

4.13 Model završnoga izvješća

Sveučilište: Sveučilište u Rijeci
Fakultet: Tehnički fakultet

Akadska godina: 2010/2011



ZAVRŠNO IZVJEŠĆE o studentskoj praksi

Student: Nikola Vtulić
Matični broj studenta: 0069038817
Studijska godina: 2010/2011
Modul: Tehnološko informatičko inženjerstvo

Ime akademskoga mentora: Zoran Jurković
Ime industrijskoga mentora: Vid Jovišević

2011, Rijeka

1. Opće informacije

Student			
Ime studenta: Nikola Vitulić		Studijska razina: <input type="checkbox"/> Preddiplomski x Diplomski	
Matični broj: 0069038817	Adresa e-pošte:		Matični broj: 0069038817
Razdoblje prakse	Od: 09.09.2011	Razdoblje prakse	Od: 09.09.2011
Akademska institucija			
Sveučilište: Sveučilište u Rijeci			
Fakultet: Tehnički fakultet			
Adresa: Vukovarska 58		Grad: 51000 Rijeka	
Ime akademskog mentora: Zoran Jurković		Pozicija: Docent	
Adresa e-pošte: zoran.jurkovic@riteh.hr		Telefon: +38551 651 466	
Poduzeće/institucija u kojem se ostvaruje praksa			
Ime: Mašinski fakultet			
URL:			
Adresa: Vojvode Stipe Stepanovića 71		Grad: Banja Luka	
Ime industrijskog mentora: Vid Jovišević		Pozicija: Profesor	
Adresa e-pošte: vid.jovisevic@blic.net		Telefon: +38751 462 400	

2. Zahvalnice

Posebne zahvale uputio bih doc. dr. sc. Zoranu Jurkoviću i Tempus projektu što su mi omogućili odlazak na stručnu praksu. Također zahvaljujem se Prof. dr. sc. Živku Babiću na srdačnom gostoprimstvu, Prof. dr. sc. Vidu Joviševiću i Mr.sc. Stevo Borojević dipl. ing. str. na pruženoj pomoći u savladavanju danog zadatka.

3. Uvod

Skoro četiri desetljeća Mašinski fakultet Sveučilišta u Banja Luci svojom vizijom i praksom ostvaruje na najvišem nivou obrazovanje i istraživanje u području strojarstva. Znanja i potrebe društva i privrede utiču na koncipiranje suvremenih programa obrazovanja. Kvaliteta obrazovanja uvijek je određen snagom fundamentalnih i primijenjenih istraživanja. Kao jedan od najstarijih fakulteta i utemeljivača Sveučilišta u Banja Luci,



Mašinski fakultet je, ne samo obrazovao više od 1500 inženjera strojarstva, već je često bio BiH lider u implementaciji novih tehnologija, kao što su npr. aplikacije Internet tehnologije (1995. god.) i robotike (2007. god.).

Fakultet izvodi pet studijskih programa na preddiplomskim, diplomskim i doktorskim studijima usklađeni prema bolonjskom procesu. To su programi:

- PROIZVODNO MAŠINSTVO
- ENERGETSKO I SAOBRAĆAJNO MAŠINSTVO
- MEHATRONIKA
- INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO I MENADŽMENT
- ZAŠTITA NA RADU

Sa pet studijskih programa, 48 nastavnika i suradnika, 12 laboratorija, 5 predavaona, računalnim centrom, knjižnicom i wireless internetom, Mašinski fakultet predstavlja jednu od najznačajnijih ustanova visokog obrazovanja tehničke struke u BiH. Fakultet ima vrlo intenzivnu suradnju sa privredom. Brojni istraživački i stručni projekti obilježili su četrdesetgodišnju povijest fakulteta. Kvaliteta inženjera školovanih na ovom fakultetu dokazan je ne samo u BiH.

Inženjeri sa diplomom Mašinskog fakulteta u Banjaluci rade danas u tvrtkama i institutima i najrazvijenijih zemalja Europe, SAD-a i Australije. Fakultet ima dobru suradnju sa svim strojarskim fakultetima iz BiH i Srbije, kao i sa brojnim fakultetima iz drugih zemalja. Početkom 2010.godine potpisani su novi sporazumi o suradnji sa Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI), Lugano, Švajcarska, Fachhochschule Köln, Njemačka i Universitatea "Politehnica" Timisoara, Rumunija. Na fakultetu

Mašinski fakultet Sveučilišta u Banja Luci objedinjuje danas djelatnost 11 zavoda, i to:

- Katedra za automatizaciju i mehanizaciju
- Katedra za industrijsko inženjerstvo i menadžment
- Katedra za inženjerstvo zaštite radne sredine
- Katedra za matematiku i opšte predmete
- Katedra za materijale, zavarivanje i metalurgiju
- Katedra za mehaniku i konstrukcije
- Katedra za motore vozila i saobraćaj
- Katedra za termotehniku i termoenergetiku
- Katedra za tehnologiju obrade drveta
- Katedra za tehnologiju obrade rezanjem i obradne sisteme
- Katedra za tehnologiju plastičnosti i obradne sisteme

U sklopu zavoda na fakultetu djeluje 12 laboratorija.

4. Ciljevi PSP-a i metodologija

Osnovni cilj industrijske prakse bio je upoznavanje sa softverom Tecnomatix Plant Simulation. Moja želja je bila upoznati softver njegove mogućnosti i njegovu primjenu. Na Mašinskom fakultetu u Banjaluci ovaj softver koriste za znanstveno-naučni rad pa je odlazak na industrijsku praksu u Banjaluku bio moja želja. Dolaskom na Mašinski fakultet u dogovoru sa industrijskim mentorom Prof. dr. Vidom Joviševićem dogovorio sam se za tijek praktične nastave i smijer u kojemu će teći praktična nastava.

U nastavku dan je grub prikaz programa praktične nastave:

1. Upoznavanje laboratorije za projektovanje tehnoloških procesa Mašinskog fakulteta u Banjoj Luci;
2. Pregled ostvarenih rezultata u laboratoriji – objavljeni radovi, praktični projekti, diplomski radovi studenata itd.
3. Analiza softvera za modeliranje i simulaciju proizvodnih procesa“ Tecnomatix Plant Simulation“;
4. Analiza tehnološkog procesa proizvodnje alata za ugaono savijanje lima;
5. Primjena softvera za modeliranje i simulaciju proizvodnih procesa“ Tecnomatix Plant Simulation“ na primjeru tehnološkog procesa proizvodnje alata za ugaono savijanje lima;
6. Prikaz i analiza rezultata optimizacije simulacionog modela tehnološkog procesa proizvodnje alata za ugaono savijanje lima;

5. Opis posla

Prvi dan stručne prakse industrijski mentor Prof. dr. Vid Jovišević upoznao me je sa zgradom fakulteta, laboratorijima i osobljem sa kojim ću imati kontakta tijekom odrađivanja praktične nastave. Primarni cilj praktične nastave je bio upoznavanje softvera za projektiranje, simulaciju i analizu proizvodnih sustava Tecnomatix Plant Simulation. Ovaj softver se koristi kako bi se omogućilo povećanje učinkovitosti planiranja i pokretanja proizvodnih sustava i simuliranja virtualnih tvornica. Ovakve računalne aplikacije imaju mogućnost upravljati ciklusom proizvodnog okruženja, sakupljanja podataka o toku proizvodnje i omogućuju optimizaciju procesa proizvodnje određenog proizvoda. Simulacija kompletnog toka materijala u proizvodnji uključujući sve relevantne proizvodne, skladišne i transportne aktivnosti ključni je dio virtualnih tvornica koje se danas široko koriste u procesu planiranja proizvodnih procesa. Smanjenjem zaliha i smanjenjem vremena procesa za 20 % do 60 % u mogućnosti smo povećati produktivnost stvarnih proizvodnih procesa za 15 % do 20 %. Potreba za provođenje simulacije može ovisiti o strateškim ili tehnološkim ciljevima, može se zasnivati na postojećem strojnom parku i njegovoj optimizaciji. Iz strateškog gledišta korisnik dobiva odgovore na pitanja gdje je najbolje izraditi tvornicu za novi proizvod, ovisno o faktorima kao što su logistika, radna snaga, troškovi proizvodnje i skladištenja i mnogim drugima i to gledano za sljedećih nekoliko godina. Iz tehnološkog gledišta simulacija proizvodnog procesa se izvodi za kraći vremenski period i to radi analize potrebnih ili postojećih resursa, optimizacije redoslijeda i vremena obrade i puno drugih parametara.

