

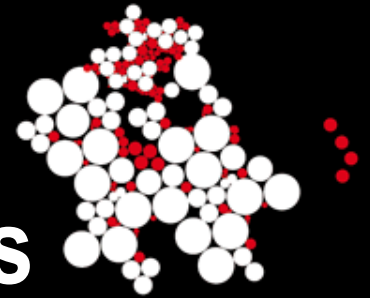
UNIVERSITY OF TWENTE.

Operations research solutions to improve the quality of healthcare

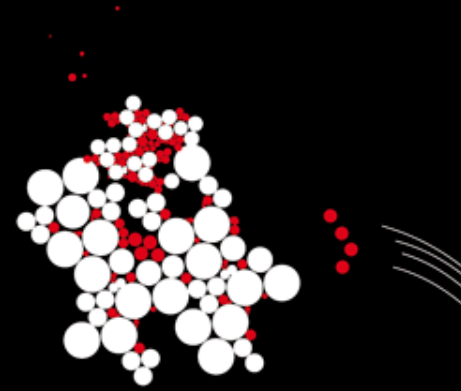
Richard J. Boucherie

Stochastic Operations Research – Applied Mathematics

Center for Healthcare Operations Improvement & Research




**We can sustain care
under reduced resources through
optimization of the logistical processes**



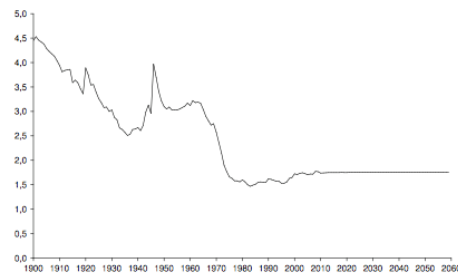


Importance of healthcare

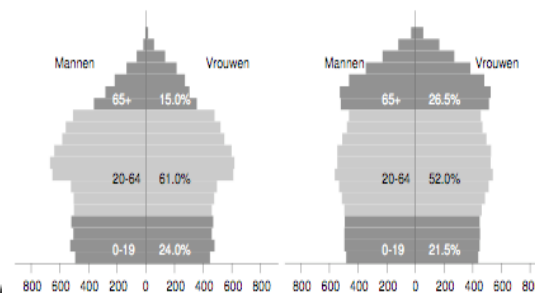
- Affects all in society
 - Ageing population
 - More chronically ill, co-morbidity
 - Increasingly advanced technology
 - Expenditures growing rapidly
- 

Dutch fraction working population in healthcare to 20%

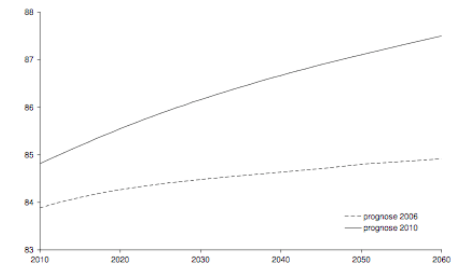
Figuur 1.1 Ontgroening: dalend kindertal per vrouw sinds eind jaren zestig, aantal kinderen per vrouw



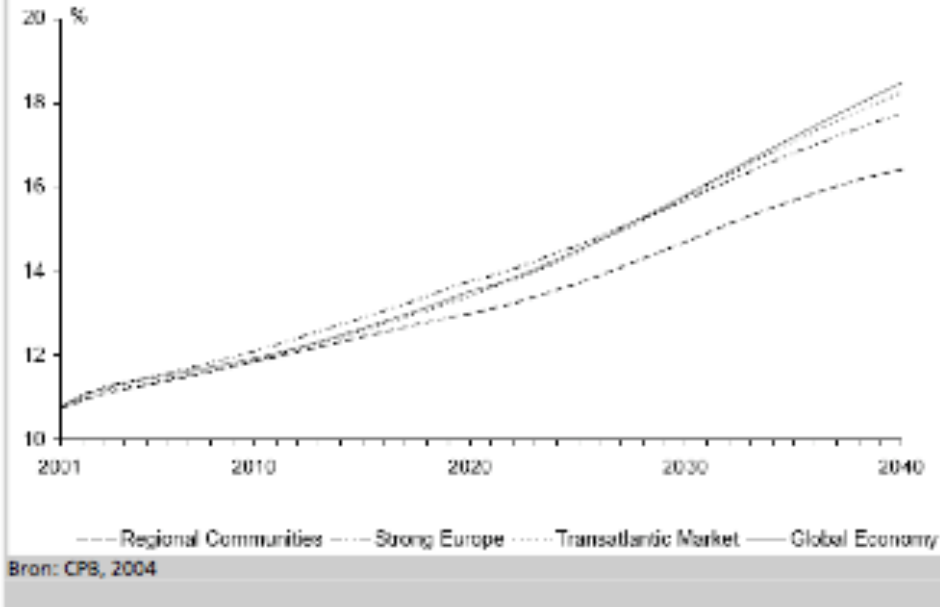
Figuur 2.3 Bevolkingspiramide 2008 (links) en 2040 (rechts)^a



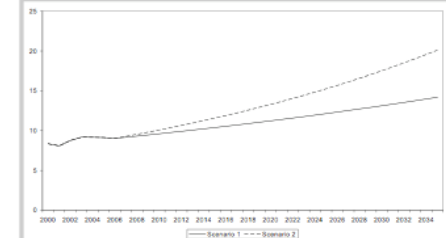
Figuur 1.2 Levensverwachting op 65 jaar, 2010-2060



Aandeel van de bedrijfstak zorg in de totale v

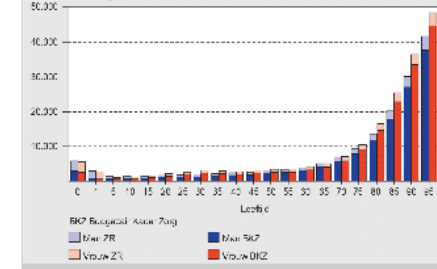


Figuur 1.6 Twee scenario's van de zorguitgaven als percentage van het bbp tot 2035



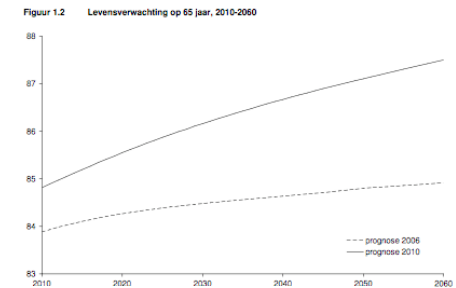
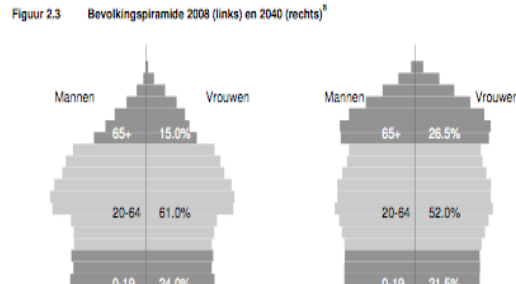
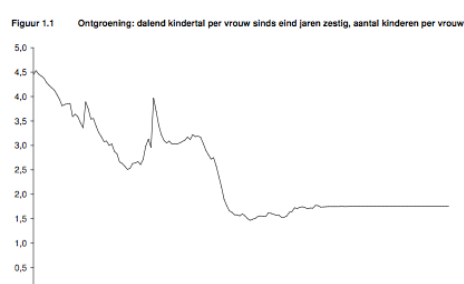
Bron: CBS, CPB, bewerkt door NYFER

Figuur 1.4 De gemiddelde zorguitgaven per leeftijd en geslacht in 2003 volgens Zorgrekeningen van het CBS en het Budgettair Kader Zorg (in €)

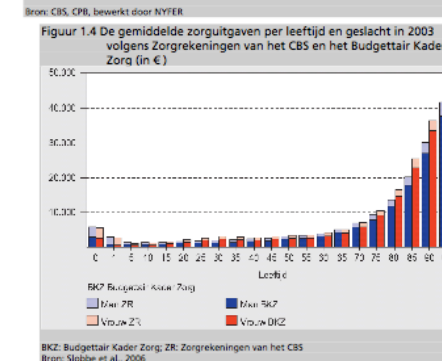
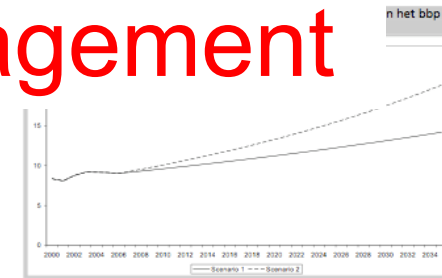
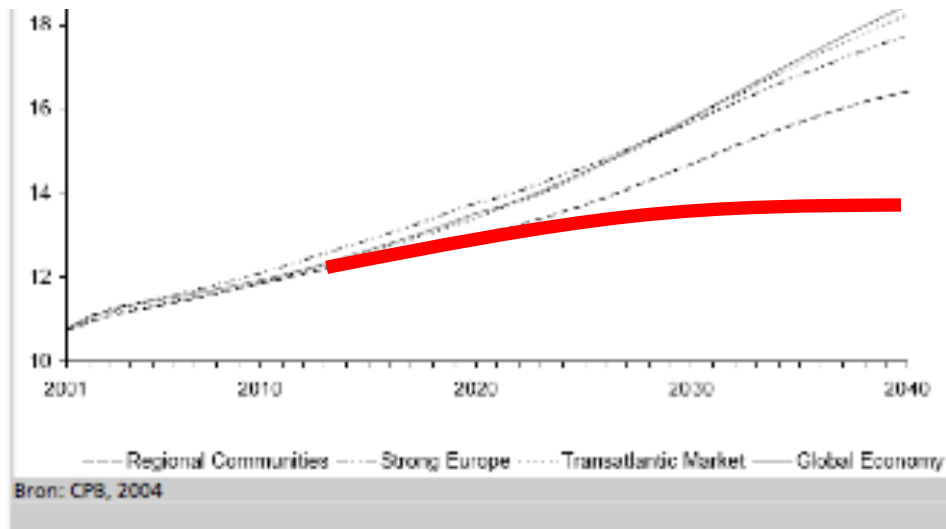


BKZ: Budgettair Kader Zorg; ZR: Zorgrekeningen van het CBS
Bron: Slobbe et al., 2006

Dutch fraction working population in healthcare to 13%



Data Driven Operations Management



CHOIR: topics and tools

Illustratie infographic: Anke Nobel

HELICOPTERVISIE OP ZIEKENHUIS VERKORT WACHTLIJSTEN

Onlangs eindigde het STW-onderzoeksprogramma LogiDOC, waarbinnen onderzoekers optimalisatie-algoritmen voor de ziekenhuiszorg ontwikkelden. Door de hele keten van spoedeisende hulp of polikliniek tot aan revalidatie in samenhang te plannen, verbetert de kwaliteit van zorg én van arbeid, en kunnen meer patiënten worden geholpen in dezelfde tijd.

