

OR in de zorg: een persoonlijk overzicht

René Bekker
Afdeling Wiskunde, VU

Zorguitgaven

Verenigde Staten

- In 2007: \$2.3 triljoen
- Voorspellingen 2011 & 2016: \$3 & \$4.2 triljoen
- Zorguitgaven zijn 4.3 maal de uitgaven aan nationale defensie
- In 2005: 16% van GDP (Gross Domestic Product)

Nederland

- In 2003: 9.8% van GDP (=BNP)

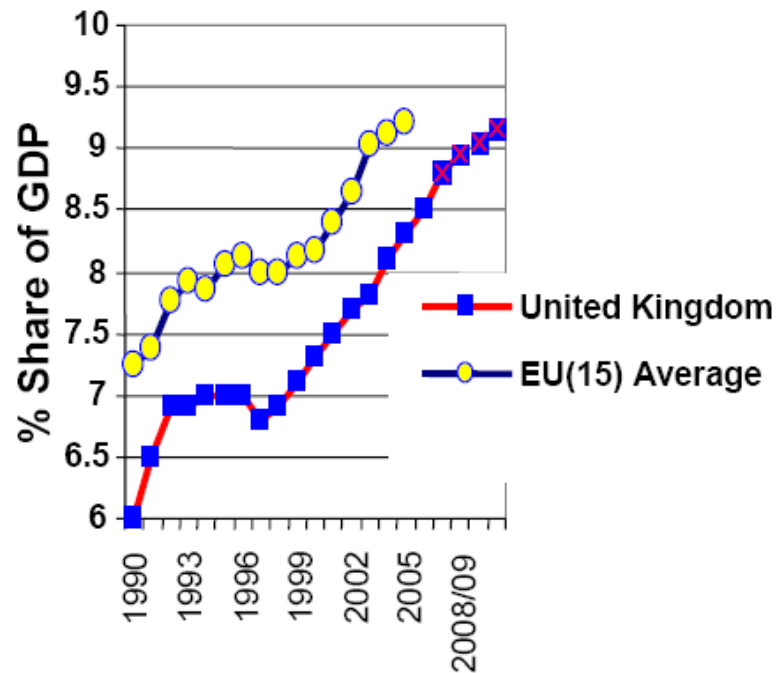
From: www.nchc.org/facts/cost.shtml &

Grol (2006). The commonwealth fund, Vol. 21



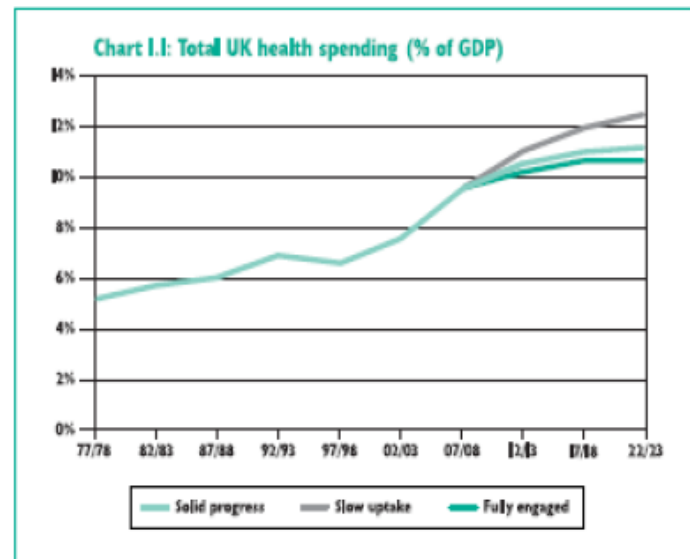
Zorguitgaven

The proportion of UK GDP spent on healthcare has steadily risen



And is this rise is expected to continue

The Wanless report estimated that in fifteen years time between 10.5% and 13% of GDP would be required to fund the UK health system



From: Dr. Royston, Presentation OR50 Conference



Zorgsector

Kenmerken

- Zorg is een *service*
- Tegenstrijdige doelen:
 - Prijs en kosten (efficiency)
 - Kwaliteit van zorg
 - Toegangstijden en wachttijden (proces)
- Fluctuaties en onzekerheid

→ OR: rekenmethode voor *afweging doelen en impact fluctuaties*

Bronnen van gevaarlijke vertragingen

Drie bronnen van gevaarlijke vertraging*

- SEH vertragingen
 - Vertraging SEH arts; mediaan van 22 (1997) naar 30 min. (2004); bij hartaanvallen van 8 (1997) naar 14 min. (2004).
 - Wachten op klinisch bed (gem 4.5 uur)
- Toegangstijden voor medische afspraken
- Wachten op verpleegkundige hulp
 - “To Err is Human” (IOM); in VS aantal doden vanwege medische fouten geschat tussen 44,000 en 98,000.

* Uit: Green (2008). “Using Operations Research to Reduce Delays for Healthcare”



