Prikaz i analiza tehnoloških procesa proizvodne linije za primarnu obradu trupaca

Rubes, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:558787

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Filip Rubes

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Student:

doc. dr. sc. Tihomir Opetuk, mag. ing. Filip Rubes

Zagreb, 2021.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Tihomiru Opetuku na stručnoj pomoći i savjetima tijekom izrade završnog rada.

Zahvaljujem se poduzeću PPS Galeković, a posebno g. Viktoru Galekoviću na njegovom strpljenju i vremenu.

Želio bih se također zahvaliti obitelji i prijateljima na podršci tijekom studiranja.

Filip Rubes

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: **602 - 04 / 21 - 6 / 1**	
Ur.broj: **15 - 1703 - 21 -**	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Filip Rubes Mat. br.: 0035213783

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Prikaz i analiza tehnoloških procesa proizvodne linije za primarnu obradu trupaca**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Review and analysis of technological processes of the production line for primary processing of logs**

Opis zadatka:

Projektiranje tehnoloških procesa predstavlja dio proizvodnoga sustava, odnosno određuje redoslijed tehnoloških operacija za izradu proizvoda. Pomoću njega određuju se normativi i komadno vrijeme izrade proizvoda. Kao takvo, ono predstavlja dio ukupnog vremena izrade koje uzima u obzir još i vremena potrebna za transport, kontrolu, zastoje i međuskladištenje. Primjenom novih tehnologija, uvođenjem novih strojeva i novih proizvoda u proizvodnju dolazi do promjene tehnoloških procesa. Ta promjena ne prati često i promjenu rasporeda strojeva te je iz tog razloga potrebno ponovno analizirati transportne tokove unutar poduzeća kako bi oni što bliže odgovarali optimalnom rasporedu strojeva.

U radu je potrebno:

- opisati izabrano poduzeća (djelatnost, lokacija, organizacijska i kadrovska struktura i proizvodni program),
- napraviti i prikazati detaljan raspored proizvodne linije za primarnu obradu trupaca (raspoloživi strojevi, raspored strojeva, radna mjesta i skladišne i međuskladišne lokacije),
- definirati tehnološki proces primarne obrade trupaca (redoslijed operacija, vremena, kapacitete, uska grla i rokove izrade),
- napraviti analizu tehnoloških vremena i ukupnog vremena izrade i na temelju rezultata predložiti i razraditi prijedloge unapređenja.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. studenoga 2020.

Zadatak zadao:

Opetuk

Doc. dr. sc. Tihomir Opetuk

Datum predaje rada:
1. rok: 18 veljače 2021.
2. rok (izvanredni): 5. srpnja 2021.
3. rok: 23. rujna 2021.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 22.2. – 26.2.2021.
2. rok (izvanredni): 9.7.2021.
3. rok: 27.9. – 1.10.2021.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ I