Ambulanceplanning

Ambulances moeten binnen 15 minuten ter plaatse zijn. Een nieuw ontwikkeld model berekent per regio en per situatie

2. Diagnostiek

Voor diagnostische apparatuur zoals CT-scanners bestaan vaak lange wachttijden. Door het het infuus voor contrastvloeistof in een naburige ruimte aan te brengen en niet bij de scanner, kan de wachttijd omlaag van weken naar dagen. Tevens ontwikkelden de onderzoekers modellen

3. Operatiekamers

OK-tijd moet je niet bij voorbaat reserveren voor een bepaald specialisme, maar periodiek afstemmen op de behoefte. Meer tijd voor orthopedie als het vriest bijvoorbeeld, om alle botbreuken te repareren. Daarnaast moeten de starttijden van korte en lange ingrepen in verschillende OK's slim op elkaar worden afgestemd. Dan hoeven spoedgevallen zoals een acute keizersnede nooit lang te wachten.

4. Verpleegafdeling

Vaste operatiedagen per specialisme veroorzaken een sterk fluctuerende instroom in verpleegafdelingen. Door het OK-blokkenschema te optimaliseren en waar mogelijk verpleegafdelingen samen te voegen, wordt de piekbelasting beter verdeeld over de week. Daarmee is er meer aandacht voor de patiënt, minder werkdruk voor de verpleging en zijn er minder bedden nodig.

How to optimally roster nursing staff in the ward

acute opnameafdeling liggen. Dan blokkeren ze de SEH niet te lang, en zijn er geen verhuizingen nodig tussen verpleegafdelingen.

1b. Polikliniek

Het merendeel van de patiënten komt op afspraak via de polikliniek binnen. Door de verdeling tussen OK- en politijd van de specialisten flexibel te plannen en de huidige vaste blokken per specialist los te laten, vermindert zowel de wachttijd voor de patiënt als de werkdruk voor de arts.

5. Revalidatie

Door alle agenda's van de verschillende specialisten en therapeuten op elkaar af te stemmen en de afsprakenchema's te optimaliseren, hoeven patiënten niet meer op vijf verschillende dagen terug te komen. Een nieuw ontwikkeld wiskundig algoritme berekent een optimale mix van benodigde afspraken, en verlaagt daarmee de belasting voor de patiënt en de drukte op de poli.

20

STW

UPDATE

CHOIR: topics and tools

Illustratie infographic: Anke Nobel

HELICOPTERVISIE OP ZIEKENHUIS VERKORT WACHTLIJSTEN

Onlangs eindigde het STW-onderzoeksprogramma LogiDOC, waarbinnen onderzoekers optimalisatie-algoritmen voor de ziekenhuiszorg ontwikkelden. Door de hele keten van spoedeisende hulp of polikliniek tot aan revalidatie in samenhang te plannen, verbetert de kwaliteit van zorg én van arbeid, en kunnen meer patiënten worden geholpen in dezelfde tijd.



Ambulanceplanning

Ambulances moeten binnen 15 minuten ter plaatse zijn. Een nieuw ontwikkeld model berekent per regio en per situatie hoeveel ambulances op welke verzamelplaats moeten staan voor optimale aanrijdtijden met een minimale capaciteit.

1a. Spoedeisende hulp

Patiënten die binnenkomen op de spoedeisende hulp (SEH) kunnen tijdens het diagnostische traject het beste op een speciale acute opnameafdeling liggen. Dan blokkeren ze de SEH niet te lang, en zijn er geen verhuizingen nodig tussen verpleegafdelingen.

2. Diagnostiek

Voor diagnostische apparatuur zoals CT-scanners bestaan vaak lange wachttijden. Door het infuus voor contrastvloeistof in een naburige ruimte aan te brengen en niet bij de scanner, kan de wachttijd omlaag van weken naar dagen. Tevens ontwikkelden de onderzoekers modellen om te onderzoeken of diagnostiek ook 'op inloop' gepland kan worden.

1b. Polikliniek

Het merendeel van de patiënten komt op afspraak via de polikliniek binnen. Door de verdeling tussen OK- en polikliniek van de specialisten flexibel te plannen en de huidige vaste blokken per specialist los te laten, vermindert zowel de wachttijd voor de patiënt als de werkdruk voor de arts.

3. Operatiekamers

OK-tijd moet je niet bij voorbaat reserveren voor een bepaald specialisme, maar periodiek afstemmen op de behoefte. Meer tijd voor orthopedie als het vriest bijvoorbeeld, om alle botbreuken te repareren. Daarnaast moeten de starttijden van korte en lange ingrepen in verschillende OK's slim op elkaar worden afgestemd. Dan hoeven spoedgevallen zoals een acute keizersnede nooit lang te wachten.

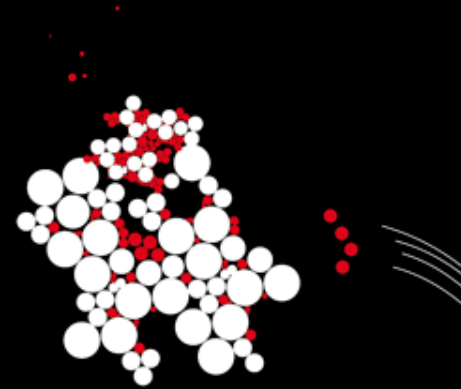
4. Verpleegafdeling

Vaste operatiedagen per specialisme veroorzaken een sterk fluctuerende instroom in verpleegafdelingen. Door het OK-blokkenschema te optimaliseren en waar mogelijk verpleegafdelingen samen te voegen, wordt de piekbelasting beter verdeeld over de week. Daarmee is er meer aandacht voor de patiënt, minder werkdruk voor de verpleging en zijn er minder bedden nodig.

5. Revalidatie

Door alle agenda's van de verschillende specialisten en therapeuten op elkaar af te stemmen en de afsprakenchema's te optimaliseren, hoeven patiënten niet meer op vijf verschillende dagen terug te komen. Een nieuw ontwikkeld wiskundig algoritme berekent een optimale mix van benodigde afspraken, en verlaagt daarmee de belasting voor de patiënt en de drukte op de poli.

**We can sustain care
under reduced resources through
optimization of the logistical processes**



CHOIR: topics and tools

Illustratie infographic Anke Nobel

HELICOPTERVIEW OP ZIEKENHUIS VERKORT WACHTLIJSTEN

Onlangs eindigde het STW-onderzoeksprogramma LogiDOC, waarbinnen onderzoekers optimalisatie-algoritmen voor de ziekenhuiszorg ontwikkelden. Door de hele keten van spoedeisende hulp of polikliniek tot aan revalidatie in samenhang te plannen, verbetert de kwaliteit van zorg en van arbeid, en kunnen meer patiënten worden geholpen in dezelfde tijd.

Ambulanceplanning

Ambulances moeten binnen 15 minuten ter plaatse zijn. Een nieuw ontwikkeld model berekent per regio en per situatie hoeveel ambulances op welke verzamelplaats moeten staan voor optimale aanrijtijden met een minimale capaciteit.



1a. Spoedeisende hulp

Patiënten die binnenkomen op de spoedeisende hulp (SEH) kunnen tijdens het diagnostische traject het beste op een speciale acute opnameafdeling liggen. Dan blokkeren ze de SEH niet te lang, en zijn er geen verhuizingen nodig tussen verpleegafdelingen.

2. Diagnostiek

Voor diagnostische apparatuur zoals CT-scanners bestaan vaak lange wachttijden. Door het het infuus voor contrastvloeistof in een naburige ruimte aan te brengen en niet bij de scanner, kan de wachttijd omlaag van weken naar dagen. Tevens ontwikkelden de onderzoekers modellen om te onderzoeken of diagnostiek ook 'op inloop' gepland kan worden.



1b. Polikliniek

Het merendeel van de patiënten komt op afspraak via de polikliniek binnen. Door de verdeling tussen OK- en polikliniek van de specialisten flexibel te plannen en de huidige vaste blokken per specialist los te laten, vermindert zowel de wachttijd voor de patiënt als de werkdruk voor de arts.

3. Operatiekamers

OK-tijd moet je niet bij voorbaat reserveren voor een bepaald specialisme, maar periodiek afstemmen op de behoefte. Meer tijd voor orthopedie als het vriest bijvoorbeeld, om alle botbreuken te repareren. Daarnaast moeten de starttijden van korte en lange ingrepen in verschillende OK's slim op elkaar worden afgestemd. Dan hoeven spoedgevallen zoals een acute keizersnede nooit lang te wachten.

4. Verpleegafdeling

Vaste operatiedagen per specialisme veroorzaken een sterk fluctuerende instroom in verpleegafdelingen. Door het OK-blokkenschema te optimaliseren en waar mogelijk verpleegafdelingen samen te voegen, wordt de piekbelasting beter verdeeld over de week. Daarmee is er meer aandacht voor de patiënt, minder werkdruk voor de verpleging en zijn er minder bedden nodig.

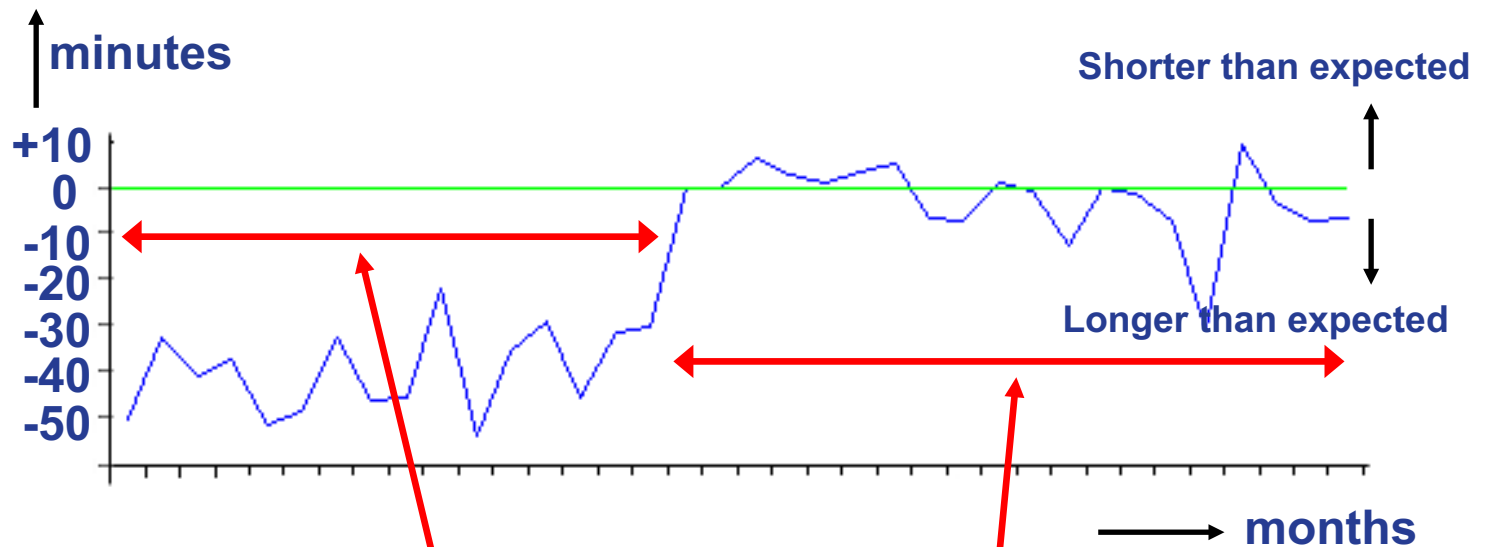


5. Revalidatie

Door alle agenda's van de verschillende specialisten en therapeuten op elkaar af te stemmen en de afspraken schema's te optimaliseren, hoeven patiënten niet meer op vijf verschillende dagen terug te komen. Een nieuw ontwikkeld wiskundig algoritme berekent een optimale mix van benodigde afspraken, en verlaagt daarmee de belasting voor de patiënt en de drukte op de poli.

