



Har vi tenkt turnus ferdigt?

Tomas Eric Nordlander

Tomas.Nordlander@SINTEF.no

Phone: 98824892

Agenda

- SINTEF Optimization
- Bemanningsplan - Turnus Planläggning
- Komplexitet
- Bemanningsplan och skift design
- Turnus Planläggning (med Individuella önsksningar)
- Demo
- Fördelar och risker med optimerings verktyg

SINTEF

■ SINTEF

- Bildades 1950
- Största oberoende forsknings organisationen i skandinavien
- En non-profit organisation
- Teknologi for et bedre samfunn
- 2068 anställda
- 7246 projekt för 2300 kunder
- Trondheim, Oslo, USA, Brasilien, Chile och Danmark



■ SINTEF optimering

- 20 år
- Aktiviteter
- Levererar



SINTEF Optimization

■ Kunder och partners

- Industrien
- Offentliga sektorn
- Norges forskningsråd mm.
- EU

■ Vår erfarenhet

- forskat inom schemaläggning av personal i över 10 år.
- Byggt och implementerat optimerings motorer för schemaläggning sedan 2004.
 - Direkt till slutanvändarna eller
 - via mjukvara återförsäljare
- Våra optimering motorer används dagligen

GDF SVEZ

NG
Norsk
Gjenvinning

BI
NORWEGIAN SCHOOL
OF MANAGEMENT

Spectare as

indra

Aftenposten
Distribusjon as

IBM

Nobina

Jernbaneverket

Distribution
Innovation

NORWEGIAN FOOTBALL FEDERATION
THE FOOTBALL ASSOCIATION OF NORWAY

Alvica University College
Høgskolen i Buskerud

UiO

University of Oslo

Honeywell

CONCORDIA > BUS

PETROONLINE
- oil terminal automation since 1976

UPPSALA
UNIVERSITET

CMA
Centre of
Mathematics for
Applications

ise
EDWARD P. FITTS DEPARTMENT OF
INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING
NC STATE UNIVERSITY

NTNU – Trondheim
Norwegian University of
Science and Technology

OSLO
VPS

Work
Constraint
Computation
Centre

Carnegie Mellon
Tepper
SCHOOL OF BUSINESS

The University of
Nottingham

CIRRELT
Centre for Integrated
Regional Research in
Transportation and
Logistics

gatsoft

DIPS

Hospital
Organizer

ise
EDWARD P. FITTS DEPARTMENT OF
INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING
NC STATE UNIVERSITY

Microsoft®

Map
Solutions as

heto

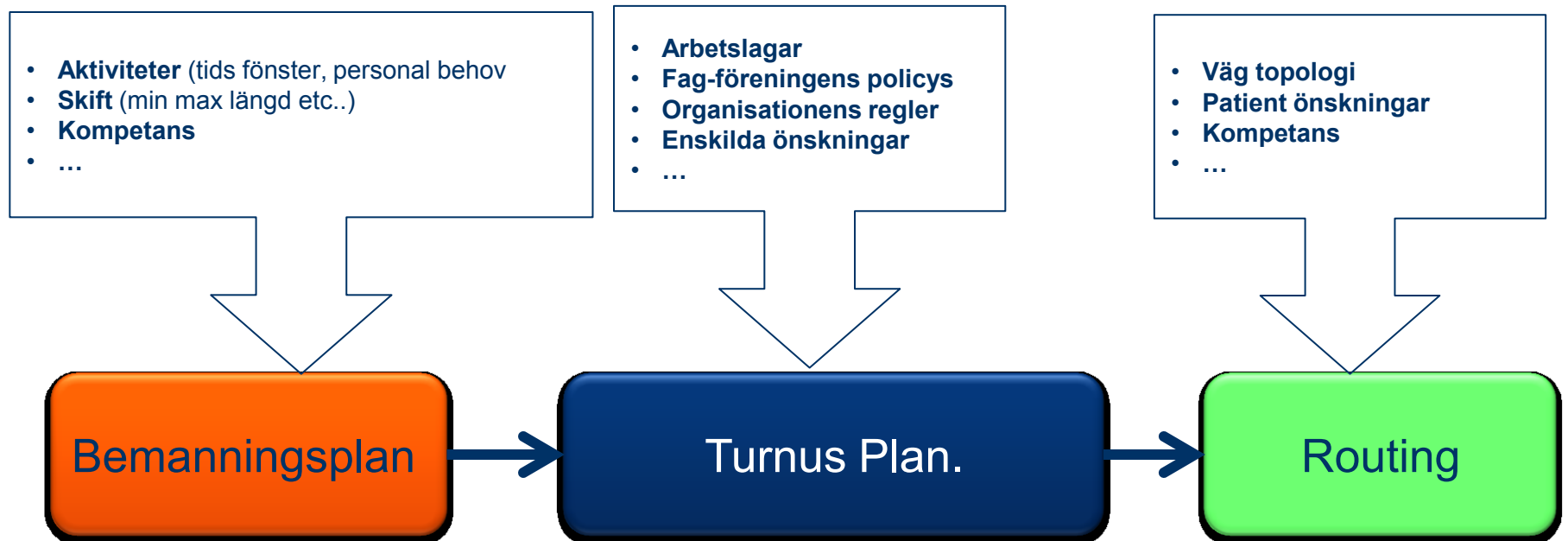
SAAB



Bemanningsplan - Turnus Planlægning

Vad är det och hur hänger det ihop

- Bemanningsplan och skift design
- Turnus planläggning (med Individuella Önskningar)
- Varför är de vanskliga?

