

## *Modellazione dei flussi di attività e determinazione degli scenari in un Hospital Emergency Center*

- a. Si considerino le attività di un Hospital Emergency Center (HEC, un Pronto Soccorso). Il processo inizia quando un paziente arriva attraverso il processo di Accettazione (*Acceptation*) nella sala di ingresso (*Entrance Room*) dello HEC, e termina quando un paziente viene rilasciato (*released*) dallo HEC oppure ammesso (*admitted*) nell'Ospedale per ulteriori trattamenti.
- b. I pazienti che arrivano per conto proprio, dopo l'accettazione hanno un processo di riconoscimento (*sign in*) da parte di un impiegato amministrativo (Administrative Clerk). Dopodichè le loro condizioni vengono valutate (*triage*) da un medico. A seconda delle condizioni, urgenti o meno, i pazienti vanno al processo di registrazione (*registration*) e attraverso il processo di trattamento vero e proprio (*treatment*), oppure il viceversa.
- c. Più precisamente, il *triage* classifica i pazienti in due codici (livelli) a seconda delle condizioni. Con il codice rosso (*Red Code*) i pazienti sono più critici che con i codici giallo o verde (Yellow and Green code). I pazienti con codice rosso vengono portati nella *Emergency Room* per il *treatment*, immediatamente dopo la *acceptation*. A fine trattamento, essi completano il processo di *registration* prima di essere rilasciati

oppure ricoverati (*released* o *admitted*) in Ospedale. I pazienti che arrivano in ambulanza sono direttamente classificati con codice rosso.

- d. Dopo il *triage*, i pazienti con codice giallo o verde devono prima svolgere il processo di *registration*, dopodichè possono ricevere il *treatment*. Infine, essi sono rilasciati o ricoverati (*released* o *admitted*) in Ospedale.
- e. Il processo di *treatment* consiste nelle seguenti attività:
  - 1. Una valutazione secondaria di un medico (physician) e una infermiera (nurse).
  - 2. Dei test di laboratorio, realizzati da un tecnico sanitario (patient care technician).
  - 3. Il trattamento stesso, realizzato da un medico e due infermiere.
- f. Il processo di *registration* consiste nelle seguenti attività:
  - 1. Una attività di data collection, realizzata da un impiegato amministrativo (Administrative Clerk).
  - 2. Una ulteriore attività di data collection, realizzata da un impiegato amministrativo (Administrative Clerk) nel caso in cui il paziente ha una assicurazione che copre gli infortuni sul lavoro.
  - 3. Una stampa della scheda del paziente, per utilizzi futuri, realizzata dall' Administrative Clerk.

- g. Qualche dato numerico: il 90% di tutti i pazienti (a prescindere dal codice assegnato) viene rilasciato, mentre il rimanente 10% viene ricoverato in Ospedale per ulteriori trattamenti.
- h. Il rilascio o ricovero consistono nelle seguenti attività:
1. In caso di rilascio, un administrative clerk compila il foglio di rilascio.
  2. In caso di ricovero in ospedale, un administrative clerk compila il foglio di ricovero del paziente. Quindi, il paziente deve attendere presso la Entrance Room la disponibilità di un letto (*Admission*). Infine, il paziente è trasferito in ospedale.
- i. Il Pronto Soccorso ha le seguenti risorse: nurses, physicians, technicians, administrative clerks, Medical and Administrative rooms (stanze adibite a trattamenti medici e a compiti amministrativi, rispettivamente).
- j. Per motivi di costo e layout, gli amministratori dell'ospedale hanno determinato che il personale non deve superare 7+2 nurses, 3+1 physicians, 4 technicians, and 4+4 Administrative Clerks. La notazione "x+y" significa che non si dovrebbero superare le x unità, e che si possono al massimo adoperare altre y unità aggiuntive se ciò comporta notevoli benefici.
- k. Inoltre, ci sono 7 medical e 13 administrative rooms disponibili; tuttavia, usare meno stanze sarebbe di grande beneficio, poiché altri centri dell'ospedale potrebbero usare lo spazio addizionale in modo proficuo. Si vuole trovare la configurazione delle

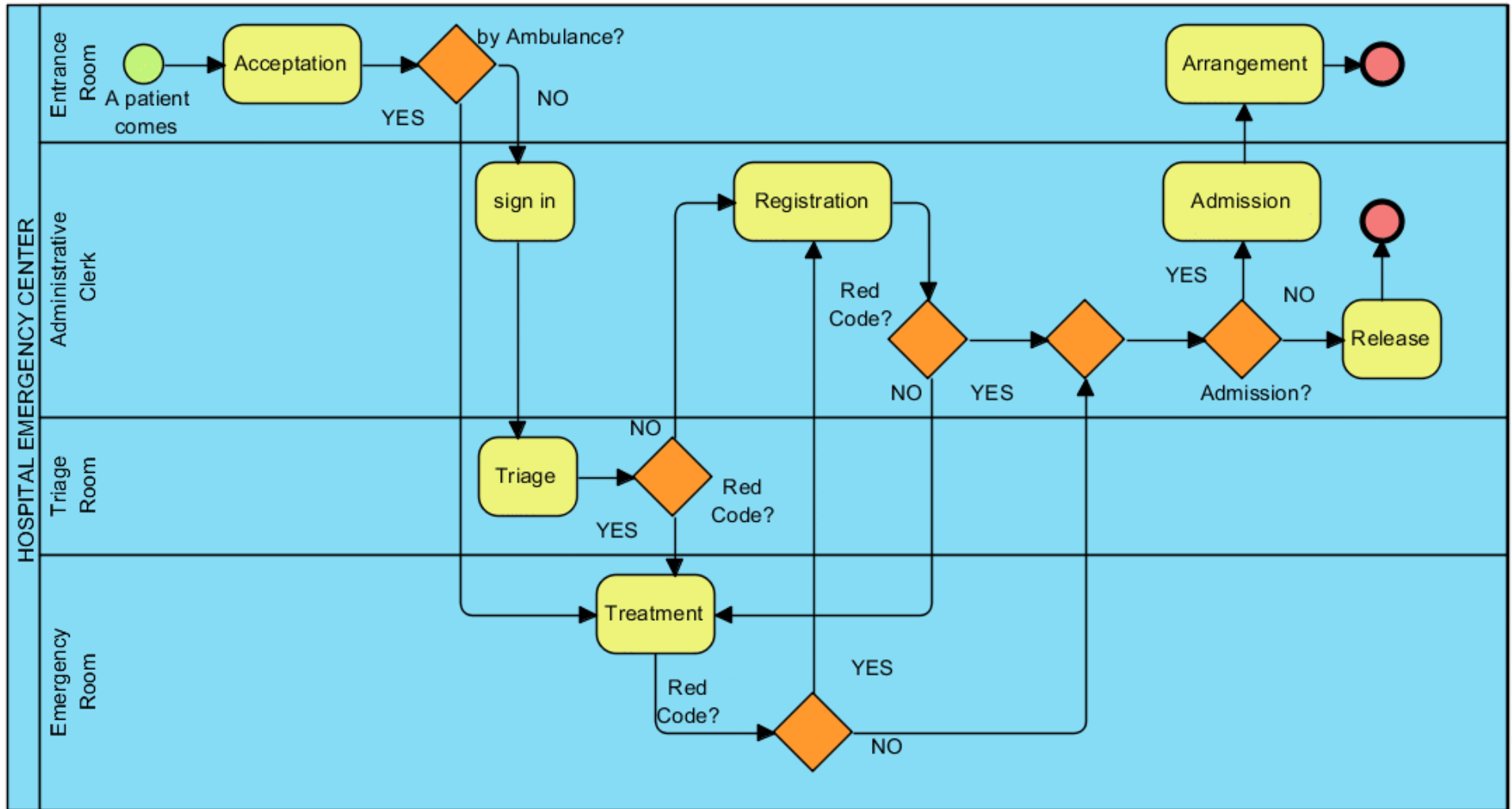
suddette risorse che minimizza il costo totale dell'attività. Il costo totale include gli stipendi dei dipendenti e il costo fisso di ciascuna stanza impiegata. Inoltre occorre garantire che **il costo totale sia inferiore a 300.000 \$** e che, in media, i pazienti **non spendano più di 6 ore nel Pronto Soccorso**.

## 1. Riepilogo dei parametri e dei vincoli

<b>Risorsa o attività</b>	<b>Dato o vincolo</b>
Admission	90% di tutti i pazienti è rilasciato 10% è ricoverato
By Ambulance	5.6 % di tutti i pazienti
RED code	14.8 % di tutti i pazienti
Nurses disponibili	7+2
Physicians disponibili	3+1
Technicians disponibili	4
Administrative Clerks disponibili	4+4
Rooms disponibili	20 (usare meno stanze è un beneficio)
Salario orario dello staff (\$):	Nurse: 54.10 Physician: 78.70 Technician: 36.54 Admin: 29.03
Costo fisso per stanza usata (\$)	55800 (Medical Room) 13200 (Administrative Room)

Massimo tempo medio per paziente	Meno di 6h
Acceptation	30s / 0.24\$ (1 Admin.)
Sign in (durata/costo medio)	3m 12s / 1.55\$ (1 Admin.)
Triage (durata/costo medio)	5m 24s / 11.95\$ (1 Nurse + 1 Phys.)
Registration (durata/costo medio)	9m 30s / 4.59\$ (1 Admin.)
Admission (durata/costo medio)	3m 42s / 1.79\$ (1 Admin.)
Release (durata/costo medio)	2m 12s / 1.06\$ (1 Admin.)
Treatment (durata/costo medio)	25m 54s / 80.69\$ (2 Nurses + 1 Phys.)
Arrangement (durata/costo medio)	21m 15s / 10.28\$ (1 Admin.)

