



Establish
UNITED LOGISTICS GROUP

SPTC

Resultat från simulering

2006-12-12 / 2006-12-17

Pernilla Holmstedt

Linda Brant

Hans Ramne



Establish
UNITED LOGISTICS GROUP

Bakgrund

- De 7 universitetslandstingen planerar att etablera ett gemensamt behandlingscentrum för protonterapi i Uppsala (SPTC)
- Centret planeras att stå klart och kunna ta emot första patienten i jan 2011
- Anläggningen ska initialt dimensioneras för 15 000 behandlingstillfällen per år (1 000 patienter)
- Kapaciteten ska sedan ökas till 37 000 behandlingstillfällen per år (2 500 patienter)

Syfte, Mål och Omfattning

- Syfte
 - Den 18 jan ska projektet ta ett inriktningsbeslut på typ av utrustning
- Mål
 - Resultatet från denna analys är underlag för att
 - Ta beslut om hur verksamheten ska fungera
 - Specificera utrustning
 - Rita en byggnad med funktionell layout
- Omfattning
 - Modellen ska omfatta det fysiska flödet av patienter, personal och utrustning innanför väggarna på den nya byggnaden som ska innehålla SPTC
 - Det finns ännu ingen byggnad ritad

Frågor att besvara

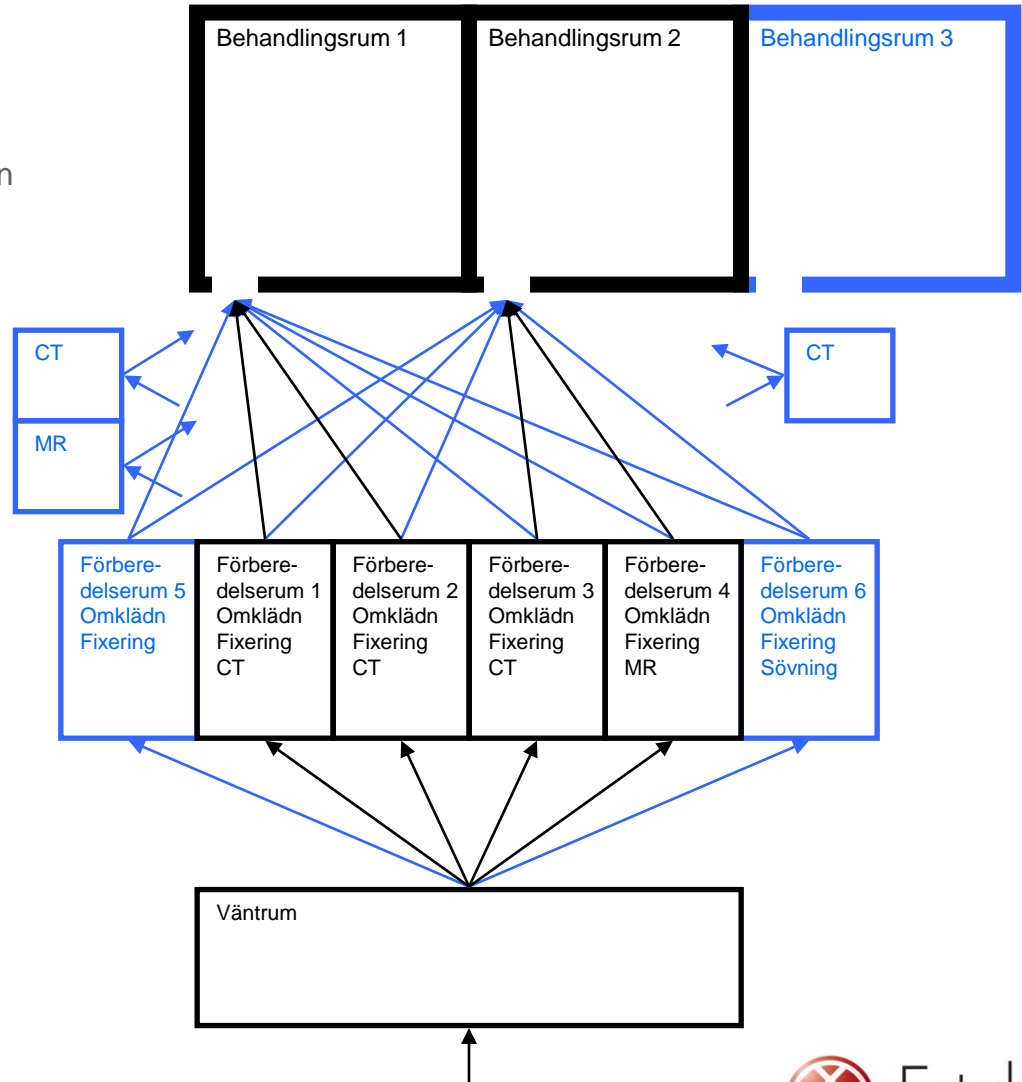
- Max kapacitet för anläggningen
 - Modellen baserad på att ge maximalt utnyttjande av lokaler och utrustning
- Hur många behandlingsrum?
 - 2 eller 3
- Hur många förberedelserum?
 - 2 eller 3 per behandlingsrum
- Separata CT/MR-rum eller i förberedelserum?
- Genomloppstid för patient från ankomst till hemgång
 - Ej applicerbart när vi skapar scenarion för maxutnyttjande
- Antal personer i väntrum, tid i väntrum
 - Ej applicerbart när vi skapar scenarion för maxutnyttjande
- Utnyttjande lokaler och maskiner, väntetid på stråle, strålens väntetid
- Vad händer om strålen stannar?
 - Haverier på strålen, behandlingsrum och förberedelserum