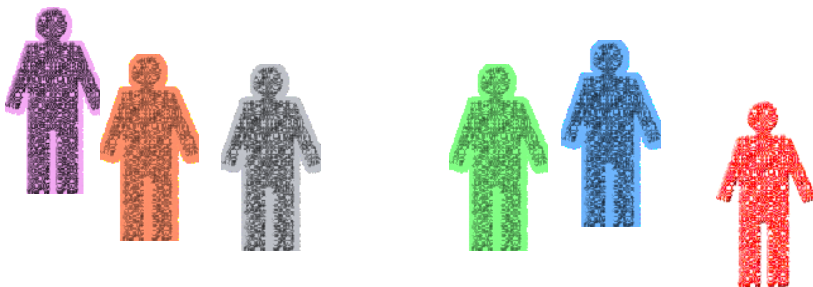




SINTEF

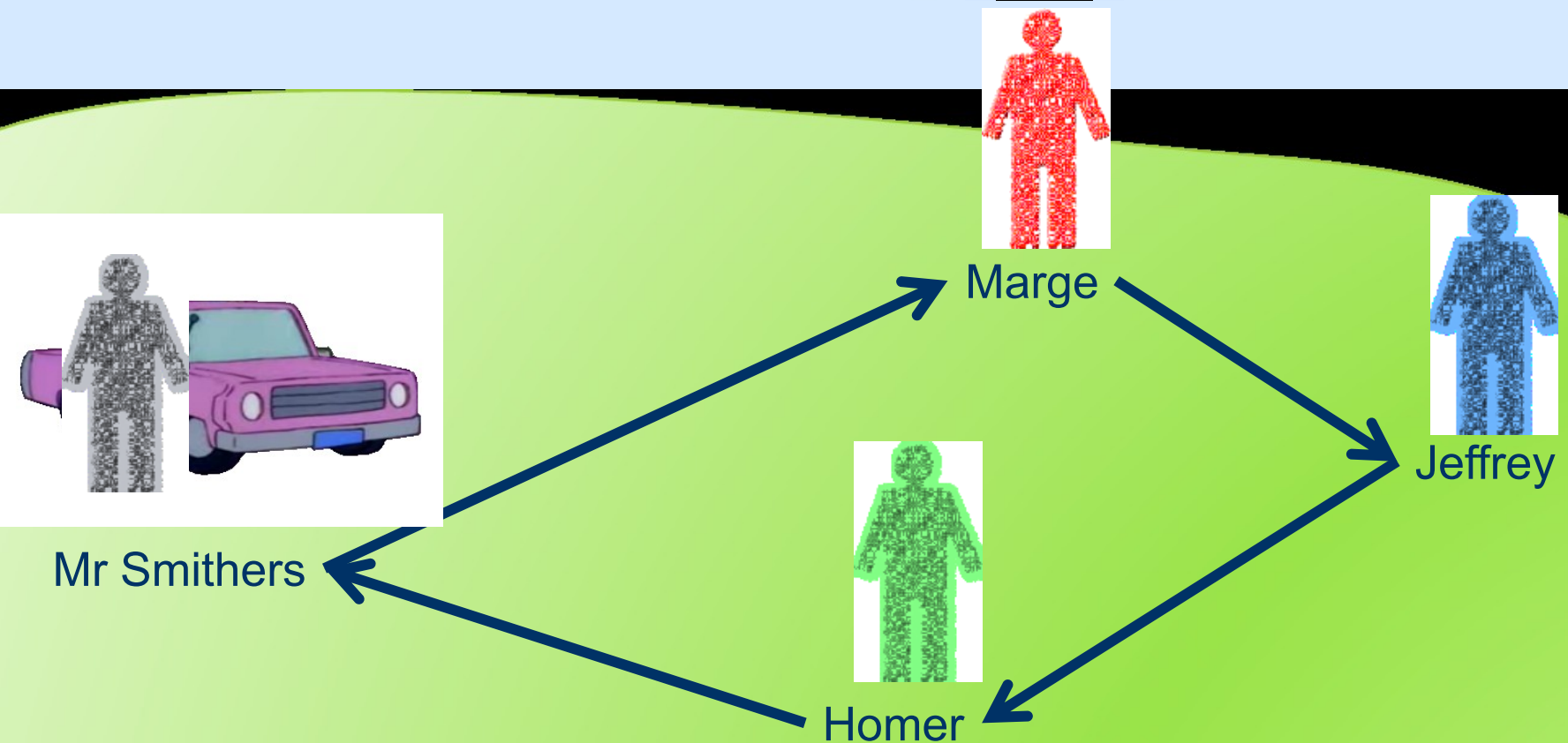
Technology for a better society

Komplexitet



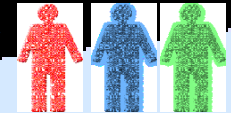
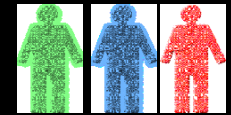
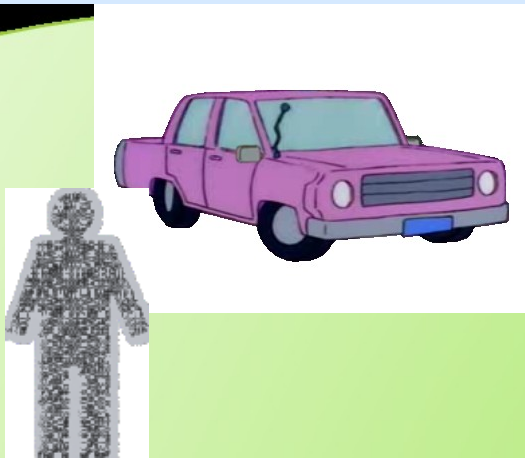
Komplexitet: hjemmetjeneste

Hur många olika ordningar kan vi besöka dessa tre patienter?