Een aantal onderwerpen

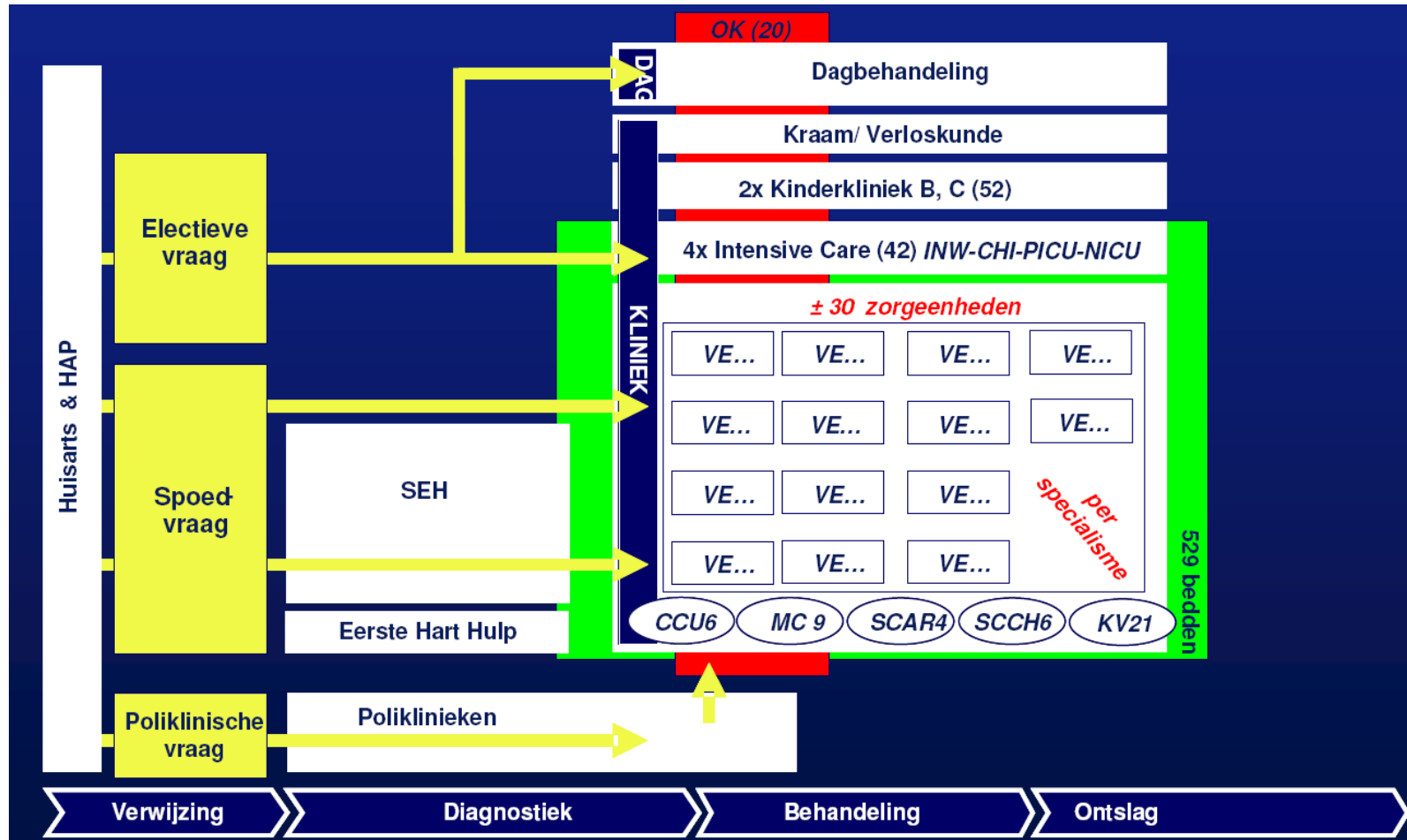
Unitlogistiek:

- Capaciteitsbepaling bij parallele servers
 - SEH
 - Verpleegafdelingen (VE)
- Dynamische bedallocatie (kliniek)
- Plannen van electieve patiënten (polikliniek)
- Gezamenlijke resources (OK, MRI)

Ketenlogistiek:

- Doorstroom patiënten
- Zorgpaden

Universitair medisch centrum



Operations Research

$$B(s, \rho) \approx \frac{\phi(\beta)}{\Phi(\beta)\sqrt{\rho}}$$

$$\frac{p_1 p_2 \frac{2p_1}{\mu_1}}{p_1 + \frac{\mu_2}{\mu_1} p_1} = \frac{p_1 p_2 \mathbb{E}[S]}{p_1 + p_2}$$

$$m(t) = \mathbb{E} \left[\int_{t-s}^t \lambda(u) du \right] = \mathbb{E}[\lambda(t - S_e)] \mathbb{E}[S]$$

Operations Research is de discipline van het toepassen van geavanceerde *analytische methodes* om te *helpen processen* binnen organisaties te *verbeteren* of te *optimaliseren*

$$\sum_{k=1}^K p_k \left(\frac{\lambda_1}{\mu_k} - \frac{\lambda_2}{\mu_k} \right) T_{a_1, a}(\mu_k)$$

$$\frac{\rho^s / s!}{\sum_{k=0}^s \rho^k / k!}$$

$$s^* = \arg \min \{s \in \mathbb{N}_+ : B(s, \rho) \leq \alpha\}$$

$$\int_{v=0}^{\infty} \lambda(t-v) \left(\sum_{k=1}^K p_k e^{-\mu_k v} \right) dv$$



Een wachtrijmodel: Erlang C

- Naar A.K. Erlang (1878-1929)
- Afkomstig uit wachtrijtheorie (call centers)

Kenmerken:

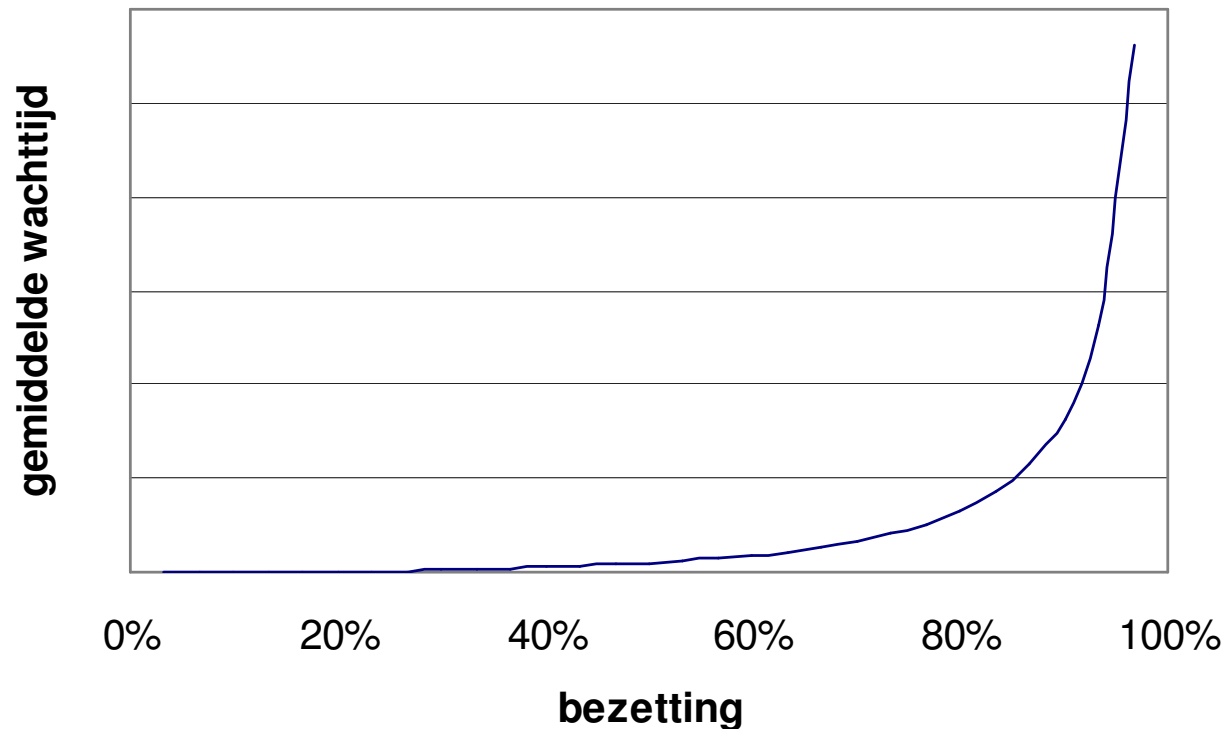
- Variatie in aankomsten klanten (patiënten)
- Variatie in bedieningsduur (behandeltijd)
- Aantal bedienden: C (bv bedden)
- Klant in wachtrij wanneer alle bedienden bezet



Vb: call center met C telefoonlijnen

Wachttijden vs. bezetting

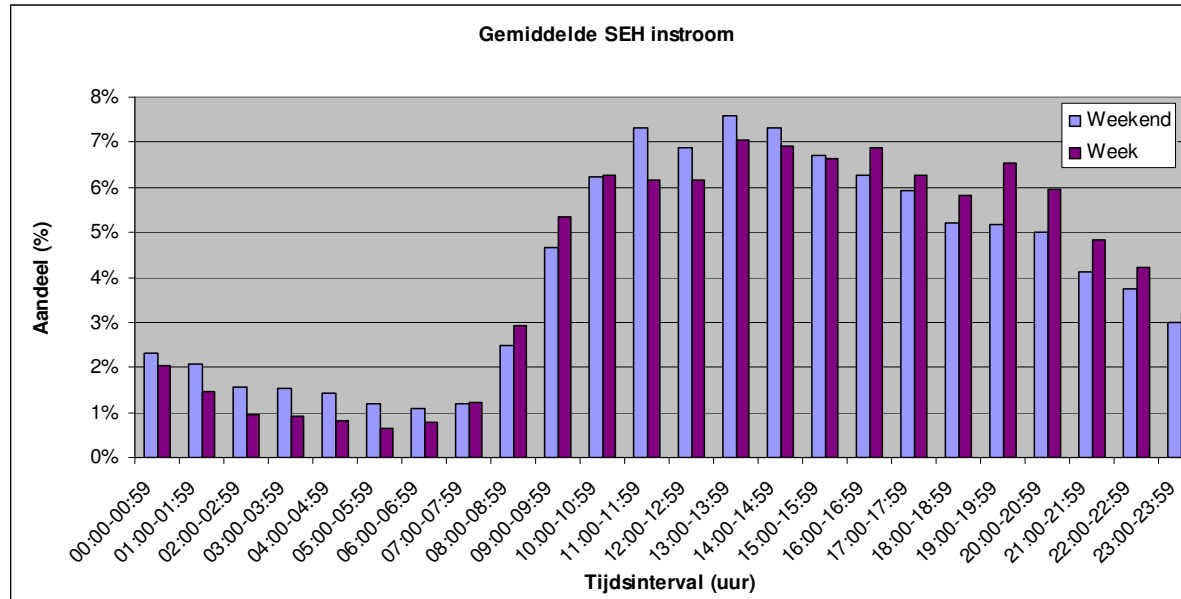
Tradeoff tussen bezetting en wachttijd



SEH*: toepassen van Erlang C

Erlang C model (praktijk wel complexer)