Genomförande

- Processkartläggning, modellspecifikation, datainsamling
 - i projektgrupp bestående av
 - Mikael Karlsson
 - Lena Samuelsson
 - Måns Agrup
 - Linda Brant, Establish
 - Pernilla Holmstedt, Establish
 - Hans Ramne, Establish
 - Ann Quarfordt, Ramböll
- Modellering, test
 - Utveckling av simuleringsmodell, gränssnitt för indatahantering och presentation av resultat
- Analys av scenarion
 - 2 huvudgrupper: maximal kapacitet som sedan ligger till grund för mer realistiska scenarion
- Rapport / Presentation

Principiellt flöde

- Grundmodell (svart)
 - 2 behandlingsrum
 - 4 förberedelserum
 - CT/MR i förberedelserummen
- Alternativ (blå)
 - 3 behandlingsrum
 - 6 förberedelserum
 - CT/MR i separata rum



Behandlingstider

Process	Tid (s) min	Tid (s) mod	Tid (s) max	I flödet?	Kommentar
Förberedelserum					
Förberedelser inför nästa patient/behandling. Hämta fixeringsutrustning, förbereda i behandlingsrum etc.	60	90	180	Ja	Patient inte med
Ledsaga patienten från väntrum till förberedelserum	20	30	60	Ja	Avståndsberoende (ca 20 m)
Sövning	240	300	900	Ja	
Avklädning	30	45	90	Ja	
Uppriktning av patient på behandlingsbordet	20	30	40	Ja	
Fixering	20	30	40	Ja	
Förflyttning av patienten till behandlingsläge	30	45	60	Ja	
Targetverifikation m.h.a. CT/MR	300	400	600	Ja	Här ingår även SSK-justering av behandlingsläge (20 s)
Tillkalla läkare/fysiker för justering av behandlingsläge	300	600	900	Ja	Andel av de som targetverifieras
Totalt normalbehandling (min)	7,0	9,7	14,8		
Behandlingsrum					
Förflyttning av patienten från förberedelserum till behandlingsrum	50	60	70	Ja	
Förflyttning av patienten till behandlingsläge	30	45	60	Ja	
Verifikation av behandlingsläge (röntgenverifikation i behandlingsrum)	90	120	180	Ja	Andel av de som ska targetverifieras, men inte har gjort det i förb.rum
Tillkalla läkare/fysiker för justering av behandlingsläge	300	600	900	Ja	Andel av de som targetverifieras
Rotation av gantry	0	30	60	Ja	
Läkare/fysiker med vid behandlingsstart samt vid behov			300	Nej	
Personalen lämnar behandlingsrummet och dörren stängs	20	20	40	Ja	
Invänta stråle	60	60	60	Ja	Sker parallellt med "Rotation av gantry" och "Personal lämnar rummet" och sker inte om strålen redan är i rätt rum
Strålning	60	60	120	Ja	
Rotation av gantry	30	30	60	Ja	
Strålning	60	60	120	Ja	
Personalen till behandlingsrummet	20	20	40	Ja	
Förflyttning av patient från behandlingsläge till transportbord, mobilisering	30	45	60	Ja	
Förflyttning av patienten från behandlingsrum till förberedelserum	50	60	70	Ja	
Totalt normalbehandling (min)	5,8	7,2	11,7		
Förberedelserum					
Påklädning	60	90	180	Ja	
Bokning/ändring av behandlingstider			60	Nej	Parallellt
Ledsaga patienten åter till väntrum	20	30	60	Ja	
Totalt normalbehandling (min)	1,3	2,0	4,0		
Behandling					
Total tid för normalbehandling (min)	14,2	18,8	30,5		

Patientkategorier

Patient-kategorier	Andel	Targetverifikation			Sövning antal ggr*	Besök/dag antal	Fält antal	Antal besök			Anhöriga antal**	Sängliggande andel
		CT i förb	MR i förb	I beh				min	mod	max		
Barn 1 beh/dag	7,5%			100%	5	1	2	7	17	27	2	0%+alla som sövs
Barn 2 beh/dag	2,5%			100%	5	2	2	20	30	40	2	0%+alla som sövs
Vuxna 1 beh/dag	85,5%	40%	10%	50%	0	1	2	5	15	25	0,5	5%
Vuxna 2 beh/dag	4,5%	40%	10%	50%	0	2	2	10	20	30	0,5	5%

* räknas från första gången

** väntar i väntrummet

Bemanning och ankomster

Intervall		Antal team	Andel av dagens ankomster
Starttid	Sluttid		
00:00	06:00	0	0,00%
06:00	07:00	0	0,00%
07:00	08:00	0	0,00%
08:00	09:00	4	12,50%
09:00	10:00	4	12,50%
10:00	11:00	4	12,50%
11:00	12:00	4	12,50%
12:00	13:00	4	12,50%
13:00	14:00	4	12,50%
14:00	15:00	4	12,50%
15:00	16:00	4	12,50%
16:00	17:00	0	0,00%
17:00	18:00	0	0,00%
18:00	19:00	0	0,00%
19:00	20:00	0	0,00%
20:00	21:00	0	0,00%
21:00	22:00	0	0,00%
22:00	23:00	0	0,00%
23:00	24:00	0	0,00%



Övriga indata till modellen

	Min	Mode	Max	Kommentarer	
Antal behandlingsrum	2				
Antal förberedelserum per behandlingsrum	2				
Absolut sluttid / max övertid (h)	0				dock aldrig längre än till midnatt
MTBF (mean time between failure), stråle (h)	0				40
MTTR (mean time to repair), stråle (h)	0	2	4		
MTBF behandlingsrum (h)	0	40	80	95 % tillgänglighet, per behandlingsrum	
MTTR behandlingsrum (h)	0	2	4		
MTBF förberedelserum (h)	0	40	80	95 % tillgänglighet, per förberedelserum	
MTTR förberedelserum (h)	0	2	4		
Antal behandlingstillfällen totalt / år	15 000				
Timmar mellan två besök samma dag	6				
Andel tillkallade läkare/fysiker vid targetverifiering	5%				
Antal dagar öppet per vecka	5				
Ankomst (relativt behandlingstid, minuter)	-30	-10	10		
CT/MR utanför förberedelserum	0	3	1	CT/MR utanför; Antal CT; Antal MR	