## m. Un esempio di BPMN process layout:



### Esercizio:

- Crea tutti gli scenari in accordo ai detti vincoli, per 100 pazienti.
- Adoperare le seguenti configurazioni, e calcolare il tempo medio di permanenza (cycle time) per il paziente.

<b>N. di Corsie</b>	<b>Attività e risorse richieste</b>
1 Entrance	Acceptation, Arrangement: 1 Admin Clerk + 1 Admin Room
3 Administrative Service	Sign in, Registration, Admission, Release: 1 Adm Clerk + 1 Adm Room
1 Triage	Triage: 1 Nurse + 1 Physician + 1 Medical Room
2 Emergency	Treatment: 2 Nurses + 1 Physician + 1 Techn + 1 Med Room

- c. Scoprire altre configurazioni, in grado di diminuire il tempo medio di permanenza del paziente.
- d. Riprogettare alcune caratteristiche, per migliorare il tempo medio di permanenza del paziente. Nel nuovo modello, assumere che i pazienti con codice rosso possano svolgere il trattamento e la registrazione in parallelo. Cioè, assumere che, mentre il paziente svolge il trattamento, il processo di registrazione può essere fatto da chi lo accompagna o da un aiutante. In generale, se le condizioni del paziente sono critiche, qualcun altro può provvedere ai dati di registrazione; tuttavia, se le condizioni del paziente lo permettono, egli stesso può fornire i dati di registrazione durante il trattamento.
- e. Calcolare il costo totale per questa configurazione, e qualche soluzione ottima che minimizza il tempo medio di permanenza del paziente.
- f. Costruire un modello BPMN, calcolando anche i flussi su ogni ramo nel caso di 100 token in ingresso.

## Soluzione

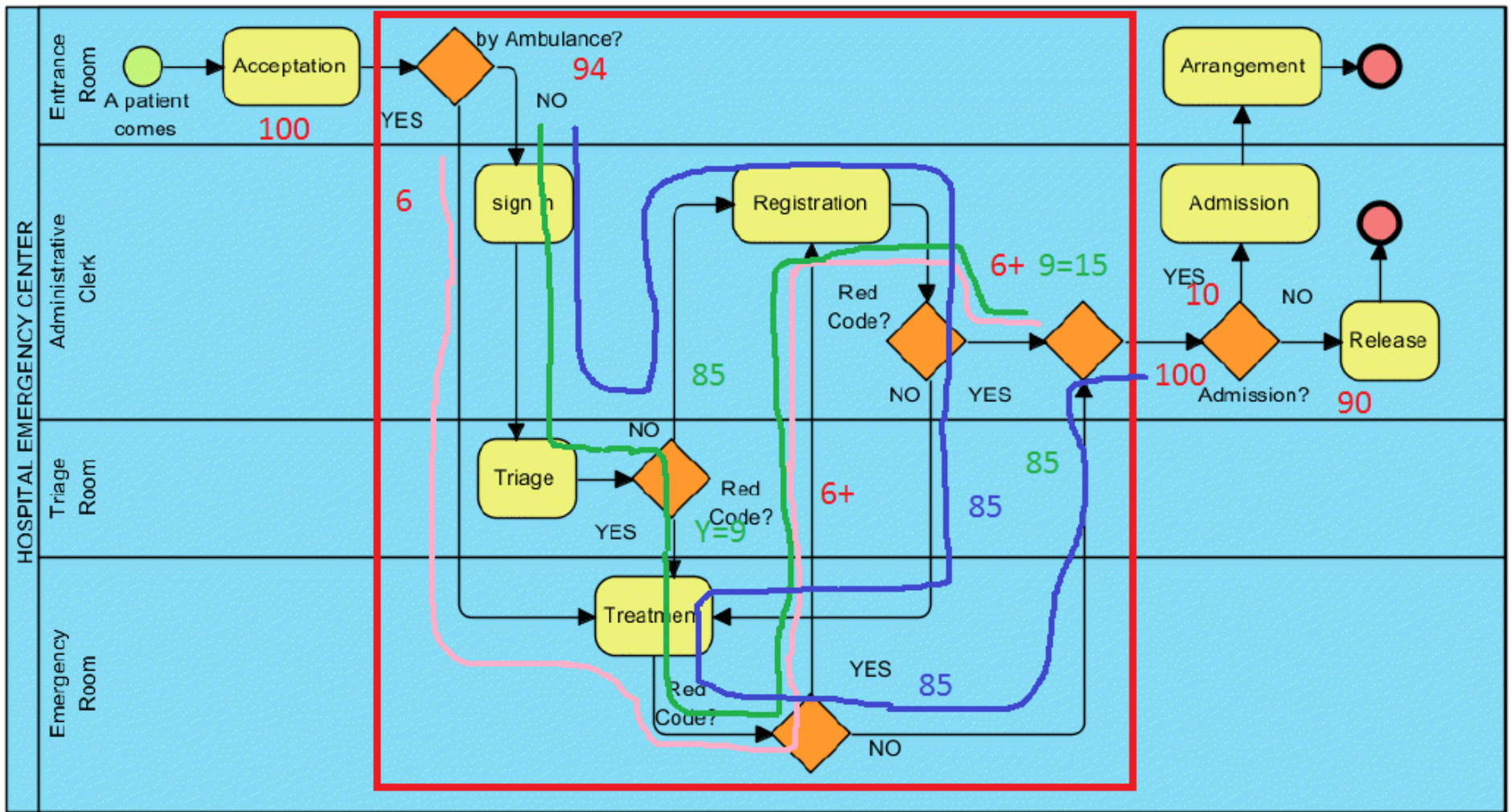
a. Il primo step è trovare il numero di token per ciascuno scenario. Ciò può essere fatto adoperando semplici regole di aritmetica, come rappresentato nelle seguenti pagine.

Scenarios			Available resources		
<input type="checkbox"/> Highlight in diagram					
Name	Percent	Cases	Name	Type	Amount
OWN & NORED & REL	77%	77	Nurse	Staff	7
OWN & RED & REL	8%	8	Physician	Staff	3
OWN & NORED & ADM	8%	8	Technician	Staff	4
OWN & RED & ADM	1%	1	Administrative Clerk	Staff	4
AMB & RED & ADM	1%	1	Medical Room	Room	7
AMB & RED & REL	5%	5	Administrative Room	Room	13
Total: <input style="width: 50px;" type="text" value="100"/>					

b. Sono state assegnate le seguenti risorse:

<b>N. di Lane</b>	<b>Attività relative e risorse richieste</b>
1 Entrance	Acceptation, Arrangement: 1 Admin Clerk + 1 Admin Room
3 Administrative Service	Sign in, Registration, Admission, Release: 1 Adm Clerk + 1 Adm Room
1 Triage	Triage: 1 Nurse + 1 Physician + 1 Medical Room
2 Emergency	Treatment: 2 Nurses + 1 Physician + 1 Techn + 1 Med Room





AMB -> RED CODE

TOT RED:  $6 + Y = 15 \rightarrow Y = 9$

- 94      85       $85 * 0.9 = 77$
- 1) OWN & NORED & REL = 77
  - 2) OWN & RED & REL =  $9 * 0.9 = 8$
  - 3) OWN & NORED & ADM =  $85 * 0.1 = 8$
  - 4) OWN & RED & ADM =  $9 * 0.1 = 1$
  - 5) AMB & RED & ADM =  $6 * 0.1 = 1$
  - 6) AMB & RED & REL =  $6 * 0.9 = 5$
- 90
- 10

- **Total Duration e Total Variable Cost: 21h 40m 12s 10037\$**
- Osservando il Completion chart, si evince che il completion time di ogni scenario cresce più o meno linearmente. Quindi possiamo estrapolare le informazioni:

Scenario	Primo Token esce a	Ultimo Token esce a	N. di Token	Tempo medio di Completam.
OWN & NORED & REL	2h 40m	21h 40m	77	12h 10m
OWN & RED & REL	3h 25m	5h 5m	8	4h 15m
OWN & NORED & ADM	3h 35m	7h 25m	8	5h 30m
OWN & RED & ADM	4h	4h	1	4h
AMB & RED & ADM	2h 35m	2h 35m	1	2h 35m
AMB & RED & REL	2h 20m	3h 15m	5	2h 47m
AVERAGE TIME				

- Usando Microsoft Excel, il tempo medio totale è **10.35 hours, molto più alto di 6!**

	A	B	C	D	E	F	G
1	START	END	END-START	NUM	(START+END)/2	mm	NUM*mm
2	02:40	21:40	19:00	77	12:10	730	56210
3	03:25	05:05	01:40	8	04:15	255	2040
4	03:35	07:25	03:50	8	05:30	330	2640
5	04:00	04:00	00:00	1	04:00	240	240
6	02:35	02:35	00:00	1	02:35	155	155
7	02:20	03:15	00:55	5	02:47	167	837
8					AVG (mm)	<b>621</b>	
9					AVG (hh)	<b>10,35</b>	
--							

Completion | Resource Usage | Queue Time | Cost Per Flow Object | Cost Per Input | Time Cost

Time Scale: 10 minutes  Auto Refresh 

Not yet started inputs:

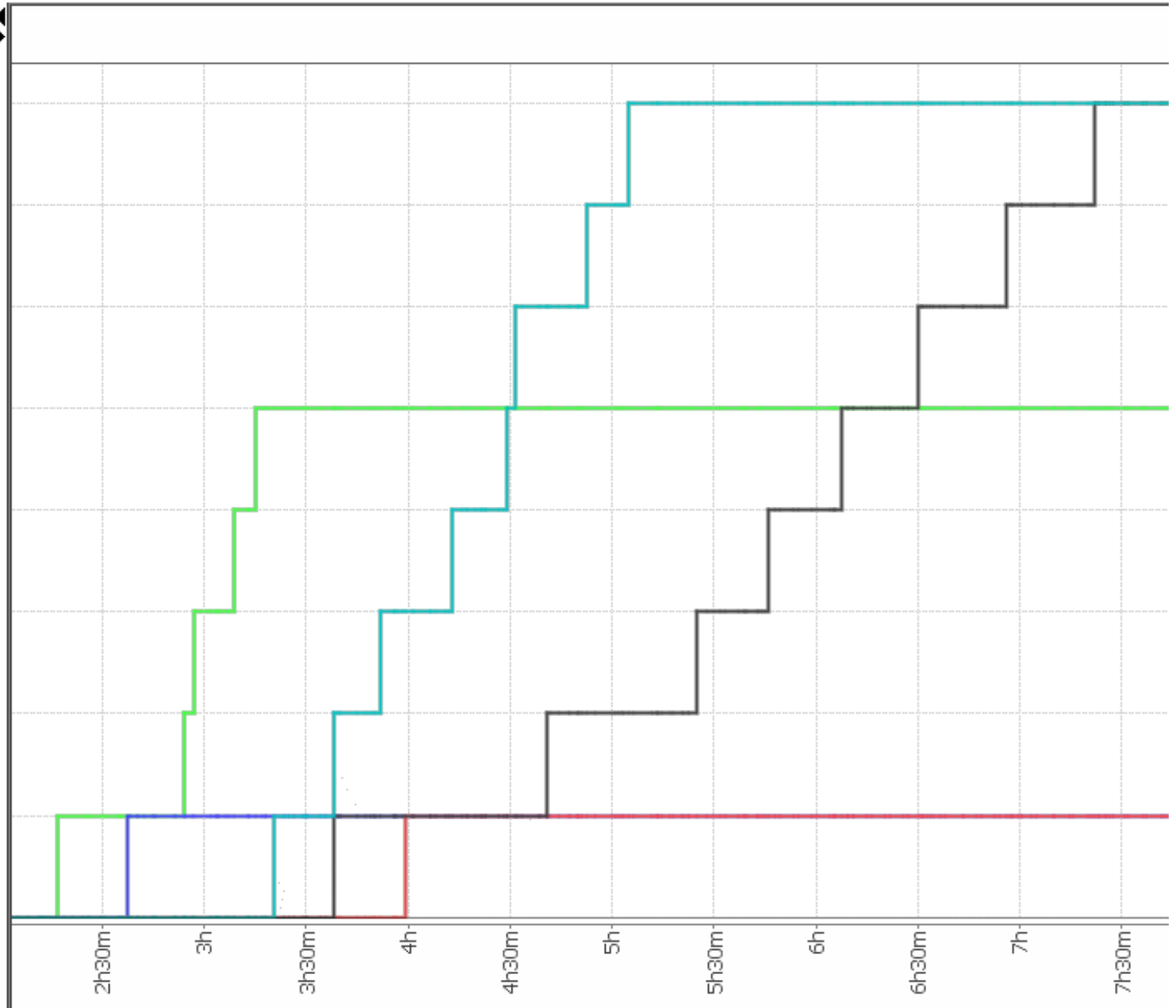
- OWN & NORED & REL
- OWN & RED & REL
- OWN & NORED & ADM
- OWN & RED & ADM
- AMB & RED & ADM
- AMB & RED & REL

Processing inputs:

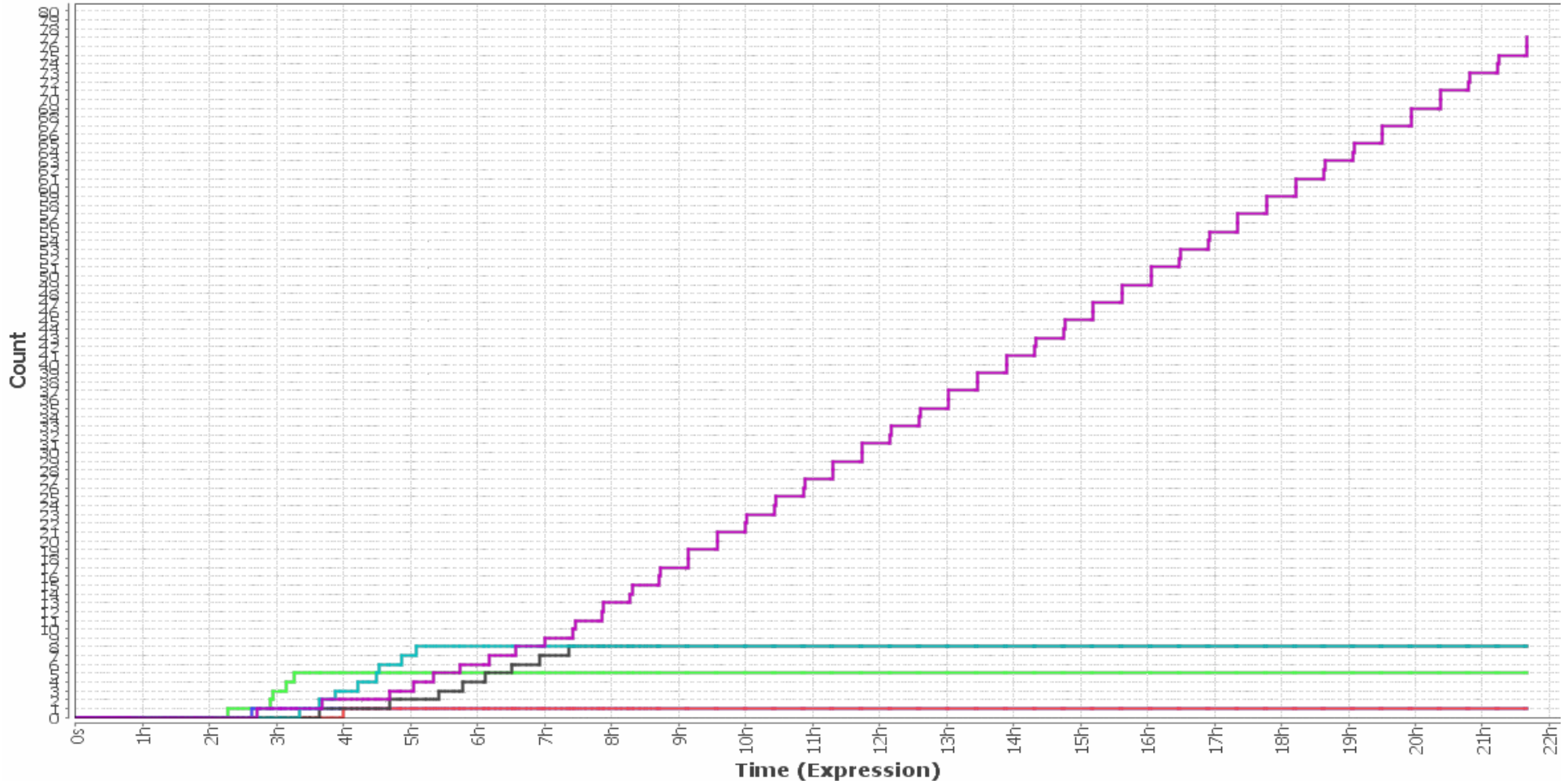
- OWN & NORED & REL
- OWN & RED & REL
- OWN & NORED & ADM
- OWN & RED & ADM
- AMB & RED & ADM
- AMB & RED & REL

Completed inputs:

- OWN & NORED & REL
- OWN & RED & REL
- OWN & NORED & ADM
- OWN & RED & ADM
- AMB & RED & ADM
- AMB & RED & REL



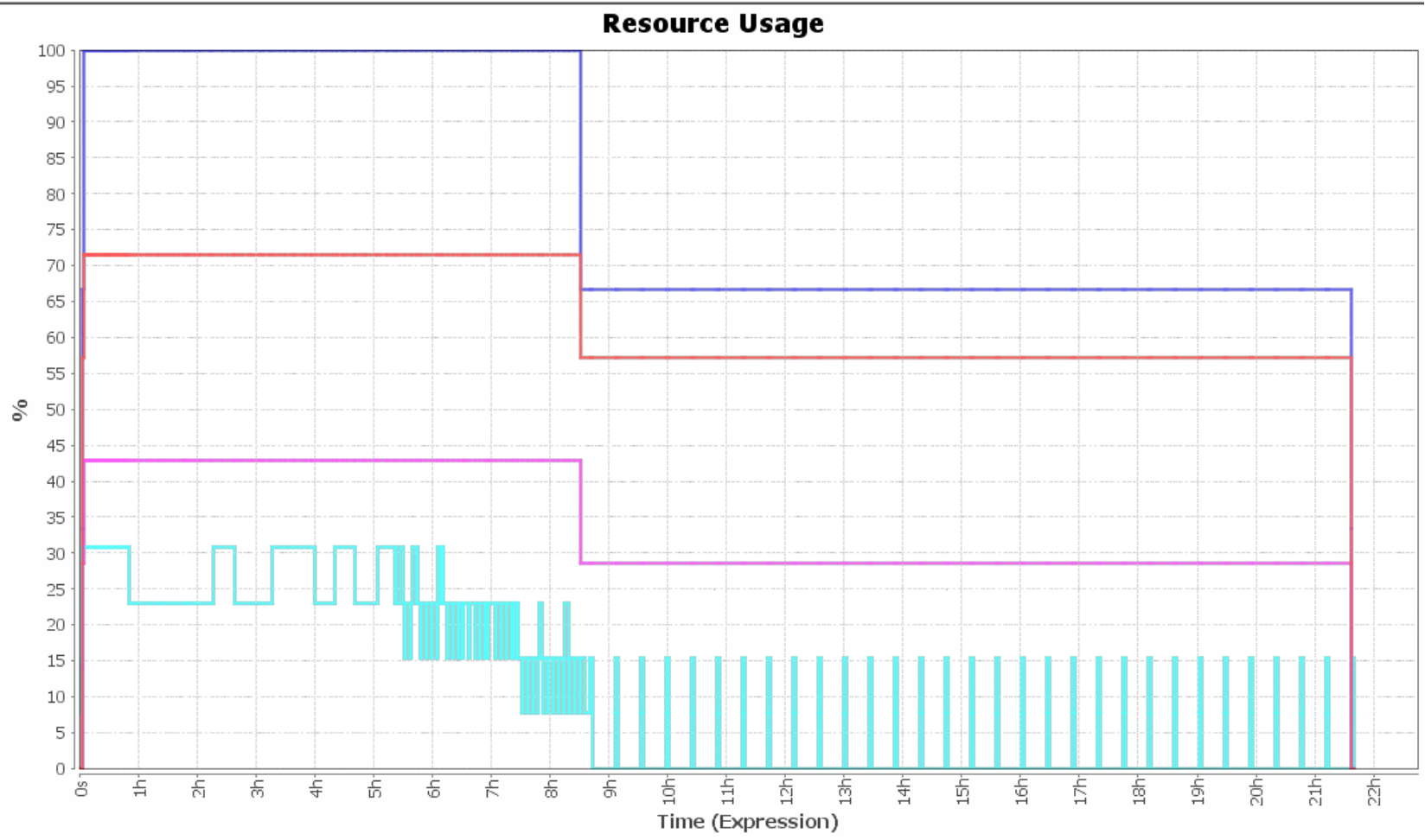
## Completion

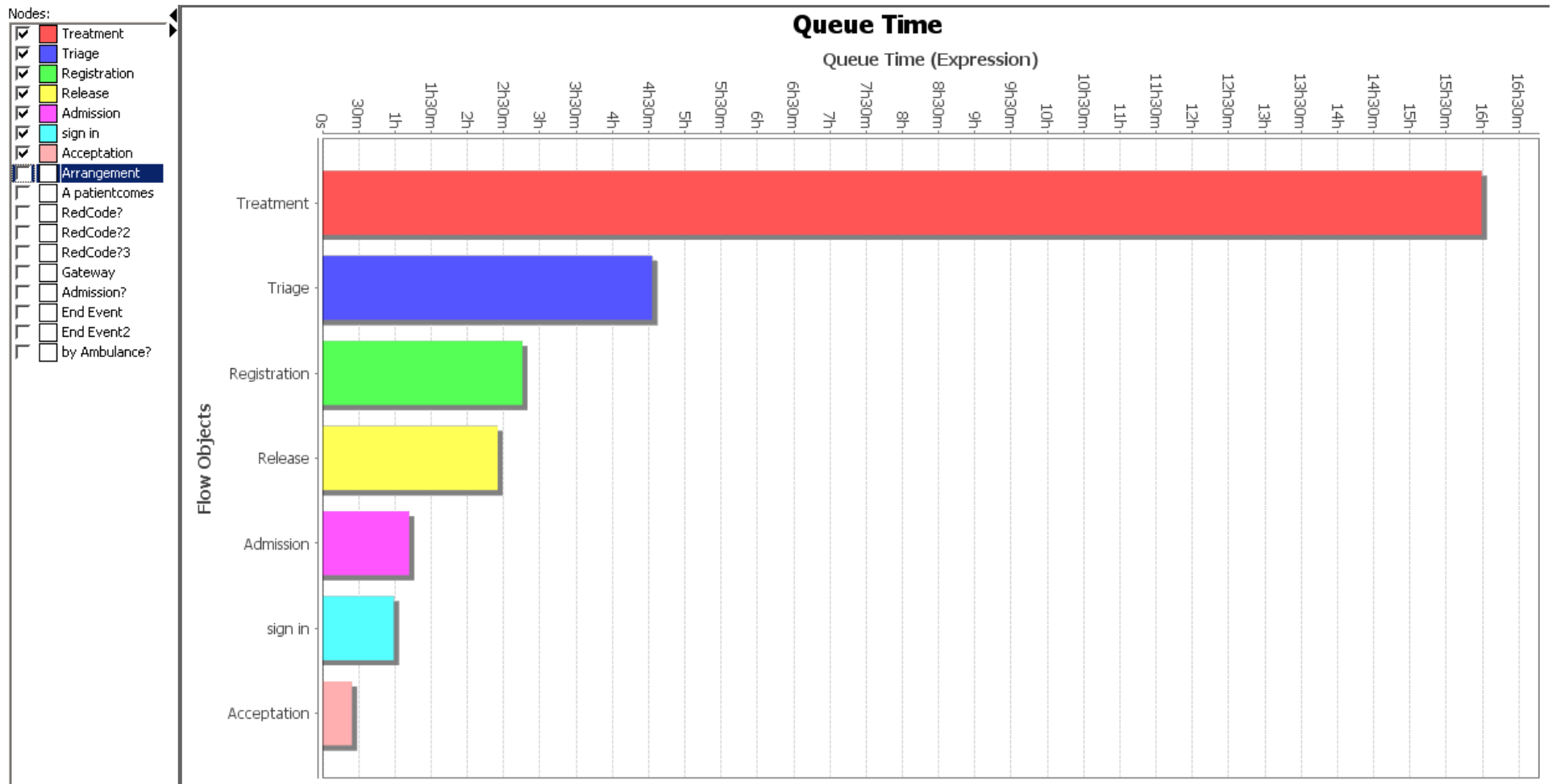


- Dai diagrammi si può estrapolare anche il massimo uso di risorse. Osservando il Resource Usage diagram (espresso in percentuali rispetto a quelle disponibili), può essere calcolato facilmente il massimo uso di risorse:  
Nurses: 5/7; Phys: 3/3; Techn: 2/4; Adm: 4/4; Med Rooms: 3/7; Adm Rooms: 4/13;
- Total costs = Fixed costs + Costs per Input =  $55800 \cdot 3 + 13200 \cdot 4 + 10037 = \mathbf{230237\$}$

- Resources:
- Nurse
  - Physician
  - Technician
  - Administrative Clerk
  - Medical Room
  - Administrative Room
  - EmergencyRoom
  - TriageRoom
  - Administrative Clerk
  - EntranceRoom

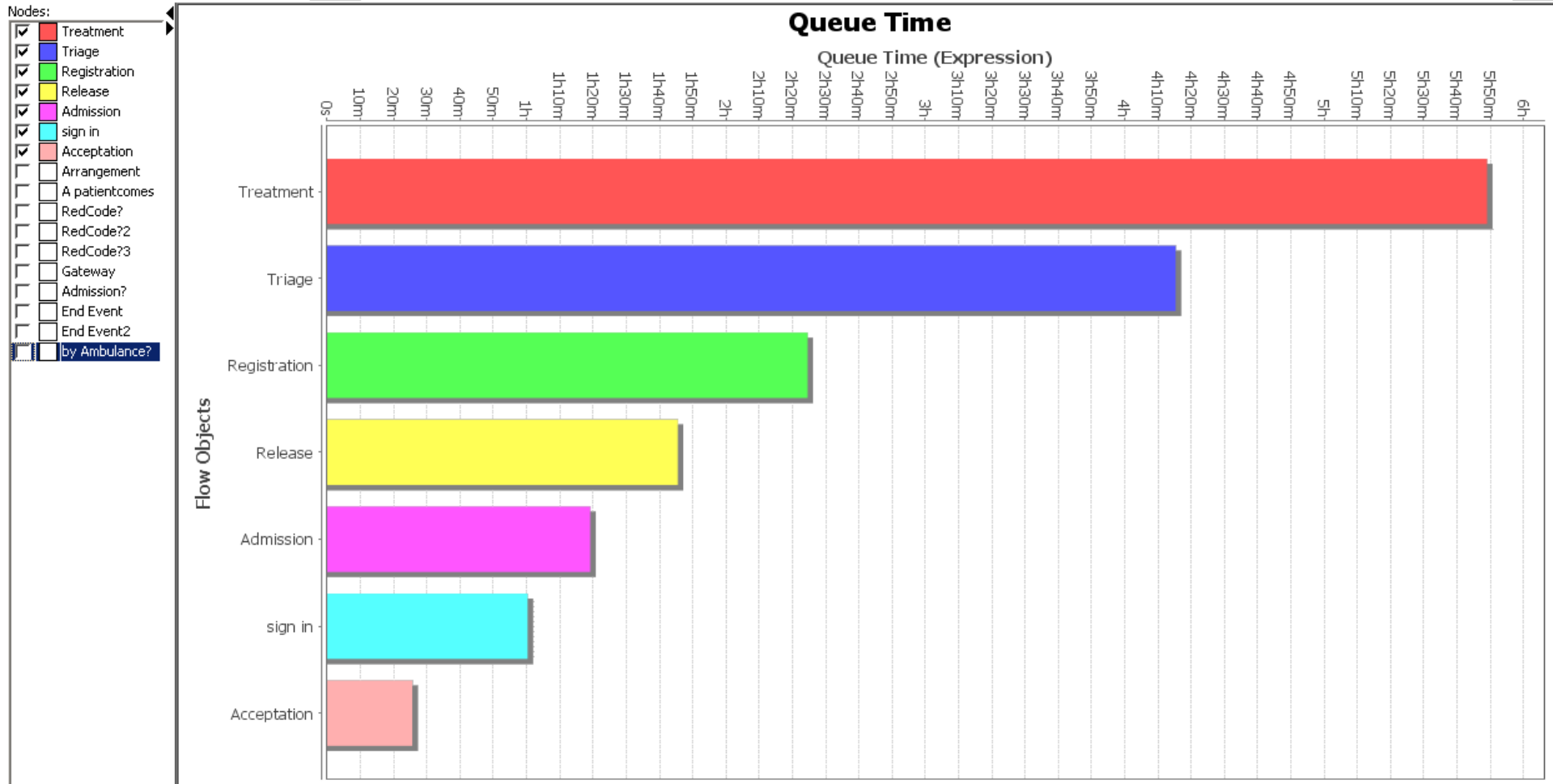
- Resource Types:
- Staff
  - Room
  - Pool / Lane