Surgery durations

It all starts with proper data collection...

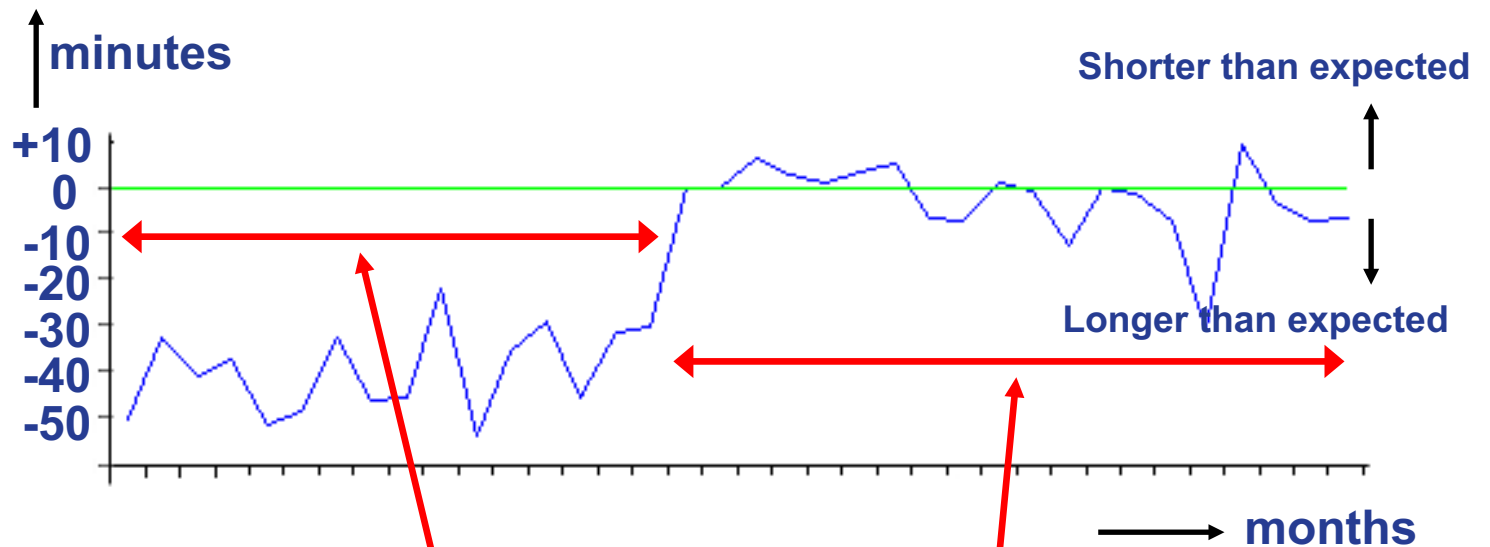


Planning based on surgeon's estimates

Planning based on historical averages

Surgery durations

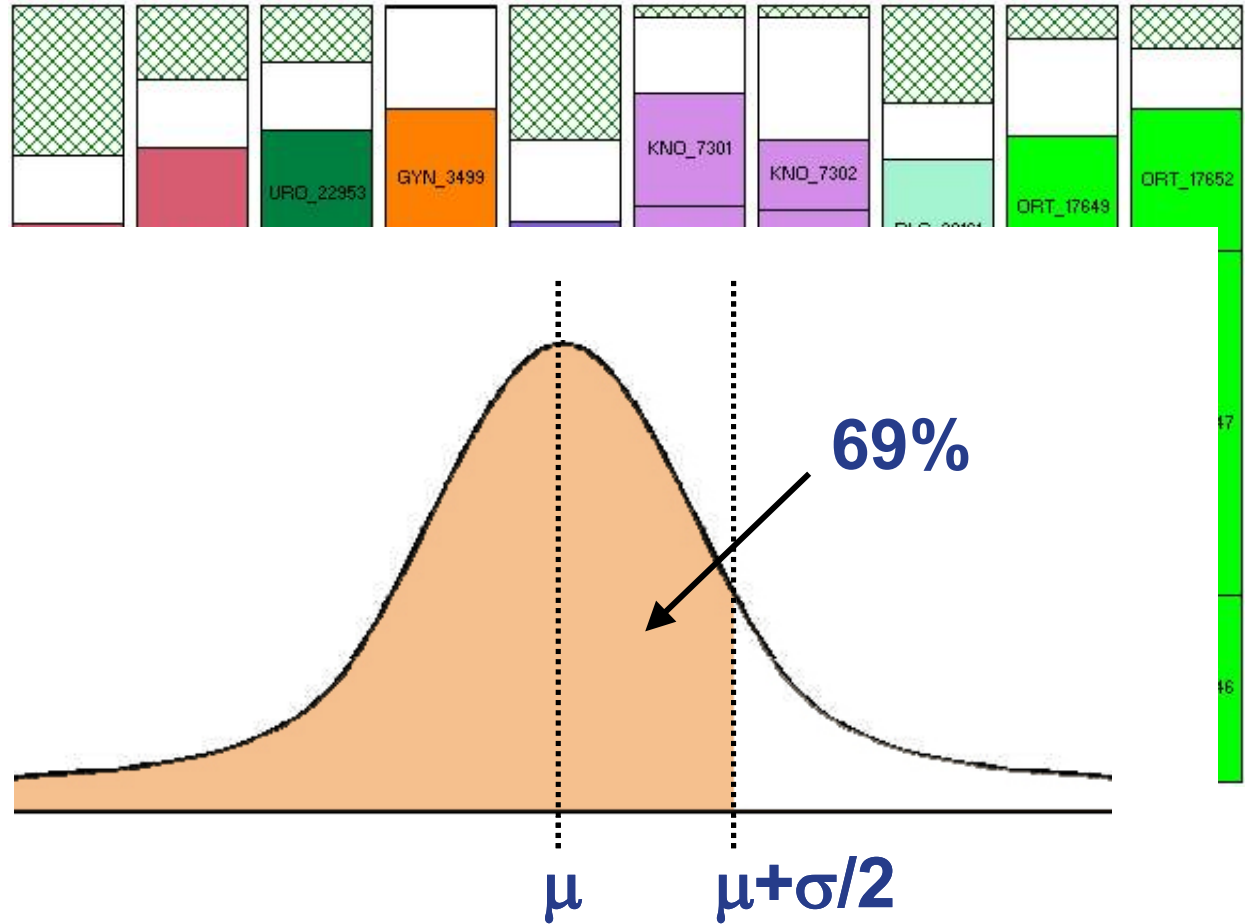
And requires validation of the planning tool..



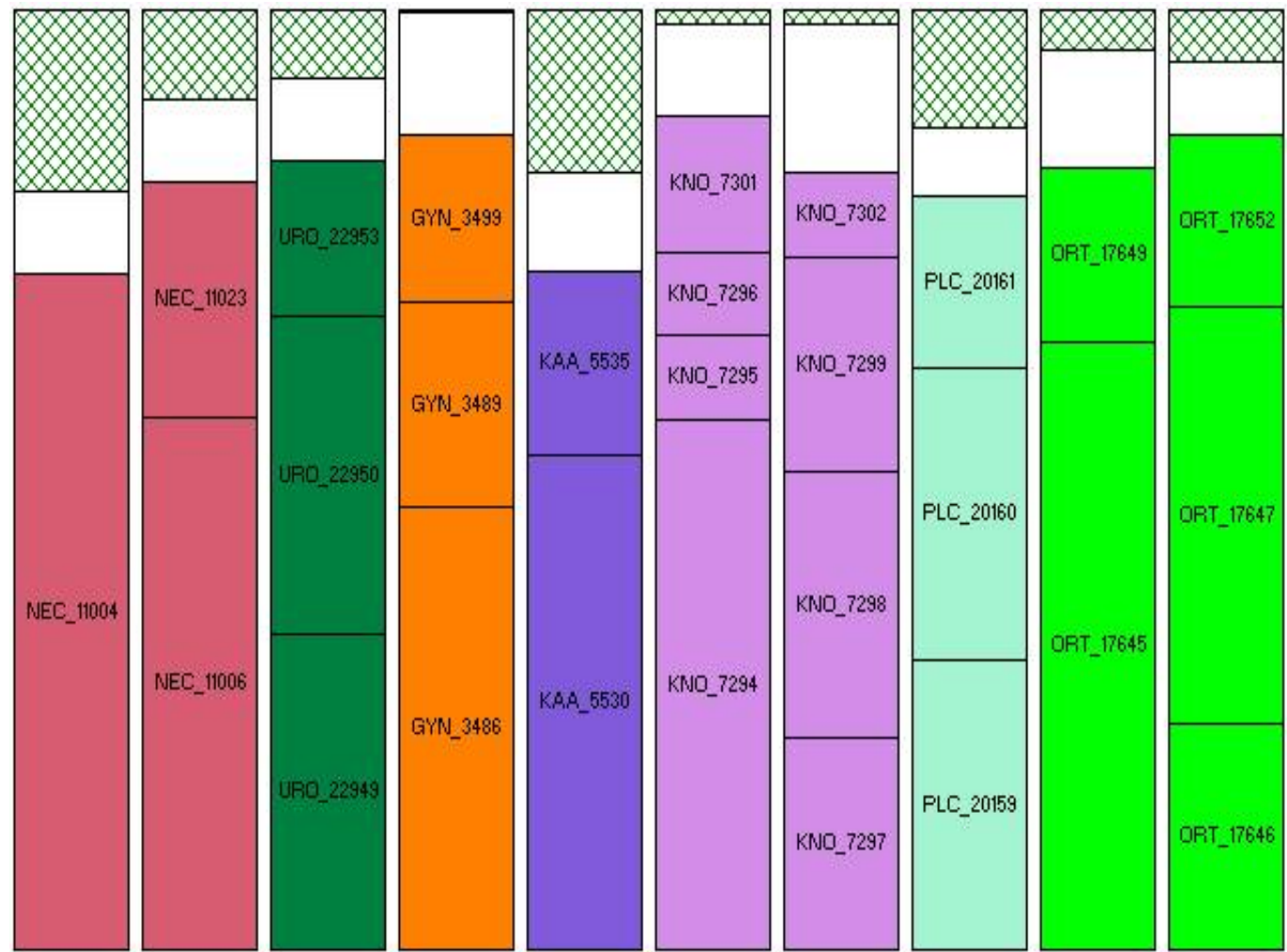
Planning based on surgeon's estimates

Planning based on historical averages

OT-planning – variation in surgery times



OT-planning



Master Surgical Schedule

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri
OR1	SUR (KLM)	SUR (VWL)	SUR (vwl/rur) HIPEC	SUR (Kidney)	SUR (VRP)
OR2	ENT	SUR (RUT)	Urology (hbs)	RT	Urology (MND)
OR3	ENT	Plas Sur	ENT	ENT	Plas Sur
OR4	SUR (COR)	Gyne	SUR Mamma	Plas Sur	Gyne
OR5	RT	SUR (SND/WOS)	RT (vwl/rur)	Urology (pel/bex)	Urology (P&B)
OR6	Urology (P&B)	SUR (VWL)	Gyne	SUR (ODB)	SUR (Cor/rur)