Jedna od takvih naprednih aplikacija je Tecnomatix Plant Simulation koja pruža cijeli niz alata za analizu proizvodnih modela pomoću stohastičkih algoritma za računanje i upravljanje eksperimentima te za utvrđivanje parametara za optimizaciju proizvodnog procesa. Pored toga rezultat simulacije ovisit će kvaliteti ulaznih podataka i sličnosti ponašanja simuliranog modela sa ponašanjem stvarnog proizvodnog sustava. Plant Simulation stvara sve potrebne funkcionalnosti modela, analize i održava velike i komplicirane sustave na efikasan način. U usporedbi sa ostalim simulacijskim softverima Plant Simulation pruža vrlo fleksibilan način upravljanja sa modelom, npr. mijenjanje parametara modela za vrijeme izvršavanja simulacije.

Simulacija proizvodnih procesa se izvršava se pomoću sljedećih koraka:

- procjena i sakupljanje podataka iz realnih proizvodnih procesa koji su neophodni za projektiranje simulacijskog modela,
- određivanje cilja simulacijske studije i stvaranje simulacije u skladu sa definiranim ciljevima,
- pokretanje eksperimenta za izvođenje simulacije u sklopu modela, što daje određeni broj rezultata,
- interpretacija podataka simulacije proizvodnog modela.

U procesu definiranja zadatka i ciljeva simulacijskog modela najčešće je potrebno postaviti sljedeća pitanja:

- Koju propusnost i kakav rezultat možemo očekivati?
- Koji je optimalni broj resursa (strojeva, radnika, alata)?
- Gdje su potrebna i veličina međuskladišta?
- Kolika je optimalna količina proizvoda za obradu?
- Koja strategija obrade je najoptimalnija za model?

Nakon toga potrebno je odlučiti koje će se dijelove proizvodnje obuhvatiti (ulaz materijala, dostava, skladište, itd.).

Razvijanje simulacijskog modela je ciklički i evaluacijski proces. Simulacija se izvršava na osnovu početnog modela, te se kasnije uočuju nedostaci. Sanacijom i poboljšanjem nedostataka te dodavanjem novih elemenata modelu.

Prednosti simulacije ovisno i slučaju u kojem se koristi su sljedeće:

1. Planiranje novog proizvodnog sustava.

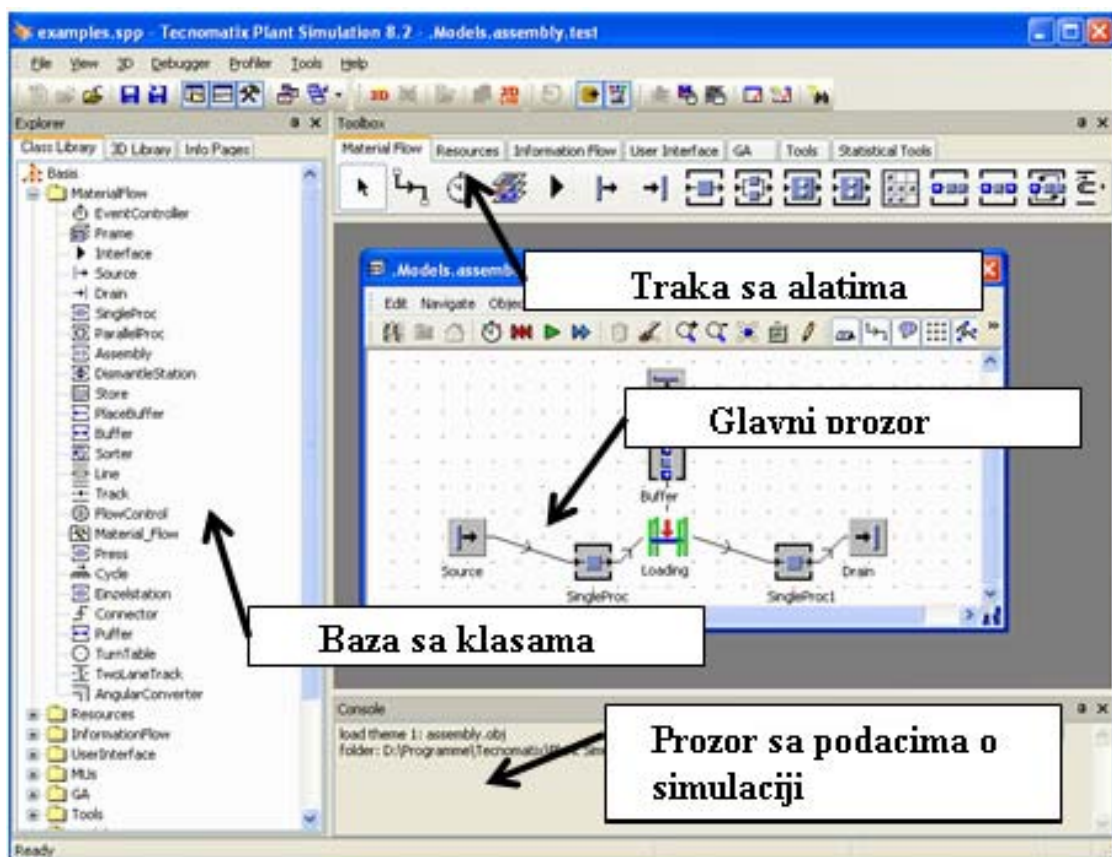
- a. Otkrivanje i eliminacija problema koji bi inače zahtijevali korektivne mjere u pogledu cijene i vremena tokom lansiranja proizvodnje,

- b. određivanje i optimizacija vremena, kao što su vremena transporta, zastoja, vremena ponovnog pokretanja, kao i kapacitet proizvodnih sustava,
- c. utvrđivanje granica efikasnosti strojeva, kao i cijelog proizvodnog sustava,
- d. istraživanje kako utječu kvarovi na kapacitet i iskorištenje strojnog parka,
- e. određivanje broj radnika,
- f. dobivanje informacija o ponašanju proizvodnog pogona.

2. Unaprjeđenje postojećih proizvodnih sustava.

- a. Poboljšanje performansa postojećih proizvodnih sustava preko implementacije mjera koje su dokazane u simulacijskom okruženju,
- b. optimizacijom kontrolnih strategija koje su ranije definirane,
- c. testiranje izvršavanja dnevnih ili višednevnih postupaka u svrhu nesmetanog obavljanja proizvodnog procesa i rješavanja eventualnih zapreka.

Plant Simulation je MDI (multiple-document interface) aplikacija. Ona prikazuje glavni prozor aplikacije (Slika 1) u kojemu se nalaze prozori sa postavkama objekata, razne tablice i prozor za 3D simulaciju.



Slika 1: Osnovno sučelje softvera Plant Simulation.

➤ Baza sa klasama

Baza sa klasama sadrži sedam klasa unutar kojih se nalaze objekti koji pripadaju tim klasama. Tu ćemo naći sve potrebne objekte za izvođenje simulacije. Ovdje možemo stvarati nove mape (klase) u koje je moguće postavljanje svoje baze objekata. Objekte možete umnožavati, premještati ili uvoditi iz drugih modela.

➤ Prozor sa podacima o simulaciji









Prozor sa podacima o simulaciji prikazuje podatke vezane za tekuću simulaciju. To mogu biti nastale greške tokom procesa simuliranja ili statistički podaci. Korištenjem naredbe Print moguće je te podatke ispisati u prozoru sa podacima.








➤ Traka s alatima

Traka s alatima omogućuje brzi pristup bazi sa klasama i njezinim objektima.

U nastavku je dana tabela sa osnovnim klasama softvera Plant Simulation koje se koriste pri projektiranju i simulaciji virtualnih tvornica.