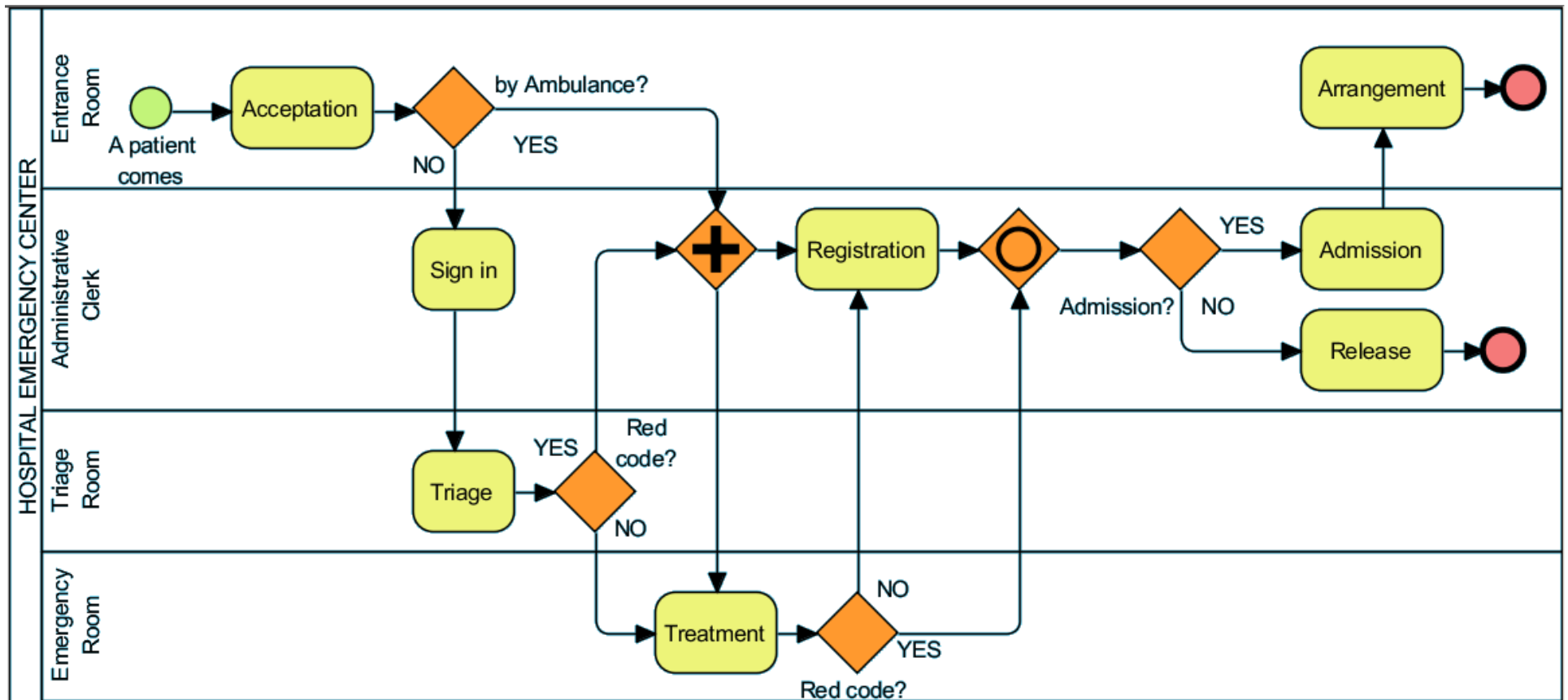


c. Osservando il Queue Time, si può evincere che il collo di bottiglia è sulla attività Treatment. Aumentiamo il numero di risorse per treatment: 3 Emergency Room.

- **Total Duration and Total Variable Cost: 17h 21m 12s 10037\$**
- **Total Average Time: 8.65h**
- La nuova situazione di accodamento è più bilanciata.

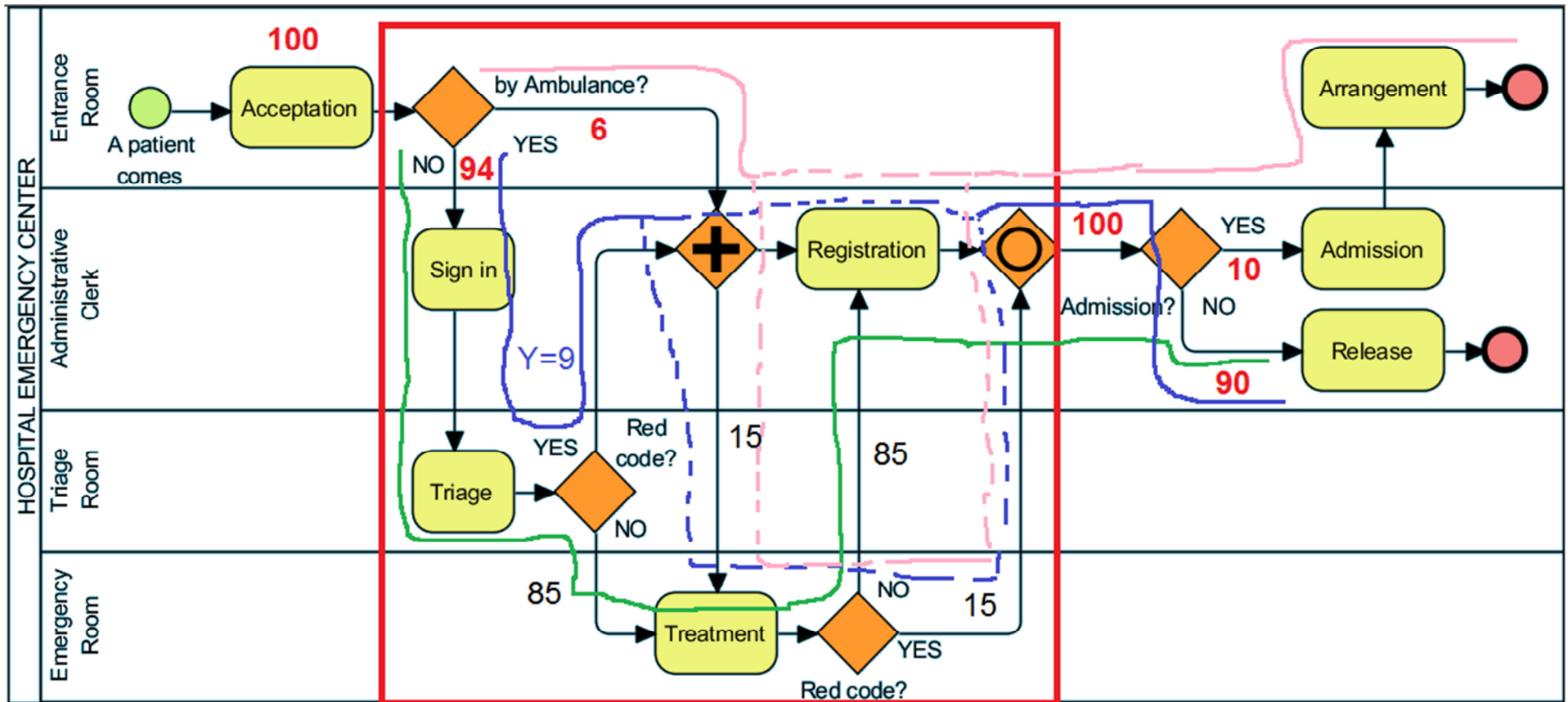


- Un esempio di riprogettazione del layout.



- Il numero di token per ciascuno scenario può essere ricalcolato con la metodologia usata precedentemente nel primo modello. Vedere la figura a pagina seguente.
- Questo modello **non può essere simulato**, perchè lo il simulatore non consente la definizione di scenari complessi con gateway paralleli e con inclusive merge node. Occorre creare un **emulation model**, ossia un modello di emulazione.