Master Surgical Schedule

It also starts with mathematical modelling...

$$\min \theta_1 * \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J o_{jt} * W_{jt} + \theta_2 * \sum_{b=1}^B \left[\frac{c_b}{\left[\sum_{i=1}^I q_{ib} * l_{ib} * s_i \right] / T} \right] * \max_{\tau \in T} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \psi_{trib} * q_{ib} * V_{ijt}$$

Subject to:

$$V_{ijt} \leq s_i * W_{jt}, \quad (i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J, \quad \tau = 1, \dots, T)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J V_{ijt} = s_i, \quad (i = 1, \dots, I) \quad \leftarrow \text{All surgeries assigned}$$

$$\begin{cases} \Pr[f_{jt}(V) \leq o_{jt}] \geq \alpha, & (j = 1, \dots, J, \quad t = 1, \dots, T) \\ \Pr[h_{kt}(V) \leq f_{kt}, & (k = 1, \dots, K)] \geq \delta, & (t = 1, \dots, T) \end{cases}$$

Probabilistic constraints for wards, ORs

$$V_{ijht} \in \{0, 1\}$$

$$W_{jt} \in \{0, 1\}$$

Master Surgical Schedule

maximizes the OT
utilization ↑

$$\min \theta_1 * \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J o_{jt} * W_j$$

levels the hospital bed

usage

$$+ \theta_2 * \sum_{b=1}^B \left[\frac{c_b}{\left[\frac{\sum_{i=1}^I q_{ib} * l_{ib} * s_i}{T} \right]} \right] * \max_{\tau \in T} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \psi_{trib} * q_{ib} * V_{ijt}$$

Subject to:

$$V_{ijt} \leq s_i * W_{jt}, \quad (i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J, \quad \tau = 1, \dots, T)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J V_{ijt} = s_i, \quad (i = 1, \dots, I) \quad \leftarrow \text{All surgeries assigned}$$

$$\begin{cases} \Pr[f_{jt}(V) \leq o_{jt}] \geq \alpha, & (j = 1, \dots, J, \quad t = 1, \dots, T) \\ \Pr[h_{kt}(V) \leq f_{kt}, & (k = 1, \dots, K)] \geq \delta, & (t = 1, \dots, T) \end{cases}$$

Probabilistic
constraints
for wards, ORs

$$V_{ijht} \in \{0, 1\}$$

$$W_{jt} \in \{0, 1\}$$

Master Surgical Schedule

maximizes the OT
utilization ↑

$$\min \theta_1 * \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J o_{jt} * W_j$$

levels the hospital bed
usage

$$+ \theta_2 * \sum_{b=1}^B \left[\frac{c_b}{\left[\sum_{i=1}^I q_{ib} * l_{ib} * s_i \right] / T} \right] * \max_{\tau \in T} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \psi_{\tau ib} * q_{ib} * V_{ijt}$$

Subject to:

$$V_{ijt} \leq s_i * W_{jt}, \quad (i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J, \quad \tau = 1, \dots, T)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J V_{ijt} = s_i, \quad (i = 1, \dots, I) \quad \leftarrow \text{All surgeries assigned}$$

$$\begin{cases} \Pr[f_{jt}(V) \leq o_{jt}] \geq \alpha, & (j = 1, \dots, J, \quad t = 1, \dots, T) \\ \Pr[h_{kt}(V) \leq f_{kt}, & (k = 1, \dots, K)] \geq \delta, & (t = 1, \dots, T) \end{cases}$$

Probabilistic
constraints
for wards, ORs

$$V_{ijht} \in \{0, 1\}$$

$$W_{jt} \in \{0, 1\}$$

Master Surgical Schedule

maximizes the OT
utilization \uparrow

levels the hospital bed
usage

$$\min \theta_1 * \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J o_{jt} * W_{jt} + \theta_2 * \sum_{b=1}^B \left[\frac{c_b}{\left[\sum_{i=1}^I q_{ib} * l_{ib} * s_i \right] / T} \right] * \max_{\tau \in T} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \psi_{\tau ib} * q_{ib} * V_{ijt}$$

Subject to:

$$V_{ijt} \leq s_i * W_{jt}, \quad (i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J, \quad \tau = 1, \dots, T)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J V_{ijt} = s_i, \quad (i = 1, \dots, I) \quad \leftarrow \text{All surgeries assigned}$$

$$\begin{cases} \Pr[f_{jt}(V) \leq o_{jt}] \geq \alpha, & (j = 1, \dots, J, \quad t = 1, \dots, T) \\ \Pr[h_{kt}(V) \leq f_{kt}, & (k = 1, \dots, K)] \geq \delta, & (t = 1, \dots, T) \end{cases}$$

$$V_{ijht} \in \{0, 1\}$$

$$W_{jt} \in \{0, 1\}$$

Probabilistic
constraints
for wards, OTs

Master Surgical Schedule

maximizes the OR
utilization \uparrow

levels the hospital bed
usage

$$\min \theta_1 * \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J o_{jt} * W_{jt} + \theta_2 * \sum_{b=1}^B \left[\frac{c_b}{\left[\sum_{i=1}^I q_{ib} * l_{ib} * s_i \right] / T} \right] * \max_{\tau \in T} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \psi_{trib} * q_{ib} * V_{ijt}$$

Subject to:

$$V_{ijt} \leq s_i * W_{jt}, \quad (i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J, \quad \tau = 1, \dots, T)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J V_{ijt} = s_i, \quad (i = 1, \dots, I) \quad \leftarrow \text{All surgeries assigned}$$

$$\begin{cases} \Pr[f_{jt}(V) \leq o_{jt}] \geq \alpha, & (j = 1, \dots, J, \quad t = 1, \dots, T) \\ \Pr[h_{kt}(V) \leq f_{kt}, & (k = 1, \dots, K)] \geq \delta, & (t = 1, \dots, T) \end{cases}$$

Probabilistic
constraints
for wards, OTs

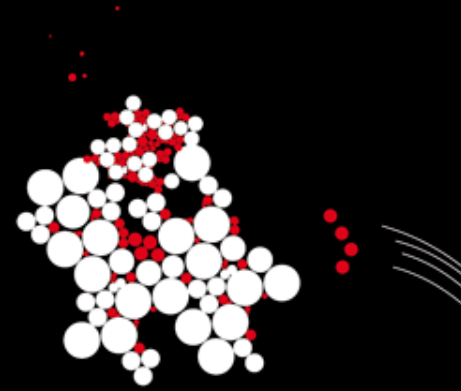
$$V_{ijht} \in \{0, 1\}$$

$$W_{jt} \in \{0, 1\}$$

Master Surgical Schedule

	OR 1	OR 2	OR 3	OR 4	OR 5	OR 6	OR 7	OR 8
MON	Green	Green	Green	Light Blue	Yellow	Green	Light Purple	Yellow
TUE	Pink	Green	Green	Pink	Pink	Pink	Light Purple	Pink
WED	Green	Green	Pink	Light Blue	Yellow	Light Blue	Light Purple	Yellow
THU	Green	Green	Green	Pink	Pink	Green	Light Purple	Light Blue
FRI	Pink	Pink	Pink	Light Blue	Yellow	Light Blue	Light Purple	Yellow

**We can sustain care
under reduced resources through
optimization of the logistical processes**

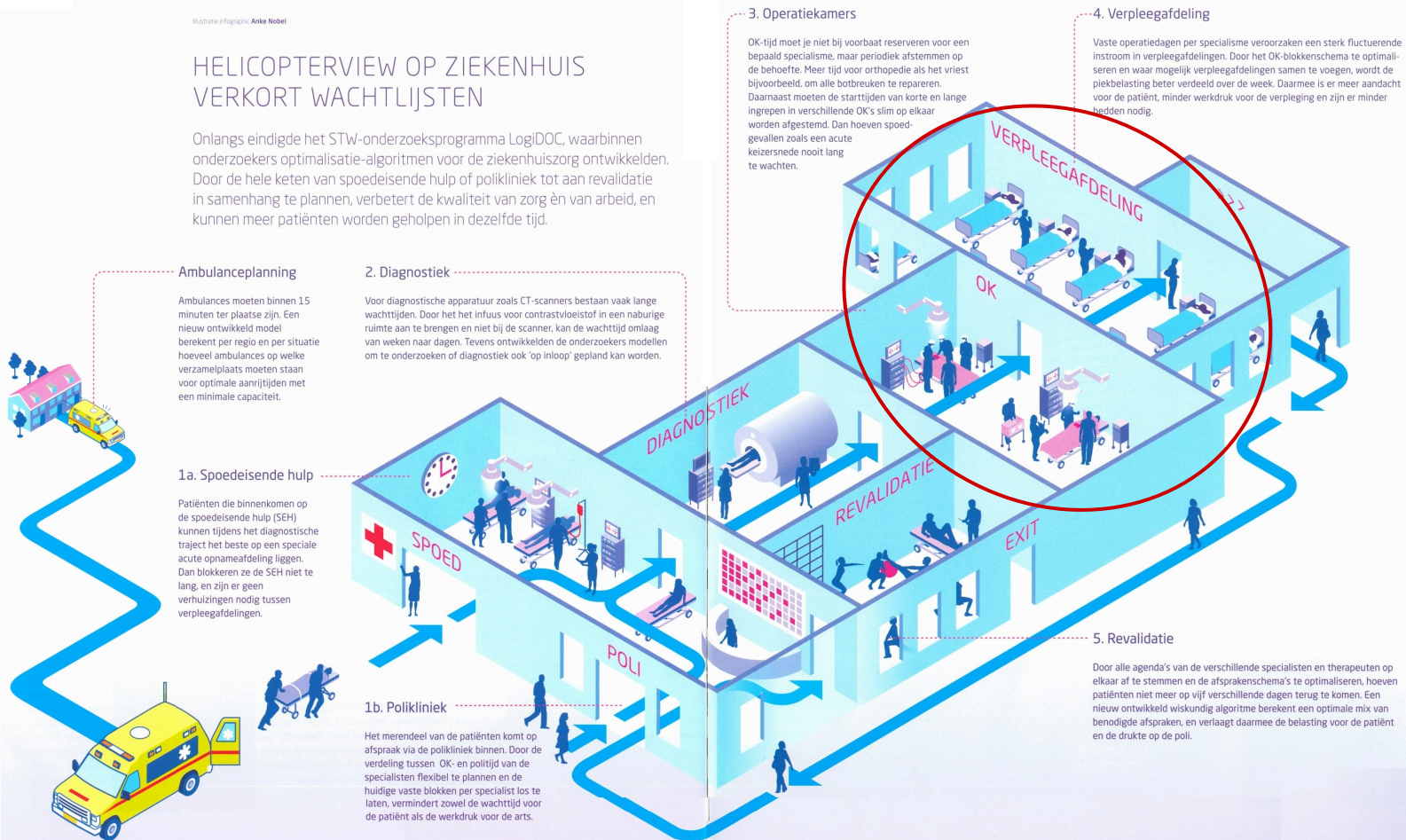


CHOIR: topics and tools

Illustratie infographic: Ankie Nobel

HELICOPTERVIEW OP ZIEKENHUIS VERKORT WACHTLIJSTEN

Onlangs eindigde het STW-onderzoeksprogramma LogiDOC, waarbinnen onderzoekers optimalisatie-algoritmen voor de ziekenhuiszorg ontwikkelden. Door de hele keten van spoedeisende hulp of polikliniek tot aan revalidatie in samenhang te plannen, verbetert de kwaliteit van zorg en van arbeid, en kunnen meer patiënten worden geholpen in dezelfde tijd.