Scenarion - grundsimulering

- Testa anläggningens maxkapacitet
- 8 timmar per dag, 5 dagar per vecka
- Ingen övertid (patienter tas in t.o.m. stängningsdags, tillåts sedan avsluta sin behandling)
- Matar in obegränsat antal patienter i modellen
- Samtliga patienter anländer i början av dagen
- 95 % tillgänglighet på maskiner (haverier sker slumpmässigt)
- Väntetider i väntrum och genomloppstider för patienter är irrelevanta
- 20 replikationer

<i>Antal behandlingsrum</i>	<i>Antal förberedelserum</i>					
	1	2	3	4	6	9
1	GS1	GS2	GS3	GS4		
2				GS5	GS6	
3					GS7	GS8



Resultat grundscenarion

- Alla scenarion ger fler behandlingar per timme än vad som antagits i förstudien
- Antalet behandlingar per timme ökar med antal förberedelserum
 - OBS! ingen hänsyn har tagits till arbetsmiljö, praktiska begränsningar som väntetid för fixerade patienter etc.
- Med 3 gantries sjunker produktiviteten då strålen blir den begränsande kapaciteten
- 40 timmars-vecka räcker inte för att uppnå en årskapacitet på 37 500, men det finns utrymme för att öka med fler skift

Resultat och jämförelse-kalkyl

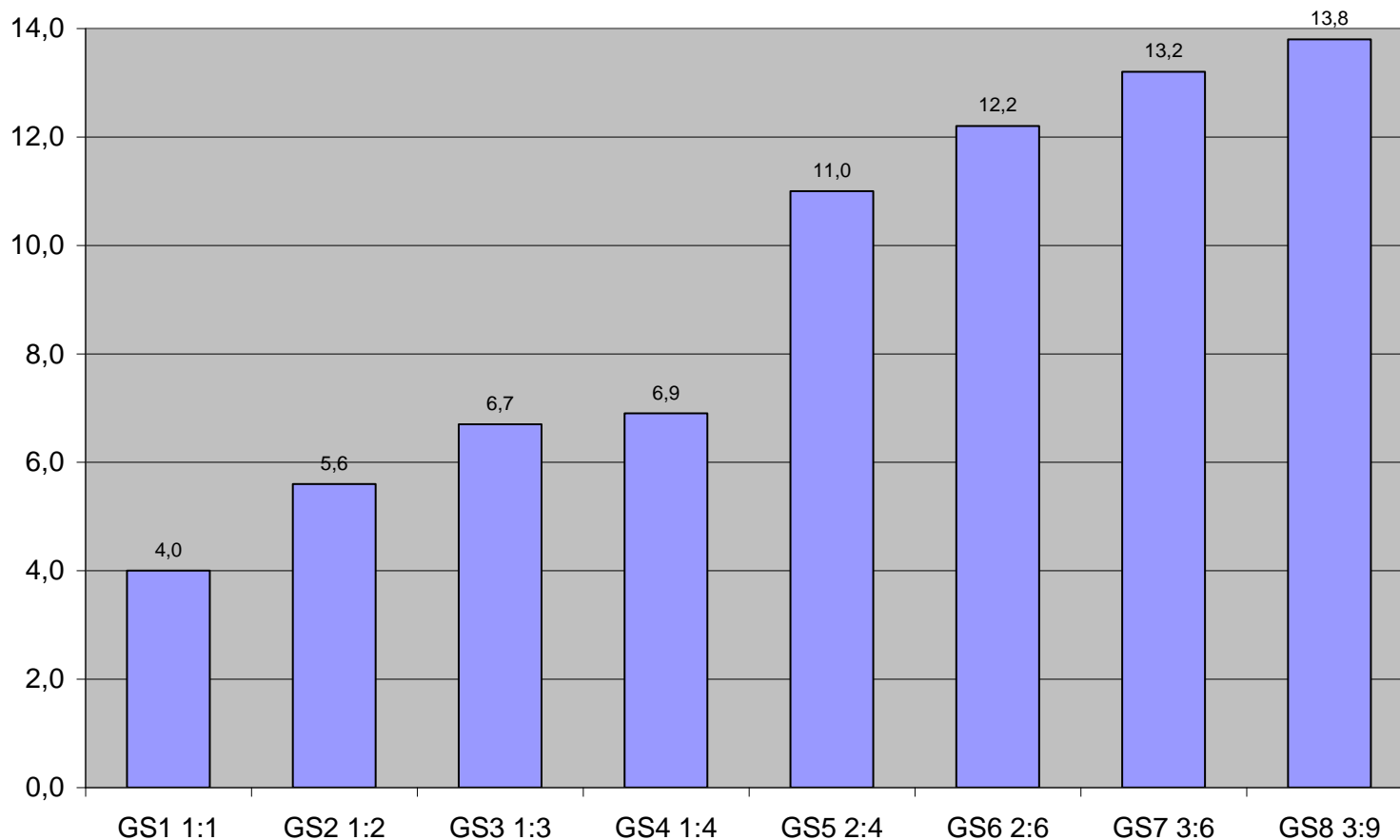
- Baserat på simuleringens resultat formulerat i behandlingar per timme kan vi använda en kalkylmodell för snabba överslag av effekter av ändringar i scenarion