AMB -> RED CODE

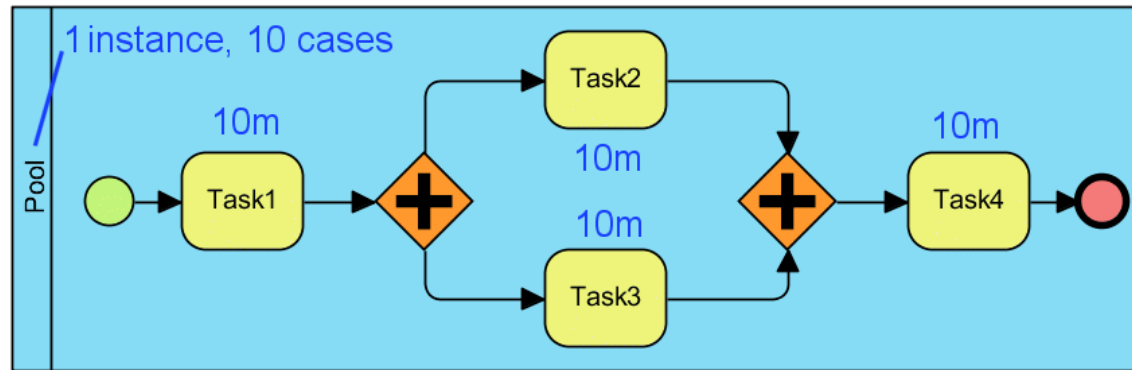
TOT RED: 6+Y=15

-> Y = 9

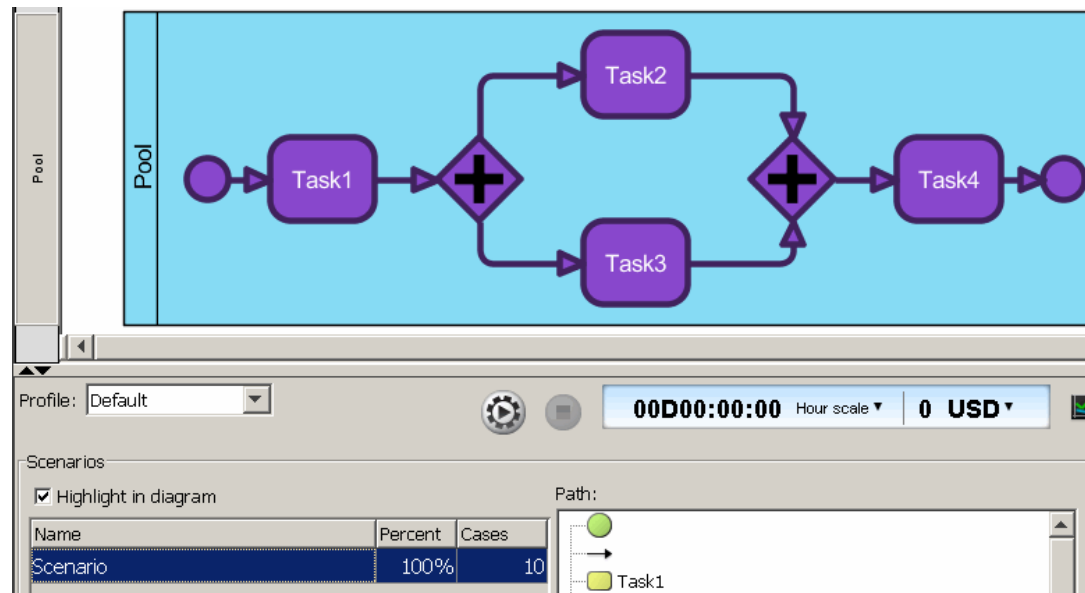
- 1) OWN & NORED & REL -> 94 & 85 & 85\*0.9 = 77
- 2) OWN & RED & REL -> 94 & 9 & 9 \* 0.9 = 8
- 3) OWN & NORED & ADM -> 94 & 85 & 85\*0.1 = 8
- 4) OWN & RED & ADM -> 94 & 9 & 9\*0.1 = 1
- 5) AMB & RED & ADM -> 6 & 6 & 6\*0.1 = 1
- 6) AMD & RED & REL -> 6 & 6 & 6\*0.9 = 5

- Si noti che un gateway di tipo parallelo **duplica i token**. Nell'esempio di seguito, partendo da 10 token in ingresso, si arriva ad un certo istante della simulazione ad averne 20, ossia 10 coppie di token "gemelli". All'uscita dal gateway parallel di tipo

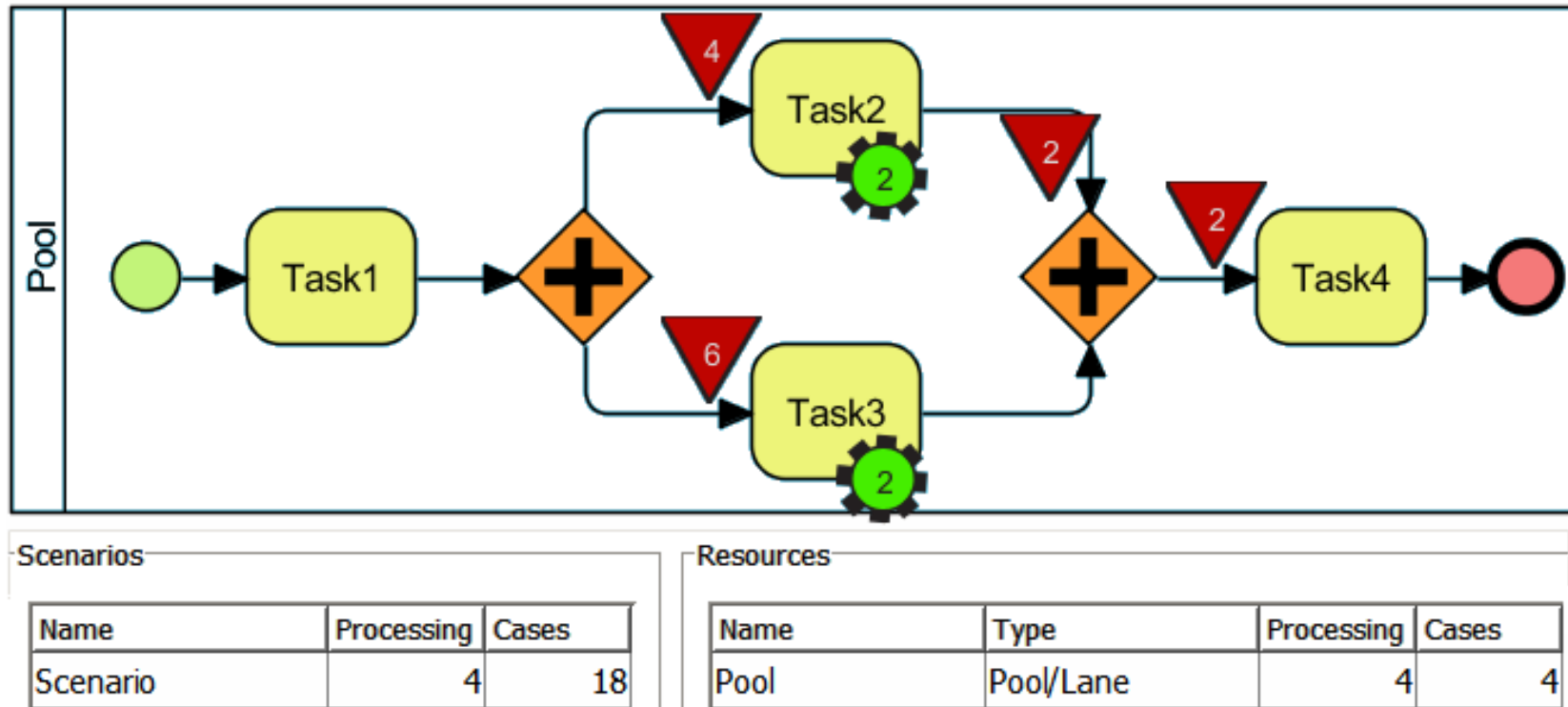
merge, I token gemelli si fondono nuovamente e il numero di token totali risulta nuovamente pari a 10. Notare che sono gli **stessi** token divisi a fondersi.