20

STW

UPDATE



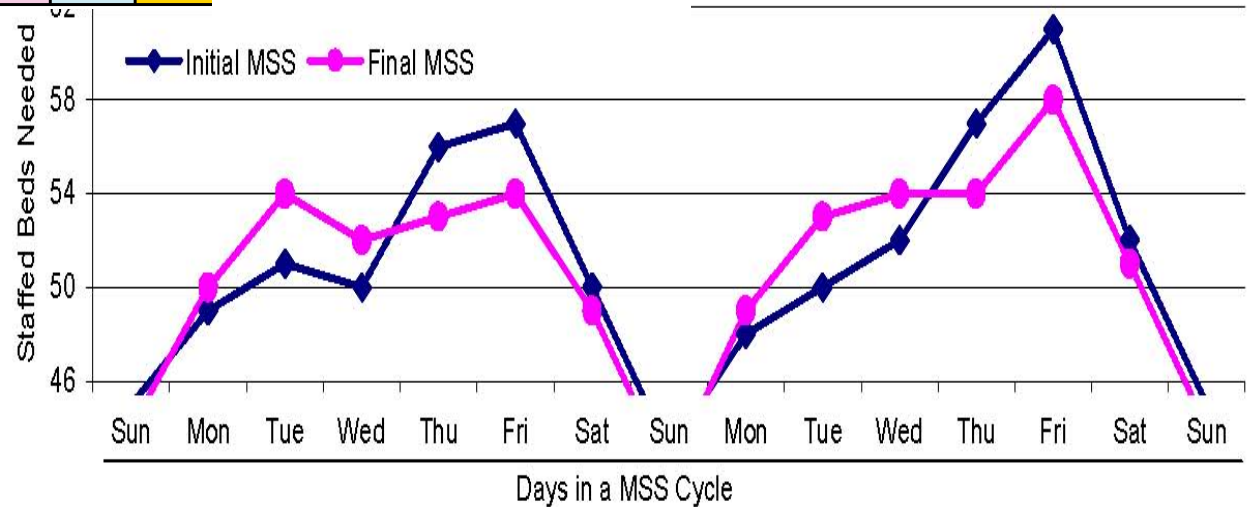
Relation Master Surgical Schedule OT → ward

	OR 1	OR 2	OR 3	OR 4	OR 5
MON	Green	Green	Green	Light Blue	Yellow
TUE	Pink	Green	Green	Pink	Pink
WED	Green	Green	Pink	Light Blue	Yellow
THU	Green	Green	Green	Pink	Pink
FRI	Pink	Pink	Pink	Light Blue	Yellow



Relation Master Surgical Schedule OT → ward

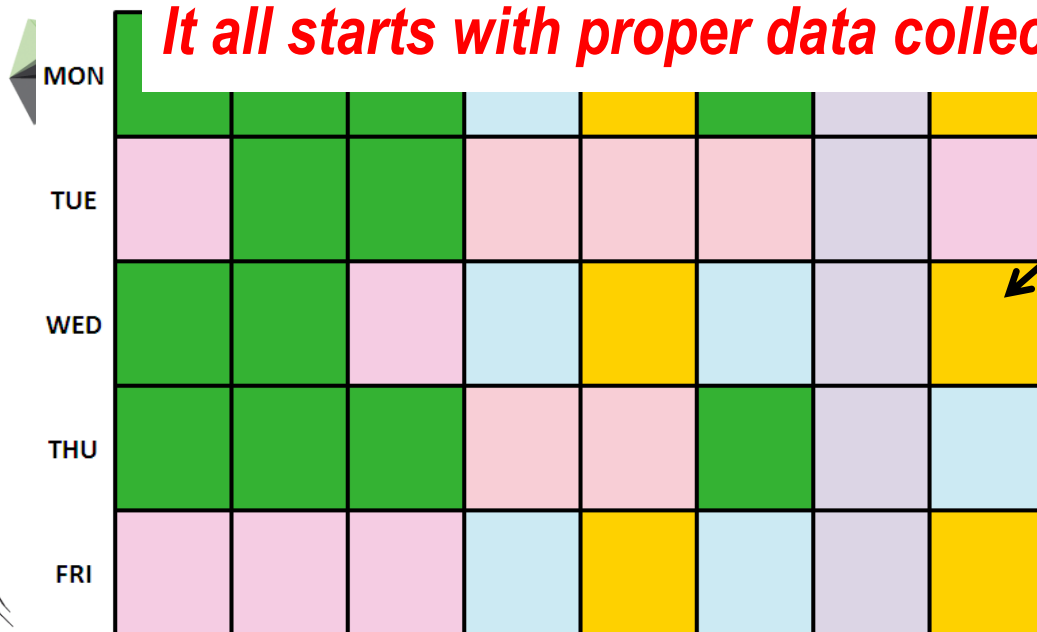
	OR 1	OR 2	OR 3	OR 4	OR 5
MON	Green	Green	Green	Light Blue	Yellow
TUE	Pink	Green	Green	Pink	Pink
WED	Green	Green	Pink	Light Blue	Yellow
THU	Green	Green	Green	Pink	Pink
FRI	Pink	Pink	Pink	Light Blue	Yellow





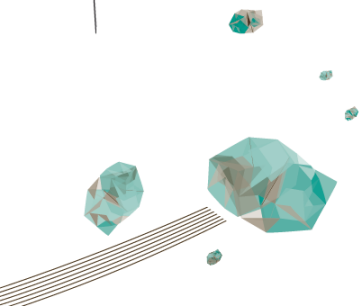
Influence of OT schedule on wards

It all starts with proper data collection...



Surgeries in block

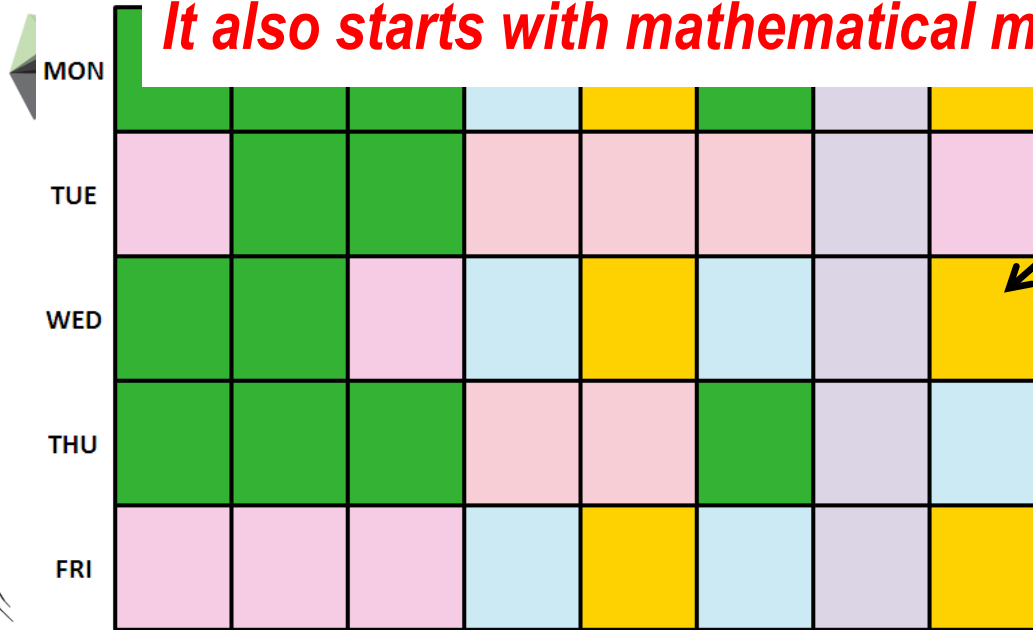
Distribution number of patients from block at ward in subsequent days





Influence of OT schedule on wards

It also starts with mathematical modelling...



Surgeries in block

Distribution number of patients from block at ward in subsequent days

1. Single OT block
2. Single MSS cycle

Distribution of demand at ward

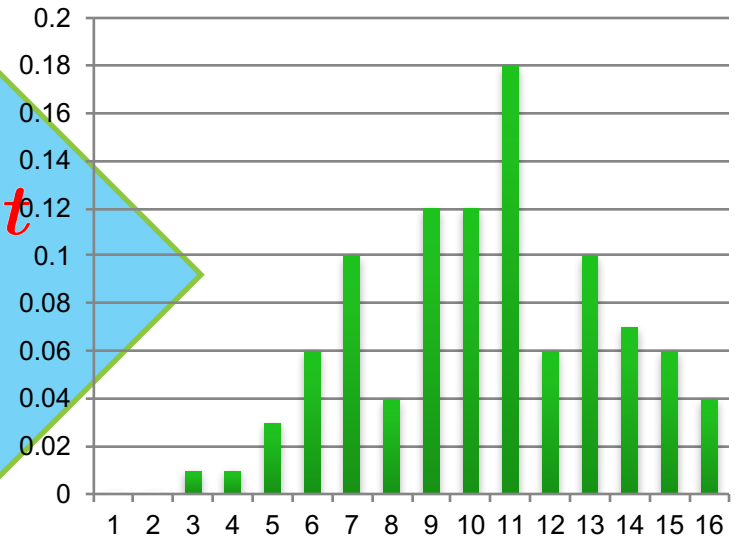
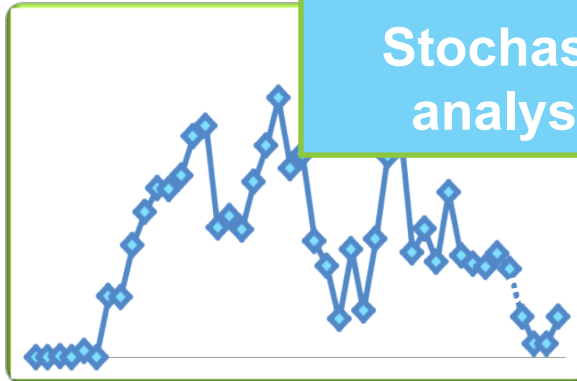
$$Z_{q,t}^k(x)$$

