chains here, with sales of \$42 million per store last year, according to Modern Grocer, a trade publication.

Some of its competitors acknowledge they are feeling a bit of line envy. "I should give it a closer look," said John A. Catsimatidis, owner of the Gristede's chain, which uses the traditional line system.

The New York Times



**WHOLE
FOODS
MARKET**

Erilaiset jonomallit

- keskeiset ”äärellinen popula” kaavat -

(käytetään kun popula alle 30 asiakasta)

yksittäisen
asiakkaan
saapumistiheys

Todennäköisyys joutenololle $P(0)$

$$= \left[\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right]^{-1}$$

”tapauskohtainen”
asiakasmäärä

kertoma Excelissä;
=FACT()

Käyttöaste ρ

$$= 1 - P_0$$

Ka. asiakkaiden määrä systeemissä L

$$= N - \frac{\mu}{\lambda} (1 - P_0)$$

Keskimääräinen jonon pituus L_q

$$= N - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} (1 - P_0)$$

Ka. asiakkaiden aika systeemissä W

$$= L [(N - L)\lambda]^{-1}$$

Keskimääräinen jonotusaika W_q

$$= L_q [(N - L)\lambda]^{-1}$$

Äärellinen popula esimerkki

Pankilla on pääkonttorissaan 8 kopiokonetta. Koneita käytetään jatkuvasti ja ne hajoavat keskimäärin 50 tunnin välein (eli 0,02 kertaa per tunti per kone). Rikkoutuneen koneen korjaamiseen menee talon ainoalta korjaajalta 4 tuntia (eli saa korjattua 0,25 konetta per tunti). Kuinka monta kopiokonetta on ka. poissa käytöstä?

Todennäköisyys joutenololle $P(0)$

$$= \left[\frac{8!}{(8-0)!} \left(\frac{0,02}{0,25}\right)^0 + \frac{8!}{(8-1)!} \left(\frac{0,02}{0,25}\right)^1 + \frac{8!}{(8-2)!} \left(\frac{0,02}{0,25}\right)^2 + \frac{8!}{(8-3)!} \left(\frac{0,02}{0,25}\right)^3 + \frac{8!}{(8-4)!} \left(\frac{0,02}{0,25}\right)^4 + \frac{8!}{(8-5)!} \left(\frac{0,02}{0,25}\right)^5 + \frac{8!}{(8-6)!} \left(\frac{0,02}{0,25}\right)^6 + \frac{8!}{(8-7)!} \left(\frac{0,02}{0,25}\right)^7 + \frac{8!}{(8-8)!} \left(\frac{0,02}{0,25}\right)^8 \right]^{-1}$$
$$= [1 + 0,64 + 0,3584 + 0,1720 + 0,0688 + 0,0220 + 0,0053 + 0,0008 + 0,0001]^{-1} = 0,441$$

Käyttöaste $\rho = 1 - 0,441 = 55,9\%$

Ka. asiakkaiden määrä systeemissä $L = 8 - \frac{0,25}{0,02} (1 - 0,441) = 1,01$

Keskimääräinen jonon pituus $L_q = 8 - \frac{0,02 + 0,25}{0,02} (1 - 0,441) = 0,45$

Ka. asiakkaiden aika systeemissä $W = 1,01 [(8 - 1,01)0,02]^{-1} = 7,25 \text{ t.}$

