



Industrijsko inženjerstvo – projektovanje i praksa

Prof. Dr Ivan Mihajlović

imihajlovic@mas.bg.ac.rs

kabinet:



Sadržaj predmeta

- O industrijskom inženjerstvu.
- Industrijski sistem u privrednom okruženju (uloga fabrike ili industrijskog sistema u privredi, funkcije koje mora da ispuni sistem i njegov benefit za privredu).
- Elementi industrijskog sistema (proizvodnja, organizacija, logistika).
- **Osnovni podsistemi industrijskog sistema (proizvodnja sa definisanim kapacitetom, transport sa definisanom tehnologijom, skadišni podsistem, održavanje, organizacija, informacione tehnologije, menadžment, ergonomija, ekonomsko - komercijalni sektor).**
- Mesto i uloga svih industrijskih podsistema sa posebnim osvrtom na primere iz industrijske prakse (fabrika, distributivni centri, transportni sistemi, informacioni sistemi).
- Primena i efekti primene industrijskih sistema u privredi sa konkretnim primerima iz prakse.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Pored metoda karika, optimizacija grupnog rasporeda radnih mesta se može vršiti analitičkim putem, primenom sledećih unapred zadatih kriterijuma:
 - *kvantitativni kriterijumi* (minimalni tok materijala, ljudi, sredstava unutrašnjeg transporta i slično),
 - *kvalitativni* (poželjno – nepoželjno postojanje kontakta između pojedinih pogona ili radnih mesta usled buke, vibracija, itd.),
 - *mešoviti kriterijumi*, gde na konačni raspored opreme podjednaki uticaj imaju kvantitativni ali i kvalitativni uticaji.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Kvantitativni kriterijumi su najčešće zasnovani na određenim funkcijama cilja, koje mogu biti definisane na sledeće načine:

- Transportni učinak definisan protokom materijala:

$$\min F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot l_{ij}; \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

- Gde su:
 - F - ukupni transportni učinak,
 - q_{ij} (t, m³, kom) - količina materijala koja se kreće između radnih mesta i – j,
 - l_{ij} (m) - dužina transportnog puta između i-te i j-te lokacije radnih mesta.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Transportni učinak definisan brojem ciklusa:

$$\min F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n N_{ij} \cdot l_{ij}; _i, j = 1, 2, 3 \dots n$$

- gde je: N_{ij} - broj transportnih ciklusa između i-te i j-te lokacije radnih mesta. Ostali simboli su identični kao u prethodnom slučaju.
- Transportni učinak definisan preko transportnih troškova:

$$\min T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot l_{ij} \cdot c_{ij}; _i, j = 1, 2, 3 \dots n$$

- gde je: c_{ij} - (din/m kg) jedinični transportni troškovi.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- **Primer:** U sledećoj tabeli dat je raspored transporta materijala između pojedinih proizvodnih mašina (radnih mesta), kao i količina materijala koju treba transportovati u tonama. Formirati grupni raspored mašina empirijskim putem (na osnovu intuitivne procene) a potom izvršiti korekciju na osnovu kvantitativnog kriterijuma (najkraća relacija za transport = najveća količina materijala). Usvojiti da je minimalno moguće horizontalno i vertikalno rastojanje između mašina, 10 m.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

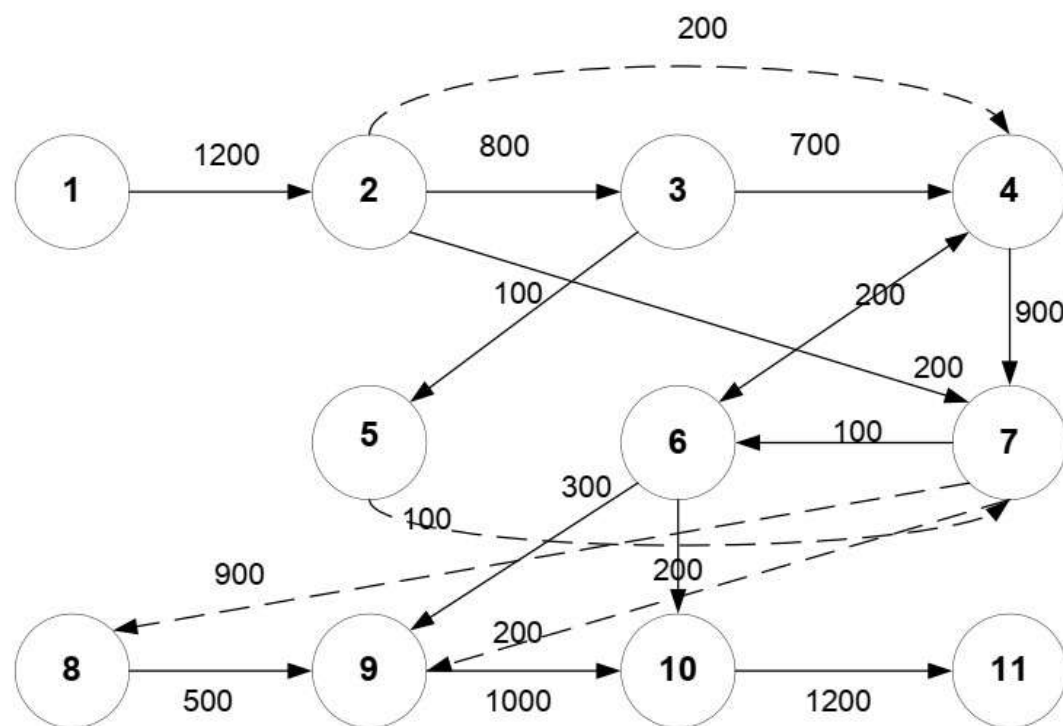
- Raspored transporta materijala između pojedinih mašina:*

DO OD		Mašina											ΣOD
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Mašina	1		1200										1200
	2			800	200			200					1200
	3				700	100							800
	4						200	900					1100
	5							100					100
	6				200					300	200		700
	7						100		900	200			1200
	8						400			500			900
	9										1000		1000
	10											1200	1200
	11												
ΣDO			1200	800	1100	100	700	1200	900	1000	1200	1200	

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT



- **Rešenje:** Empirijski način rasporeda mašina je zasnovan na intuitivnom pronalaženju najpogodnijeg rešenja, te je zbog toga subjektivan i podložan velikom stepenu greške. Ukoliko je na primer ovim putem formiran sledeći raspored mašina, slika:





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Da bi smo izvršili korekciju rasporeda mašina, upotrebom zadatog kriterijuma moramo formirati tabelu vrednosti transportnog učinka rasporeda mašina datog na prethodnoj slici.

Transportni učinak se računa na osnovu obrasca:

$$\min F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot l_{ij}; \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

gde je:

F - ukupni transportni učinak,

q_{ij} (t, m³, N_{TJ}) - količina materijala koja se kreće između i - j

l_{ij} (m) - dužina transportnog puta između i -te i j -te lokacije

q_{ij} (t)	l_{ij} (m)	F_{ij} (t m)
$q_{12} = 1200$	$l_{12} = 10$	$F_{12} = 12000$
$q_{23} = 800$	$l_{23} = 10$	$F_{23} = 8000$
$q_{24} = 200$	$l_{24} = 20$	$F_{24} = 4000$
$q_{27} = 200$	$l_{27} = 22,4$	$F_{27} = 4480$
$q_{34} = 700$	$l_{34} = 10$	$F_{34} = 7000$
$q_{35} = 100$	$l_{35} = 14,14$	$F_{35} = 1414$
$q_{46} = 200$	$l_{46} = 14,14$	$F_{46} = 2828$
$q_{47} = 900$	$l_{47} = 10$	$F_{47} = 9000$
$q_{57} = 100$	$l_{57} = 20$	$F_{57} = 2000$
$q_{64} = 200$	$l_{64} = 14,14$	$F_{64} = 2828$
$q_{69} = 300$	$l_{69} = 14,14$	$F_{69} = 4242$
$q_{610} = 200$	$l_{610} = 10$	$F_{610} = 2000$
$q_{76} = 100$	$l_{76} = 10$	$F_{76} = 1000$
$q_{78} = 900$	$l_{78} = 31,62$	$F_{78} = 28440$
$q_{79} = 200$	$l_{79} = 22,4$	$F_{79} = 4480$
$q_{86} = 400$	$l_{86} = 22,4$	$F_{86} = 8960$
$q_{89} = 500$	$l_{89} = 10$	$F_{89} = 5000$
$q_{910} = 1000$	$l_{910} = 10$	$F_{910} = 10000$
$q_{1011} = 1200$	$l_{1011} = 10$	$F_{1011} = 12000$
Ukupno:	$F =$	129672