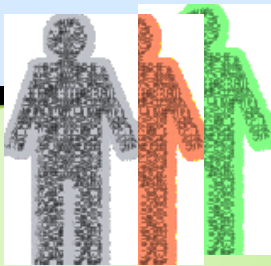
Komplexitet: hjemmetjeneste








Hur många olika ordningar kan vi besöka dessa tre patienter?



Komplexitet: Turnus Plan.

- Anta at vi har 3 ansatte og en planleggingsperiode på en uke.
- Bemanningsplan: 2 dagvakter pr dag.



	Måndag	Tisdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag
DAG VAKT 1							
DAG VAKT 2							

- Hvor mange mulige ulike turnusplaner gir dette?
- ... 2187 (!)
- Hva med å innføre en begrensning: max. 5 vakter pr. ansatt?
- Fortsatt 1611 lovlige kombinasjoner !

Komplexitet: Turnus Plan.



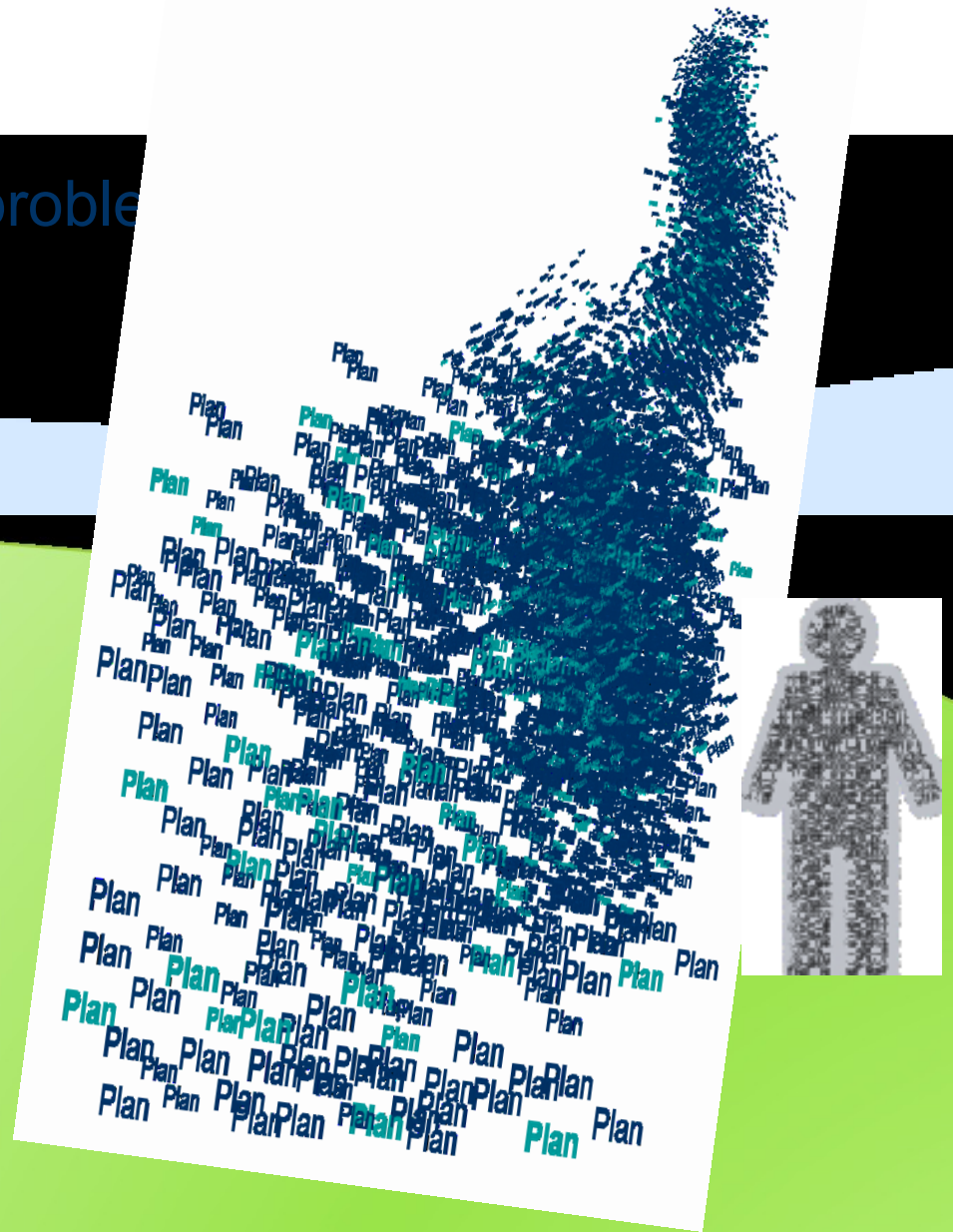
- Bruk en superdatamaskin som kan sjekke en milliard turnusplaner pr sek.

Planleggingsproblem	Mulige turnusplaner	Tid for å sjekke alle løsninger
3 ansatte, 1 uke. Bemanningsplan; 2D	2187 = $2,187 * 10^3$	0,0000 sek
5 ansatte, 1 uke. Bemanningsplan; 2D		
6 ansatte, 1 uke. Bemanningsplan; 2D, 2A		
10 ansatte, 1 måned. Bm.plan: 5D, 2A, 1N		

atomer i universum $\sim 10^{80}$

Komplexitet: Verkligheten är mer komplex!