Tabela 1: Prikaz osnovnih objekata koje koristimo u simulacijama proizvodnih sustava

Connector	Povezivanje objekata u smjeru toka materijala tijekom modeliranja simulacijskog modela.	
EventController	Pomoću ovog objekta vrši se upravljanje vremenom odnosno startanje, zaustavljanje ili resetiranje simulacije.	
Frame	Dozvoljava ubacivanje novog modela u već postojećem modelu (npr. više obrada na jednom stroju).	
Source	Predstavlja ulaz materijala u proces obrade unutar simulacijskog modela.	
Drain	Predstavlja izlaz materijala iz procesa obrade.	
SingleProc	Predstavlja proces koji se obavlja na određenom radnom mjestu odnosno stroju. Ovako predstavljen proces se odnosi na pojedinačnu obradu odnosno na obradu jednog radnog komada u jednom vremenskom intervalu.	
ParallelProc	Predstavlja paralelne procese koji se obavljaju na određenom radnom mjestu. Ovako predstavljen proces se odnosi na obradu više radnih komada na jednom radnom mjestu ili stroju u jednom vremenskom intervalu.	
PlaceBuffrt	Predstavlja lokaciju u proizvodnji za smještaj međuskladišta.	

FlowControl	Predstavlja mjesto u pogonu na kojemu se obavlja kontrola i upravljanje tokom materijala. Moguće je radne komade raspodijeliti po vrsti i količini u određene serije.	
Entity	Predstavlja komad koji se obrađuje u simulacijskom modelu.	
ShiftCalendar	Predstavlja vremenski kalendar pomoću kojega je moguće programirati smjenski rad te uklopiti godišnje odmore i pauze u promatrani vremenski interval.	
Method	Metode služe za upravljanje i kontroliranje toka materijala u simulacijskom modelu. Kompliciraniji modeli ne bi mogli odraditi pravilno simulaciju bez jedne ili više metode.	
TableFile	Predstavljanje podataka u tablicama, ovisno o namjeni tabele tako se ona i podešava. U tablici mogu biti brojevi ili tekstualni podaci.	
Chart	Grafičko predočenje određenih statističkih podataka. Ovisno o vrsti podataka tako se grafikom i formira.	
SankeyDiagram	Stvara liniju toka materijala (pokazuje kuda je radni komad prošao tokom simulacije).	

Kao zadatak pri provođenju praktične nastave bio je izrada simulacijskog modela kojim se želi dobiti optimalni proizvodni sustav za proizvodnju jednog proizvoda. Proizvod je definiran tehnološkim i radioničkim nacrtom. Također za proizvod je definiran i tehnološki postupak te prema njemu je potrebno simulirati proizvodnju.

Zahtjevi za izradu modela su sljedeći:

- Izraditi model za definirani radionički nacrt,
- Izraditi model za definirani tehnološki postupak i u skladu sa definiranim vremenima izrade i pripremnim završnim vremenima,
- Model je potrebno izraditi uz optimalne troškove proizvodne opreme u odnosu količinu proizvoda na godišnjoj razini
- Potrebno je težiti ujednačenom opterećenju proizvodne opreme

Modeliranje simulacije za ovaj proizvodni sustav zasniva se na već razvijenoj tehnologiji za željeni proizvod. Oblik proizvoda je definiran tehnološkim i radioničkim nacrtom, koji su razvijeni na temelju zahtjeva kupaca i stroja na kojemu će se proizvod koristiti. Na temelju radioničkog nacrtu razvijena je tehnologija obrade koja definira sljedeće parametre kod modeliranja proizvodnog sustava:

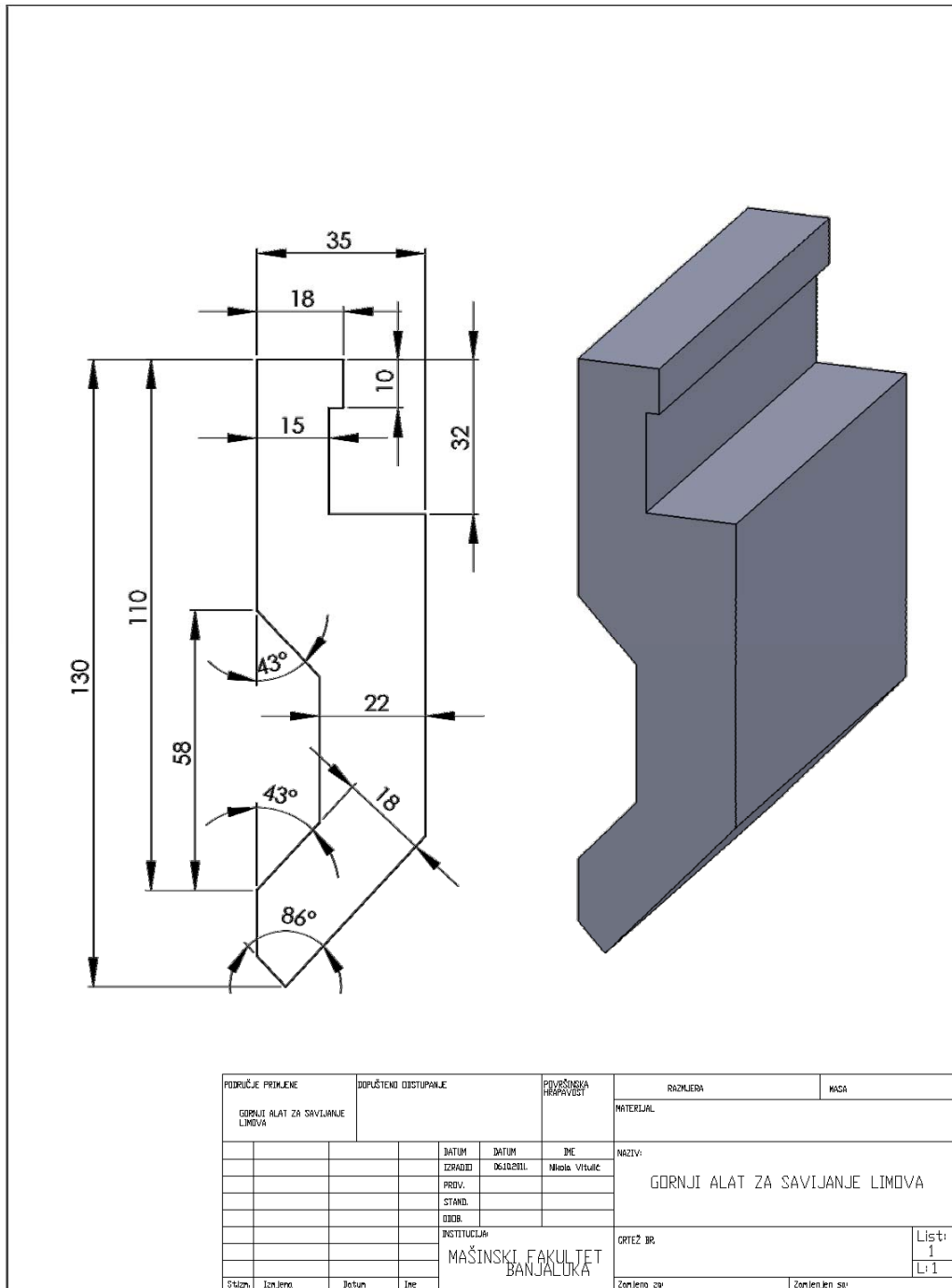
- vrstu strojeva na kojima će se vršiti obrada,
- pripremna završna vremena za pojedinu operaciju,
- broj operacija i njihova vremena obrade.

U danoj tabeli prikazane su operacije za obradu sa danim vremena obrade i pripremnim završnim vremenima te vrstom stroja na kojemu će se vršiti obrada te prikazan je nacrt proizvoda.