Influence of OT and Emergency Dept on wards



$$\hat{Z}_{q,t}^k, \forall k, q, t$$

Stochastic analysis



Number of beds

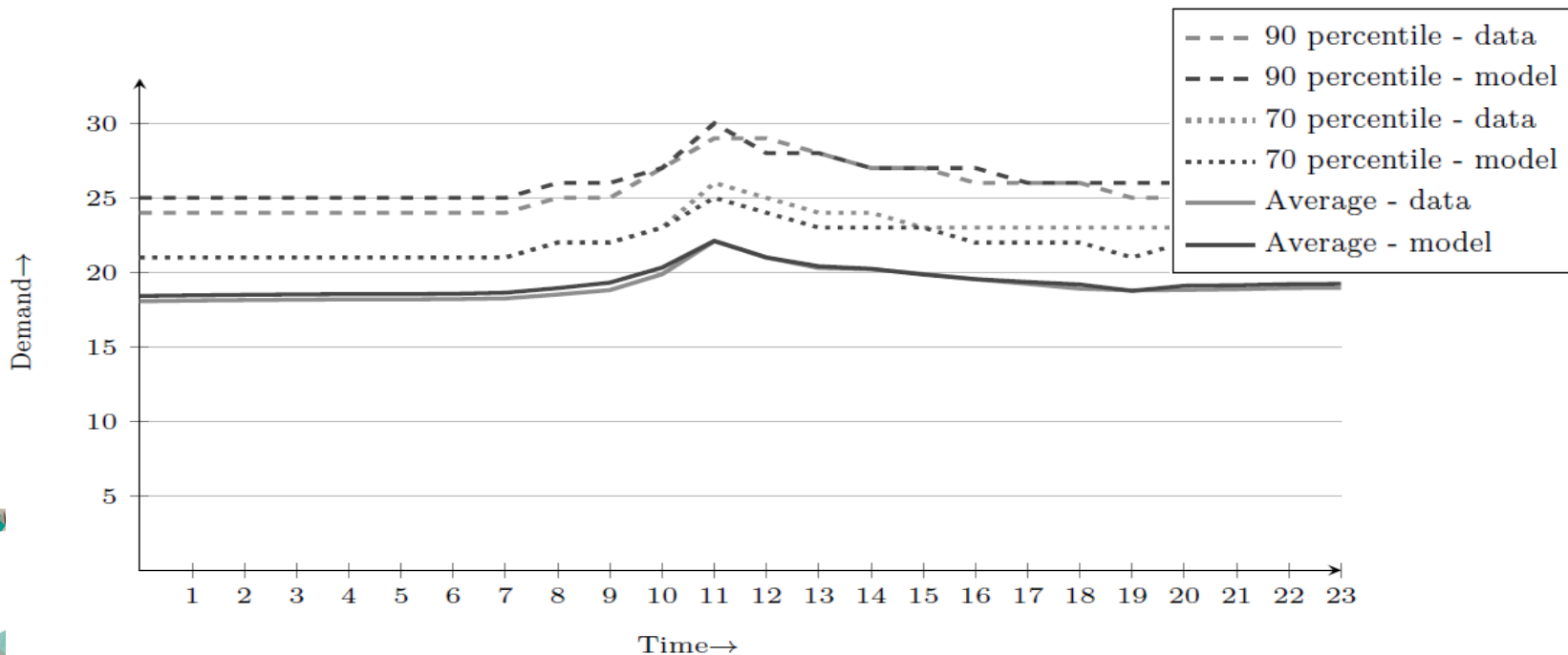
Influence of OT and Emergency Dept on wards

Unit	Capacity (# beds)	Utilization (%)	Specialties	Admissions		Avg. LOS (days)	Avg. demand (# patients)
				El.	Ac.		
A	32	53.2	GEN	611	901	3.31	6.88
			URO	818	1157	3.68	9.99
B	24	55.6	VAS	257	634	8.30	10.16
			PLA	639	288	2.29	2.91
C	24	54.4	TRA	337	1200	5.88	12.41
D	24	60.6	ORT	836	845	6.23	14.38

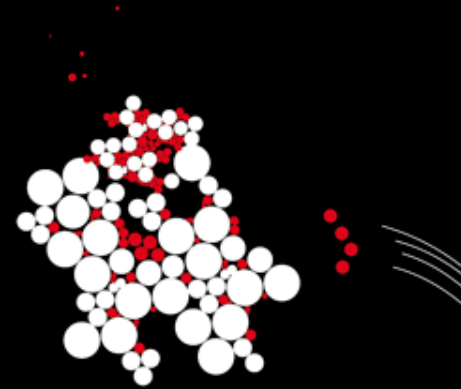
Influence of OT and Emergency Dept on wards

And requires validation of the prediction..

- Prediction vs realisation of required number of beds



**We can sustain care
under reduced resources through
optimization of the logistical processes**



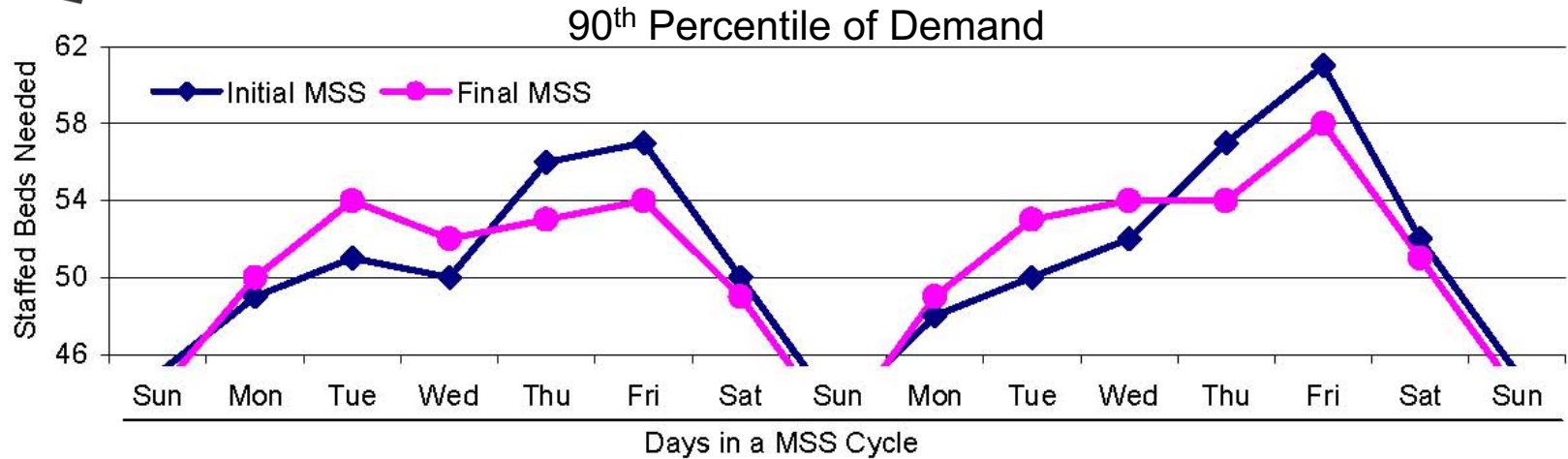


Relation Master Surgical Schedule OT → ward

	OR 1	OR 2	OR 3	OR 4	OR 5
MON	Green	Green	Green	Light Blue	Yellow
TUE	Pink	Green	Green	Pink	Pink
WED	Green	Green	Pink	Light Blue	Yellow
THU	Green	Green	Green	Pink	Pink
FRI	Pink	Pink	Pink	Light Blue	Yellow



Influence of OT schedule on wards



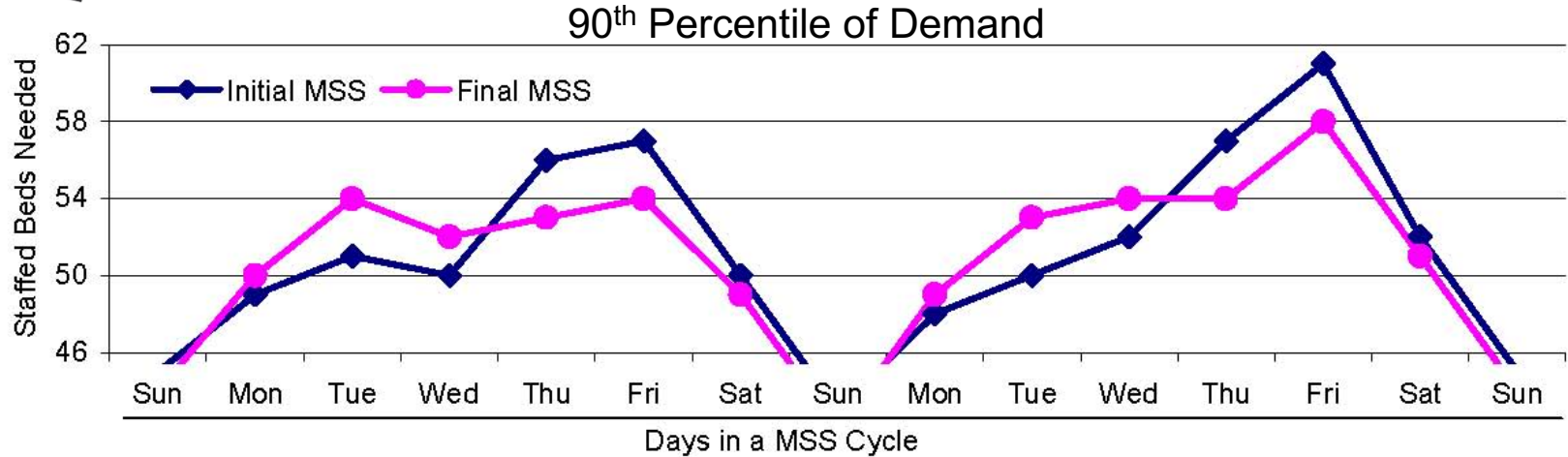
Initial MSS

- 1/10 days required 61 staffed beds
- 4/10 days required > 54 staffed beds
- 2/10 days required < 50 staffed beds
- Other days required b/w 50 & 54

Final MSS

- 1/10 days required 58 staffed beds
- 9/10 days required b/w 50 & 54
- Further discussion is ongoing to change physician schedules to eliminate peak in week 2