POPIS SLIKA IV

POPIS TABLICA V

POPIS OZNAKA VI

SAŽETAK VIII

SUMMARY IX

1. UVOD 1

2. PROJEKTIRANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA 2

2.1. Što je proces? 2

2.2. Općeniti pojmovi vezani uz tehnološki proces 2

2.3. Svrha projektiranja tehnološkog procesa 3

2.4. Sadržaj projektiranog tehnološkog procesa 5

2.5. Vremena u tehnološkim procesima 7

2.5.1. Pripremno-završno vrijeme 8

2.5.2. Tehnološko vrijeme 9

2.5.3. Pomoćno vrijeme 9

2.5.4. Dodatno vrijeme 9

3. PROIZVODNI PROCES I PROIZVODNI SUSTAV 10

3.1. Općenito o proizvodnom procesu 10

3.2. Općenito o proizvodnom sustavu 10

3.3. Ulazne i izlazne veličine proizvodnog sustava 11

3.4. Kapacitet proizvodnog sustava 13

3.5. Ciklus proizvodnje, koeficijent protoka i međuoperacijski zastoji 14

4. INDUSTRIJSKE REVOLUCIJE I INDUSTRIJA 4.0 16

4.1. Pojava i značajke industrijskih revolucija 16

4.2. Prva i druga industrijska revolucija 17

4.3. Treća industrijska revolucija 17
4.4. Četvrta industrijska revolucija 18
4.5. Nove tehnologije četvrte industrijske revolucije 18
4.5.1. Računalni oblak 19
4.5.2. Internet stvari 19
4.5.3. 3D ispis 19
4.5.4. Lanac blokova 19
5. PODUZEĆE PPS GALEKOVIĆ 21
5.1. Djelatnost i proizvodni program poduzeća PPS Galeković 21
5.2. Organizacijska struktura 23
5.3. Proizvodnja 24
5.4. Prostorni raspored strojeva unutar pilane 26
6. TEHNOLOŠKI PROCES PRIMARNE OBRADE TRUPACA 29
6.1. Opis samog procesa i redoslijeda operacija unutar pilane 29
6.2. Vremena tehnološkog procesa proizvodne linije za primarnu obradu trupaca 30
6.2.1. Dnevna količina novonastalih elemenata klasičnog parketa 32
6.2.2. Dnevna količina novonastalih elemenata seljačkog poda 33
6.2.3. Dnevna količina novonastalih samica 34
6.3. Raspodjela volumena trupca pri obradi na pojedinom stroju 34
6.3.1. Raspodjela volumena trupca pri izradi elemenata klasičnog parketa 35
6.3.2. Raspodjela volumena trupca pri izradi elemenata seljačkog poda 37
6.3.3. Raspodjela volumena trupca pri izradi samica 40
6.4. Ukupna vremena izrade poluproizvoda 42
6.4.1. Ukupno vrijeme izrade elemenata klasičnog parketa 42
6.4.2. Ukupno vrijeme izrade elemenata seljačkog poda 43
6.4.3. Ukupno vrijeme izrade samica 43
7. ANALIZA PROCESA PRIMARNE OBRADE TRUPACA 45
7.1. Analiza kapaciteta pilane u Mraclinu 45

7.1.1. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje elemenata klasičnog parketa 46

7.1.2. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje elemenata seljačkog poda 49

7.1.3. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje samica 52

7.2. Uska grla i rokovi izrade 54

7.3. Prijedlozi unaprjeđenja 54

8. ZAKLJUČAK 56

LITERATURA 57

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Značenje projektiranja tehnološkog procesa u pripremi i vođenju proizvodnje i poslovanja [2] 3

Slika 2.2. Opći tok rada pri projektiranju tehnološkog procesa [2] 6

Slika 2.3. Tok rada pri razradi tehnološke operacije [2] 7

Slika 3.1. Opći model proizvodnog sustava s dodavanjem vrijednosti [4] 10

Slika 3.2. Ulazne i izlazne veličine proizvodnog sustava [4] 12

Slika 5.1. Počeci obrade drva obitelji Galeković [9] 21

Slika 5.2. Jednostavna skica rasporeda infrastrukture unutar poduzeća u Mraclinu 22

Slika 5.3. Organizacijska struktura PPS Galeković [10] 23

Slika 5.4. Višelisna kružna pila za uzdužno raspiljivanje 24

Slika 5.5. Lančani transporter 25

Slika 5.6. Sortirna traka s automatskim izbacivačima (Sortirnica) 25

Slika 5.7. Prostorni razmještaj strojeva u pilani 26

Slika 6.1. Obrada na tračnoj pili trupčari [11] 29

Slika 6.2. Udio različitih poluproizvoda i gubitaka u ukupnom volumenu prve smjene 39

Slika 6.3. Udio različitih poluproizvoda i gubitaka u ukupnom volumenu druge smjene 41

POPIS TABLICA

Tablica 6.1. Vremena tehnološkog procesa po trupcu na pojedinim obradnim strojevima 31