Tabela 2: Podaci vezani za obradu

Br.	Naziv obrade	Naziv stroja za obradu	Pripremno završno vrijeme [min]	Vrijeme obrade [min]
10	Odsijecanje	Tračna pila	10	10
20	Glodanje	Portalna glodalica	30	90
30	Vibriranje	Uređaj za vibriranje	15	20
40	Blanjanje	Dugohodna blanjalica	30	42
50	Kaljenje	Uređaj za kaljenje	15	9
60	Vibriranje	Uređaj za vibriranje	15	20
70	Brušenje ravno	Brusilica za ravno brušenje	10	52
80	Odsijecanje na mjeru	Tračna pila	5	10
90	Čeono glodanje	Horizontalna glodalica	15	10
100	Čeono brušenje	Brusilica za čeono brušenje	60	36
110	Pranje	Uređaj za pranje	5	5

Na slici je prikazan proizvod na osnovu čijeg se tehnološkog procesa razvija simulacijski model proizvodnog sustava



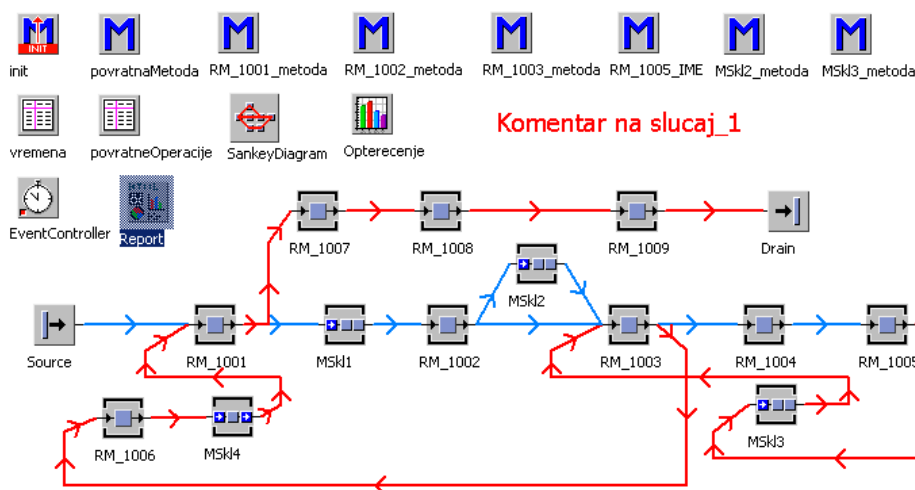
Slika 2: Nacrt izratka na kojemu se vrši obrada

6. Rezultati (najmanje 8 stranica)

Cilj ove simulacijske studije jest na definiranim tehnološkom postupku pokazati tri različito koncipirana proizvodna procesa, te odabrati optimalni proizvodni proces. Potrebno je proizvodni proces izraditi u skladu sa zahtjevima za izradu proizvodnog procesa izloženih u točki 2.1. ovoga rada, te ih usporedit prema količini proizvedenih proizvoda na godišnjoj razini (365 dana). Optimalni proizvodni proces biti će onaj koji ima najveći broj proizvoda izrađenih u godini nada i to u odnosu na količinu proizvodne opreme i ujednačenost opterećenja proizvodne opreme. Dalje u tekstu prikazana je koncepcija sva tri modela. prikazani su rezultati simulacija modela.

PROJEKTIRANJE MODELA 1

U Modelu 1 (Slika 3) koristili smo devet strojeva za obradu te četiri međuskladišta koji služe da spriječe zastoj obratka na stroju. Na strojevima RM_1001 i RM_1003 korištene su povratne operacije. Ulaz materijala u proces obrade vrši se konstantno u intervalu od 56 minuta. Oznake i vrste strojeva korištene u ovom modelu prikazane su u Tabeli 3. Na Slici 3 prikazan je model proizvodnog pogona. Da bi mogli ostvarit potpuno i nesmetano funkcioniranje modela proizvodnog pogona potrebno je promijeniti izratku ime nakon 50-te operacije. Promjena imena proizvoda omogućuje nam da na strojevima RM_1001 i RM_1003 odredimo putanju proizvoda prema njegovom imenu. Tako na Slici 3 plave linije prikazuju putanju proizvoda prije promijene njegova imena, dok crvene linije prikazuju putanju proizvoda poslije promjene imena proizvoda.



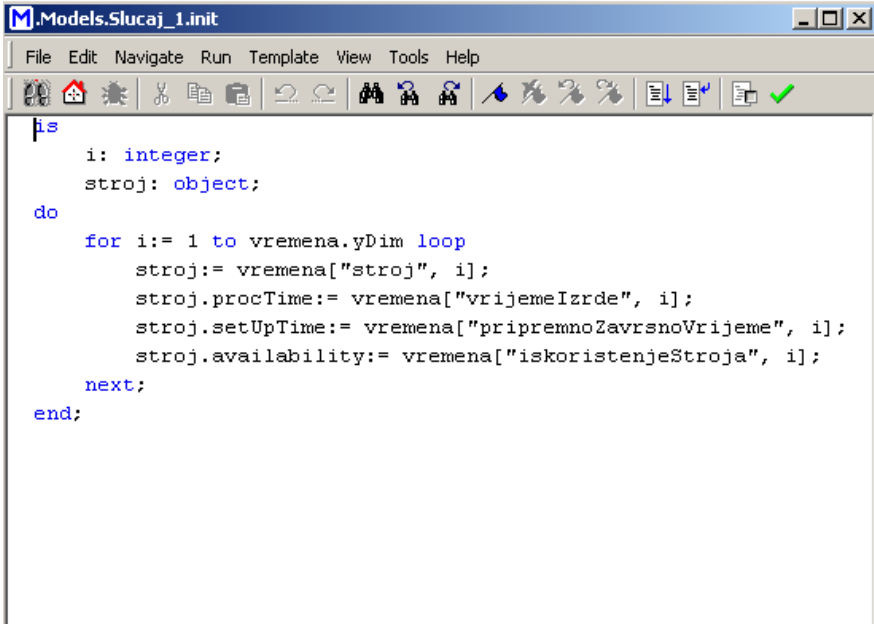
Slika 3: Model 1 proizvodnog pogona

Tabela 3: Objašnjenja oznaka strojeva u Modelu 1

Br.	Oznaka:	Vrsta stroja:
1.	RM_1001	Tračna pila
2.	RM_1002	Portalna glodalica
3.	RM_1003	Uređaj za vibriranje
4.	RM_1004	Dugohodna blanjalica
5.	RM_1005	Uređaj za kaljenje
6.	RM_1006	Brusilica za ravno brušenje
7.	RM_1007	Horizontalna glodalica
8.	RM_1008	Brusilica za čeono brušenje
9.	RM_1009	Uređaj za pranje

Init (Slika 4) metoda i povratnaMetoda korištene su za upravljanje vremenima obrade na strojevima dok su ostale metode korištene su za upravljanje tokom materijala kroz proces obrade. Vremena obrade i pripremna završna vremena za operacije 10., 20., 30., 40., 50., 70., 90., 100., i 110. nalaze se u tabeli vremena i učitavaju se pri svakom novom pokretanju simulacije dok se vremena za operacije 60. i 70. učitavaju na pripadajući stroj neposredno prije obrade.

Slika 4: Init metoda modela 1 koja se učitava pri pokretanju simulacije

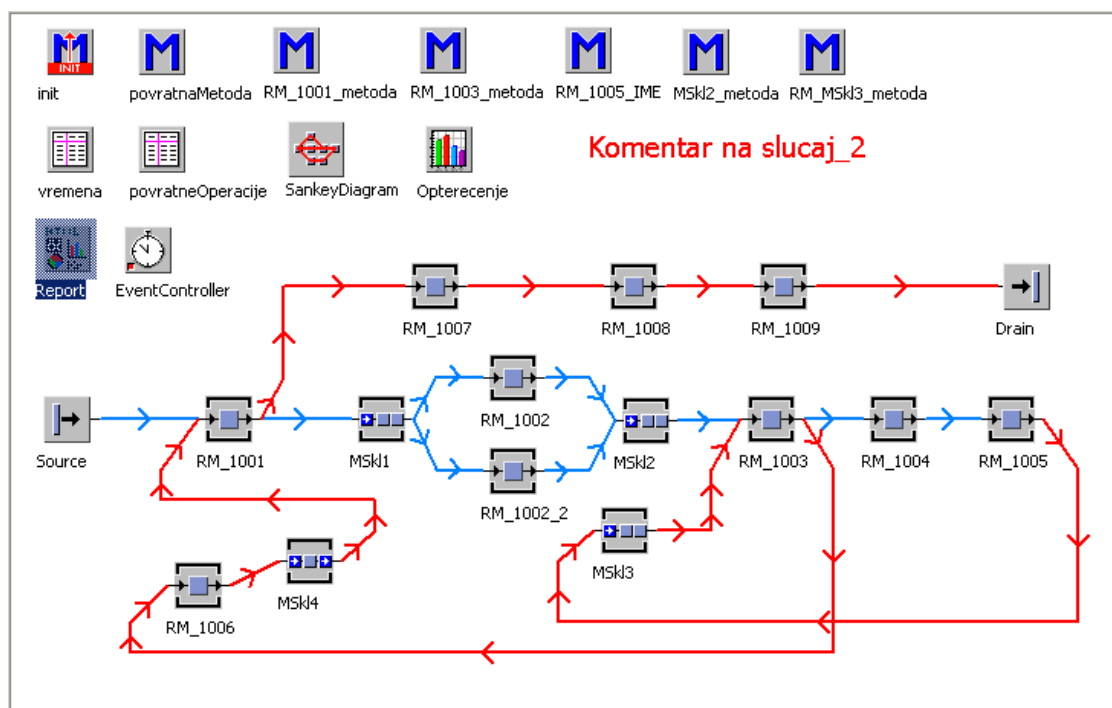


```

M.Models.Slucaj_1.init
File Edit Navigate Run Template View Tools Help
i: integer;
stroj: object;
do
  for i:= 1 to vremena.yDim loop
    stroj:= vremena["stroj", i];
    stroj.procTime:= vremena["vrijemeIzrde", i];
    stroj.setUpTime:= vremena["pripremnoZavršnoVrijeme", i];
    stroj.availability:= vremena["iskoristenjeStroja", i];
  next;
end;
  