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Sada je potrebno rasporediti podatke u tabeli rangirati prema q_{ij} , na taj način se dobija sledeća tabela:

q_{ij} (t)	l_{ij} (m)	F_{ij} (t m)
$q_{12} = 1200$	$l_{12} = 10$	$F_{12} = 12000$
$q_{1011} = 1200$	$l_{1011} = 10$	$F_{1011} = 12000$
$q_{910} = 1000$	$l_{910} = 10$	$F_{910} = 10000$
$q_{47} = 900$	$l_{47} = 10$	$F_{47} = 9000$
$q_{78} = 900$	$l_{78} = 31,62$	$F_{78} = 28440$
$q_{23} = 800$	$l_{23} = 10$	$F_{23} = 8000$
$q_{34} = 700$	$l_{34} = 10$	$F_{34} = 7000$
$q_{89} = 500$	$l_{89} = 10$	$F_{89} = 5000$
$q_{86} = 400$	$l_{86} = 22,4$	$F_{86} = 8960$
$q_{69} = 300$	$l_{69} = 14,14$	$F_{69} = 4242$
$q_{24} = 200$	$l_{24} = 20$	$F_{24} = 4000$
$q_{27} = 200$	$l_{27} = 22,4$	$F_{27} = 4480$



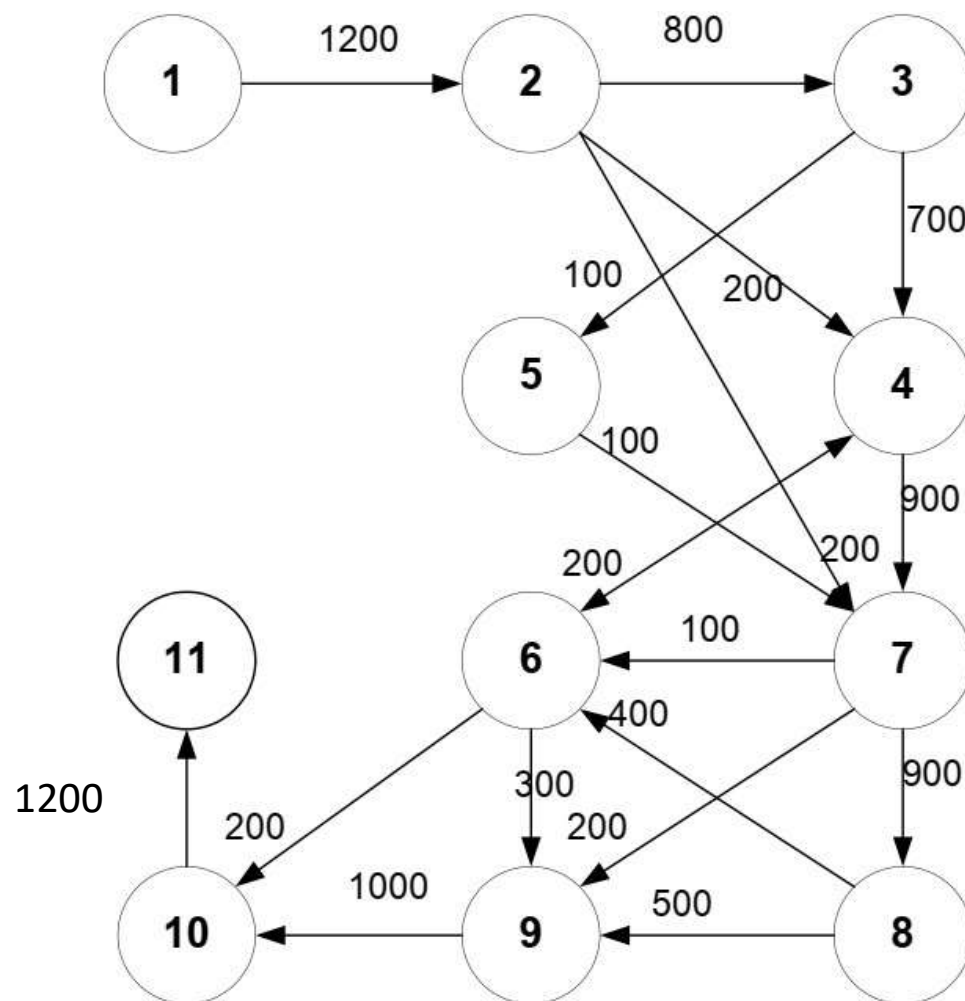
OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Nastavak:

$q_{46} = 200$	$l_{46} = 14,14$	$F_{46} = 2828$
$q_{64} = 200$	$l_{64} = 14,14$	$F_{64} = 2828$
$q_{610} = 200$	$l_{610} = 10$	$F_{610} = 2000$
$q_{79} = 200$	$l_{79} = 22,4$	$F_{79} = 4480$
$q_{35} = 100$	$l_{35} = 14,14$	$F_{35} = 1414$
$q_{57} = 100$	$l_{57} = 20$	$F_{57} = 2000$
$q_{76} = 100$	$l_{76} = 10$	$F_{76} = 1000$

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Ukoliko se formira novi raspored, ali vodeći računa da radna mesta (mašine) koja imaju najveću međusobnu vrednost koeficijenta F (odnosno vrednost q_{ij}) budu što bliža jedna sa drugima, onda se dobija novi raspored:



- Na osnovu dijagrama na prethodnoj slici ukupni transportni učinak je smanjen i ima sledeću vrednost:

Primer algoritma u Mlab-u

q_{ij} (t)	l_{ij} (m)	F_{ij} (t m)
$q_{12} = 1200$	$l_{12} = 10$	$F_{12} = 12000$
$q_{1011} = 1200$	$l_{1011} = 10$	$F_{1011} = 12000$
$q_{910} = 1000$	$l_{910} = 10$	$F_{910} = 10000$
$q_{47} = 900$	$l_{47} = 10$	$F_{47} = 9000$
$q_{78} = 900$	$l_{78} = 10$	$F_{78} = 9000$
$q_{23} = 800$	$l_{23} = 10$	$F_{23} = 8000$
$q_{34} = 700$	$l_{34} = 10$	$F_{34} = 7000$
$q_{89} = 500$	$l_{89} = 10$	$F_{89} = 5000$
$q_{86} = 400$	$l_{86} = 14,14$	$F_{86} = 5656,85$
$q_{69} = 300$	$l_{69} = 10$	$F_{69} = 3000$
$q_{24} = 200$	$l_{24} = 14,14$	$F_{24} = 2828$
$q_{27} = 200$	$l_{27} = 22,4$	$F_{27} = 4480$
$q_{46} = 200$	$l_{46} = 14,14$	$F_{46} = 2828$
$q_{64} = 200$	$l_{64} = 14,14$	$F_{64} = 2828$
$q_{610} = 200$	$l_{610} = 14,14$	$F_{610} = 2828$
$q_{79} = 200$	$l_{79} = 14,14$	$F_{79} = 2828$
$q_{35} = 100$	$l_{35} = 14,14$	$F_{35} = 1414$
$q_{57} = 100$	$l_{57} = 14,14$	$F_{57} = 1414$
$q_{76} = 100$	$l_{76} = 10$	$F_{76} = 1000$
Ukupno	min F =	95796,85



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- **Primer za vežbu:** U sledećoj tabeli dat je raspored transporta materijala između pojedinih radnih mesta kao i količina materijala koju treba transportovati (u tonama). Formirati grupni raspored mašina, empirijskim putem, a potom izvršiti korekciju na osnovu transportnog učinka („najveća količina materijala se kreće najkraćom relacijom“). Usvojiti da je minimalno moguće rastojanje između radnih mesta (horizontalno i vertikalno) jednako 5m.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT



- Od-do matrica:

Od Do	1	2	3	4	5	6
1			800		300	
2			400	50		700
3				1200		200
4					400	800
5						600
6						

- [illegible]

A - absolutno neophodna
povezanost

I - važno postojanje veza

O - potrebno postojanje veza

X - nepoželjno

XX - veoma nepoželjno

1. Udaljenost od skladišta,

2. Buka

3. Vibracije

4. Prašina

5. Protok dokumentacije

6. Stepen komunikacije

7. Korišćenje iste opreme

8. Korišćenje zajedničke arhive

Protok materijala



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

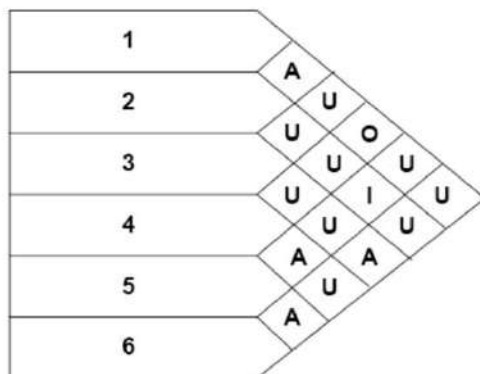
- **Mešoviti, kvalitativno-kvantitativni kriterijum** biće takođe objašnjen na primeru.
- Kako je već rečeno, kvantitativna metoda je zasnovana na konkretnom kriterijumu. Na primer ukoliko je kriterijum: „*najveća količina materijala se kreće najkraćom relacijom za transport proizvoda*“
- U tom slučaju, funkcija cilja je:

$$(\min F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot l_{ij}; _i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT



- kvalitativni kriterijum je baziran na matrici međuzavisnosti aktivnosti, slika:



- Količina materijala koja se kreće između pojedinih radnih mesta, data je u tabeli:

Do Od	1	2	3	4	5	6
1		170	12	90		13
2			25	200	120	
3				13	40	
4					12	200
5						90
6						

Usvojiće se odnos između kvalitativnih i kvantitativnih uticaja kao 50 : 50



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Kvantifikacija oznaka iz matrice međuzavisnosti aktivnosti:

Oznaka	Kvantitativni analog
A	4
E	3
I	2
O	1
U	0
X	-2
XX	-10



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Takođe, radi pojednostavljenja proračuna, vrši se rangiranje količine materijala, koja se kreće između pojedinih radnih mesta, na način predstavljen u tabeli:

Količina materijala (t)	rang
0-40	0
41-80	1
81-120	2
121-160	3
161-200	4



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Na taj način je moguće formirati tabelu kvantitativno-kvalitativnog ranga (pri odnosu značaja 50:50):

	<i>A(4)</i>	<i>E(3)</i>	<i>I(2)</i>	<i>O(1)</i>	<i>U(0)</i>	<i>X(-2)</i>	<i>XX(-10)</i>
4(161-200)	4	3,5	3	2,5	2	1	/
3(121-160)	3,5	3	2,5	2	1,5	0,5	/
2(81-120)	3	2,5	2	1,5	1	0	/
1(41-80)	2,5	2	1,5	1	0,5	-0,5	/
0 (0-40)	2	1,5	1	0,5	0	-1	/

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

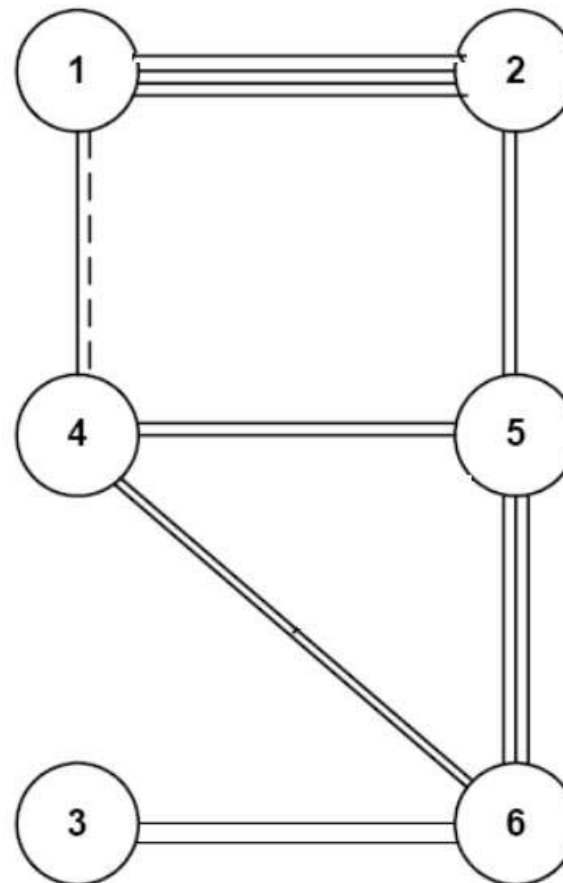


- Za slučaj definisan uslovima navedenog primera, može se formirati zajednička matrica međuzavisnosti, zasnovana na mešovitom kvalitativno-kvantitativnom kriterijumu, slika:

1						
2	4	0				
3	0	1.5	0			
4	0	2	2	0		
5	2	0	2	0		
6	3	2	2			

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

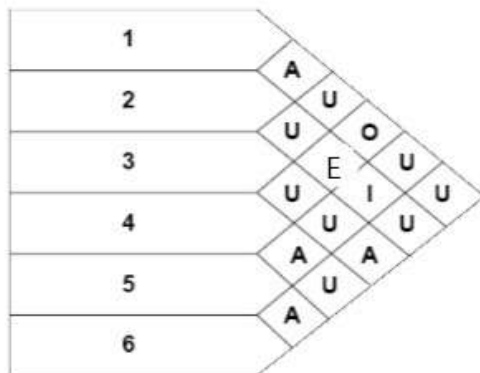
- Prema tome, rezultujući raspored odeljenja/radnih mesta, navedenog primera, dat je na slici:





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- **Primer za vežbu:**
- kvalitativni kriterijum je baziran na matrici međuzavisnosti aktivnosti, slika:



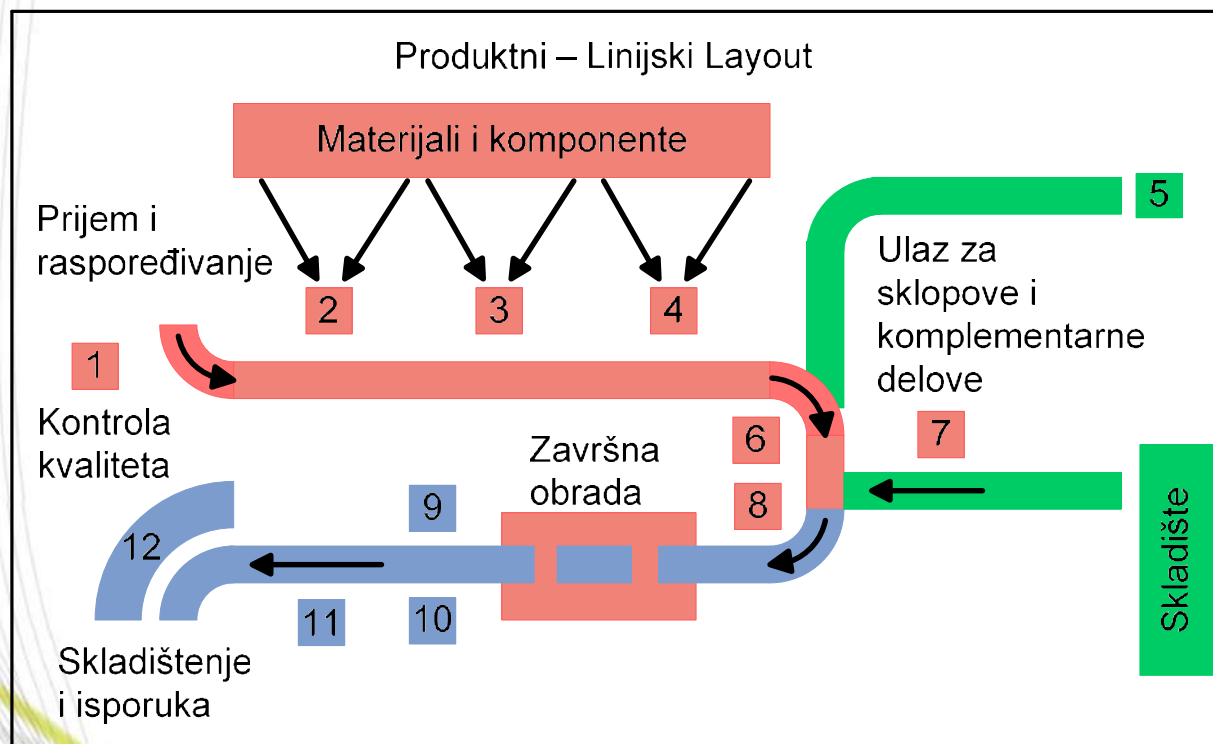
- Količina materijala koja se kreće između pojedinih radnih mesta, data je u tabeli:

Od	Do	1	2	3	4	5	6
1			110	28		200	150
2				30	125	240	
3					110	86	160
4						25	150
5							120
6							