- Kombinatoriskt explosivt problem
- Vi löser lösningar manuellt?
- Data hjälp?
- Matematisk Optimering



Optimerings

■ Historikk

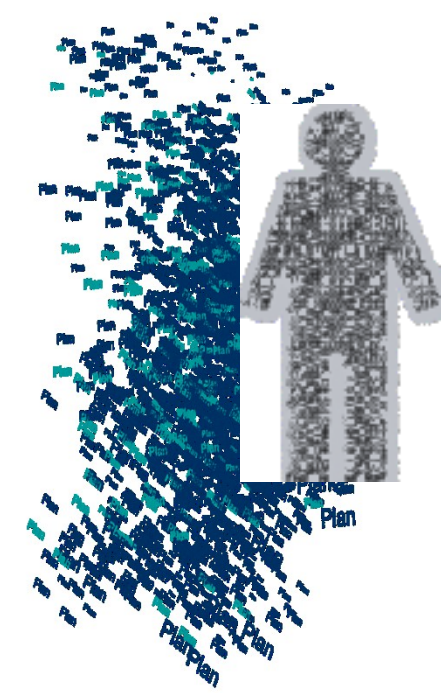
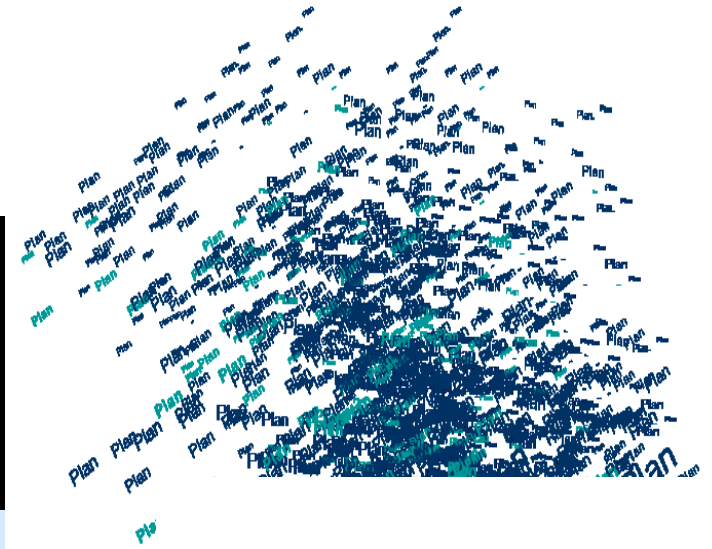
- Andre verdenskrig (kompleks logistikk)
- Etter krigen, bruk i industrien

■ Industrien

- Problem som er for komplekse for manuell håndtering
- Problem som er tidkrevende og repetitive
- Strategiske og finansielt tunge problem

■ Optimerings

- Model
 - **Variabler** modellerer beslutninger (dager, ansatte, skift typer) og skapar kombinasjoner
 - **Hårda og Mjuka Føringer** (arbebstider, etc.) begrenser mulige kombinasjoner
 - **Objektiv** (minimera vøntetid, etc.) brukes til å sammenligne de lovlige løsningsene for å finne den beste.
- Søk Algoritmer
 - En tilstand der alle variable har fått en verdi gir en løsning (plan).

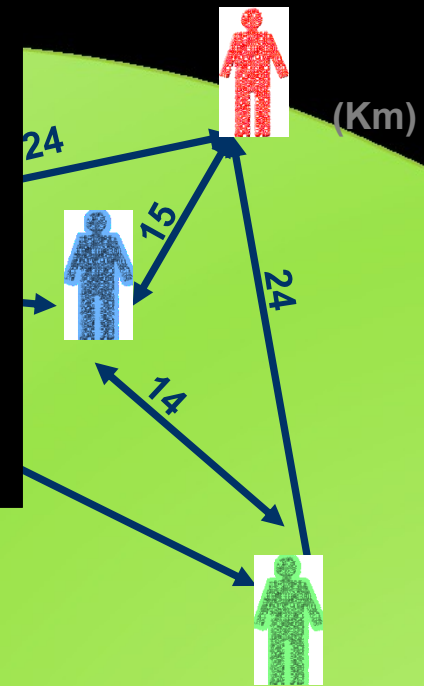
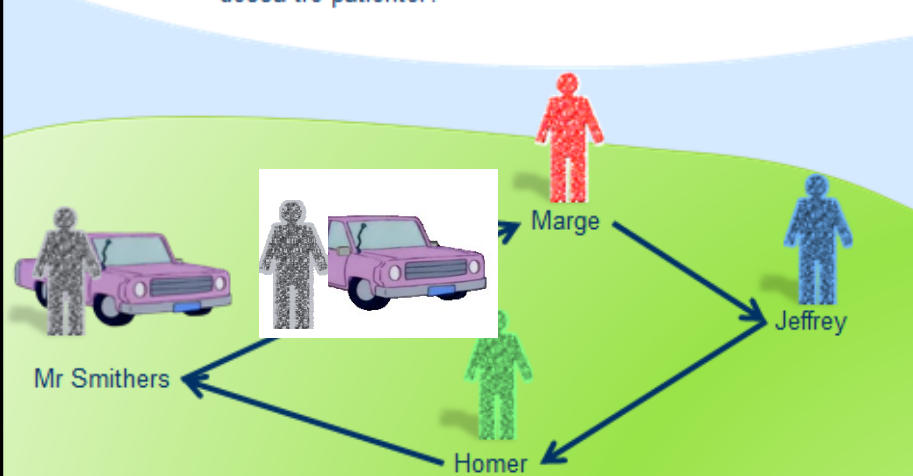


P
P
Pi

Optimerings delar

Komplexitet: hjemmetjeneste

Hur många olika ordningar kan vi besöka dessa tre patienter?