- Tijdsafhankelijke aankomsten

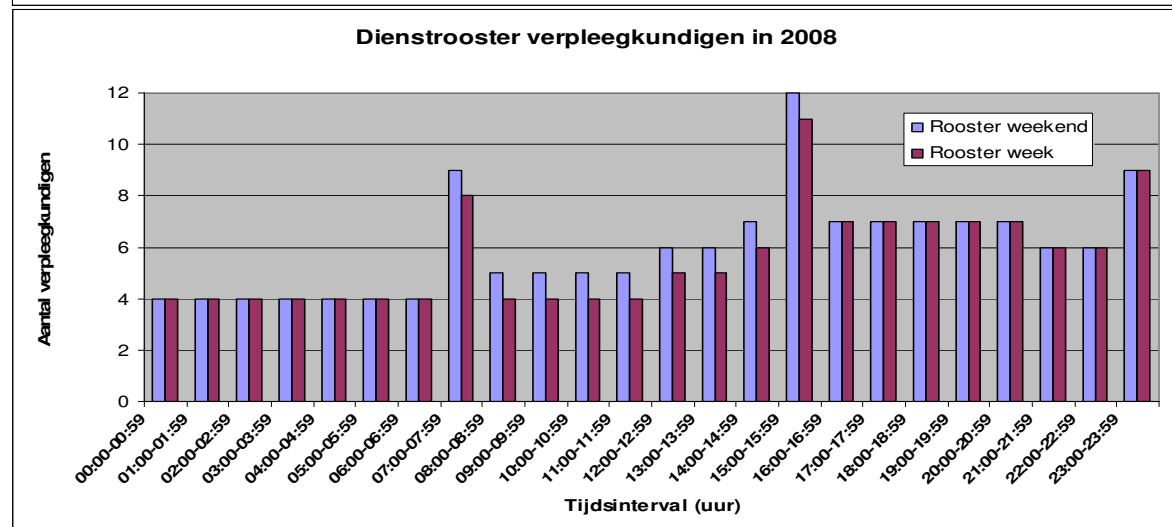
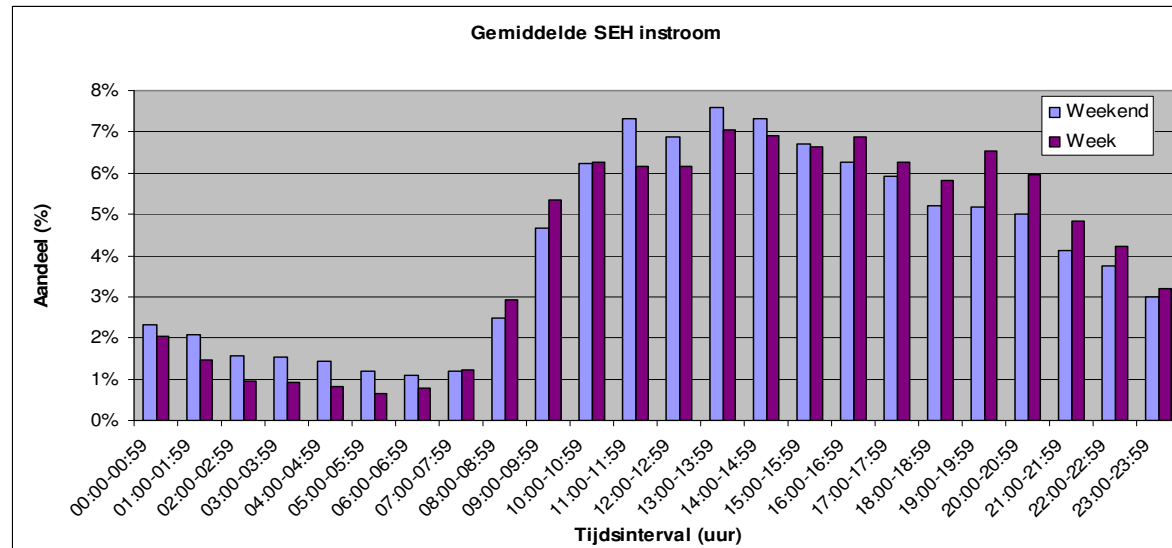