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT



- **Optimizacija linijskog rasporeda radnih mesta**





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Za razliku od grupnog rasporeda radnih mesta, **linijski raspored** se najčešće primenjuje kod većeg obima proizvodnje, koji uključuje veću serijsku ili masovnu proizvodnju.
- U takvim slučajevima se raspored mašina i radnih mesta vrši shodno redosledu radnih operacija na predmetu rada.
- Za veliki broj predmeta rada koje treba obraditi u cilju dobijanja finalnog proizvoda, logično je da radna mesta budu poređana shodno redosledu operacija.
- U takvim slučajevima se najčešće vrši proizvodnja jedne vrste ili manjeg broja finalnih proizvoda, te se koriste visoko specijalizovane/standardizovane mašine.
- Ovakav vid proizvodnje je uglavnom prisutan u procesnoj industriji.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- **Uravnoteženje proizvodne linije**
- Tradicionalni problem uravnoteženja proizvodne linije razmatra proces proizvodnje konkretnog proizvoda pri čemu je proizvodni proces okarakterisan kao redosled radnih zadataka koje treba raspodeliti radnim mestima.
- Za svaki radni zadatak potreban je poznati **iznos vremena** da bi se izvršio normativ rada / (**normalno vreme**).
- **Najduža suma vremena po jednom operateru je Takt vreme (Takt time)**
- Takođe postoji međuzavisnost redosleda pojedinih radnih zadataka: svaki radni zadatak može biti dodeljen određenom radnom mestu, tek pošto su zadaci koji mu prethode raspodeljeni.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

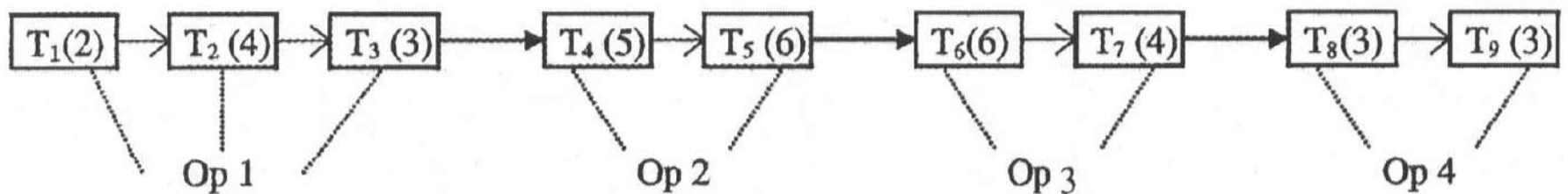
- Uravnoteženje proizvodnih operacija na proizvodnoj liniji moguće je izvesti na neki od sledećih načina:
 - adekvatniji način izvođenja operacija,
 - uvođenje paralelnog rada na obavljanju posmatrane operacije (veći broj mašina ili veći broj radnika),
 - Postavljanje međuoperacijskih skladišta,
 - Produžavanje radnog vremena radnika pri obavljanju operacija koje predstavljaju usko grlo.
 - Uvođenje U-oblika proizvodne linije.



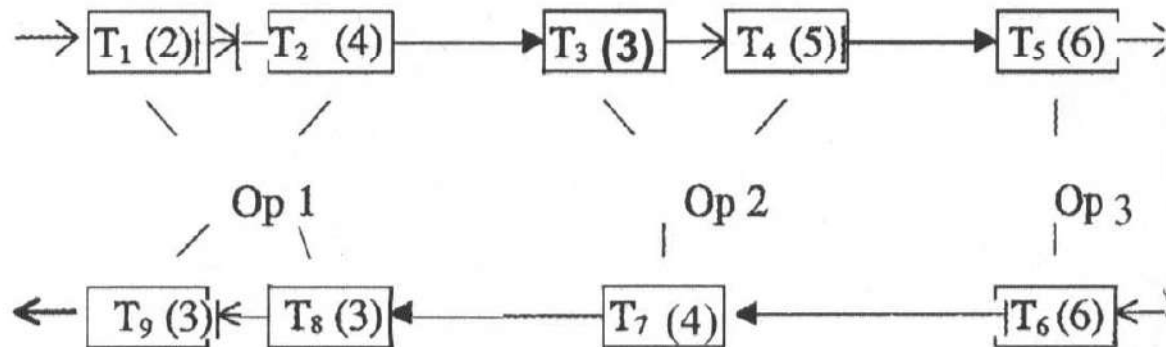
OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- **Primena proizvodne linije U-oblika (U-shaped lines) sa paralelnim radnim mestima:**
 - Izučavanja velikog broja istraživača u novije vreme pokazuju da proizvodne linije U-oblika povećavaju produktivnost radne snage u odnosu na tradicionalni pravolinijski raspored.
 - Obično, kod proizvodne trake, jedan radnik radi na jednom radnom mestu, ponavljajući deo procesa sklapanja na svakom komadu proizvoda.
 - Većina Zapadnih proizvođača tradicionalno postavlja montažne linije u pravolinijski layout, ali njihovi Japanski konkurenti uglavnom koriste linije U-oblika

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT



(a)



(b)

Najduža suma vremena po jednom operateru je Takt vreme (Takt time)



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Kada se koristi pravolinijski raspored, operateri su poredani u linearni raspored, i svako završava svoj deo posla na određenom delu linije.
- Ovakvo raspoređivanje je od značaja jer eliminiše nepotrebno kretanje radnika i verovatnoću mešanja radnika (operatera).
- Kada se koristi raspored U-oblika, operateri mogu da rade na obe strane linije, dok komadi na kojima se radi prate putanju poslova formiranu prema konfiguraciji U-linije.
- Na primer, operator dva, sa slike, izvodi radni zadatke {3 i 5 } na prednjem delu linije, ide na zadnju stranu gde obavlja zadatak {7} i nakon toga se ponovo vraća na prednju stranu linije.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

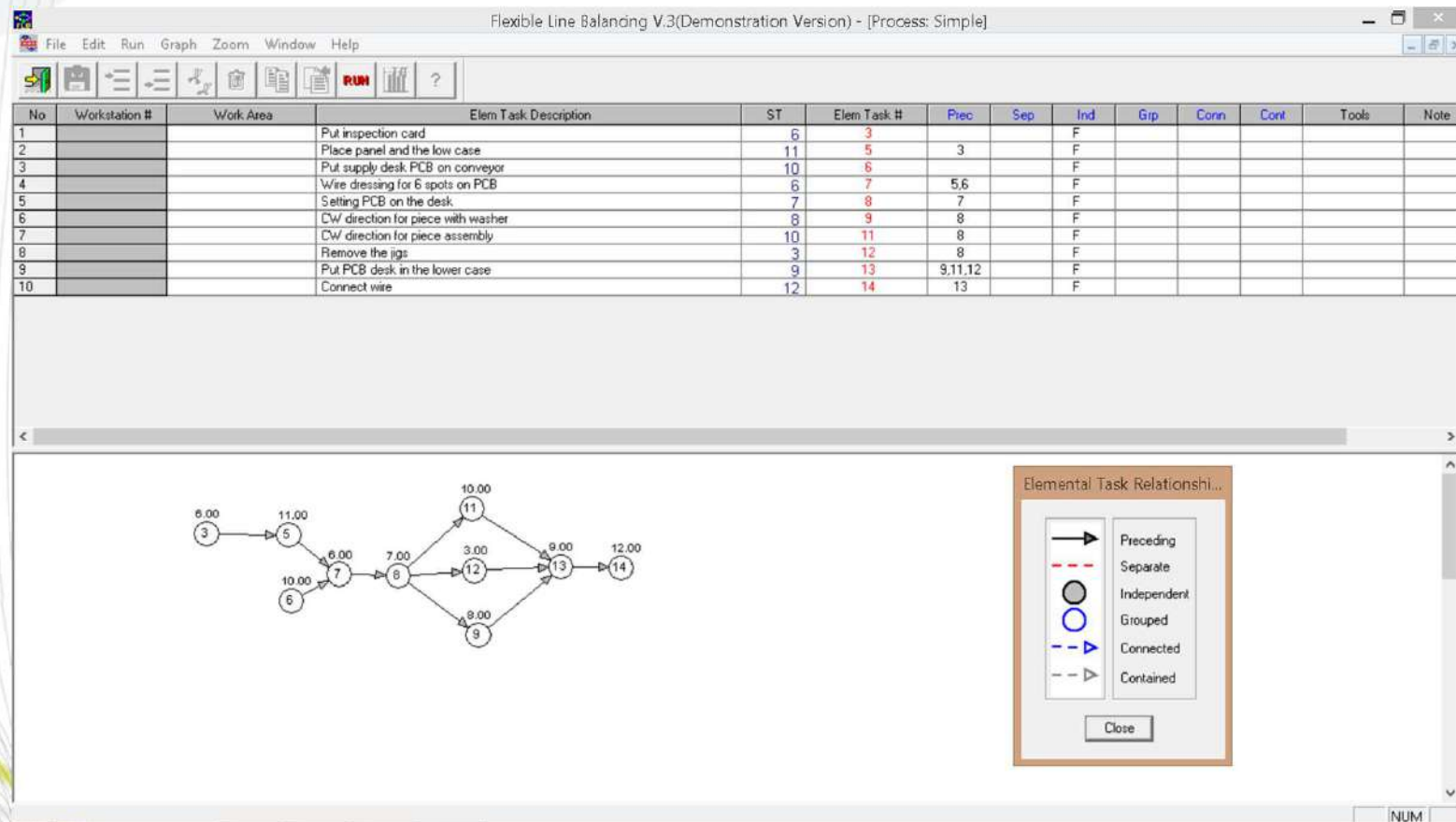
- U prvom slučaju (a), za obavljenje 9 radnih zadataka potrebno je 4 operatera (4 radna mesta). Takt vreme je 11 minuta, pri čemu je efikasnost svakog od operatera $9/11$, $11/11$, $10/11$ i $6/11$, respektivno.
- Samo jedno radno mesto ima optimum vremena od 11 min.
- U situaciji sa U-linijom (b) isti radni zadaci se obavljaju na tri radna mesta – uz nešto veće takt vreme od 12 minuta, pri čemu svaki od operatera ima efikasnost = radni učinak 100% ($12/12$).
- Naravno, u drugom slučaju je potreban viši nivo znanja operatera za rukovanjem opremom.



OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

- Optimizacija proizvodne linije primenom softvera **Flexible Line Balancing - FLB**.
- Akademsku verziju instalacije softvera, studenti će dobiti od nastavnika na vežbama, kao i instrukcije za korišćenje ovog softvera.

OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA – LAYOUT

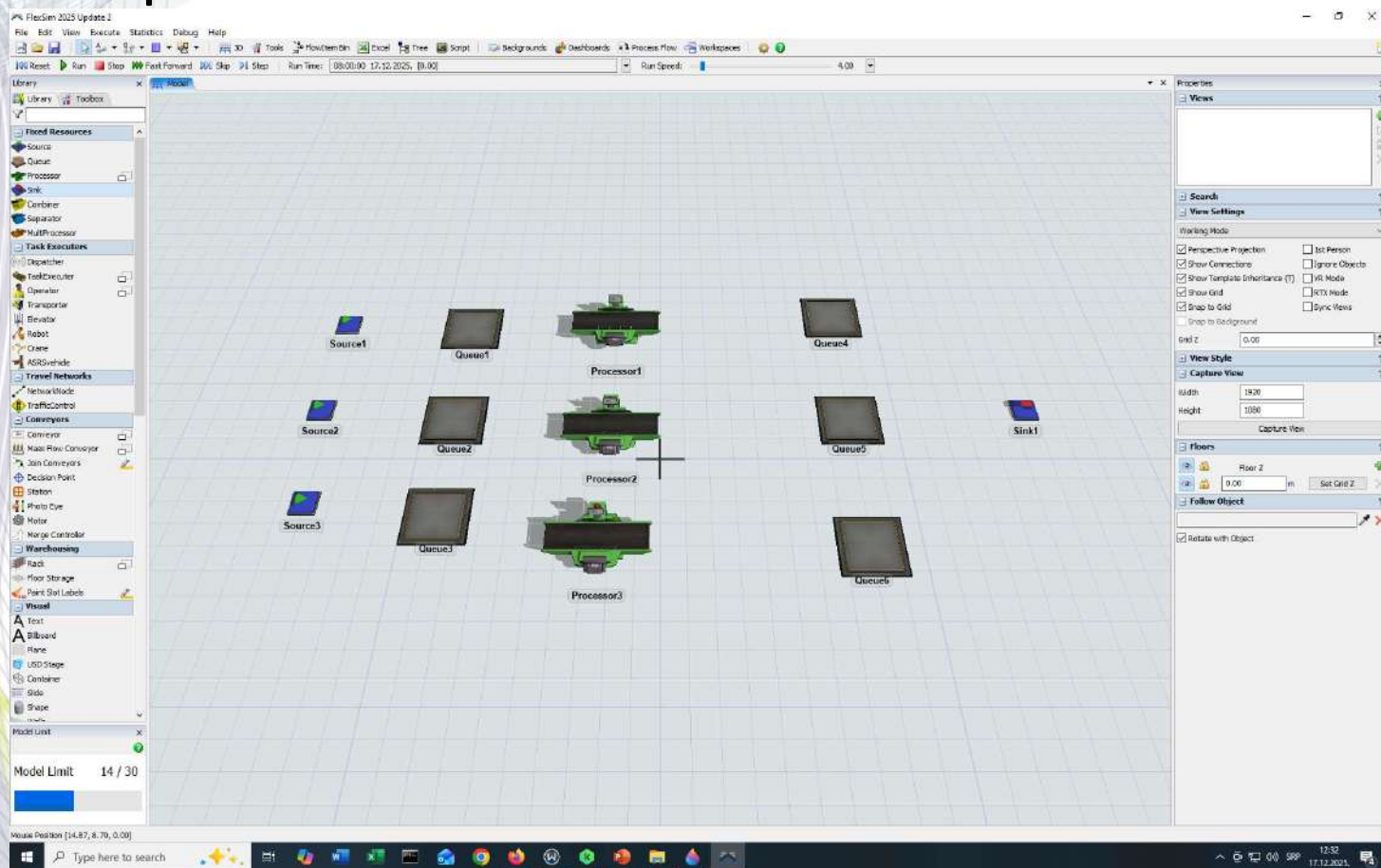




Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru

- U FlexSim softveru je moguće uočiti uticaj rastojanja između objekata modela na efikasnost kretanja (transporta). S tim u vezi, potrebno je napraviti jednostavan model sa tri izvora, tri ulazna međuskladišta (queue), tri radna mesta (procesora), tri izlazna međuskladišta (queue) i jednim izlazom modela (sink).
- Polazni model je pedstavljen na asledećoj slici:

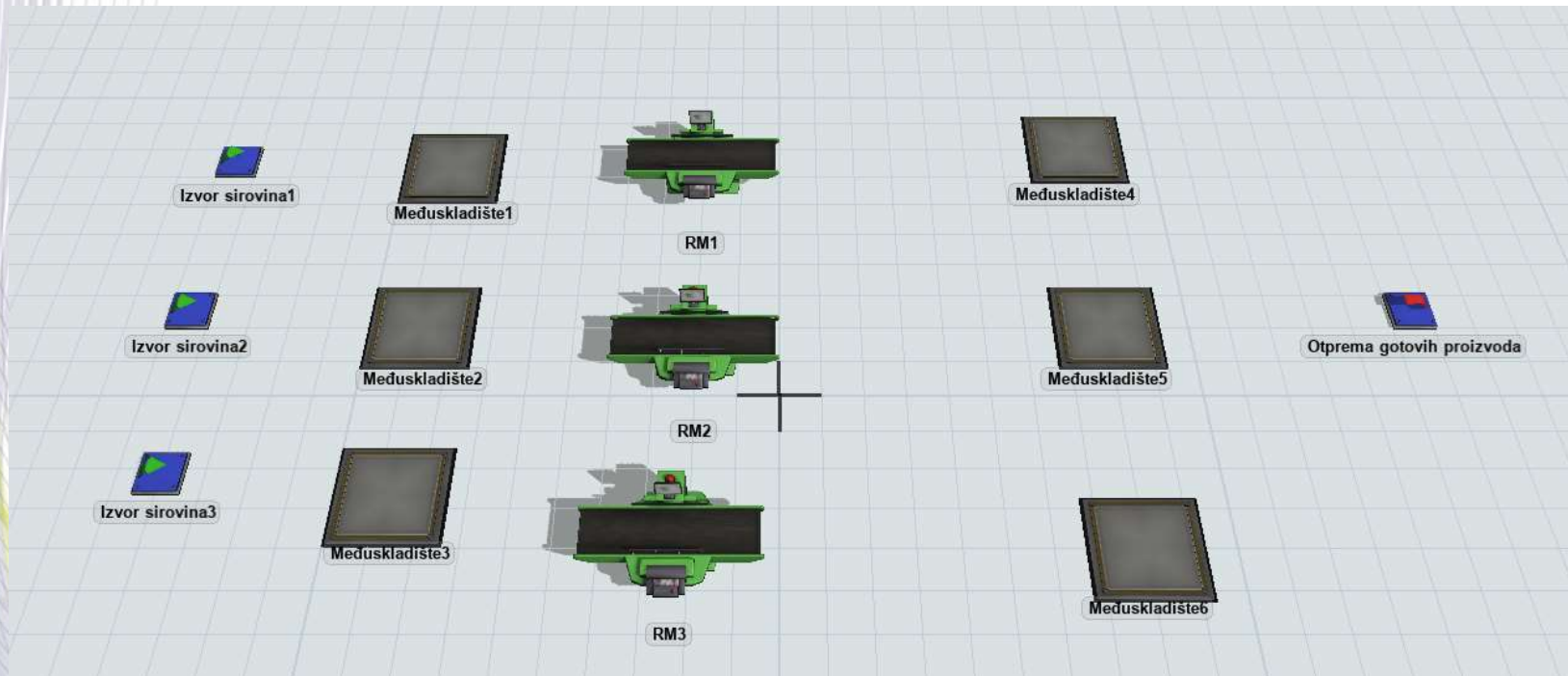
Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru





Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru

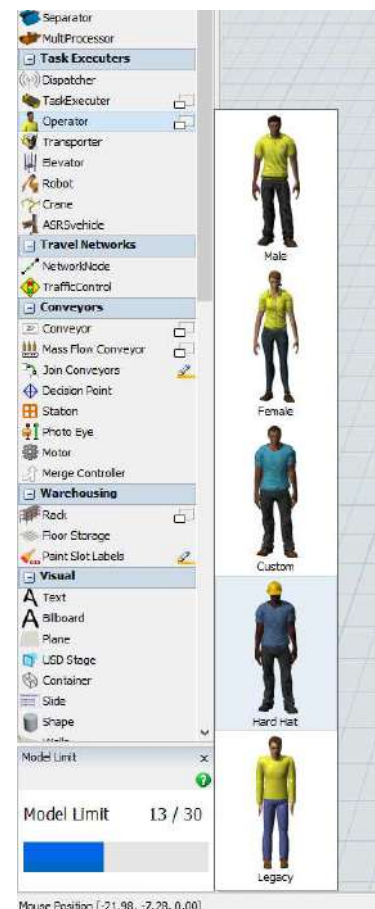
- Same elemente modela je koguće preimenovati (tako što se dva puta klikne na element), pa to možemo uraditi na sledeći način:



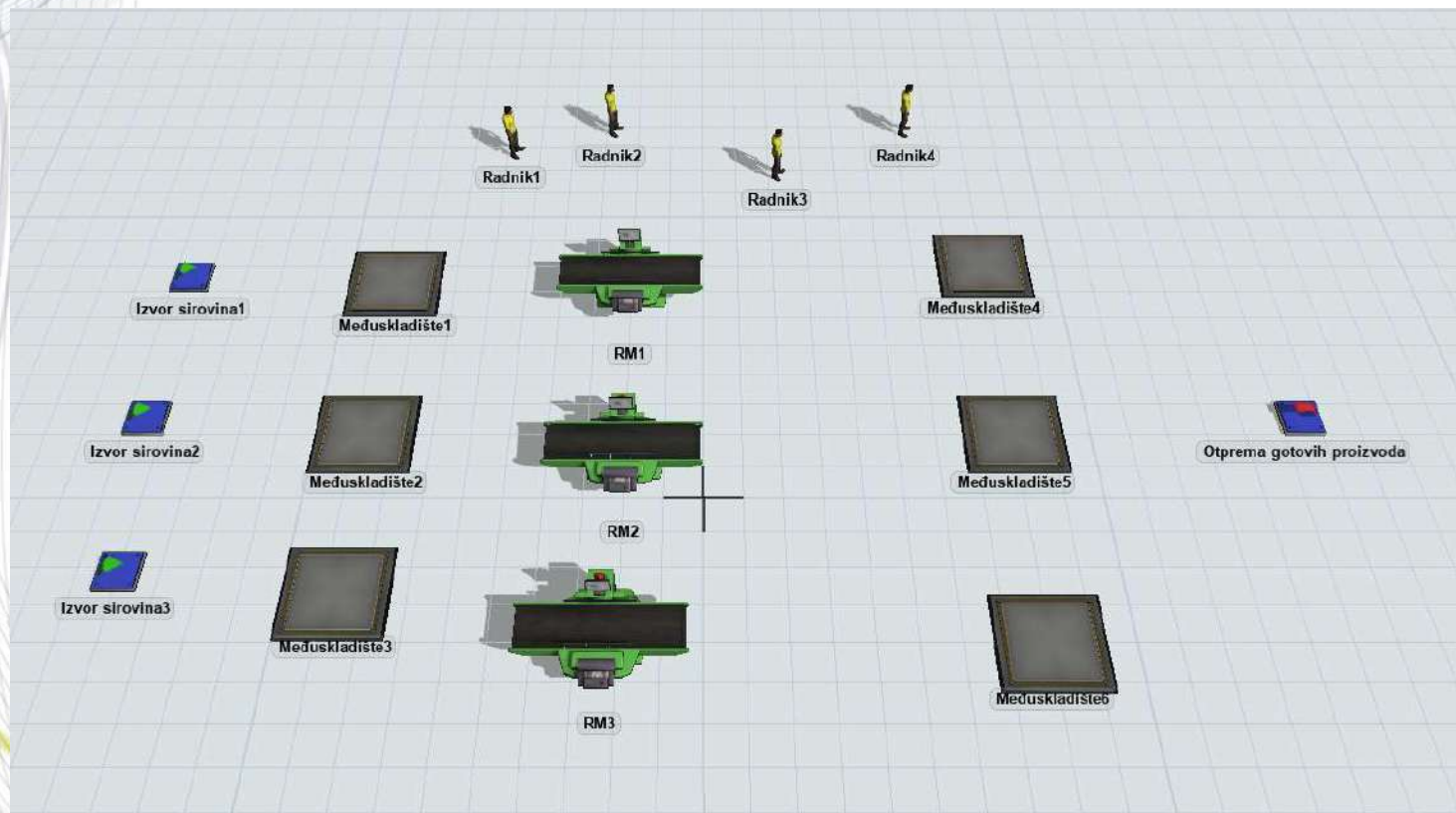


Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru

- Kako bi se analizirao uticaj rastojanaj, u model je potrebno uvesti operatere (transportne resurse). Svakako, sam FlexSim nudi veliki dijapazon transportnih resursa (opreme), ali za početak, biće usvojeno da su u pitanju manualne operacije transporta, te će se u model uvesti Operateri:
- Potrebno je uvesti u model 2 operatera koji prenose resurse sa ulaznih međuskladišta do radnih mesta (RM) i 2 operatera koji prenose gotove proizvode sa radnih mesta do izlaznih međuskladišta, kao na slici na sledećem slajdu:



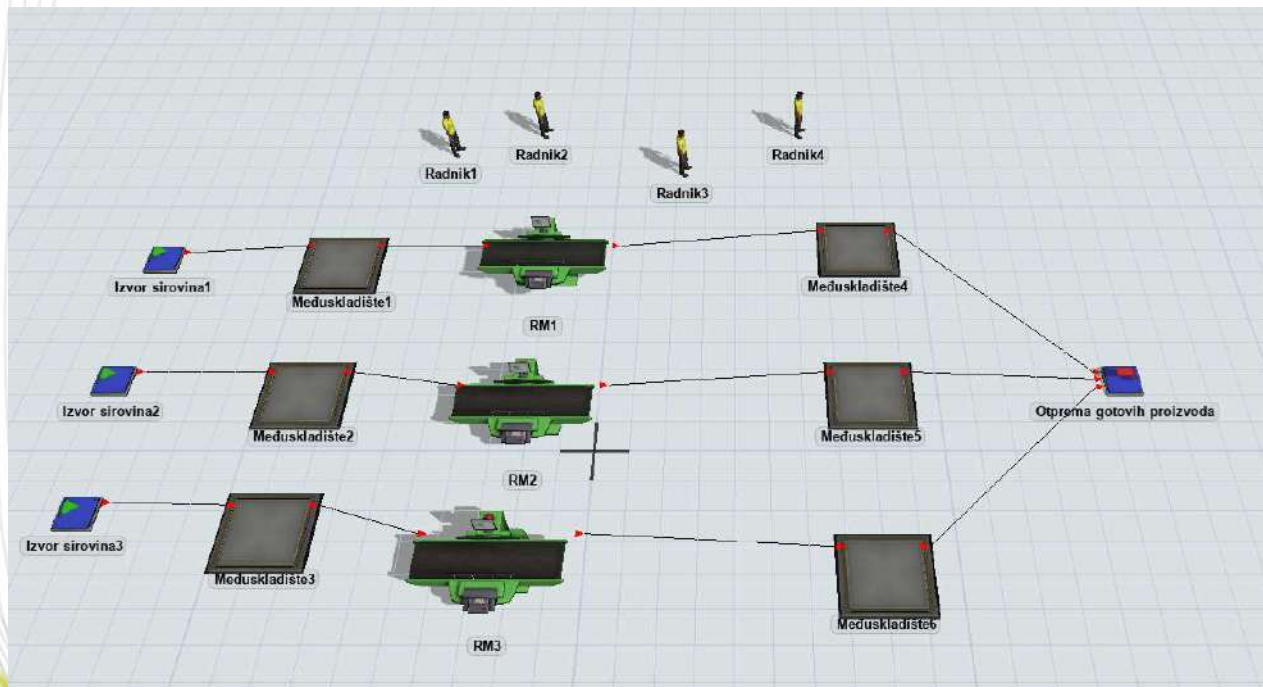
Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru





Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru

- Sada je potrebno povezati elemente modela, kao na sledećoj slici:





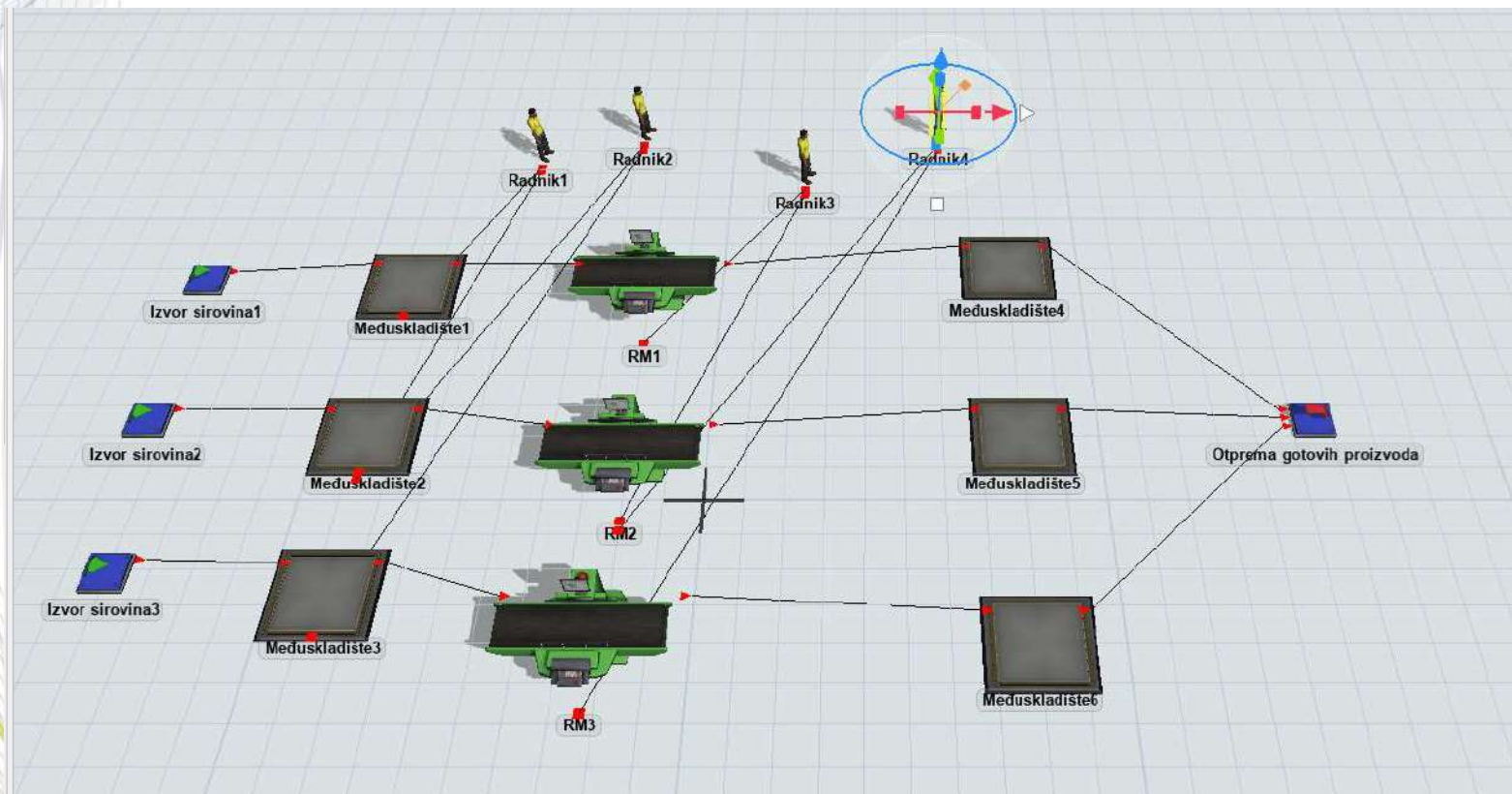
Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru

- Sada je potrebno radnicima dodeliti transportne zadatke. To se radi tako što se klikne na svakog od radnika i potom se radnik poveže sa polaznom lokacijom odakle može da preuzima materijal. Povezivanje se radi preko Donjeg belog kvadratića – kao na slici:



- Nakon povezivanja svakog od radnika, model treba da izgleda kao na sledećoj slici:

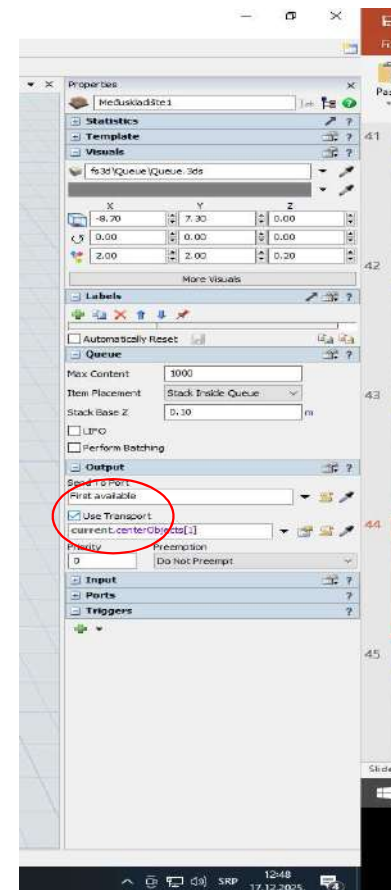
Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru





Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru

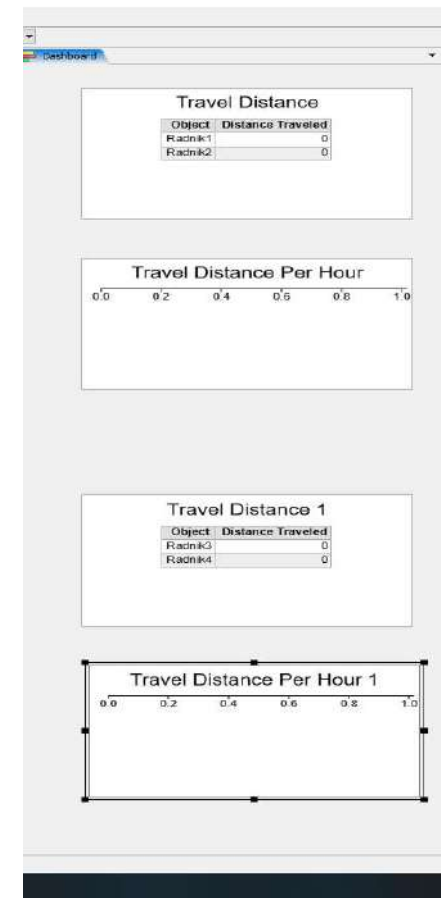
- Prema izgledu modela, očigledno je da radnik 1 prenosi repromaterijal sa međuskladišta 1 i 2 do RM1 i RM2, dok radnik 2 sa Međuskladišta 2 i 3, prenosi do RM2 i RM3. Radnik 3 sa RM1 i RM2 prenosi gotove proizvode do međuskladišta 4 i 5, dok radnik 4 sa RM2 i RM3 prenosi proizvode do međuskladišta 5 i 6.
- Međutim, da bi radnici bili uključeni u transportne operacije, potrebno je za radnika 1 i 2 omogućiti korišćenja transporta na međuskladištima 1,2 i 3. To se postiže tako što se klikne na svako od međuskladišta i potom se u polju Output, čekira opcija Use Transport, kao na slici:
- Takođe, za radnike 3 i 4 omogućiti korišćenje transporta na RM1, RM2 i RM3.