	Förstudie	GS1 1:1	GS2 1:2	GS3 1:3	GS4 1:4	GS5 2:4	GS6 2:6	GS7 3:6	GS8 3:9
Veckor	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Dagar	7	5	5	5	5	5	5	5	5
Timmar	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Antal/h/gantry	3	4,0	5,6	6,7	6,9	5,5	6,1	4,4	4,6
Utnyttjande	95%								
1 gantry	7 661								
Antal gantries	2	1	1	1	1	2	2	3	3
Antal/h (alla gantries)	6	4,0	5,6	6,7	6,9	10,9	12,2	13,2	13,8
Totalt/år	15 322	7 706	10 826	12 854	13 248	20 966	23 458	25 282	26 400

- 95% utnyttjandegrad finns med i modellen. Därför är det fältet lämnat tomt i de olika simulerings-scenarierna

Diagram timkapacitet grundscenarion

- Antal behandlingstillfällen per timme för de olika scenarierna



Väntetider med många förberedelserum

Minuter per dag, medel över 20 replikationer

<i>Minuter/dag</i>	GS 5 2:4	GS6 2:6
Nyttjande stråle	207	231
Väntetid på beh.rum	282	867

- 3 förberedelserum per behandlingsrum ökar i princip inte nyttjandet av strålen alls, däremot blir väntan på att få komma in i behandlingsrum betydligt längre

Väntetider med flera gantries

Minuter per dag, medel över 20 replikationer

Scenario	GS5 2:4	GS7 3:6
Nyttjande stråle	227	286
Förflyttning stråle	59	85
Väntetid stråle	86	32

- Nyttjande stråle: Används för behandling (inkl rotation av gantry)
 - Förflyttning stråle: Vrids mellan gantries
 - Väntetid stråle: Strålen är på plats men patienten inte färdig
-
- Nyttjandet av strålen ökar med 3 gantries, men också tid för förflyttning. Däremot minskar tiden som strålen väntar i behandlingsrummet.

Scenarion – “realistiska” (RS)

- Med realistiska menas att patienterna kommer jämnt fördelat under dagen
- 8 timmar per dag, 5 dagar per vecka
- Här används samma antal patienter som blev behandlade under en dag i motsvarande maxkapacitet-scenarie
- Maskinerna antal ha 95% tillgänglighet (haverier kan ske)
- 1 timmes övertid per dag är tillåten (patienter tillåts starta behandling upp till en timme efter stängningsdags och slutföra behandling)
- Väntetider i väntrum och genomloppstider för patienter mäts
- 20 replikationer

<i>Antal behandlingsrum</i>	<i>Antal förberedelserum</i>					
	1	2	3	4	6	9
1						
2				RS1	RS2	
3						