Keskimääräinen jonotusaika $W_q = 0,45 [(8 - 1,01)0,02]^{-1} = 3,25 \text{ t.}$

Jonot ja simulointi

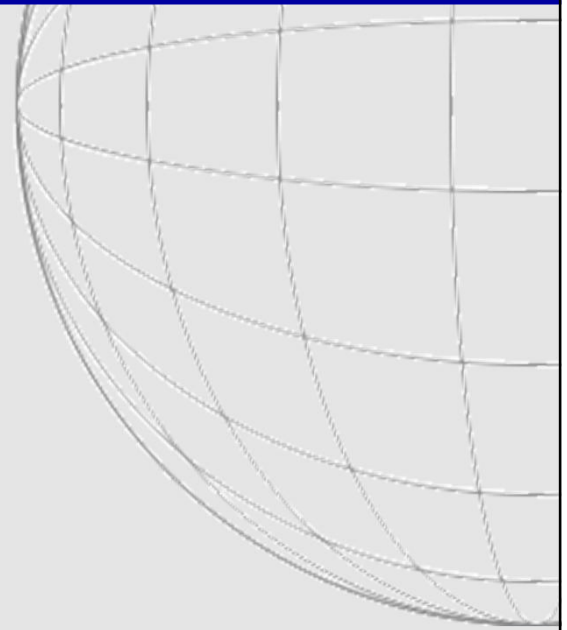


- **Vain yksinkertaisia jonoja voidaan ratkaista matemaattisesti**
- **Todellisuudessa jonot ovat erittäin monimutkaisia...**
 - useita palvelijoita, useita jonoja
 - ei tulla paikalle, ei jäädä jonottamaan, lähdetään jonosta kesken pois, etuillaan jonossa, vaihdetaan jonoa, “kettuillaan”...
 - koneiden hajoaminen
 - jonojen verkosto jne.
- **... siitä huolimatta niitä pitää pystyä analysoimaan è tietokonesimuloinnit**

Miten odotusaikaa voidaan lyhentää?

- **Kasvattamalla pysyvää kapasiteettia tai ottamalla varakapasiteetin käyttöön kysyntähuipun ajaksi**
 - yksinkertaisimmillaan lisäämällä palvelijoiden määrää ja/tai tehokkuutta
 - yhteiskapasiteettiallianssit, työntekijöiden kouluttaminen, joustavan työvoiman ylläpito, pitämällä jatkuvasti ylimääräistä kapasiteettia...
- **Tasapainottamalla kysyntä vastaamaan resursseja**
 - melkein kaikki kysynnänhallintamenetelmät käyttökelpoisia
- **Pienentämällä saapumis- ja palveluaikojen hajontaa**
 - mitä enemmän vaihtelua prosessissa on, sitä pidemmät jonot!
 - esim. segmentoimalla asiakkaita, rajaamalla tuotevalikoimaa...
 - erikoistuminen luonnollisesti myös parantaa tehokkuutta ja nopeuttaa
- **Analysoimalla ja kehittämällä prosessia**
 - uudelleensuunnitelmalla kriittiset vaiheet (ja poistamalla turhat vaiheet)
 - esim. rinnakkaiset palvelijat ($M/M/s$ opit J), suunnittelemalla tila toimivaksi...

Jonojen psykologia



Jonojen psykologian perustotuus

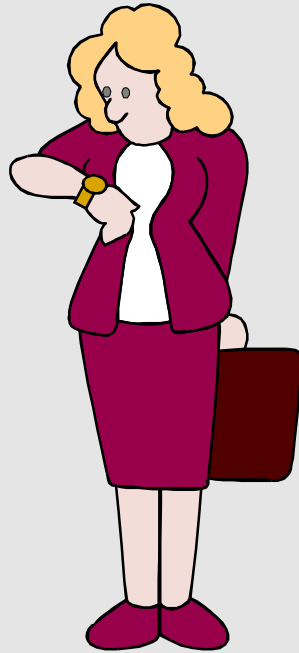


Jonottaminen on AINA hajottavaa!

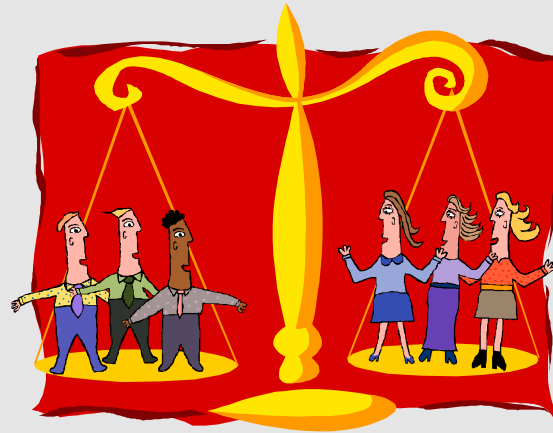


Jonottamisen psykologiassa on toki eroja

Miksi jonottaminen on niin hajottavaa?