```

PROJEKTIRANJE MODELA 2

Simuliranjem proizvodnje u Modelu 1 dolazimo do zaključka da imamo usko grlo u proizvodnji stoga u Modelu 2 (Slika 5) proizvodnog pogona dodajemo jedan stroj više u svrhu povećanja produktivnosti cijelog proizvodnog pogona. Stroju sa najvećim vremenom obrade pridružujemo još jedan stroj sa istim karakteristikama te vršimo obradu paralelno na dva stroja. Riječ je o stroju za obradu 20. operacije, odnosno operacija glodanja koja traje 90 minuta i tu nastaje veliko čekanje na obradu. Oznake i vrste strojeva korištene u ovom modelu prikazane su u Tabeli 4.



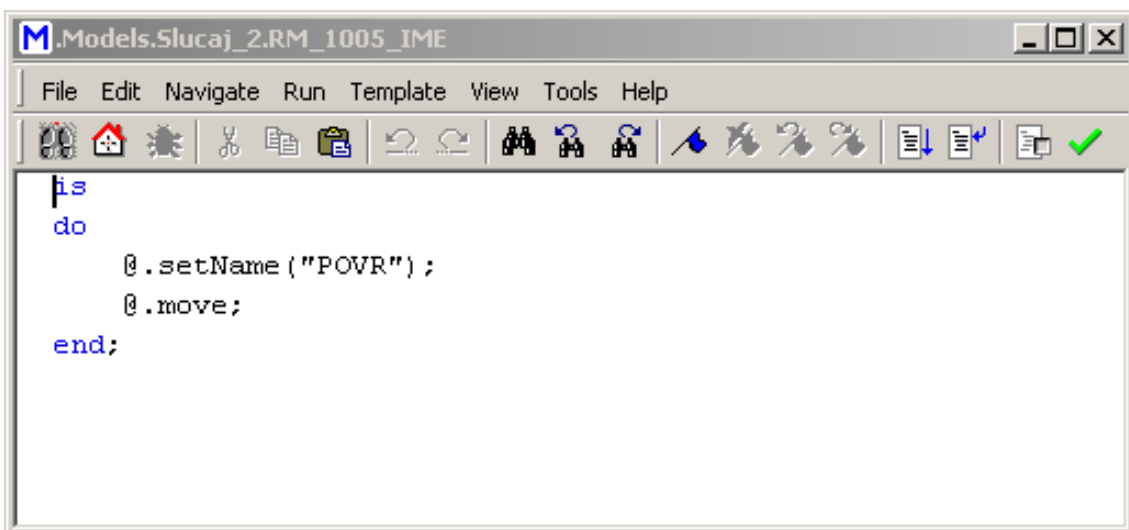
Slika 5: Model 2 proizvodnog pogona

Također kao i u prvom modelu korištene su slične metode za upravljanje vremenima i tokom materijala dok je u tabelu vremena dodan redak sa novim strojem i pripadajućim vremenima. Alat SankeyDiagram korišten je u svim modelima kao pokazatelj putanje materijala i pomoću njega vrlo je jednostavno dobiti uvid u to dali nam izradak prati željeni tok obrade tijekom simulacije.

Tabela 4: Objašnjenja oznaka strojeva u Modelu 2

Br.	Oznaka:	Vrsta stroja:
1.	RM_1001	Tračna pila
2.	RM_1002	Portalna glodalica
3.	RM_1002_2	Portalna glodalica
4.	RM_1003	Uređaj za vibriranje
5.	RM_1004	Dugohodna blanjalica
6.	RM_1005	Uređaj za kaljenje
7.	RM_1006	Brusilica za ravno brušenje
8.	RM_1007	Horizontalna glodalica
9.	RM_1008	Brusilica za čeono brušenje
10.	RM_1009	Uređaj za pranje

Stroju RM_1005 u svim modelima pridružena je metoda RM_1005_IME (Slika 6). Ova metoda ima funkciju da nakon što stroj RM_1005 završi obradu promijeni ime obratka u „POVR“. To je vrlo bitan dio simulacije zato što nakon toga tok obrade u simulaciji vršimo po imenu obratka. To je vrlo jednostavna metoda i prikazana je dolje na slici.



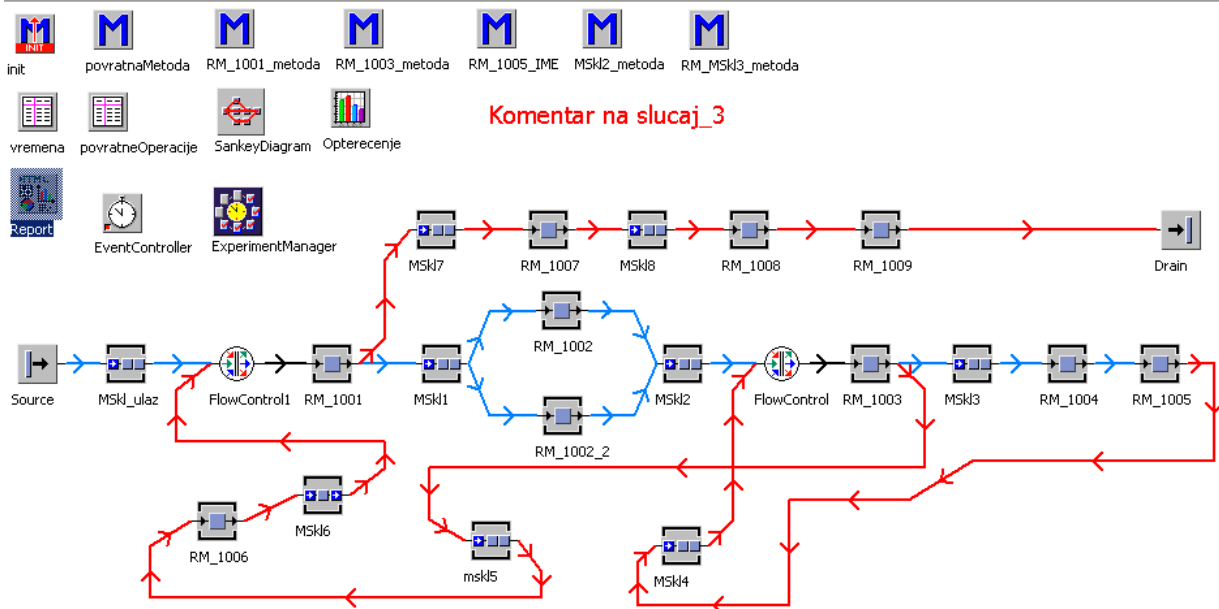
```

is
do
    @.setName ("POVR") ;
    @.move;
end;
    
```