Optimerings delar

Antal Variabler (pilar)

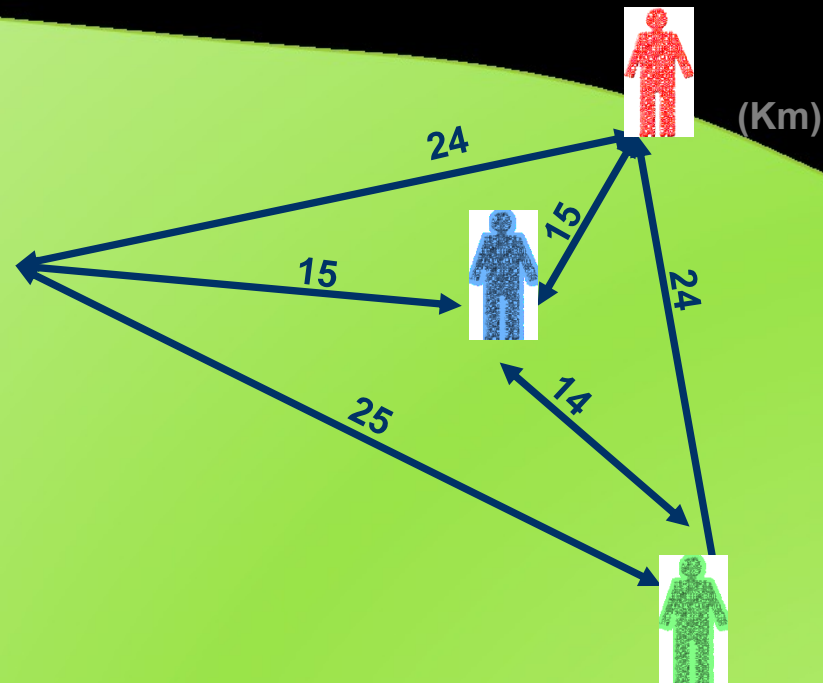
SM = Smithers → Marge
SJ = Smithers → Jeffrey
SH = Smithers → Homer
MJ = Marge → Jeffrey
MH = Marge → Homer
JH = Jeffrey → Homer

Föringar







S måste besöka alla
Starta och sluta på S

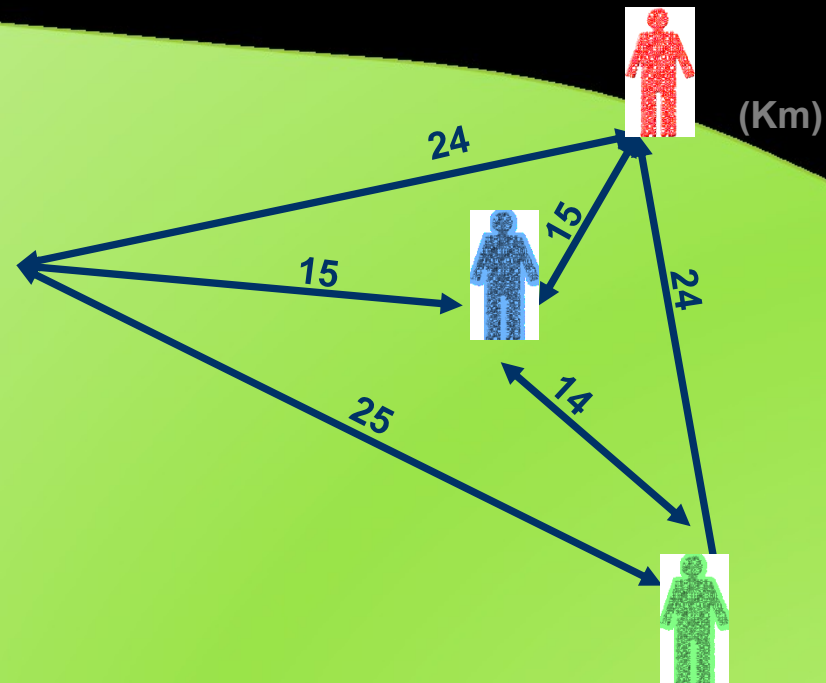
Objektiv

Avstånden, minimera körsträckan



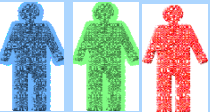



Optimerings problemets delar

Möjliga lösningar	Km	Optimal
		
		
		
		
		
		




Optimerings problemets delar

Möjliga lösningar	Km	Optimal
	77	
		
	77	
		

Mjuk Föring
Kortast körsträcka



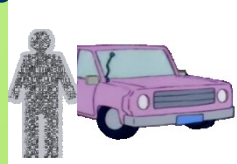
Optimerings problemets delar

Möjliga lösningar	Km	Optimal
	77	

Hård Föring
Diabetes patienter först



Mjuk Föring
Kortast körsträcka



Optimerings problemets delar

Möjliga lösningar	Km	Optimal
	77	

Hårs Föring

Diabetes patienter först



Mjuk Föring


Kortas (stor vikt)



Kvinnor tidigt (liten vikt)



Optimerings problemets delar

Möjliga lösningar	Km	Optimal
	79	

Hårs Föring

Diabetes patienter först



Mjuk Föring

Kvinnor tidigt (stor vikt)