- Triage

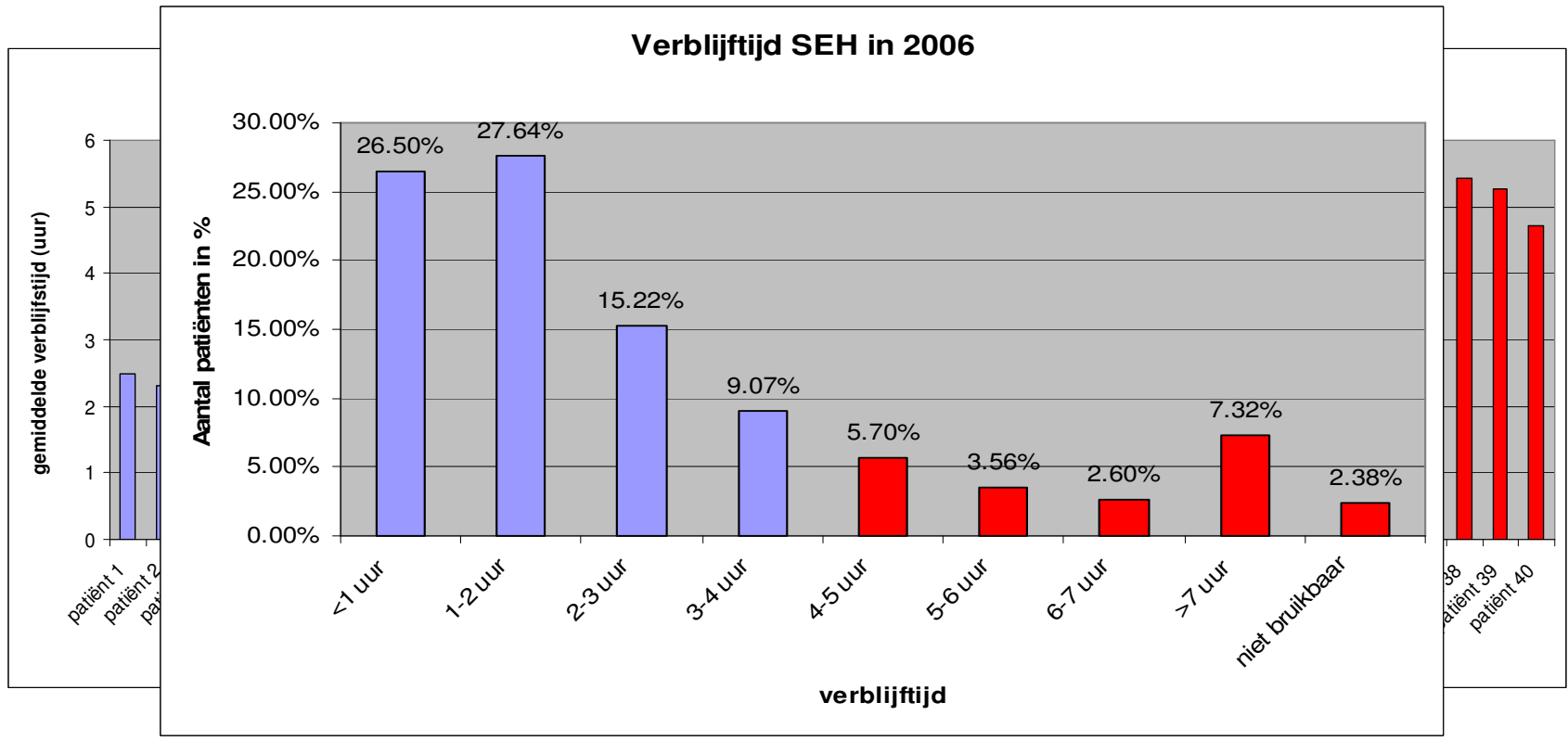
* Bron: BWI bedrijfscase 2008

SEH: tijdsafhankelijke aankomsten

Afstemmen
personeelsinzet
op zorgvraag



... eerst dataonderzoek



SEH: triage*

- Selectie van patiënten op basis van urgentie
- In NL: Manchester Triage Systeem (symptomen belangrijker dan diagnose)

Naam	Kleur	Wachttijd
Acuut	Rood	0 minuten
Zeer urgent	Oranje	10 minuten
Urgent	Geel	60 minuten
Standaard	Groen	120 minuten
Niet urgent	Blauw	240 minuten

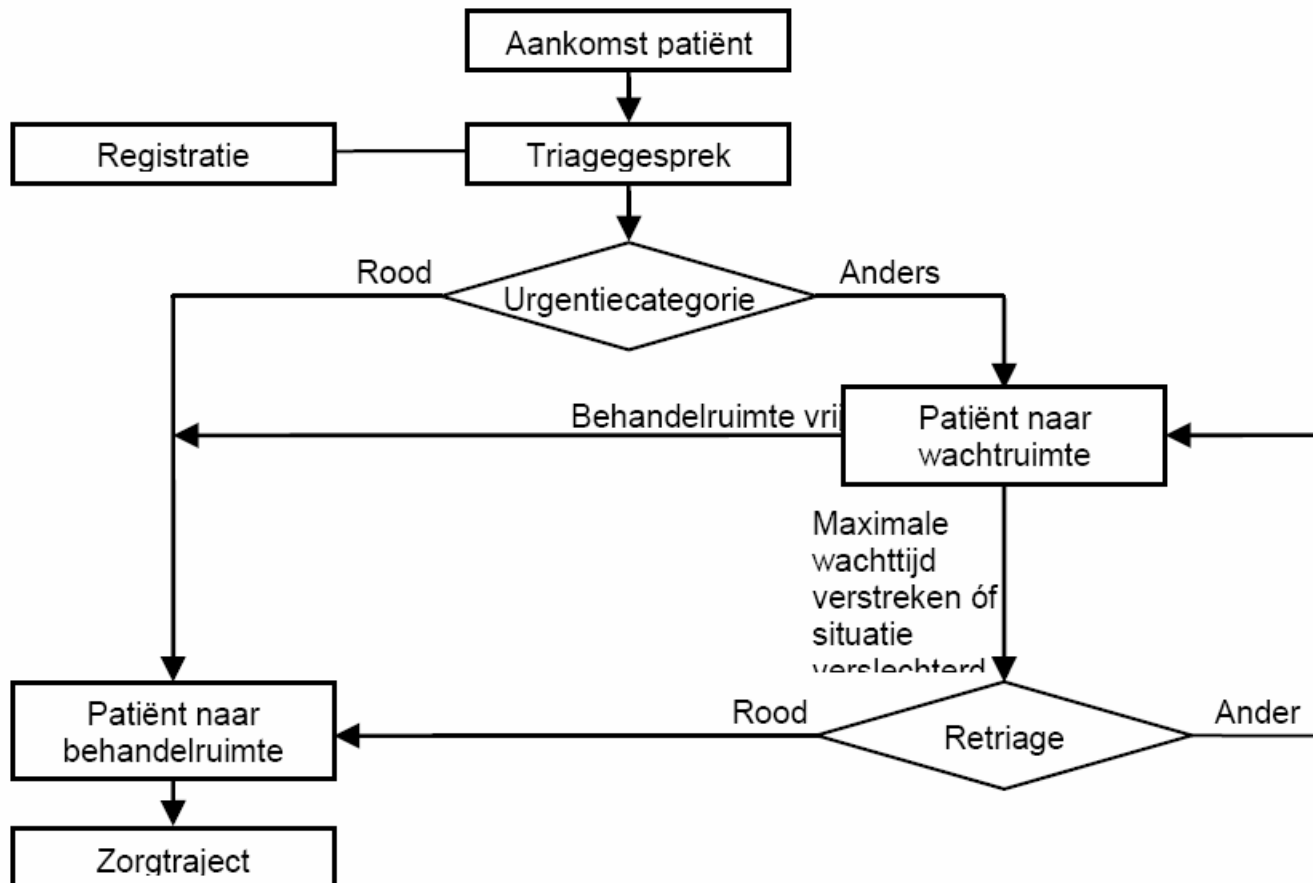
Tabel 1: Urgentietabel behorende bij het MTS

- Binnen urgentieklasse: FCFS

* Bron: BWI werkstuk Matthijs Kooij



Triageproces



Triage data

Verdeling van de urgentiekleuren:

Naam	Kleur	Percentage	Patiënten per jaar	Patiënten per dag
<i>Acuut</i>	<i>Rood</i>	1,17 %	429 patiënten	1,18 patiënten
<i>Zeer urgent</i>	<i>Oranje</i>	17,33 %	6356 patiënten	17,41 patiënten
<i>Urgent</i>	<i>Geel</i>	38,54 %	14131 patiënten	38,72 patiënten
<i>Standaard</i>	<i>Groen</i>	41,63 %	15266 patiënten	41,82 patiënten
<i>Niet urgent</i>	<i>Blauw</i>	1,33 %	488 patiënten	1,34 patiënten