Slika 6: Metoda koja mijenja ime obratka

PROJEKTIRANJE MODELA 3

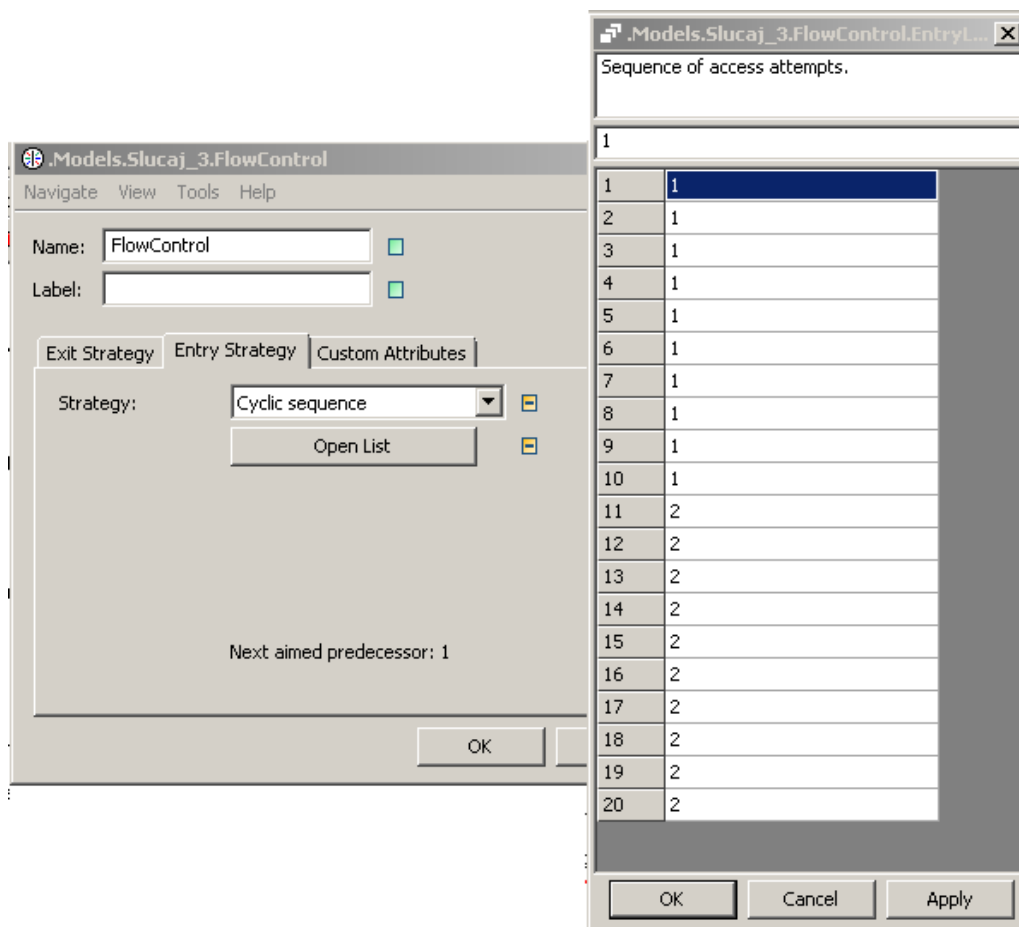
Kroz simulaciju Modela 2 došli smo do zaključka sa nam stroj RM_1003 predstavlja veliki problem u proizvodnji. Problem nastaje zato što proizvodi koji se obrađuju dolaze pojedinačno i to jednom operacija 30 te jednom operacija 60. Svaki puta kada se mijenja operacija na stroju potrebno je stroj pripremiti za obradu sljedeće operacije, što nas dovodi do velikog zastoja stroja pa sa time i cijele proizvodnje. Kao rješenje ovog problema u Model 3 (Slika 7) uveli smo grupni ulaz obratka na stroj i to u grupama po 10 komada. Najprije se obrađuje operacija 30, kada se obradi grupa od 10 komada ona slijedi grupa od 10 komada operacije 60.



Slika 7: Model 3 proizvodnog pogona

Za raspodjelu obratka u grupe koristimo alat FlowControl kojemu se zada ulazne i izlazne varijable i on prema njima odrađuje raspodjelu. U modelu se nalazi još jedan FlowControl alat koji regulira ulaz materijala na stroj RM_1001. Stroj RM_1001 obrađuje operacije 10. i 80. i to u grupama po tri komada ili manje ovisno o stanju međuskladišta MSK6.

Na Slici 8 prikazan je prozor za definiranje strategije ulaska proizvoda u FlowControl. U tabeli je zadan redni broj obratka koji ulazi u FlowControl kojemu se pridružuje određeni stroj iz modela koji ima kontakt sa alatom FlowControl (stroj 1 ili stroj 2). Strojevi koji se koriste u ovom modelu identični su strojevima Modela 2 i prikazani su u Tabeli 4. U Modelu 3 koristili smo i još alat ExperimentManager pomoću kojega smo odredili optimalne veličine međuskladišta MSK1, MSK2 i MSK6 koji su nam bitni u pogledu protoka materijala.



Slika 8: Prikaz prozora za definiranje strategije ulaska u Flow Control

PRIKAZ REZULTATA OPTIMIZACIJE SIMULACIJSKOG MODELA

MODEL 1

Testiranje modela započinjemo nakon projektiranja Modela 1. Rad modela pratimo u toku godine dana (365 dana) uz 24 sata sadno vrijeme. Pomoću računalne simulacije u mogućnosti smo dobiti rezultate rada proizvodnog pogona bez troškova uhodavanja pogona. Tako pomoću simulacije Modela 1 dobivamo rezultate koji nisu povoljni za rad i to ne utječe bitno u financijsku situaciju pri projektiranju proizvodnog pogona, već jednostavno krećemo u optimizaciju ovog procesa i izrađujemo Model 2. Na Slici 9 prikazani su podaci rada strojeva u Modelu 1. Iz tih podataka je vidljivo da je stroj RM_1001 u stanju blokade preko 70 % vremena.

▪ RM_1001

U radu 24.97 %
 U čekanju 0.18 %
 U stanju otkaza 3.03 %
 U stanju Blokade 71.83 %

▪ Izlaz proizvoda

Godišnja količina 4957 kom/god
 Dnevna količina 14 kom/dan

▪ RM_1002

U radu 84.96 %
 U čekanju 0 %
 U stanju otkaza 15.03 %
 U stanju Blokade 0.01 %

▪ RM_1006

U radu 49.07 %
 U čekanju 40.96 %
 U stanju otkaza 9.97 %
 U stanju Blokade 0 %

▪ RM_1003

U radu 37.75 %
 U čekanju 29.03 %
 U stanju otkaza 9.98 %
 U stanju Blokade 23.23 %

▪ RM_1007

U radu 9.43 %
 U čekanju 70.43 %
 U stanju otkaza 20 %
 U stanju Blokade 0.13 %

▪ RM_1004

U radu 39.64 %
 U čekanju 51.22 %
 U stanju otkaza 9.05 %
 U stanju Blokade 0.1 %

▪ RM_1008

U radu 33.95 %
 U čekanju 47.95 %
 U stanju otkaza 18.04 %
 U stanju Blokade 0.06 %