**Aikaa menee
hukkaan**

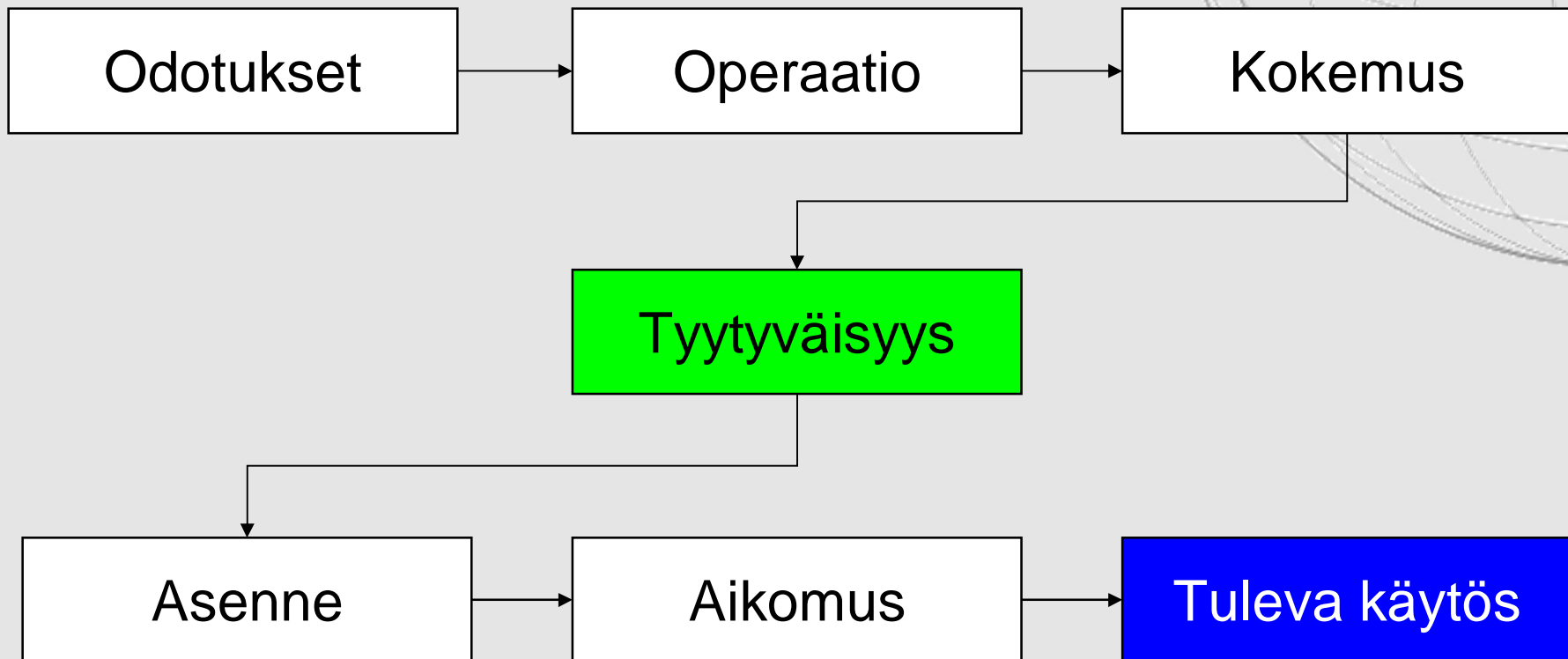


**Oikeustaju
kärsii välillä**



**Puhdas
tylsistyminen**

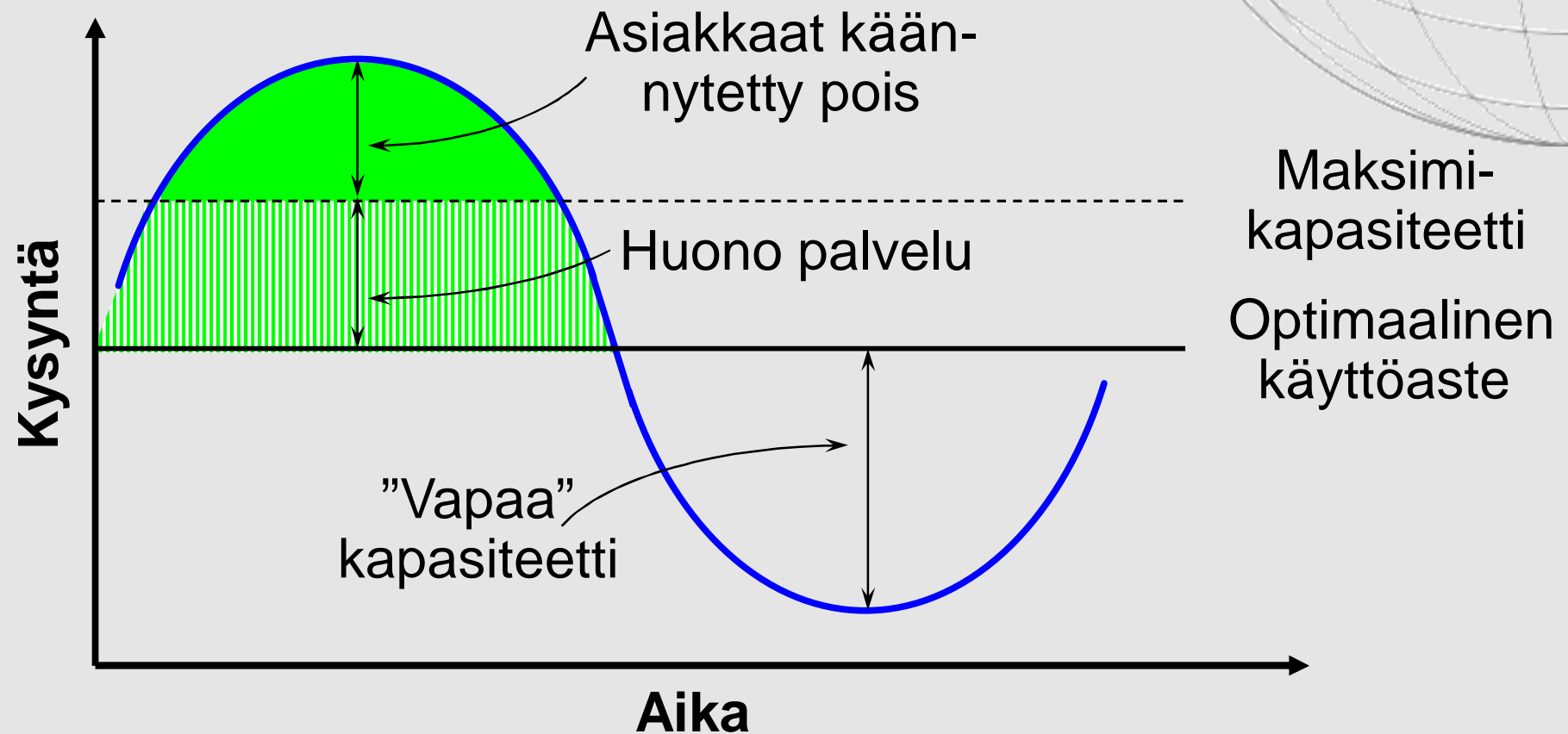
Miksi jonotuskokemusta tulisi ymmärtää?



Tyytyväisyys ohjaa käytöstä!

Palveluiden käyttöasteet syystä alhaisia

- **Kapasiteetti tärkeä osa myös palveluissa**
 - jonoteorian vuoksi optimaalinen käyttöaste noin 70-80%



Jonojen hallinnan maailmamestari!

(korkea käyttöaste ja hyvä palvelu)