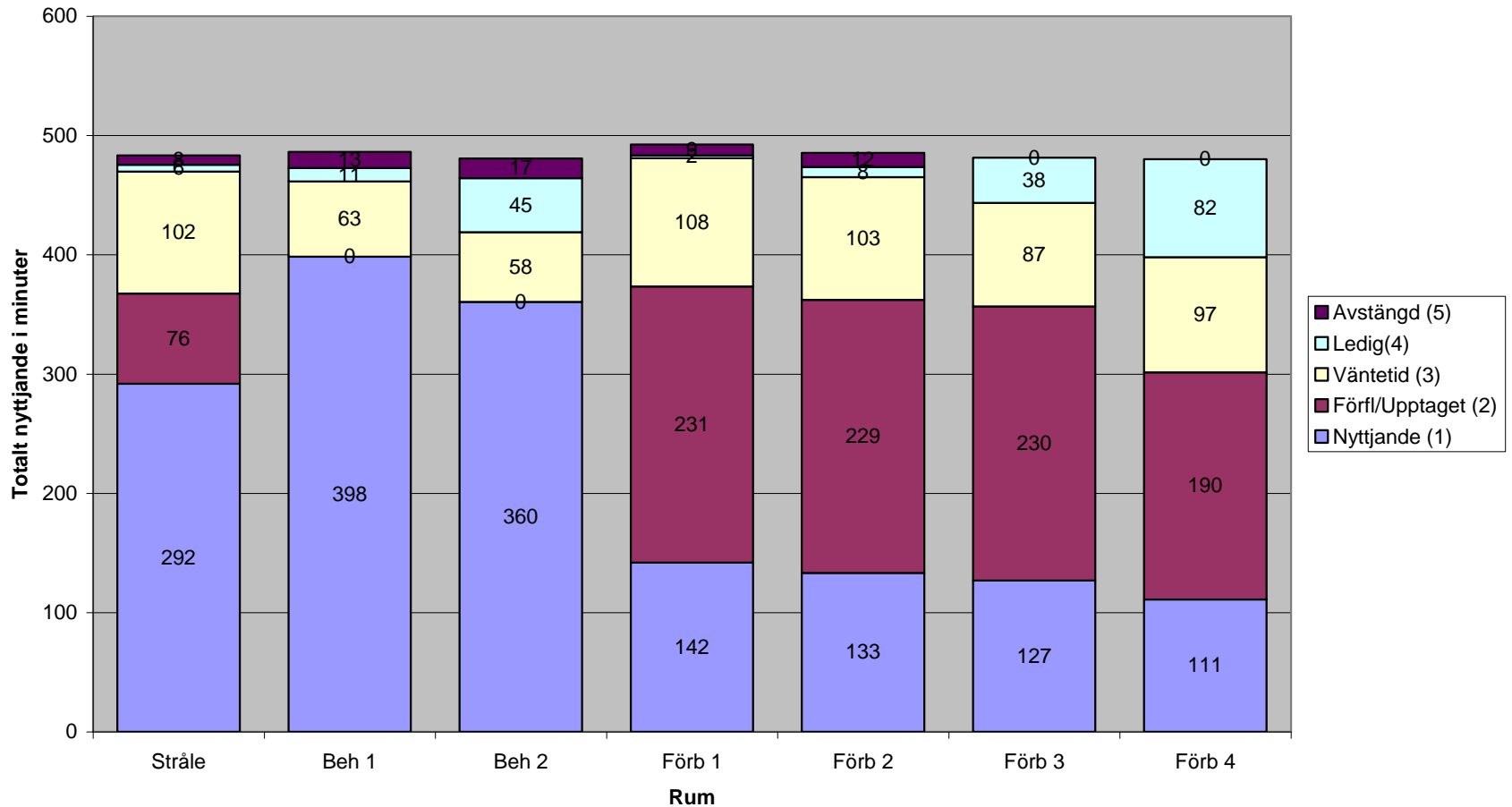


Jämförelse GS5-6 – RS1-2

Scenario	Antal behandlingar	Antal missade (medel/vecka)	Summa	Sluttid (medel)
GS5 2:4	20 966			
RS1 2:4	20 551	4	20 743	16:25
GS6 2:6	23 458			
RS2 2:6	23 570	6	23 858	16:31