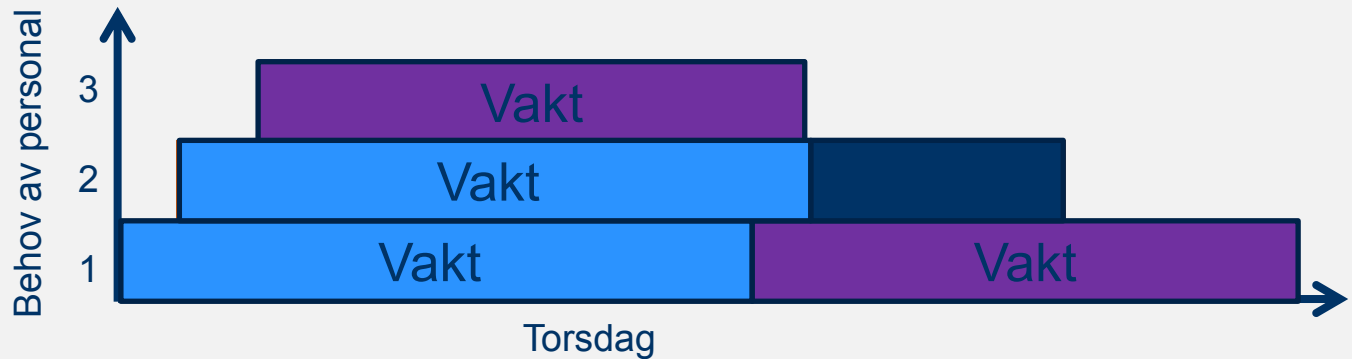
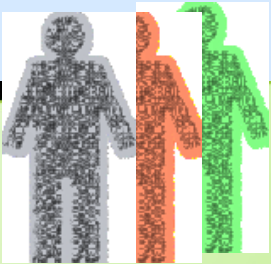
Kortas Föring (liten vikt)





Bemanningsplan och Skift Design

Bemanningsplan och Skift Design

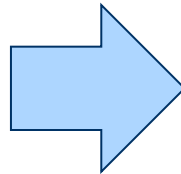
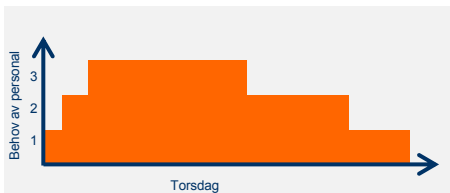


Vakt

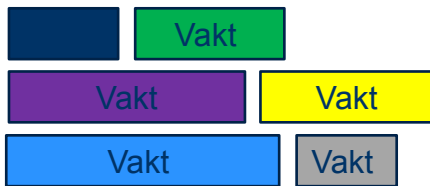
Vakt

Bemanningsplan och Skift Design

- Ta fram forslag til bemanningsplan basert:
 - Aktiviteter (tidsvindu, bemanningsbehov)
 - Skift (velge fritt el. fra predefinert liste, ulike føringer som f.eks. felles starttid, min/max lengde etc..)
 - Kompetanse/ferdigheter



	Måndag	Tisdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lördag	Søndag
D1	7	7	6	6	7	5	4
D2	3	2	3	3	3	2	2
A	4	4	3	3	2	1	1
N	1	1	1	1	1	1	1



Modell

■ Input

- Kompetansenivåer
- Antall årsverk tilgjengelig i avdelingen for hvert kompetansenivå
- Timekostnad kostnader for hvert kompetansenivå (dag, kveld, natt, og helg)
- Behov (døgnrytmeplan)
 - Spesifiserer hvor mange det totalt er behov for hver ukedag, hvert 15 min., hvert kompetansenivå

■ Føringer

- Generert bemanningsplan må tilfredsstillere behovskurvene
- Bemanningsplanen må ikke overstige tilgjengelig kapasitet i personalet
- Vaktene (Skift)
 - Min Max lengde,
 - Tidligste og Seneste start
 - Seneste start

Modell (forts.)

- Objektiv. dvs. kriterier som måler hvor god en bemanningsplan er
 - Antall vakter – Måler hvor mange vakter bemanningsplanen har, prøver å minimere dette
 - Kostnad – Måler kostnaden av vaktene i bemanningsplanen, prøver å minimere dette
 - Matche eksisterende antall årsverk – Måler hvor nær bemanningsplanen er i forhold til avdelingens størrelse, prøver å minimere denne avstanden
- Eksempler på bemanningsplaner
 - Eksemplene viser vektlegging av forskjellige målkriterier

■ Bemanningsplan for eksempel 1

■ Reflekterer behovskurven

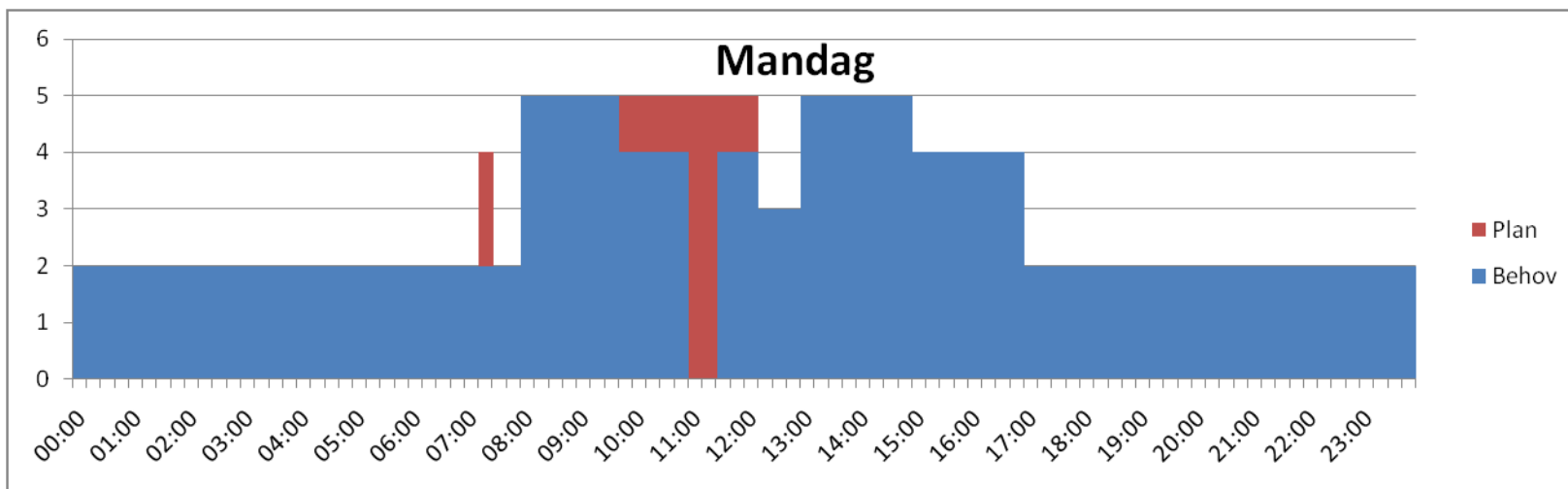
Mål	Relevans
# Vakter	Høy
Kostnad	Middels