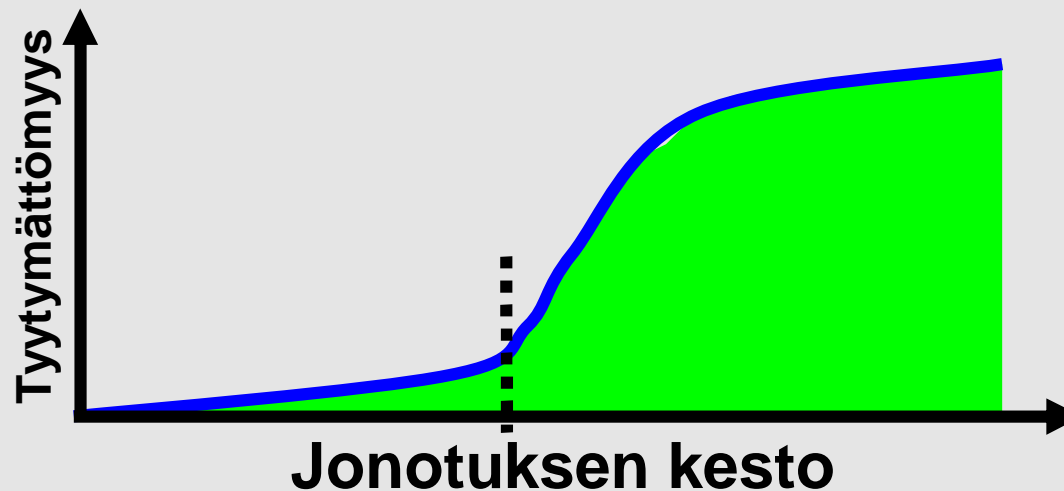


Jonottamisesta monia tutkimustuloksia

- **Arvokasta asiaa sekä positiivista palvelukokemusta jaksaa jonottaa pidempään**
- **Prosessin aikaiset odottelut tuntuvat lyhyemmiltä kuin prosessi alun odottaminen**
- **Jonottaminen tuntuu todellisuutta pidemmältä**
 - ...kun jonotuksen syytä ei tiedä / ei selitetä (esim. "miksi jono ei liiku")
 - ...kun jonotustilanne on odottamaton (esim. "ei enää pitänyt olla ruuhkaa")
 - ...kun tietää/näkee, että kapasiteettia on vapaana (esim. myyjät juttelee)
 - ...kun joutuu jonottamaan yksin (ryhmässä aika lentää)
 - ...kun jonottaminen tuntuu epäoikeudenmukaiselta (järjestys ei FIFO)
- **Jonottajan mieliala vaikuttaa jonotuksen kokemiseen (monimutkaistaa kaikkea)**

Asiakas kestää tietyn verran jonottamista

- **Systemiä suunnitellessa huomioitava, että jonotuksen keston ja tyytymättömyyden lisääntyminen ei ole lineaarinen**
 - "below the treshold" -lähestyminen toimintaa suunnitellessa
 - monta pientä odotusta pienempi paha kuin yksi iso!
 - ei pelkästään psykologinen muuttuja
 - esim. tulipalojen sammuttaminen ja varkaiden kiinnisaaminen



Miten jonotuskokemusta voisi parantaa?

Tehokkuus

- **Omat jonot eri tarpeille**
 - esim. pikatiskit ja nykyään pankit
- **Asiakkaiden itsepalvelu**
 - puhelinpalvelussa "paina 1 jos", FAQ
- **Tehtävien etukäteen tekeminen**
 - "täytä lomakkeet", kanta-asiakaskortit
- **Kahden jonon käyttäminen yhdelle palvelijalle**
 - ettei asiakas tuhlaa palveluaikaa

Oikeudenmukaisuus

- **Odotusajan tasainen jako**
 - jonojen kombinointi auttaa
 - jos ei FIFO hyvä pitää tieto salassa
- **Jonotusnumeroiden käyttö**
 - kenellekään ei tule paha mieli
 - turhan kiirehtimisen poistaminen

Tylsistyminen

- **Ympäristöön panostaminen**
 - esim. musiikki, penkit, ohjelmanumerot
- **Odotusajan kertominen**
 - ainakin jos asiakas yliarvioi odotuksen
- **Odotuskäsityksen hallinta**
 - liikkuminen vs. paikallaan seisominen
 - jonon liikuttaminen (pienet täyttöerät)
 - pienten asioiden tekeminen (ravintola)
- **Odottajien aktivointi**
 - muiden asioiden hoitaminen (tiedostama ja tiedostamaton)
- **Odotuksen palkitseminen**
 - esim. alennus (ei poistu kesken kaiken)
- **Varausjärjestelmän käyttö**
 - mahdollisuus välttää jonottaminen
- **Ystävällinen palvelu**