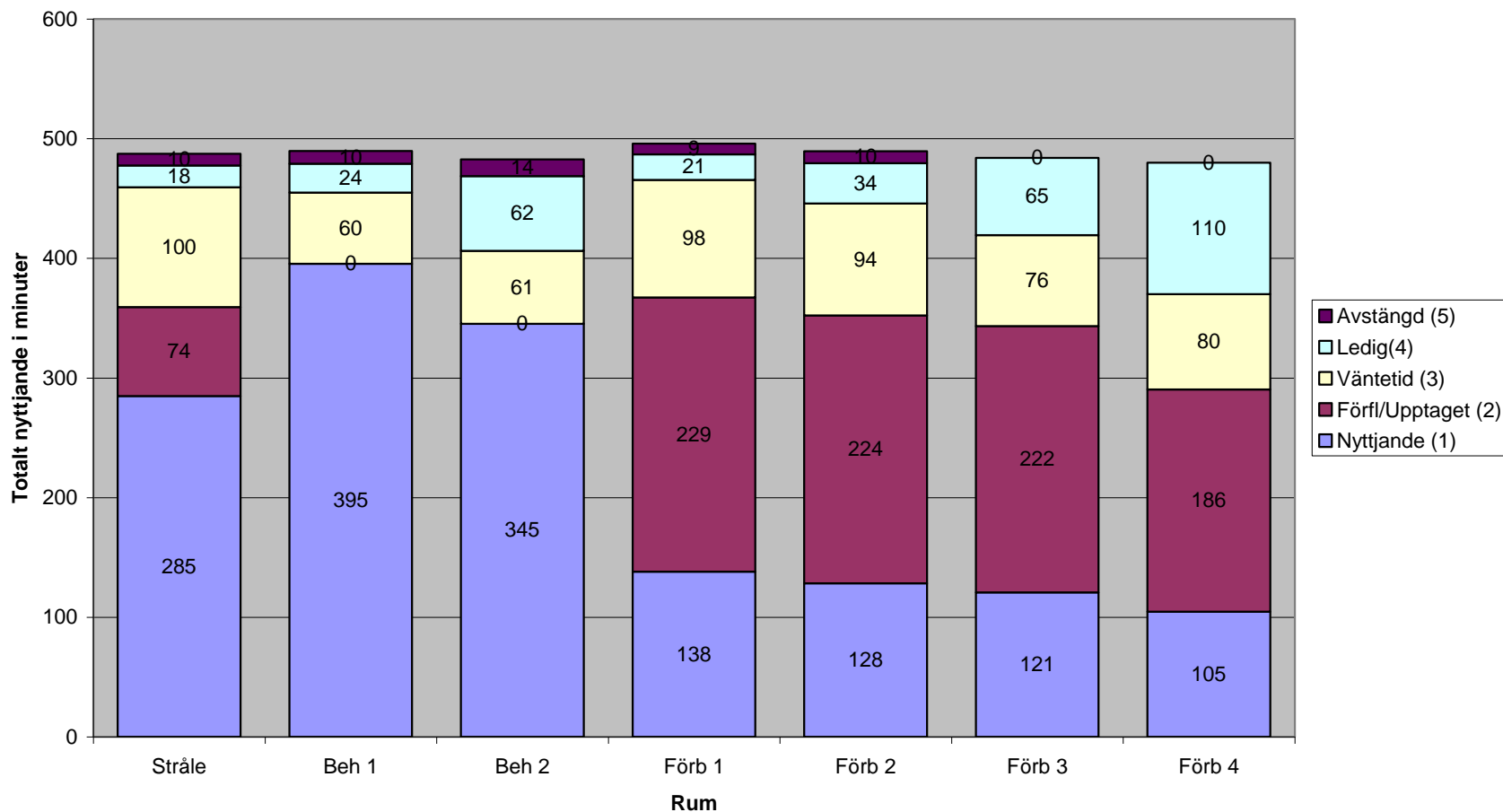
Jämförelse GS5 – RS1: Utnyttjande GS5

GS5 2:4



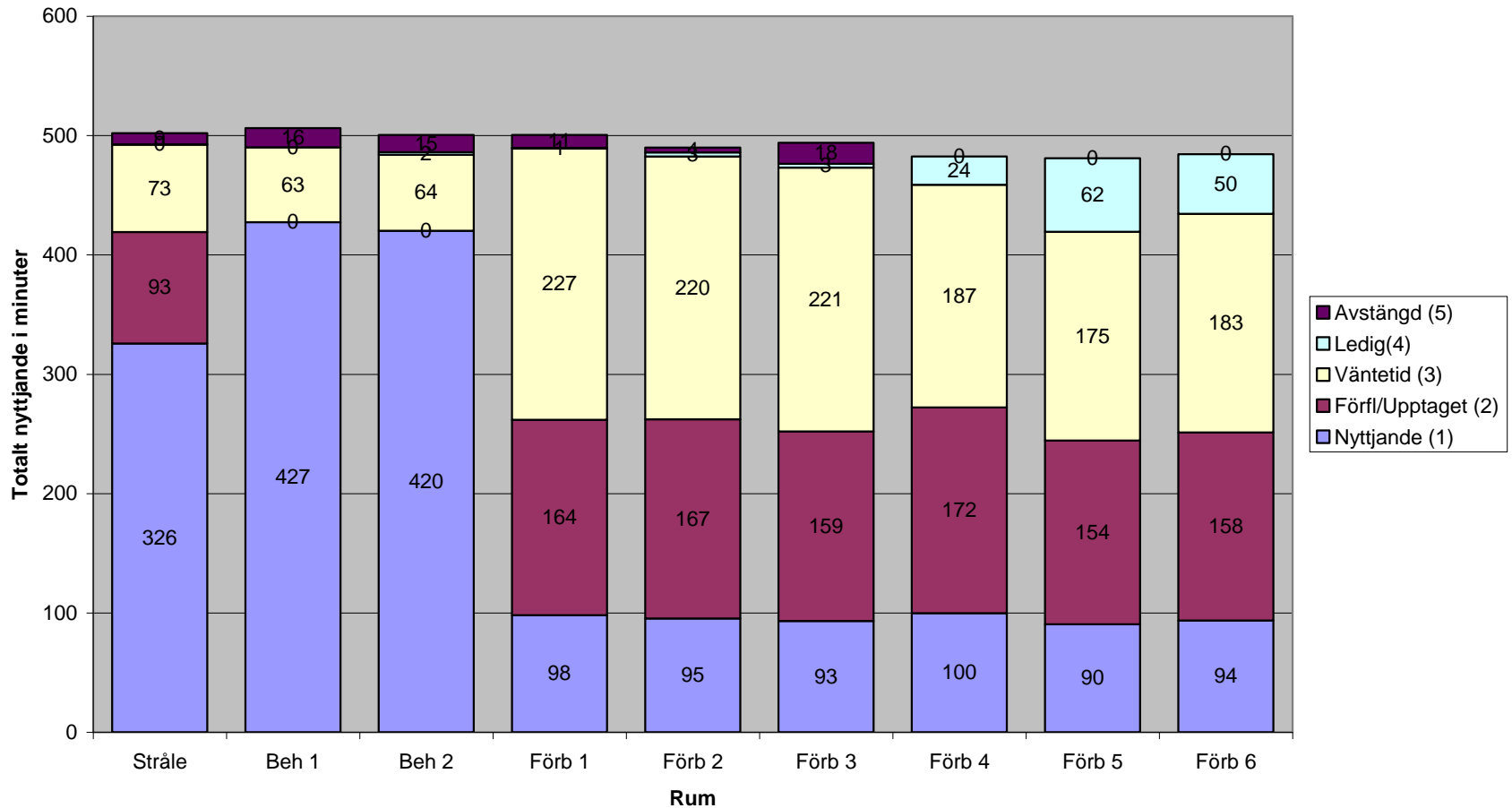
Jämförelse GS5 – RS1: Utnyttjande RS1

RS1 2:4



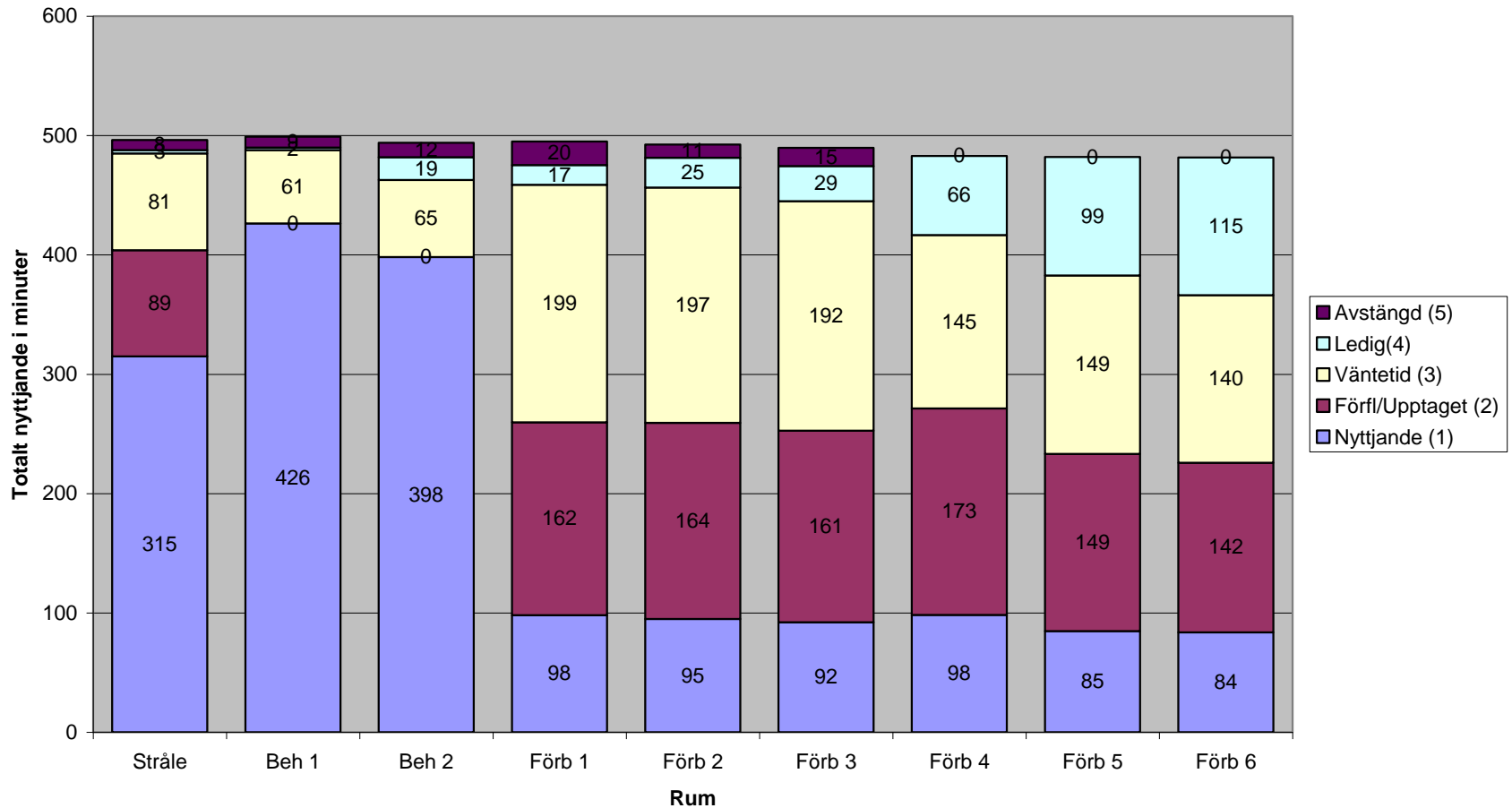
Jämförelse GS6 – RS2: Utnyttjande GS6

GS6 2:6

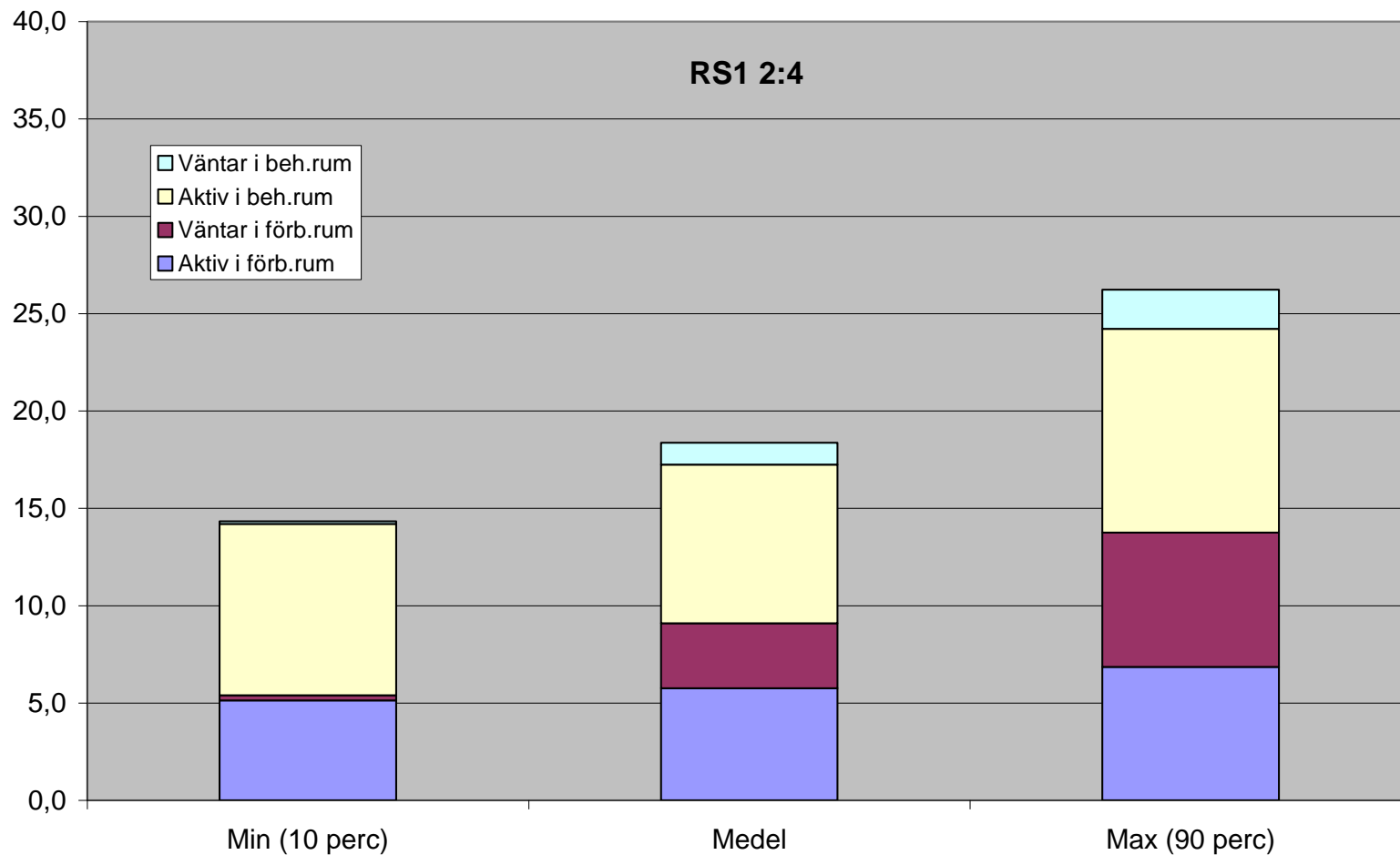


Jämförelse GS6 – RS2: Utnyttjande GS6

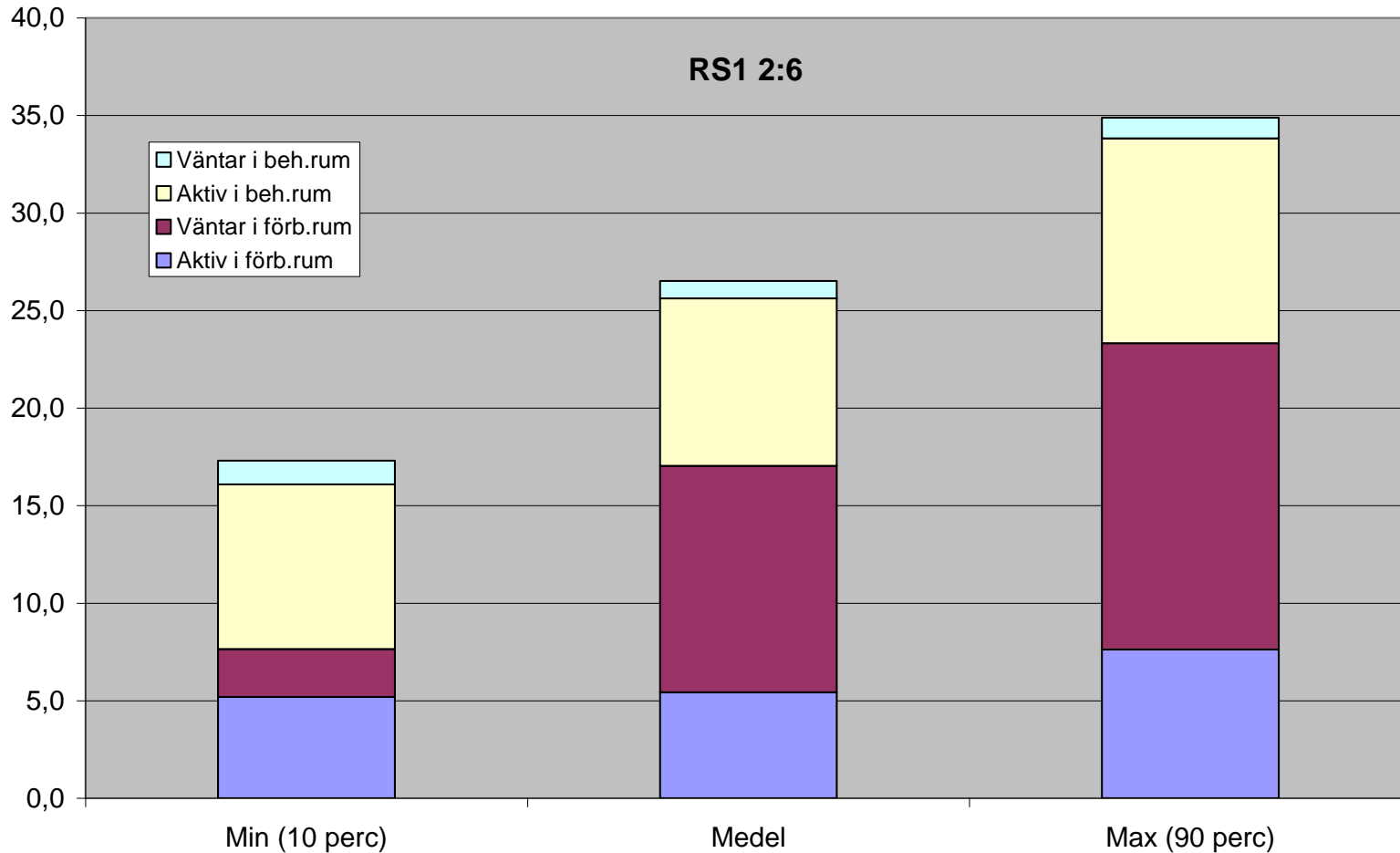
RS2 2:6



Resultat RS1 (2 beh.rum – 4 förb.rum)



Resultat RS2 (2 beh.rum – 6 förb.rum)



Resultat RS1 och RS2

- Min (10 proc) och Max (90 proc) innebär min- och max- tider där vi tagit bort extremvärdena (10% i varje ände)
- Aktiv i förberedelserummet är 5-8 minuter