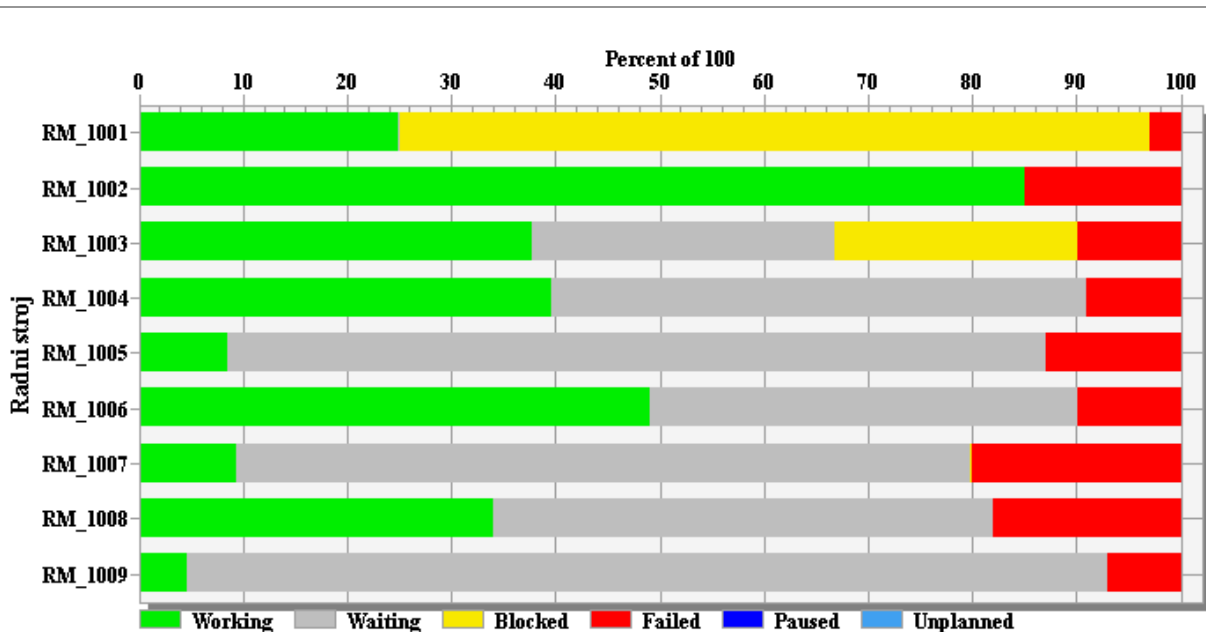
▪ RM_1005

U radu 8.49 %
 U čekanju 78.53 %
 U stanju otkaza 12.97 %
 U stanju Blokade 0 %

▪ RM_1009

U radu 4.72 %
 U čekanju 88.29 %
 U stanju otkaza 6.99 %
 U stanju Blokade 0 %

Slika 9: Statistika rada Modela 1



Slika 10: Graf opterećenja strojeva u Modelu 1

Dalje u na grafu opterećenja strojeva u Modelu 1 (Slika 10) vidi se što je zapravo uzrok blokade stroja RM_1001. Stroj RM_1002 je usko grlo proizvodnje, njegovo vrijeme obrade je 90 minuta, što je najdulje vrijeme rada u procesu. Sa takvom konfiguracijom modela (slika 3) u stanju smo dobiti 14 proizvoda na dan odnosno 4957 proizvoda godišnje. No pošto je stroj RM_1001 u stanju blokade preko 70 % vremena koje nam je na raspolaganju to jednostavno nije model koji zadovoljava našim uvjetima te je potrebno ovaj model modificirati i optimirati da bi dobili veću uravnoteženost proizvodnje i najbitnije više obrađenih proizvoda u godini dana.

2.1. MODEL 2

Drugi model nastao je na temelju rezultata Modela 1. Pošto je u Modelu 1 stroj RM_1001 bio u blokadi a to se desilo zbog zato što stroj (RM_1002) što slijedi poslije njega ima najdužu operaciju u sustavu (operacija 20) koja traje 90 minuta. Kao rješenje za ovaj model o odlučili smo se za dodavanje još jednog stroja koji će obrađivati operaciju 20 i povećati produktivnost cijelog Modela 2 (Slika 5). Stroju smo pridružili oznaku RM_1002_2 što je prikazano i u Tablici 4.

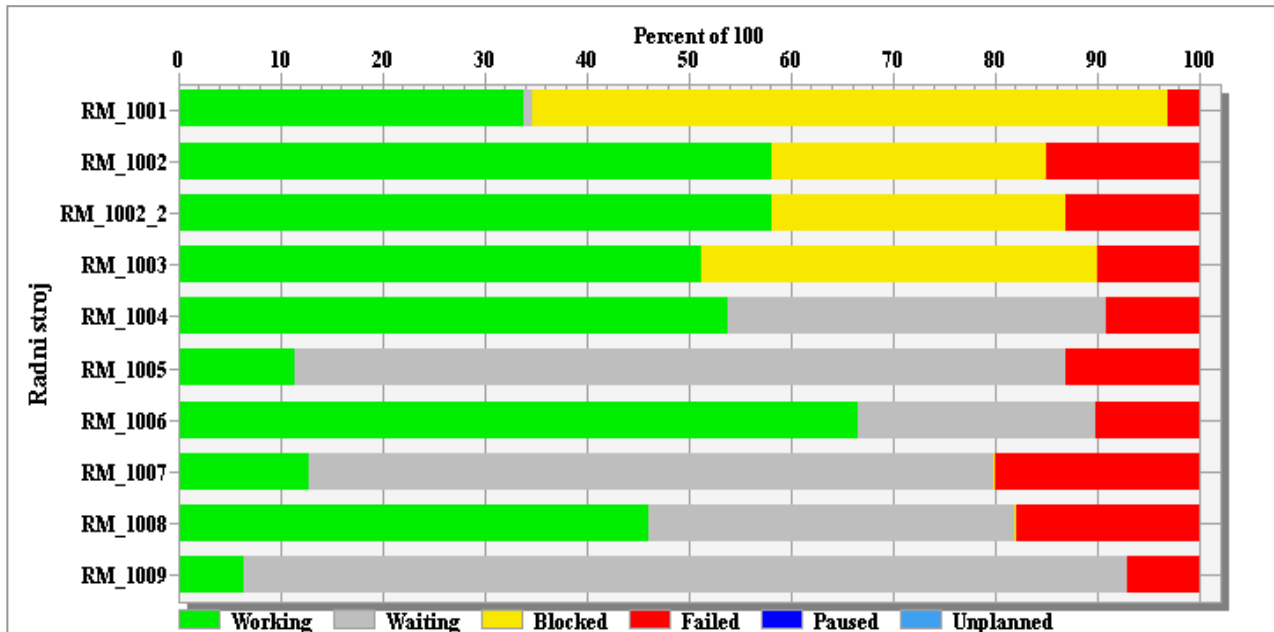
▪ Izlaz proizvoda

Godišnja količina 6733 kom/god
 Dnevna količina 18 kom/dan

▪ RM_1001	▪ RM_1005
U radu 33.82 %	U radu 11.54 %
U čekanju 0.9 %	U čekanju 75.37 %
U stanju otkaza 3.05 %	U stanju otkaza 13.09 %
U stanju Blokade 62.23 %	U stanju Blokade 0 %
▪ RM_1002	▪ RM_1006
U radu 58.1 %	U radu 66.64 %
U čekanju 0.1 %	U čekanju 23.26 %
U stanju otkaza 14.97 %	U stanju otkaza 10.1 %
U stanju Blokade 26.83 %	U stanju Blokade 0 %
▪ RM_1002_2	▪ RM_1007
U radu 58.11 %	U radu 12.81 %
U čekanju 0.11 %	U čekanju 67.02 %
U stanju otkaza 13.02 %	U stanju otkaza 19.96 %
U stanju Blokade 28.76 %	U stanju Blokade 0.2 %
▪ RM_1003	▪ RM_1008
U radu 51.28 %	U radu 46.12 %
U čekanju 0.03 %	U čekanju 35.83 %
U stanju otkaza 10.05 %	U stanju otkaza 17.98 %
U stanju Blokade 38.64 %	U stanju Blokade 0.07 %
▪ RM_1004	▪ RM_1009
U radu 53.85 %	U radu 6.41 %
U čekanju 36.98 %	U čekanju 86.63 %
U stanju otkaza 9.05 %	U stanju otkaza 6.96 %
U stanju Blokade 0.12 %	U stanju Blokade 0 %

Slika 11: Statistika rada Modela 2

Kao rezultat u ovom u Modelu 2 dobili smo povećanje godišnje količine proizvoda za 26 %, što daje količinu od 18 komada na dan odnosno 6733 komada proizvoda na godinu. Usporedbom podataka na Slici 8 i Slici 10 također se može zaključiti da samo dobili i povećanje produktivnosti na stroju RM_1001. Također vidljivo je da se stroju RM_1003 povećao udio vremena u radu za 13 %, ali povećao mu se i udio blokade stroja za 15 %. Na grafu opterećenja strojeva u Modelu 2 (Slika 12) moguće je vidjeti kako blokada stroja RM_1003 utječe na cjelokupni proces.