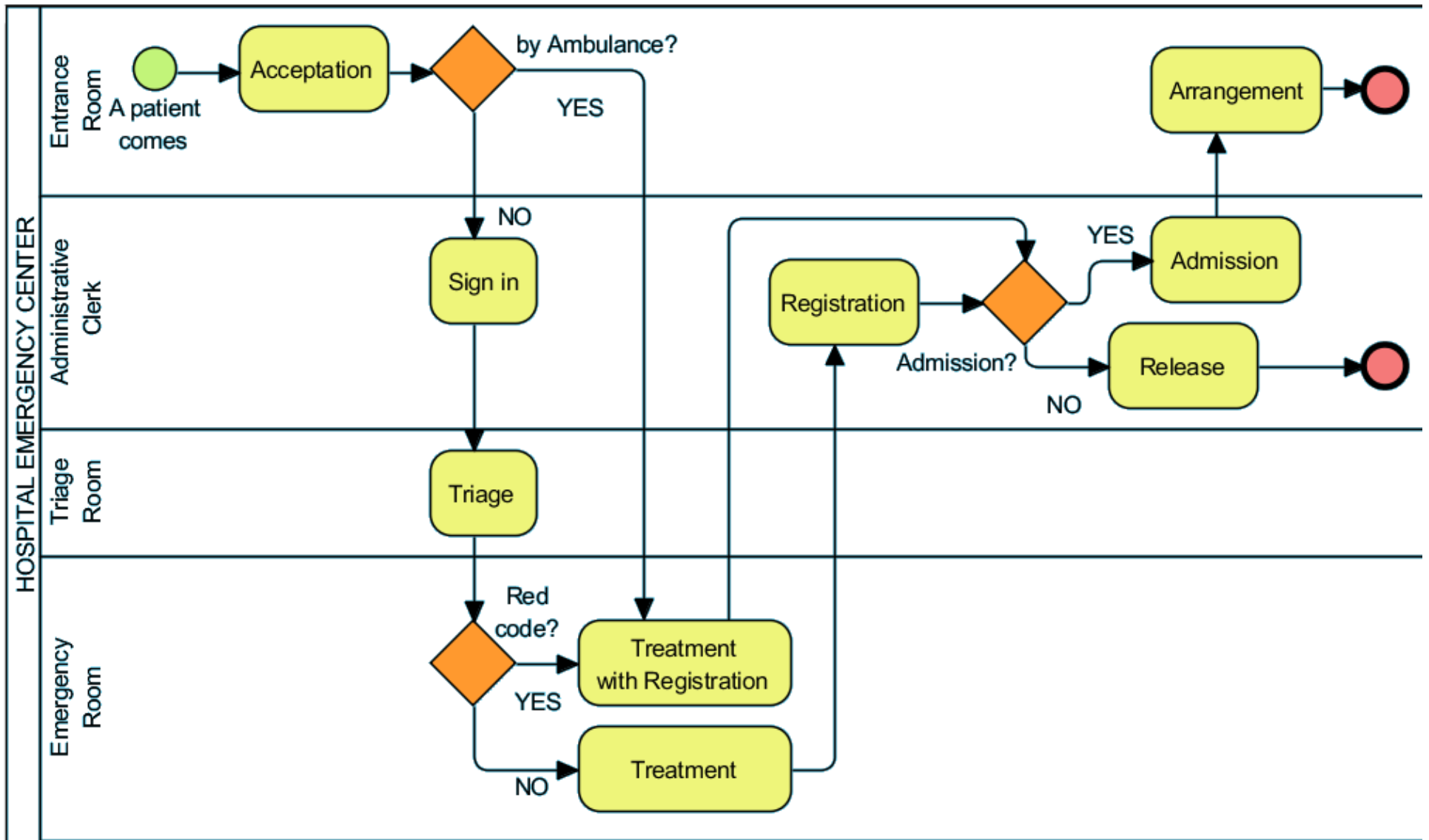
- Scenario



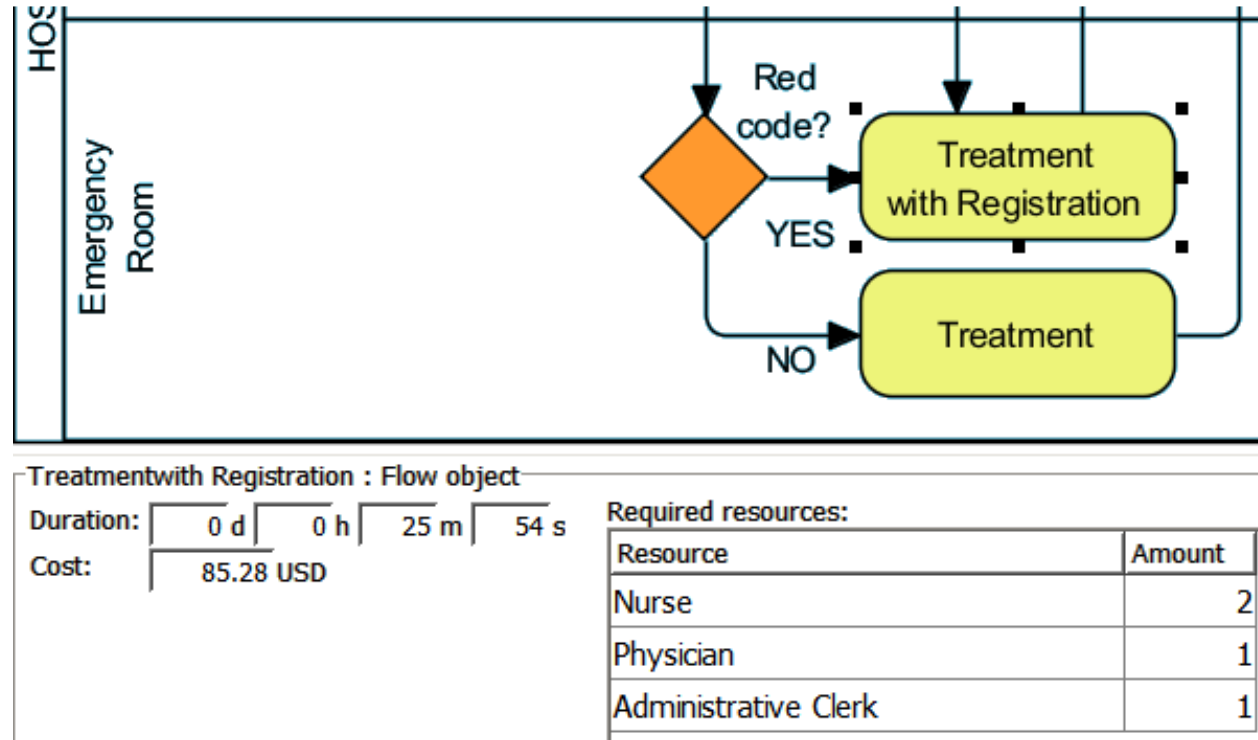
- Per consentire una esecuzione parallela di Task2 e Task3, il numero di istanze del Pool deve essere aumentato, es. fissiamolo a 4. La total duration è 1h 40m.



- Il modello di emulazione nel caso dell'ospedale è rappresentato in figura alla pagina seguente. Il modello è **ridondante**, perchè ci sono due occorrenze dei task Registration e Treatment. L'attività Treatment-with-Registration è una emulazione del parallelismo tra le due attività.
- Un **emulation diagram** è un diagramma creato considerando le limitazioni di un simulatore, per avvicinarsi al comportamento reale del modello. La emulazione imita un comportamento esteriore del sistema. Lo stato interno non riflette accuratamente quello del sistema. Invece il modello di **simulation** cerca di modellare anche lo stato interno del sistema, per osservare proprietà che si possono riscontrare anche nel sistema originale.



- Treatment-with-Registration:  
 Duration = il Massimo delle durate (of Treatment and Registration)  
 Resource = l'unione delle risorse  
 Cost = la somma dei costi

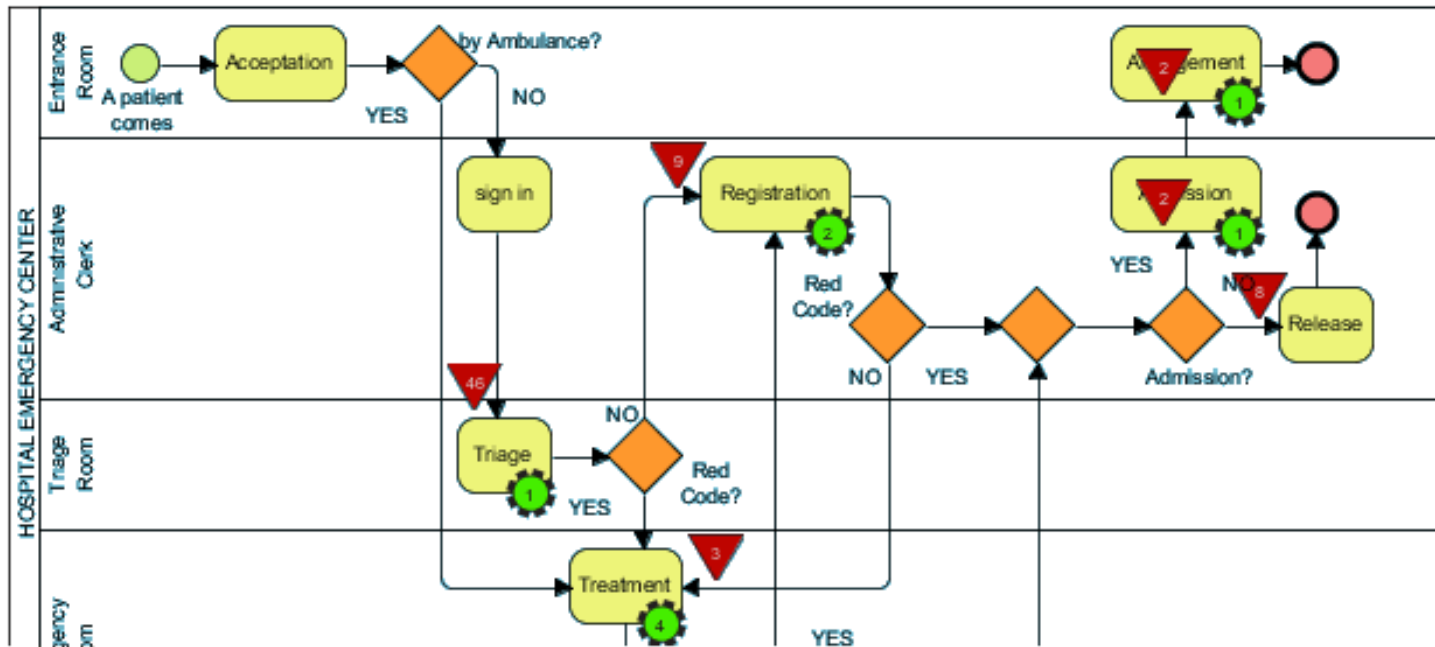


- Total duration e costo nel modello di emulazione: 17h 31m 54s 10037\$.
- La total duration è stranamente più alta della durata del simulation model (17h 21m 12s). Spiegarne il motivo.

## Soluzione

- Il modello di emulazione richiede più risorse umane per essere sperimentato, perchè sfrutta il parallelismo nella Emergency Room.
- Confronta i due modelli.

<b>MODEL</b>	<b>RESOURCES</b>	<b>RESULTS</b>	<b>COMMENTS</b>
Simulation	4 Physicians 4 Emerg. Rooms	14h 45m 18s 10037\$	Il Massimo numero di esecuzioni parallele in Emergency Room è sempre 3. Perché? Perché sono necessarie 8 Nurses e non 7.
Simulation	4 Physicians 4 Emerg. Rooms 8 Nurses	13h 04m 12s 10037\$	Ora ci sono 4 esecuzioni parallele.
Simulation (best)	20 unità per ciascuna risorsa	<b>11h 23m 36s</b> 10037\$ <b>Tot avg Time</b> <b>6,18</b> <b>Tot Costs</b> 55800*5+ 13200*4+ 10037 = <b>341837\$</b>	Esperimento teorico con infinite risorse. Viene usato per stabilire le risorse effettivamente usate: 9 Nurses, 5 Phys, 4 Tech, 4 Adm, 5 Med Room, 4 Adm Room. Completion time (Start-End) per scenario: (1) 2:20-11:25; (2) 3:20-4:30; (3) 3:08-6:10; (4) 4:00-4:00; (5) 2:45-2:45; (6) 2:26-3:20.