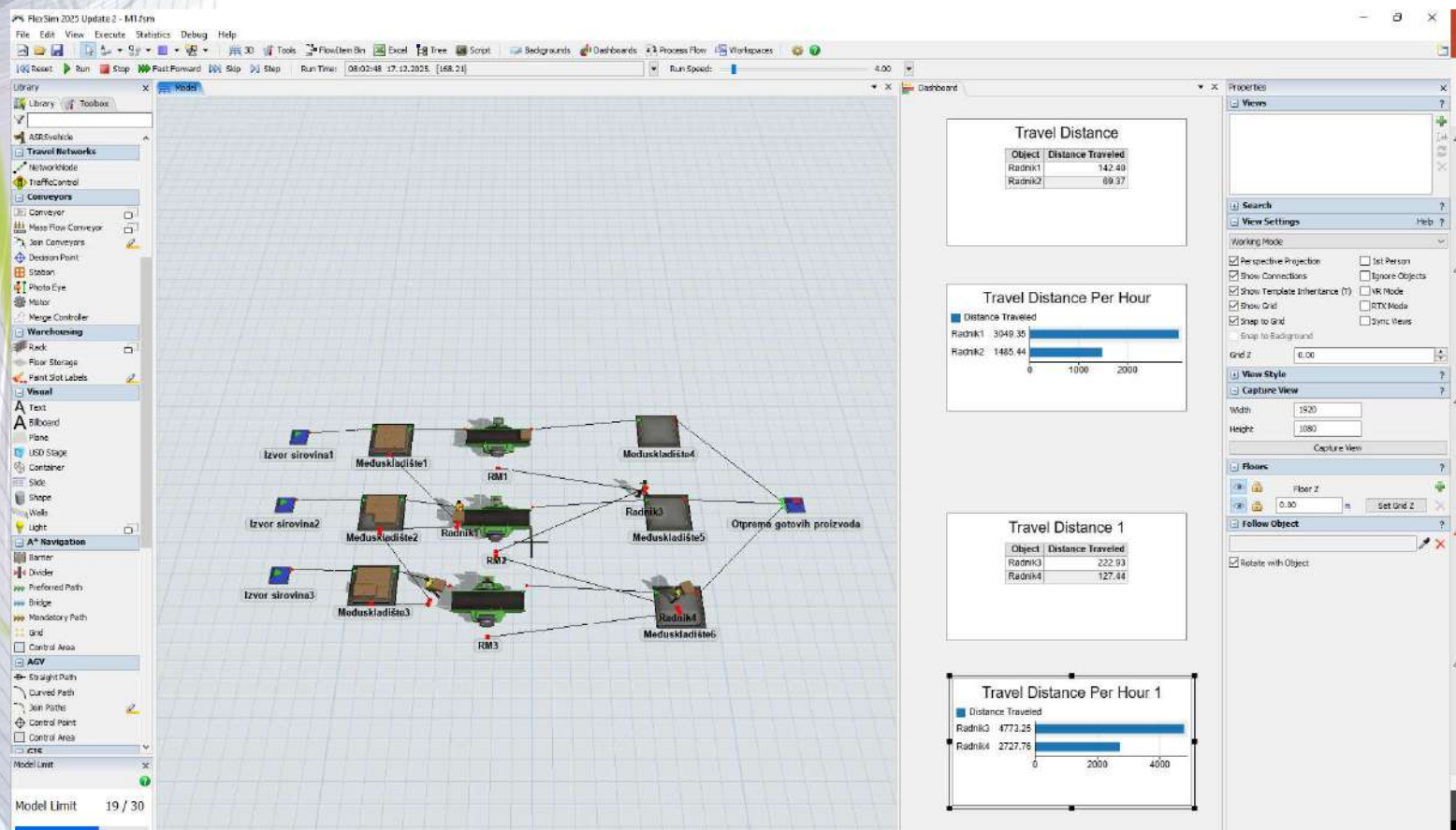


Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru

- Kako bi mogao da se oceni transportni učinak svakog od radnika, potrebno je pokrenuti Dashboard i njega uneti dijagrame Travel Distance i Travel Distance Per Hour. Po jedan od obe vrste dijagrama uneti za radnike 1 i 2, kao i po jedan za radnike 3 i 4, kao na slici:
- Nakon toga, pokrenuti simulaciju i posmatrati kako se kreću pređena rastojanja svakog od transportnih radnika (sledeći slajd),



Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru

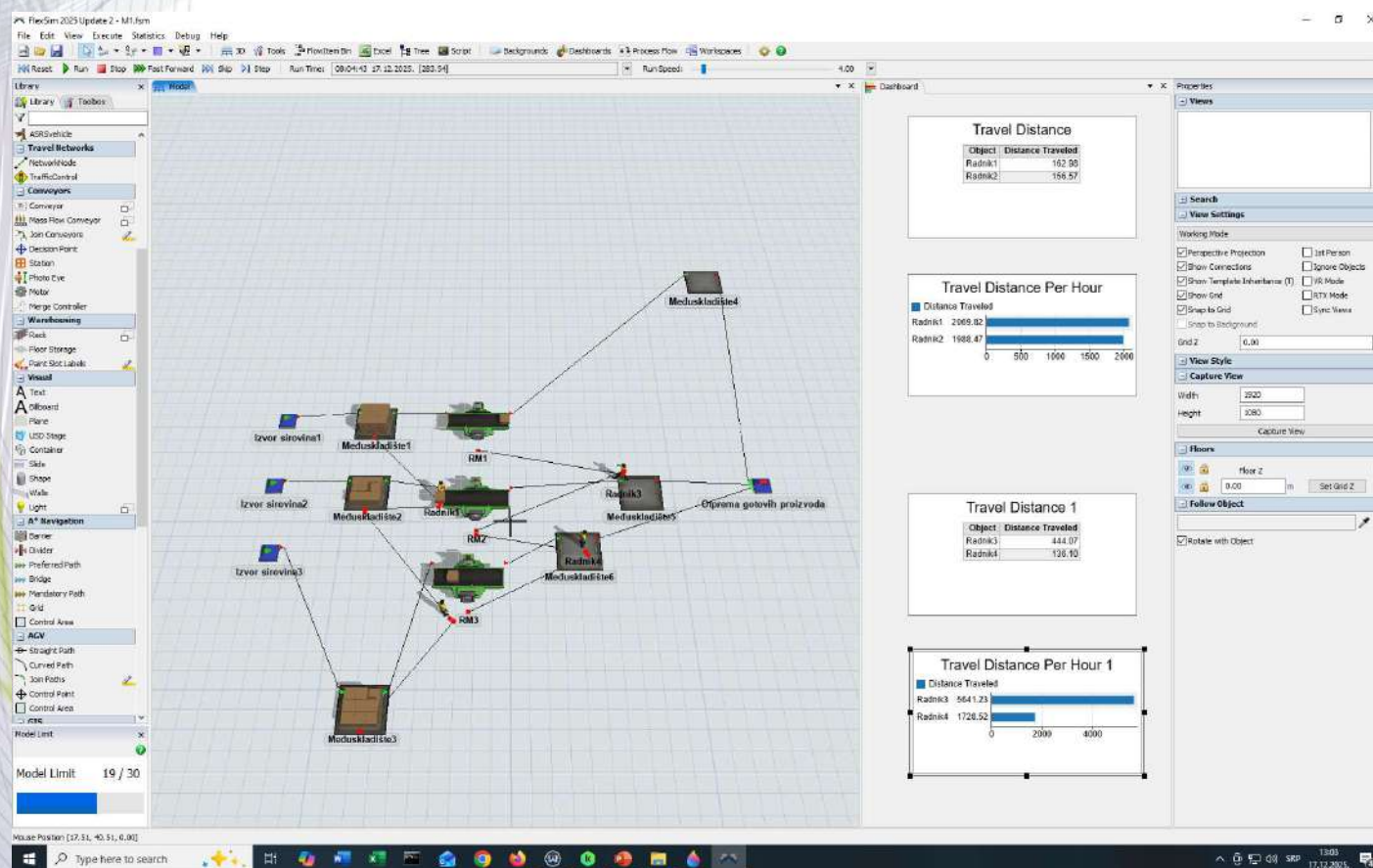




Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru

- Izgradio sivo polje u FlexSim modelu je zapravo povezano sa kretanjem radnika. Naime, svaki kvadratić ovog polja predstavlja jedinici mere (npr. metar), samim time, simulacija meri kretanje svakog od radnika, za trenutni prostorni raspored u modelu.
- Pokušati razmeštaj pozicija elemenata u modelu, kao na slici na sledećem slajdu, i uporediti kako će to uticati na pređena rastojanja radnika.

Uticaj rastojanja radnih mesta na iskorišćenje transportnih resursa – analiza u FlexSim softveru





OSNOVNI PODSISTEMI INDUSTRIJSKOG SISTEMA –LAYOUT

- Zadatak za studente # 6
 - Izvršiti prikaz i analizu rasporeda pojedinih odeljenja u fabrici i potom rasporeda radnih mesta u odeljenjima (Layout) fabrike:
 - Ukoliko je dostupno, priložiti situacionu šemu fabrike i položaj u odnosu na glavne saobraćajnice.
 - Ukoliko je dostupno, prikazati dispozicionu šemu lokacije pogona, pomoćnih prostorija, skladišta,... Kao i unutrašnjeg rasporeda radnih mesta u pogonima (Layout) fabrike.
 - Na osnovu predviđenih količina materijala i međusobnih veza između pojedinih faza procesa proizvodnje, predložiti eventualnu optimizaciju Layout-a.
 - Za uređeni primer u FlexSim softveru, priložiti slike ekrana u seminarskom radu. Urađeni primer je dat kao dodatak ove lekcije (fajl pod nazivom „Model Rastojanja kod Layout-a.fsm“)