Influence of OT schedule on wards

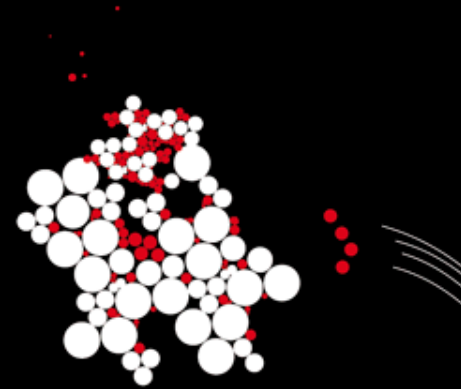


6th OT without need for extra nursing staff

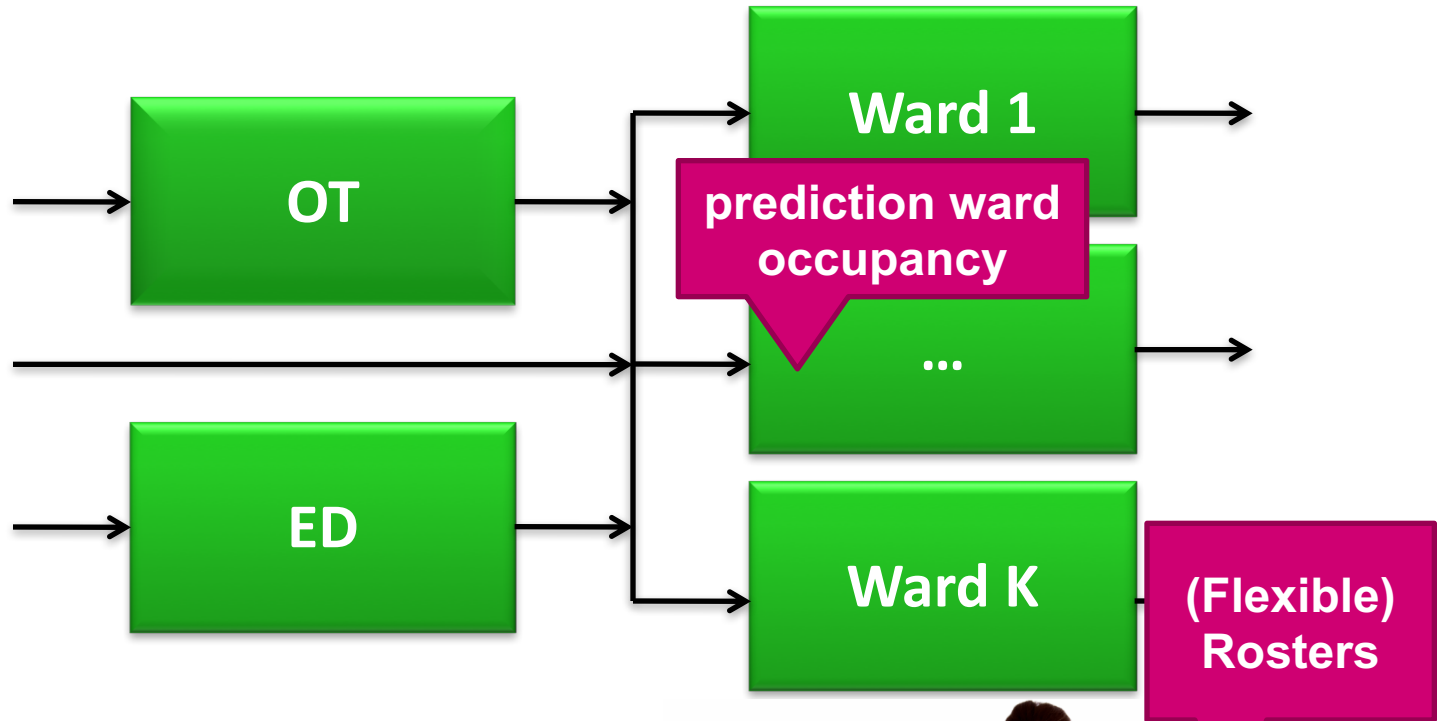
- Other days required b/w 50 & 54

change physician schedules to eliminate peak in week 2

**We can sustain care
under reduced resources through
optimization of the logistical processes**



(Flexible) nurse rostering



(Flexible) nurse rostering

- Complete coverage
of all beds
- Coverage
based on prediction of demand
- Flexible rosters
*based on prediction of demand
with pool of float nurses*

$$s_{q,\tau}^k = \left[\frac{M^k}{r_{q,\tau}^k} \right]$$

$$d_{q,\tau}^k, f_{q,\tau}$$

(Flexible) nurse rostering

- i. Nurse-to-patient coverage $\frac{r_{q,\tau}^k \cdot s_{q,\tau}^k}{x^k}$
- ii. Coverage minimum β^k
- iii. Coverage compliance α^k
- iv. Flexibility ratio γ^k
- v. Fair float nurse assignment

1+

0.7 - 1

0 - 0.7

Cost efficient assignment satisfying all medical requirements

(Flexible) nurse rostering



$$\min z_F = \omega_d s_{q,\tau}^k$$

$$\text{s.t. } s_{q,\tau}^k \geq S^k$$

$$s_{q,\tau}^k \geq \left\lceil \beta^k \cdot M^k / r_{q,\tau}^k \right\rceil$$

$$c_{q,\tau}^k (s_{q,\tau}^k, r_{q,\tau}^k) \geq \alpha^k$$





← staffing minimum

← coverage minimum

← coverage compliance

FIXED STAFFING MODEL

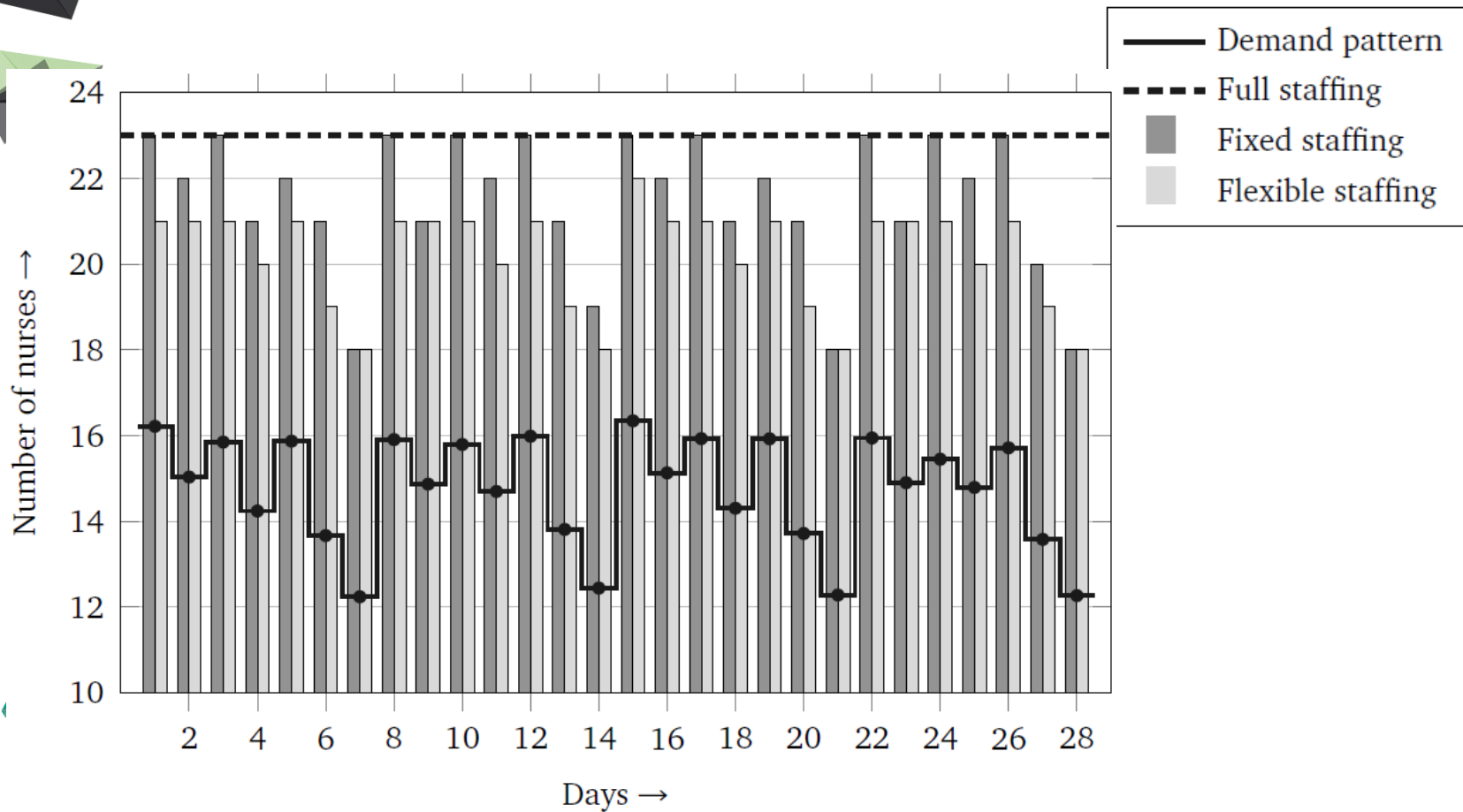
(Flexible) nurse rostering

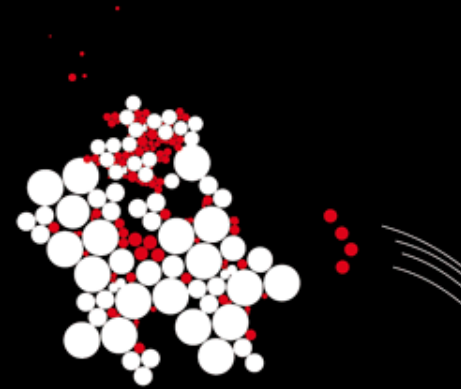
$$\begin{aligned}
 \min \quad & z_E = \omega_f f_{q,\tau} + \sum_k \omega_d d_{q,\tau}^k \\
 \text{s.t.} \quad & d_{q,\tau}^k \geq S^k && , \text{ for all } k, \\
 & d_{q,\tau}^k \geq \left\lceil \beta^k \cdot M^k / r_{q,\tau}^k \right\rceil && , \text{ for all } k, \\
 & c_{q,\tau}^k(\mathbf{d}_{q,\tau}, f_{q,\tau}, r_{q,\tau}^k) \geq \alpha^k && , \text{ for all } k, \\
 & d_{q,\tau}^k \geq \gamma^k \cdot s_{q,\tau}^k(\mathbf{y}) && , \text{ for all } k, \mathbf{y}, \\
 & s_{q,\tau}^k(\mathbf{y}) = d_{q,\tau}^k + g_{q,\tau}^{k,\pi^*}(\mathbf{d}_{q,\tau}, f_{q,\tau}, \mathbf{y}) && , \text{ for all } k, \mathbf{y}.
 \end{aligned}$$