Bemanningsplan for kompetansenivå 1										
Kode	Start	Slutt	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag	Total
D	07:15	12:15	2	2	2	2	2	2	2	14
D	08:00	15:00	1	1	1	1	1	1	1	7
D	08:00	17:00	2	2	2	2	2	2	2	14
A	13:00	21:30	2	2	2	2	2	2	2	14
N	21:30	07:30	2	2	2	2	2	2	2	14

Timer pr vakt	
Vaktlengde	Antall timer
5,0	70
7,0	49
9,0	126
8,5	119
10,0	140

Timer		
Sum timer	Uketimetall	Årsverk
504	35,5	14,20

Plankostnad (kk)		
Uke	Helg	Totalt
77,02	36,57	113,59



■ Bemanningsplan for eksempel 2

■ Mer vekt på kostnad

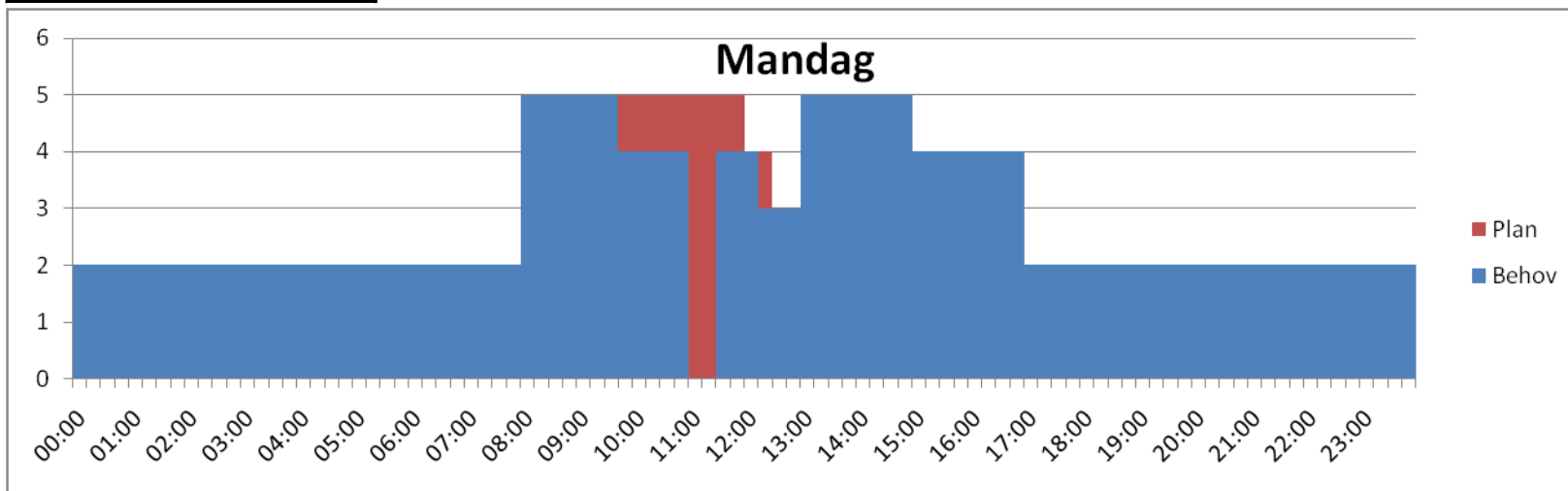
Mål	Relevans
# Vakter	Middels
Kostnad	Høy

Bemanningsplan for kompetansenivå 1										
Kode	Start	Slutt	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag	Total
D	07:00	12:00	1	1	1	1	1	1	1	7
D	07:00	12:30	1	1	1	1	1	1	1	7
D	08:00	15:00	1	1	1	1	1	1	1	7
D	08:00	17:00	2	2	2	2	2	2	2	14
A	13:00	22:00	2	2	2	2	2	2	2	14
N	22:00	07:00	2	2	2	2	2	2	2	14

Timer pr vakt	
Vaktlengde	Antall timer
5,0	35
5,5	38,5
7,0	49
9,0	126
9,0	126
9,0	126

Timer		
Sum timer	Uketimetall	Årsverk
500,5	35,5	14,10

Plankostnad (kkkr)		
Uke	Helg	Totalt
76,55	36,34	112,89





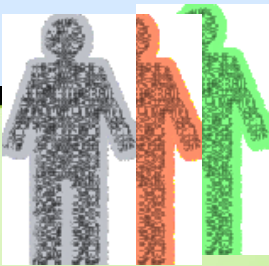
Turnus Planläggning















med

Individuella önskningar

Turnus Planlægging

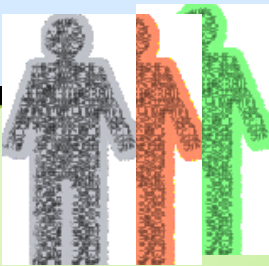
- Anta at vi har 3 ansatte og en planleggingsperiode på en uke.
- Bemanningsplan: 2 dagvakter pr dag.
