Gemiddelde behandelduur prioriteitsklassen:

Naam	Kleur	Behandelduur
<i>Acuut</i>	<i>Rood</i>	80 minuten ¹
<i>Zeer urgent</i>	<i>Oranje</i>	53 minuten
<i>Urgent</i>	<i>Geel</i>	35 minuten
<i>Standaard</i>	<i>Groen</i>	23 minuten
<i>Niet urgent</i>	<i>Blauw</i>	19 minuten

Bron: richtlijn Triage op de spoedeisende hulp



Zonder triage

Resultaten Erlang C wachtrij*

# Behandelruimten	$E(W_q)$	$E(W)$	$E(L_q)$	$E(L)$
3	29,58	62,84	2,06	4,38
4	5,19	38,45	0,36	2,68
5	1,25	34,51	0,09	2,41
6	0,31	33,57	0,02	2,34
7	0,07	33,33	0,01	2,33
8	0,02	33,27	0,00	2,32
9	0,00	33,26	0,00	2,32
10	0,00	33,26	0,00	2,32

* Model komt niet geheel overeen met Erlang C met prioriteiten

Met triage

Erlang C met prioriteiten

# Behandelruimten	$E(W_{Q1})$	$E(W_{Q2})$	$E(W_{Q3})$	$E(W_{Q4})$	$E(W_{Q5})$
3	7,65	9,11	19,43	71,86	149,86
4	2,52	2,74	4,41	9,63	14,66
5	0,78	0,81	1,13	1,99	2,74
6	0,23	0,22	0,29	0,45	0,59
7	0,06	0,06	0,07	0,10	0,12

Conclusie:

- Ruim voldoende capaciteit → triage onnodig vanuit capaciteit
- Net voldoende capaciteit → triage is effectief

Een aantal onderwerpen

Unitlogistiek:

- Capaciteitsbepaling bij parallele servers
 - SEH
 - Verpleegafdelingen (VE)
- Dynamische bedallocatie (kliniek)
- Plannen van electieve patienten (polikliniek)
- Gezamenlijke resources (OK, MRI)

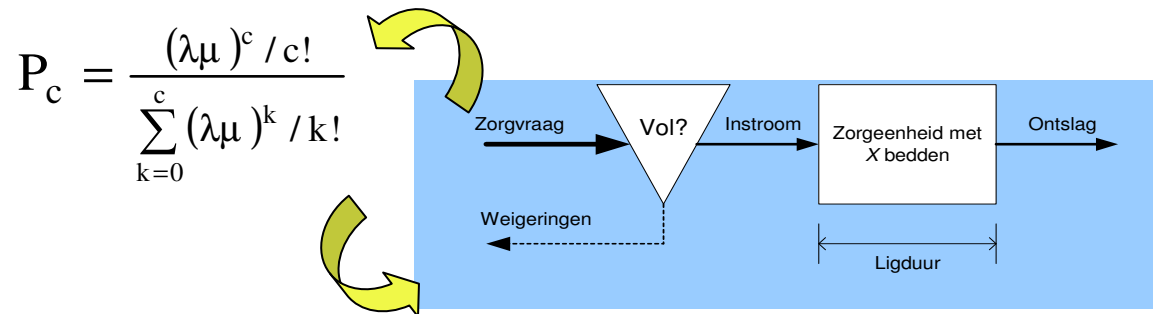
Ketenlogistiek:

- Doorstroom patienten
- Zorgpaden

Een wachtrijmodel: Erlang B

Kenmerken:

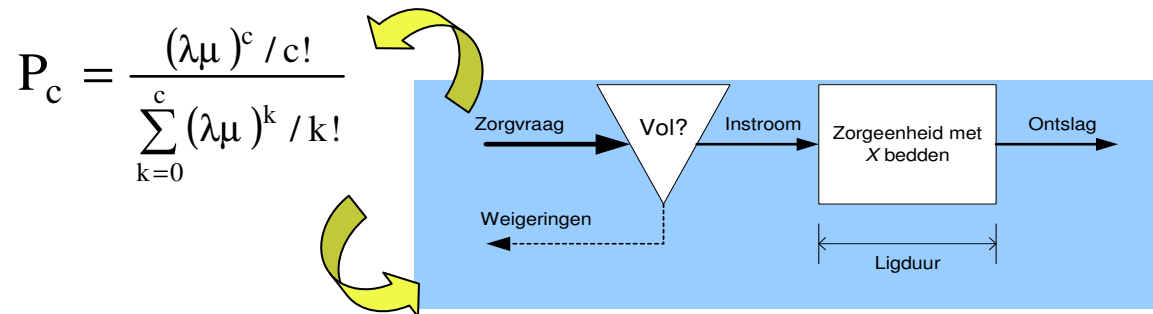
- Variatie in aankomsten klanten (patiënten)
- Variatie in bedieningsduur (behandeltijd)
- Aantal bedienden: C (bv bedden)
- Klant *geweigerd* wanneer alle bedienden bezet