FLEXIBLE STAFFING MODEL

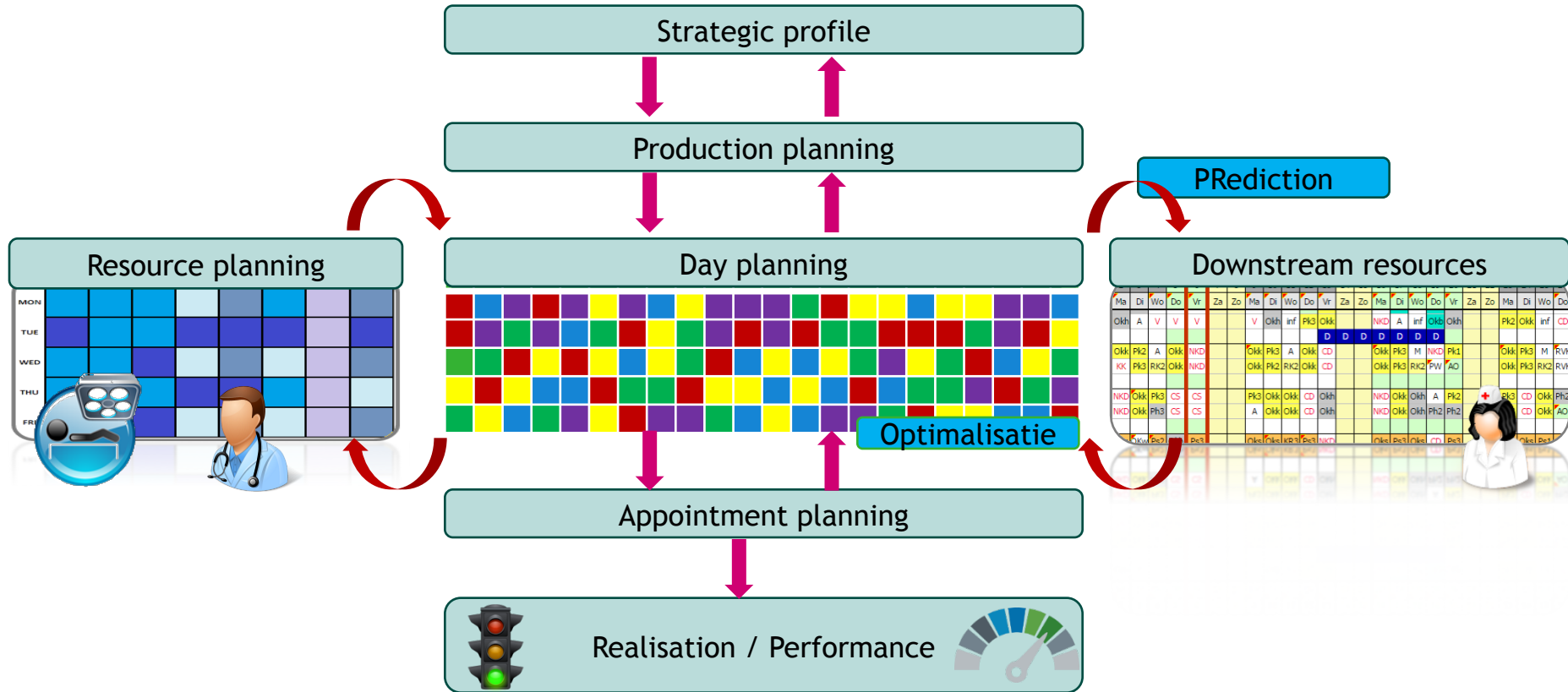
(Flexible) nurse rostering



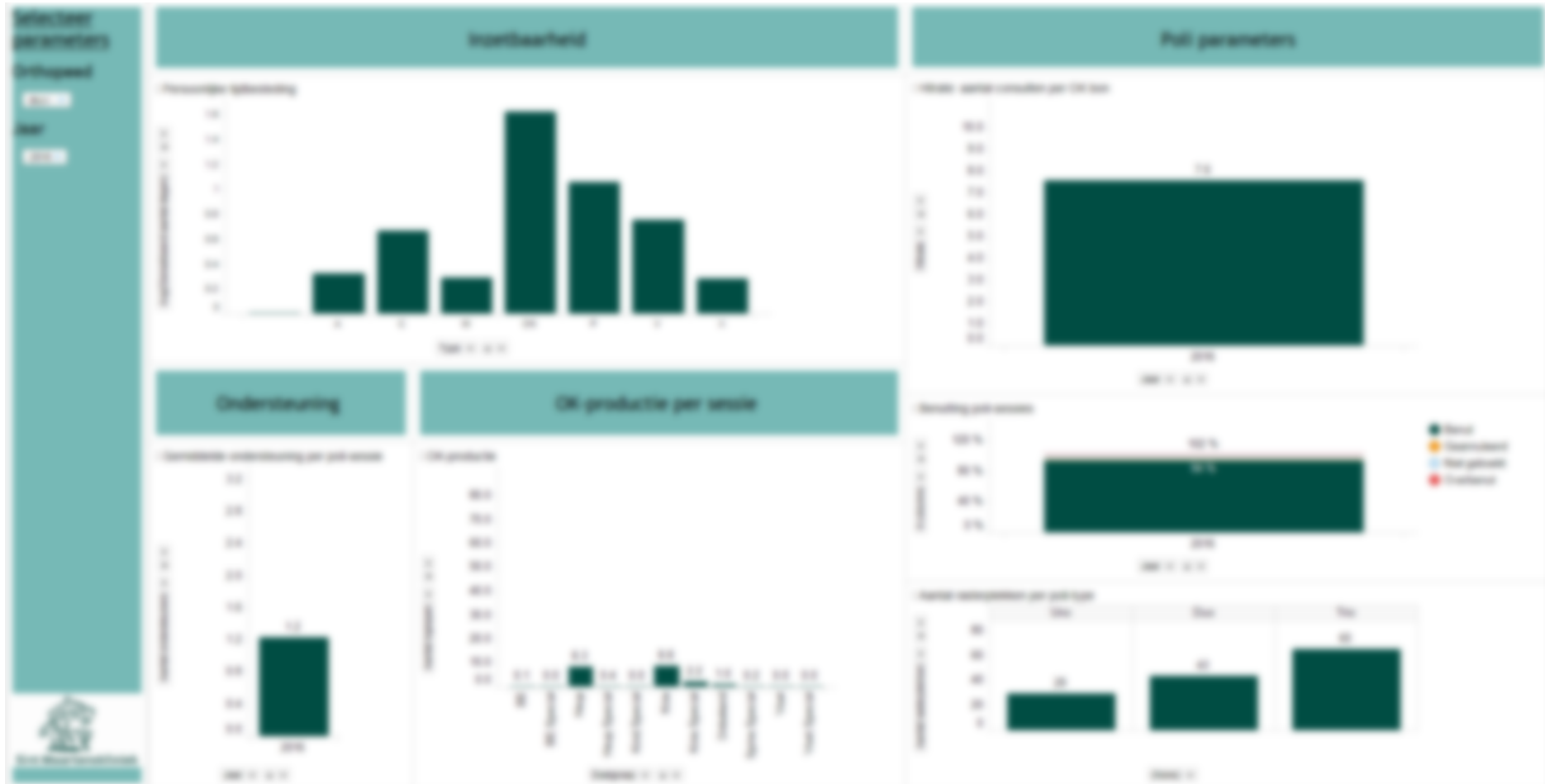
**We can sustain care
under reduced resources through
optimization of the logistical processes**



Planning environment

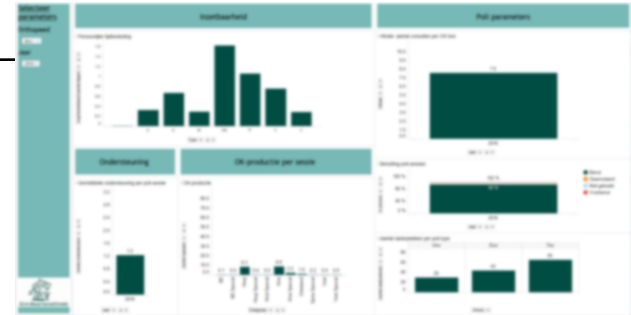


Planning tools

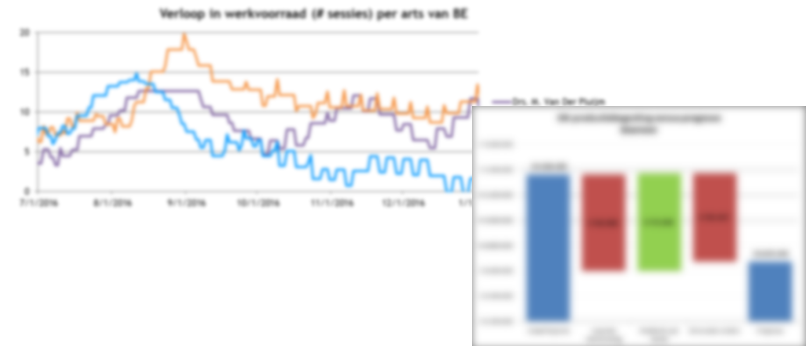


Planning cycles

Strategic Planning



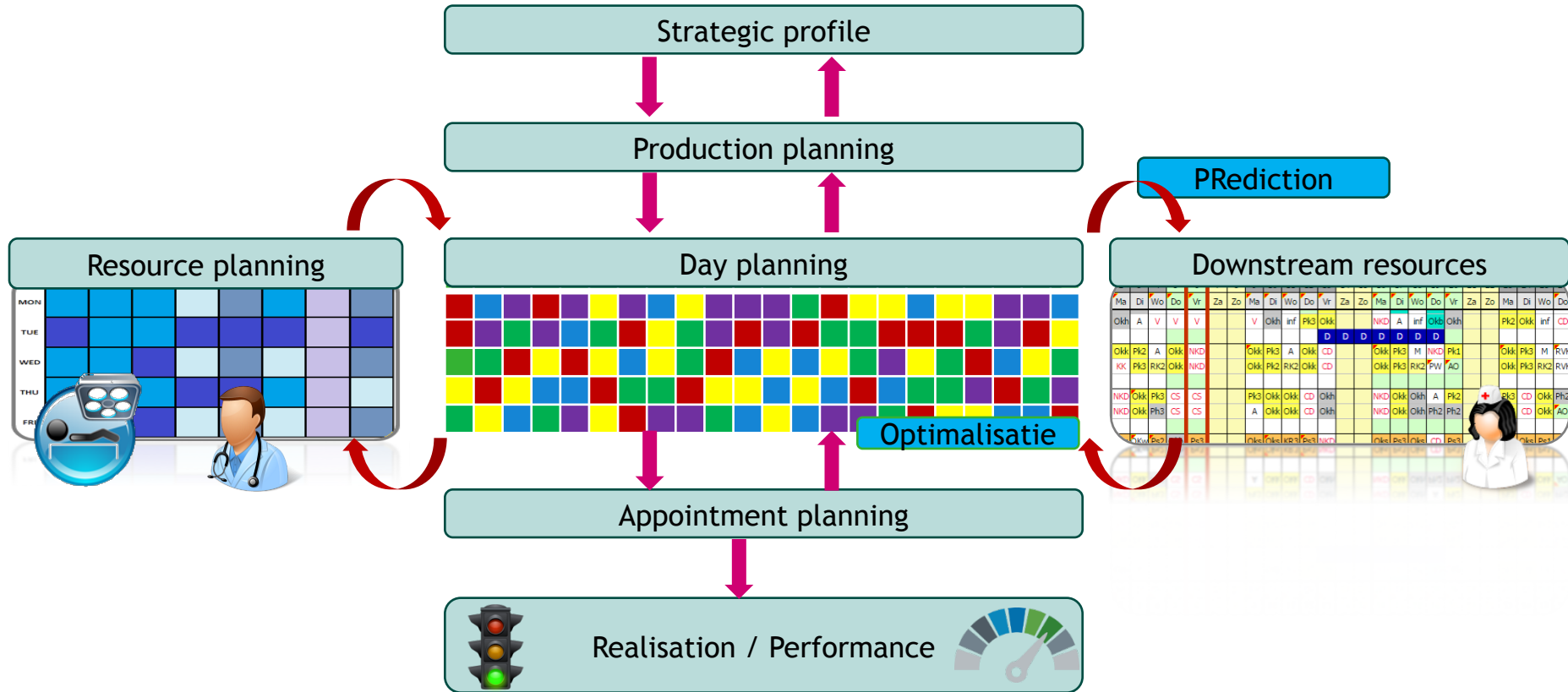
Tactical Planning



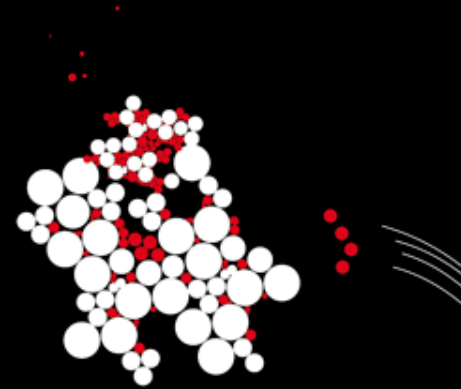
Operational Planning



Planning environment



**We can sustain care
under reduced resources through
optimization of the logistical processes**





rhythm

CHOIR


INIAAR



4 PHD and 2 PDEng students

Optimization of healthcare logistics

**We can sustain care
under reduced resources through
optimization of the logistical processes**