- Aktiv i behandlingsrummet är 8-10 minuter
- Skillnaden mellan scenarierna är framför att väntetiden i förberedelserummet ökar betydligt med 3 förberedelserum

Robusthetstest

- Som ett test på modellens robusthet jämfördes scenario **RS1** mot ett scenario med dubblerade maximala processtider

		RS1	RS1 med dubbla maxtider
	Behandlingar/år	20546	15806
	Missade patienter /vecka	4	103
Genomloppstider: (minuter)	min	23	23
	medel	40	48
	max	432	636

- Detta ger ett mått på vad resultatet blir om rutiner och verksamheten inte fungerar som det är tänkt

Slutsatser

- Resultaten är rimliga. Tiderna som vi angivit är OK
- Principen att ha mer än ett förberedelserum till varje behandlingsrum fungerar
- 3 förberedelserum är onödigt mycket. Personal och patienter får vänta på att det ska bli ledigt i behandlingsrummet
- CT/MR i separata rum gör flödet krångligt. Det fungerar bäst att ha det i förberedelserummet
- 3 behandlingsrum ger onödigt mycket kapacitet. Strålen blir då också den begränsande faktorn
- Man klarar sig med ett behandlingsrum de första åren, eftersom det tar tid att komma upp i de förväntade volymerna av behandlingar
- Det finns anledning att köra igenom modellen och scenarierna längre fram i projektet, när det finns mer erfarenheter om tider och arbetsmetoder