Slika 12: Graf opterećenja strojeva u Modelu 2

MODEL 3

Uvidom u rezultate Modela 2 došli smo do zaključka da je blokada stroja RM_1003 nastala zbog toga što taj stroj obrađuje dvije različite operacije operaciju 30 i operaciju 60. Svaka promjena operacije znači ponovno prednamještanje stroja, a to znači veliko vrijeme zastoja odnosno blokade. Da bi smanjili vrijeme blokade stroja a time povećali i njegovo vrijeme u obradi odlučili smo obradu na stroju RM_1003 formirati u grupe po 10 komada. Sa time se dobiva jedno prednamještanje stroja uz obradu 10 komada i tako se ciklički proces ponavlja tokom godine. Da bi smanjili vrijeme prednamještanja i za stroj RM_1001 koristimo istu metodu. Iz grafa opterećenja strojeva u Modelu 3 (Slika 13) vidi se da stroja RM_1003 vrijeme blokade ne utječe na vrijeme obrade. Usporedbom Slike 14 i Slike 11 vidi se da je stroju RM_1003 povećano vrijeme obrade za 17 %. Količina proizvoda koju Model 3 može izraditi je 9069 komada godišnje što je za 25 % veća proizvodnost od Modela 2 odnosno za 45 % veća proizvodnost od Modela 1.

▪ Izlaz proizvoda

Godišnja količina 9069 kom/god
 Dnevna količina 25 kom/dan

▪ RM_1001

U radu 40.31 %
 U čekanju 0.89 %
 U stanju otkaza 3.05 %
 U stanju Bloкаде 55.75 %

▪ RM_1005

U radu 15.56 %
 U čekanju 71.35 %
 U stanju otkaza 13.09 %
 U stanju Bloкаде 0 %

▪ RM_1003

U radu 69.15 %
 U čekanju 2.59 %
 U stanju otkaza 10.05 %
 U stanju Bloкаде 18.21 %

▪ RM_1008

U radu 62.12 %
 U čekanju 19.8 %
 U stanju otkaza 17.98 %
 U stanju Bloкаде 0.1 %

▪ RM_1002

U radu 77.95 %
 U čekanju 0.01 %
 U stanju otkaza 14.97 %
 U stanju Bloкаде 7.06 %

▪ RM_1006

U radu 89.77 %
 U čekanju 0.12 %
 U stanju otkaza 10.1 %
 U stanju Bloкаде 0 %

▪ RM_1004

U radu 72.6 %
 U čekanju 18.18 %
 U stanju otkaza 9.05 %
 U stanju Bloкаде 0.16 %

▪ RM_1009

U radu 8.63 %
 U čekanju 84.41 %
 U stanju otkaza 6.96 %
 U stanju Bloкаде 0 %

▪ RM_1002_2

U radu 77.99 %
 U čekanju 0 %
 U stanju otkaza 13.02 %
 U stanju Bloкаде 8.99 %

▪ RM_1007

U radu 17.26 %
 U čekanju 62.78 %
 U stanju otkaza 19.96 %
 U stanju Bloкаде 0 %

Slika 14: Statistika rada Modela 3

Da bi odredili optimalnu veličinu međuskладиšta koristili smo alat ExperimentManager koji vrši optimizaciju ovisno o tome koje parametre zadamo. Optimizirali smo međuskладиšta MSk11, MSk12 i MSk16 i dobili optimalne rezultate prikazane na Slici 15. Najveći broj dijelova na izlazu dobili smo na 10 eksperimentu pa su veličine skladišta na tom eksperimentu optimalne.

▪ Input values (Model parameter)

Control value	root.MSk11.Capacity	root.MSk12.Capacity	root.MSk16.Capacity
Exp 01	1	1	1
Exp 02	1	1	2
Exp 03	1	1	3
Exp 04	1	1	4
Exp 05	1	1	5
Exp 06	1	4	1
Exp 07	1	4	2
Exp 08	1	4	3
Exp 09	1	4	4
Exp 10	1	4	5
Exp 11	1	7	1
Exp 12	1	7	2
Exp 13	1	7	3
Exp 14	1	7	4

▪ Output values (Results of the simulation study)

Target value	root.Drain.statDeleted
Exp 01	14
Exp 02	26
Exp 03	2102
Exp 04	2102
Exp 05	2102
Exp 06	17
Exp 07	55
Exp 08	85
Exp 09	594
Exp 10	2473
Exp 11	25
Exp 12	85
Exp 13	85
Exp 14	594

Slika 13: Ulazni i izlazni podaci eksperimenta pri optimizaciji međuskладиšta

S obzirom na predstavljene statističke podatke sva tri modela zaključujemo da je Model 3 optimalan model našeg proizvodnog sustava. Ovaj model zadovoljava sve zahtjeve prikazane u točki 2.1. ovoga rada. Uz dodatak jednog stroja, nekoliko međuskladišta i grupacijom proizvoda na stroju RM_1003 i _1001 uspjeli smo povećati proizvodnju u odnosu na Model 1 za 45 %, odnosno u odnosu na Model 2 za 25 %. U tabeli 5 dani su usporedni podaci vezani za modele.

Tabela 5: Usporedna tablica modela

Model	Količina proizvoda na godinu	Broj strojeva	Broj međuskladišta	Povećanje produktivnosti u odnosu na Model 1
Model 1	4957	9	4	--
Model 2	6733	10	4	25 %
Model 3	9069	10	8	45 %

7. Reference

- [1] Programski sistem *Tecnomatix Plant Simulation* – UGS Corporation - Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2009.
- [2] Jovišević, V., Projektovanje tehnoloških procesa, Mašinski fakultet Banja Luka, 2005.
- [3] Borojević, S., Jovišević, V., Jokanović, S. Modeliranje, simulacija i optimizacija tehnoloških procesa, MMA Novi Sad 2009.
- [4] Borojević S., Jovišević V., Lakić-Globočki G., Čiča Đ., Sredanović B., Radisavljević M., Izbor varijante tipa toka materijala u uslovima grupnog prilaza primjenom programskog sistema tecnomatix plant simulation, DEMI 2011.
- [5] Jovišević, V., Jokanović, S., Borojević, S., Modeliranje i simulacija proizvodnih procesa primjenom programskog sistema tecnomatix plant simulation®, XXXIII Savetovanje proizvodnog mašinstva Srbije 2009.
- [6] Borojević S., Jovišević V., Proizvodne strukture bazirane na simulaciji tipskih tehnoloških procesa, XXXVI JUPITER Beograd 2010.
- [7] Radisavljević M., Modeliranje, simulacija i optimizacija grupnih tehnoloških procesa, diplomski rad, Banja Luka 2010.
- [8] Đukić P., Projektovanje proizvodnog sistema za proizvodnju alata za ugaono savijanje lima, diplomski rad, Banja Luka 2004.

8. Zaključci (najmanje 1/2 stranice)

Ovom praktičnom nastavom dobio sam nova iskustva. Saznao sam kako je planiranje i simulacija proizvodnje bitna stavka pri pokretanju nove proizvodnje ili pri unaprjeđivanju postojeće. Da bi se izbjegli troškovi uhodavanja i razne probleme prilikom startanja ili unaprjeđivanja proizvodnje u mogućnosti smo pomoću aplikacije Tecnomatix Plant Simulation izraditi više modela proizvodnje i odabrati najefikasnijeg. Ti virtualni modeli sadrže sve značajke pravih proizvodnih sustava npr. mogućnost programiranja smjena proizvodnje, vremena potrebnog za redovno održavanje strojeva, prikaz međuskладиšta, strojeva i radnika. U mogućnosti smo 2D model prikazati kao 3D simulaciju proizvodnje gdje možemo dobiti uvid u prostorni raspored proizvodnog pogona. Danas kada je potrebno reagirati brzo i efikasno na zahtjeve tržišta ova aplikacija za simulaciju proizvodnje dolazi do velikog izražaja i uvelike smanjuje vrijeme i troškove potrebne za startanje proizvodnje. Za mene je boravak na Mašinskim fakultetu bilo vrlo poučno iskustvo koje će mi svakako pomoći pri daljnjem školovanju i profesionalnoj karijeri.

Datum: 20.10.2011 Mjesto: RISKA

Potpis studenta:

Vito G. Mikole

Potpis industrijskoga mentora:

[Signature]