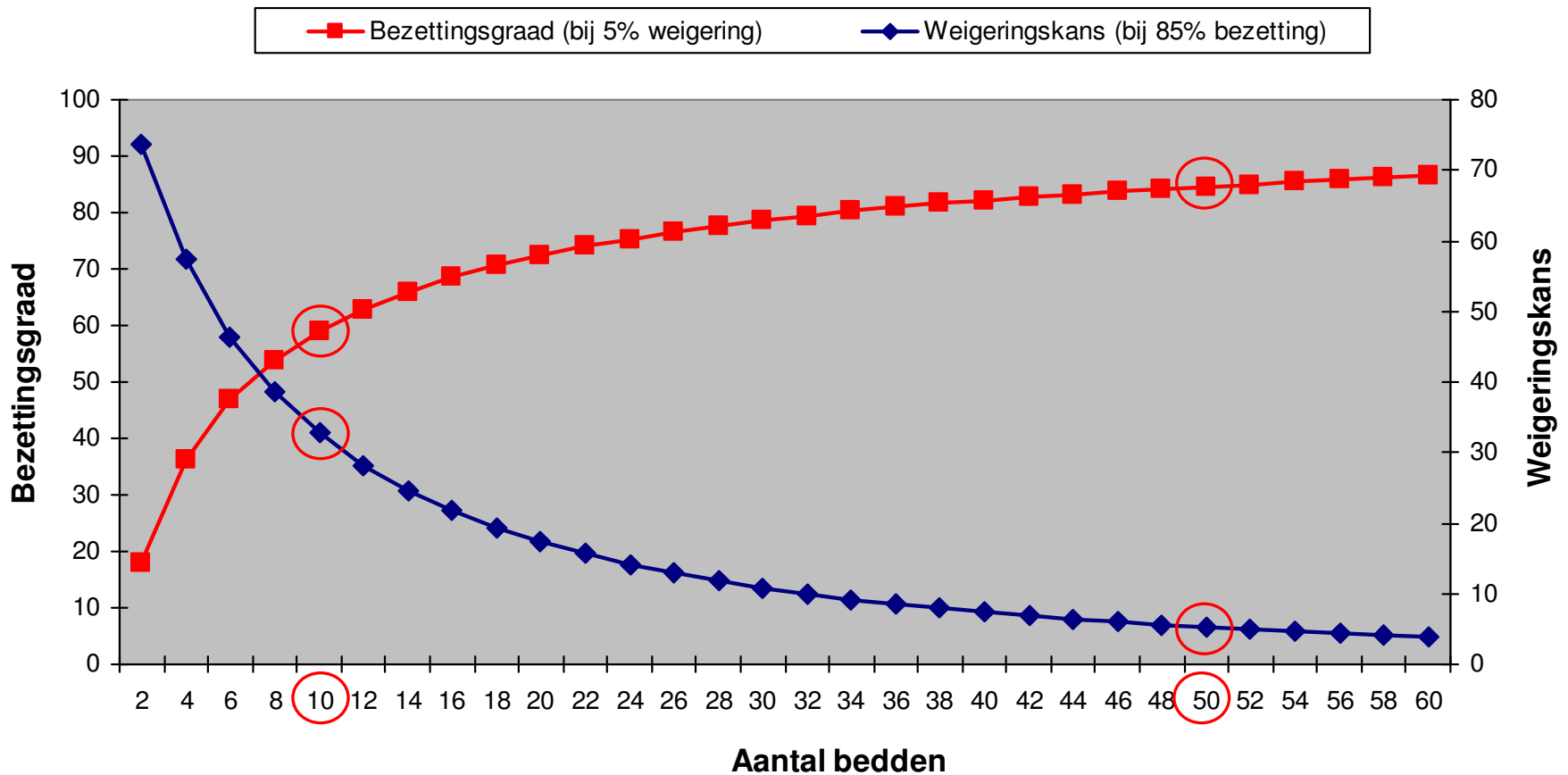
VE: toepassen van Erlang B

Patientenstroom door zorgeenheid:

- Aankomsten = zorgvraag
- Bedieningsduur = ligduur (LOS)
- C bedden
- Overplaatsen/afzeggen OK wanneer afdeling vol



Afdelingsgrootte, bedbezetting en weigerings%



Dynamische bedallocatie

Homogene patiëntengroepen:

- Schaalvoordelen
- Bedden *geheel* uitwisselbaar maken

Maar:

- Doorstroom verschillende specialismen garanderen
- Prioritering in patiënttypes

Oplossing:

- Combinatie van oormerken en afdeling voor overstroom



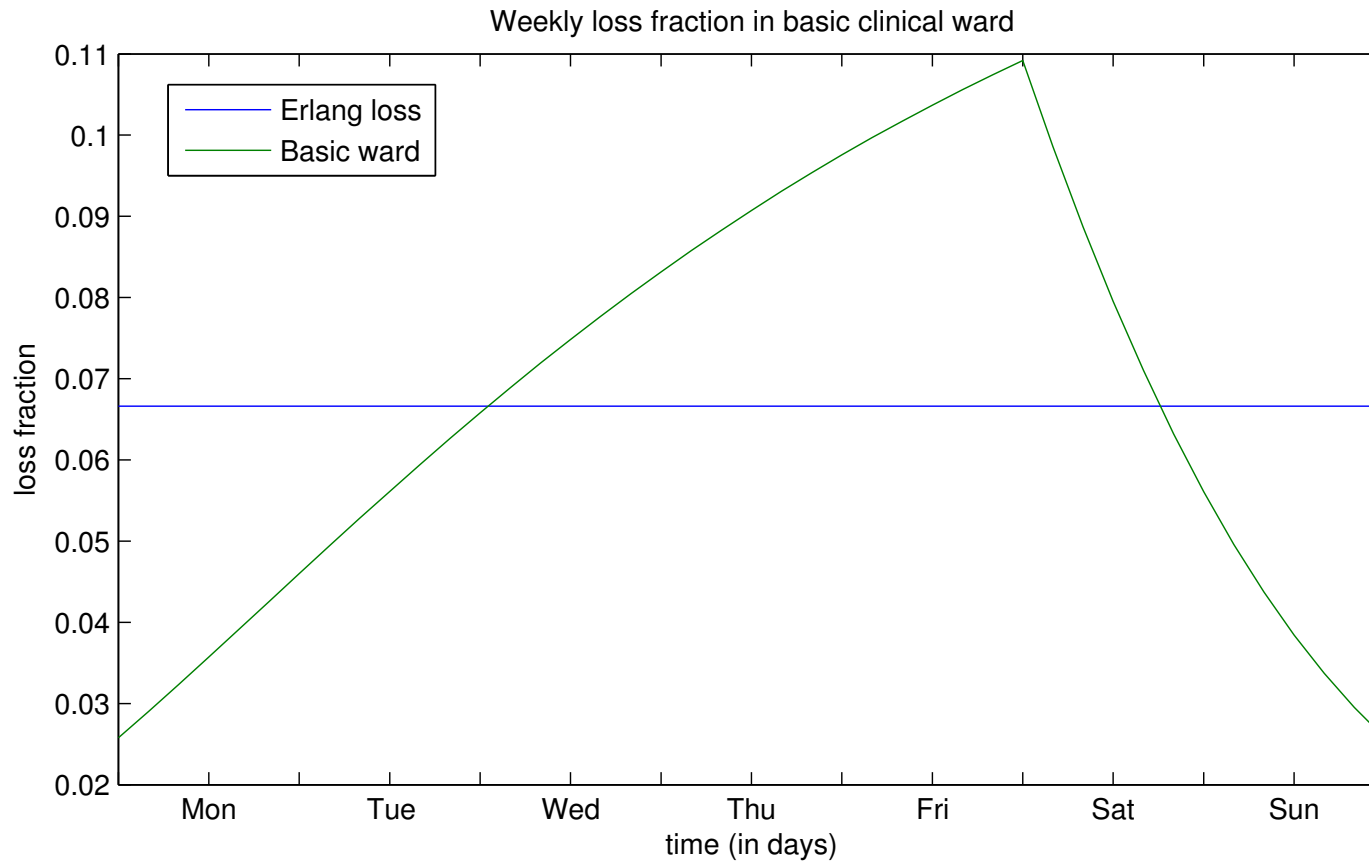
VE: het weekend effect

Getallenvoorbeeld:

- Instroom (gem 6 p/d):
 - Doordeweeks: gemiddeld 7,2 patiënten p/d
 - Weekend: gemiddeld 3 patiënten p/d
- ALOS = 4 days
- Gemiddeld vraag naar bedden: 24

- Aantal operationele bedden: 28
- Weigeringskans Erlang B: 6,7 %

VE weekend effect: weigeringskans



Opm: op basis van MOL benadering

Een aantal onderwerpen

Unitlogistiek:

- Capaciteitsbepaling bij parallele servers
 - SEH
 - Verpleegafdelingen (VE)
- Dynamische bedallocatie (kliniek)
- Plannen van electieve patienten (polikliniek)
- Gezamenlijke resources (OK, MRI)

Ketenlogistiek:

- Doorstroom patienten
- Zorgpaden



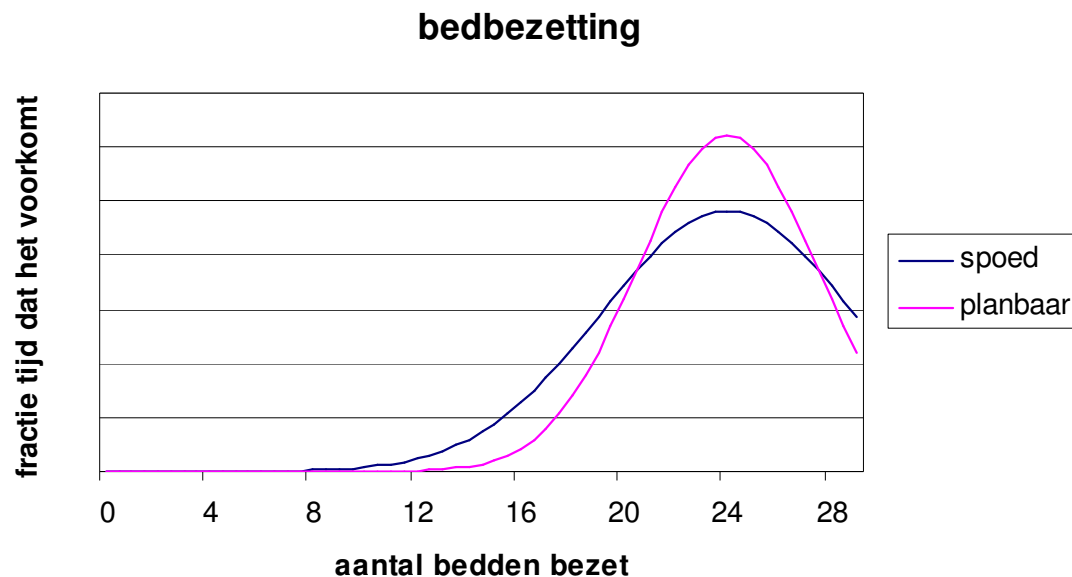
Ketenlogistiek

- Vaak: rekenen met gemiddelden (goede eerste stap)
- Belasting gehele ziekenhuis op strategisch niveau
- Veel aandacht i.v.m. zorgpaden

Hoe om te gaan met fluctuaties en onzekerheid ??

OK – IC keten

- Impact van fluctuatiereductie electieve instroom



- Doel: bestuderen samenhang OK planning en IC belasting
 - Ook: sessieverdeling over de dagen?

Benadering: Heavy traffic peakedness

$$z = 1 + (c_a^2 - 1)(1 - G)$$

Opmerkingen:

- Relatie met Gini coëfficiënt ?
- Variabiliteit: $c_a^2, 1 - G, z$
- z stijgend in c_a^2
- Impact z op ligduur hangt af van het teken van $c_a^2 - 1$

Bron: Whitt (1984)



'Conclusies'

OR en zorg kunnen hand in hand gaan, o.a. bij:

- Capaciteitbepaling (bij onzekerheid)
- Onderscheid patiëntengroepen (prioritering)
- Invloed van wijziging in in/uitstroom (o.a. tijdsafhankelijkheid)
- En meer logistieke principes ...

Logistieke uitgangspunten

Uit: A.M. de Bruin/M. Rouppe van der Voort/E. Wijnands

- Het primaire zorgproces is leidend
 - Logistiek & inhoud mogen nooit gescheiden worden
- “Optimale zorg optimaal organiseren”*

Albert Einstein:

“You can never solve a problem with the same mindset that created it in the first place”