### Scenarios

Name	Processing	Cases
OWN & NORED & REL	7	71
OWN & RED & REL	0	2
OWN & NORED & ADM	2	6

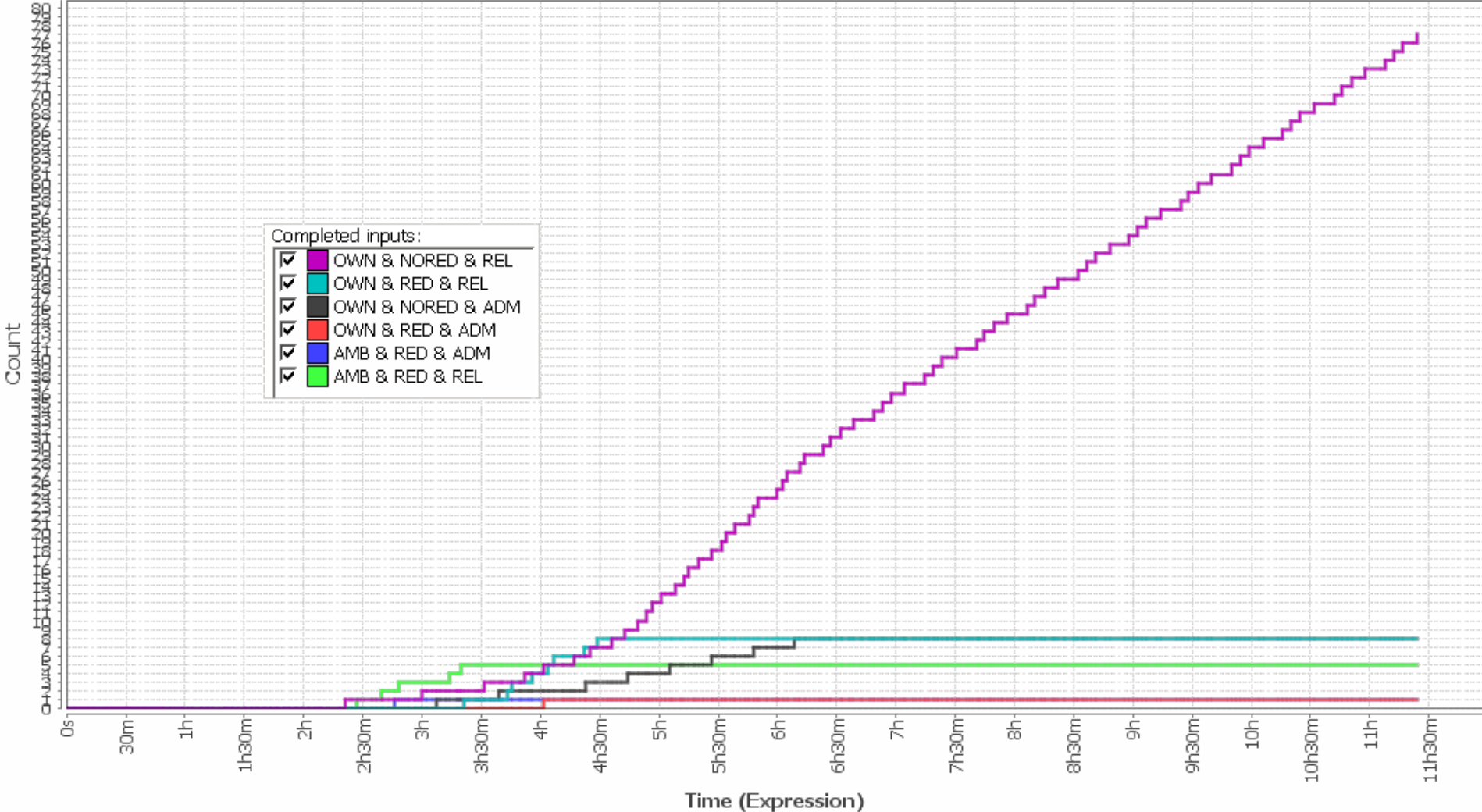
### Results

Name	Cases
OWN & NORED & REL	6
OWN & RED & REL	6
OWN & NORED & ADM	2
OWN & RED & ADM	1
AMB & RED & ADM	1
AMB & RED & REL	5

### Resources

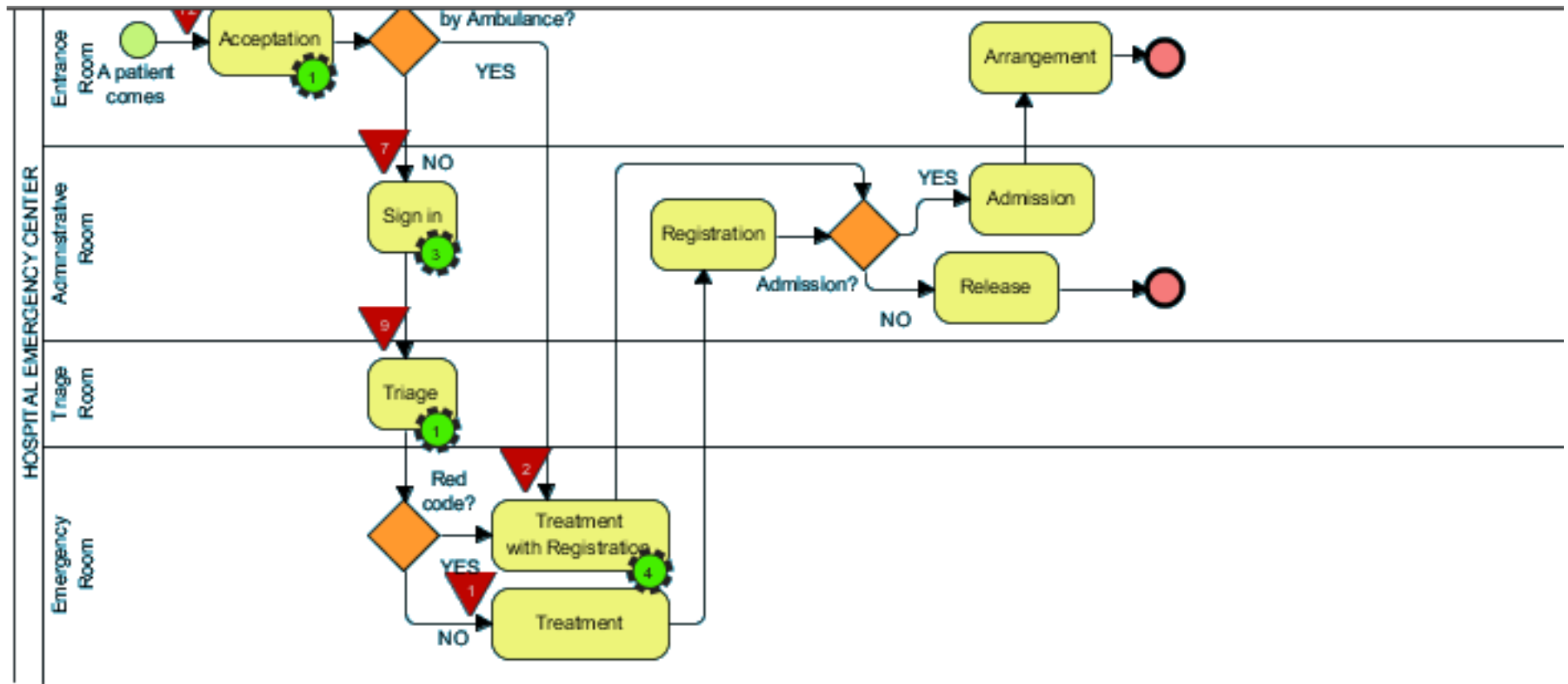
Name	Type	Processing	Cases
Nurse	Staff	9	20
Physician	Staff	5	20
Technician	Staff	4	20
Administrative C...	Staff	4	20
Medical Room	Room	5	7
Administrative R...	Room	4	13
Emergency Room	Pool/Lane	4	4
Triage Room	Pool/Lane	1	1
Administrative ...	Pool/Lane	3	3
Entrance Room	Pool/Lane	1	1

# Completion





<b>MODEL</b>	<b>RESOURCES</b>	<b>RESULTS</b>	<b>COMMENTS</b>
Emulation	4 Physicians 4 Emerg. Rooms	14h 56m 30s 10037\$	Il Massimo numero di esecuzioni parallele in Emergency Room è sempre 3. Perché? Perché sono necessarie 8 Nurses e non 7.
Emulation	4 Physicians 4 Emerg. Rooms 8 Nurses	13h 17m 48s 10037\$	Ora ci sono 4 esecuzioni parallele.
Emulation (best)	20 unità per ciascuna risorsa	<b>11h 11m 12s</b> 10037\$ <b>Tot avg Time</b> <b>5,75</b> <b>Tot Costs</b> 55800*4+ 13200*4+ 10037 = <b>286037\$</b>	Esperimento teorico con infinite risorse. Viene usato per stabilire le risorse effettivamente usate:: 9 Nurses, 5 Phys, 4 Tech, 8 Adm, 4 Med Room, 4 Adm Room. Completion time (Start-End) per scenario: (1) 2:09-11:12; (2) 1:49-3:32; (3) 2:34-5:02; (4) 2:12-2:12; (5) 1:18-1:18; (6) 0:58-1:40.



Scenarios

Name	Processing	Cases
OWN & NORED & REL	1	77
OWN & RED & REL	2	8
OWN & NORED & ADM	2	8
OWN & RED & ADM	0	1
AMB & RED & ADM	1	1
AMB & RED & REL	3	5

Resources

Name	Type	Processing	Cases
Nurse	Staff	9	20
Physician	Staff	5	20
Technician	Staff	4	20
Administrativ...	Staff	8	20
Medical Room	Room	4	7
Administrativ...	Room	4	13

# Completion