	Måndag	Tisdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag
DAG VAKT 1							
DAG VAKT 2							

Turnus Planlægging

- Anta at vi har 3 ansatte og en planleggingsperiode på en uke.
- Bemanningsplan: 2 dagvakter pr dag.



	Måndag	Tisdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag
DAG VAKT 1							
DAG VAKT 2							

Turnus Planläggning

- Skapa arbetsplan (schema) för de anställda genom att matcha anställda till skift (vakter) för en given tidshorisont samtidigt som man tar hänsyn till:
 - Kompetans
 - Arbetslagar
 - Fag-föreningen regler
 - Organisationens egna policys
 - Den anställdas egna önskningar.
- Involverar ett antal *stakeholders* vars önskemål ofta står i konflikt med varandra.
- Kombinatorisk komplex problem som oftast löses manuellt

Turnus Planlægning

- Et planleggingsproblem som fins i hele verden, i mange sektorer (call center, public transport, etc.).
- Svært komplekst problem med mange krav og ønsker.
- Høyt utdannet personell må gjøre turnusplanlegging fremfor pasientrettet arbeid.
- Turnusplanlegging tar mye tid, kan være frustrerende og stressende.
- Stadig re-planlegging for å håndtere fravær.
- Dårlige planer kan føre til overarbeid, slapphet og dårligere tilbud til pasientene.

Turnus Planläggning Model

■ Decisions

- Assign shifts (day, evening and night shift) to specific nurse for each day in a fixed period such that the manpower plan is covered, which is a table summarizing how many employees need to work for each shift on different weekdays

■ Hard Constraints

- Match the cover specified per day exactly
- Working hours (over the period) must be within given limits
- Match competence requirement on shifts to nurses
- Minimum resting time between two shifts
- Weekly free period of minimum duration
- Maximum weekly working time
- (Assign one shift per day per nurse)

Turnus Planläggning Model

■ Soft Constraints

- Max and min number of consecutive working days
- Max and min number of consecutive days of same shift category
- Max and min number of shifts
- Max and min number of shifts in shift categories
- Minimize deviation to contracted working time
- Cluster days off
- Maximise the number of wanted patterns
- Minimise the number of unwanted patterns

■ Objectives

- Minimize a weighted sum of violations in terms of soft constraints

Hur ser föringarna ut, matematiskt.

$$\sum_{s \in S} x_{eds} \leq 1, \quad \forall e \in E, d \in D \quad (1)$$

$$\sum_{e \in E} x_{eds} = P_{ds}, \quad \forall d \in D, s \in S \quad (2)$$

$$(1 - f)T_e^{wt} \leq \sum_{d \in D, s \in S} T_s x_{eds} \leq (1 + f)T_e^{wt}, \quad \forall e \in E \quad (3)$$

$$\sum_{s \in S} B_{es} x_{eds} = 1, \quad \forall e \in E, d \in D \quad (4)$$

$$x_{eds} + x_{eds'} \leq 1, \quad \forall e \in E, d \in D, (s, s') \in I \quad (5)$$

$$f_{ew}(x) > T_e^f, \quad \forall e \in E, w \in W \quad (6)$$

$$\sum_{d=7w}^{7w+6} \sum_{s \in S} T_s x_{eds} \leq T_e, \quad \forall e \in E, w \in W \quad (7)$$

Individuella Önskningar

- Personalen har en möjlighet att påverka sina arbetstider
- Personalen markera vilka skift och/eller typer av skift de önskar eller inte önskar.
- Önskningar blir mjuka föringar
- Nobina exempel
 - Möjlighet att spela på systemen
 - Senioritet principen
 - Fag föreningen för och emot



SINTEF

Technology for a better society

Demo





Fördelar och Risker

Fördelar och Risker med optimering

■ Manuellt

- Svært komplekst problem med mange krav og ønsker.
- Høyt utdannet personell må gjøre planlegging.
- Planlegging tar mye tid, kan være frustrerende og stressende.
- Stadig re-planlegging for å håndtere fravær.
- Dårlige planer kan føre til overarbeid, slapphet og dårligere tilbud til pasientene.

Fördelar och Risker med optimering

■ Optimerings verktøy

- Kan løse planleggingsproblemet mye raskere og finna bättere lösningar
- Kan automatisk sikre lovlige planer.
- Datamaskiner anses som upartiske.
- Kan forbedre eksisterende planer.
- Ved å tilfredsstille flere personlige krav og ønsker kan de ansatte lettere planlegge og bruke fritiden mer effektivt.
- Fleksibel turnusplanlegging er en fordel ved rekruttering og for å beholde personell.
- Redusert fravær.
- ...

Fördelar och Risker med optimering

■ Risker

- Optimering ersätter inte planläggare, är ett hjälpmedel
- Replanläggning

■ Förstå och implementera modellen

- Iterativ och tidskrävande process
- Behöver ibland gräva djupt för att finna de underliggande föringarna
- Datorn är dum



SINTEF

Technology for a better society

Frågor?

Agenda

- SINTEF Optimization
- Bemanningsplan - Turnus Planläggning
- Komplexitet
- Bemanningsplan och skift design
- Turnus Planläggning (med Individuella önsksningar)
- Demo
- Fördelar och risker med optimerings verktyg



SINTEF

Technology for a better society

Tack för att ni lystnat!