Tablica 6.2. Količine piljenica za proizvodnju elemenata klasičnog parketa po pojedinom stroju 32

Tablica 6.3. Količine piljenica za proizvodnju elemenata seljačkog poda po pojedinom stroju ..33

Tablica 6.4. Količine piljenica za proizvodnju samica po pojedinom stroju 34

Tablica 6.5. Volumeni pojedinih poluproizvoda i gubitaka pri izradi elemenata klasičnog parketa 35

Tablica 6.6. Volumeni pojedinih poluproizvoda i gubitaka pri izradi elemenata seljačkog poda 37

Tablica 6.7. Godišnji kapaciteti poluproizvoda i gubitaka prve smjene 39

Tablica 6.8. Volumeni pojedinih poluproizvoda i gubitaka pri izradi samica 40

Tablica 6.9. Godišnji kapaciteti poluproizvoda i gubitaka druge smjene 41

Tablica 7.1. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje elemenata klasičnog parketa 46

Tablica 7.2. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje elemenata seljačkog poda 49

Tablica 7.3. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje samica 52

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$\boldsymbol{C_{\text{godišnji}}}$	m^3	Godišnji kapacitet
$\boldsymbol{C_{\text{proračunski}}}$	m^3	Proračunski kapacitet
$\boldsymbol{C_{\text{stvarni}}}$	m^3	Stvarni kapacitet
$\boldsymbol{n}$	*komad*	Broj komada
$\boldsymbol{N}$	*komad*	Broj trupaca
$\boldsymbol{N_{\text{stvarni}}}$	*komad*	Stvarni broj dnevnih trupaca za izradu određenog elementa
$\boldsymbol{N_1}$	*komad*	Teoretska godišnja količina elemenata klasičnog parketa
$\boldsymbol{N_{1_\text{dnevni}}}$	*komad*	Dnevna količina elemenata klasičnog parketa
$\boldsymbol{N_2}$	*komad*	Teoretska godišnja količina elemenata seljačkog poda
$\boldsymbol{N_{2_\text{dnevni}}}$	*komad*	Dnevna količina elemenata seljačkog poda
$\boldsymbol{N_3}$	*komad*	Teoretska godišnja količina samica
$\boldsymbol{N_{3_\text{dnevni}}}$	*komad*	Dnevna količina samica
$\boldsymbol{t_{\text{d}}}$	s	Dodatno vrijeme
$\boldsymbol{t_N}$	h	Ukupno vrijeme trajanja određene operacije
$\boldsymbol{t_{\text{p}}}$	s	Pomoćno vrijeme
$\boldsymbol{t_{\text{pz}}}$, $\boldsymbol{t_{pz}}$	s, h	Pripremno-završno vrijeme (određene operacije)
$\boldsymbol{t_{\text{t}}}$	s	Tehnološko vrijeme
$\boldsymbol{t_{\text{u1}}}$	dan	Ukupno vrijeme izrade elemenata klasičnog parketa
$\boldsymbol{t_{\text{u2}}}$	dan	Ukupno vrijeme izrade elemenata seljačkog poda
$\boldsymbol{t_{\text{u3}}}$	dan	Ukupno vrijeme izrade samica
$\boldsymbol{t_1}$	h	Tehnološko vrijeme određene operacije
$\boldsymbol{V_{\text{ELEM_1}}}$	m^3	Volumen elementa klasičnog parketa

$\boldsymbol{V_{\text{ELEM_2}}}$	m^3	Volumen elementa seljačkog poda
$\boldsymbol{V_3}$	m^3	Volumen samice
$\boldsymbol{V_{\text{klasični_parket}}}$	m^3	Volumen za izradu elemenata klasičnog parketa po pojedinom stroju
$\boldsymbol{V_{\text{obradni}}}$	m^3	Ukupni volumen za obradu na pojedinom stroju
$\boldsymbol{V_{\text{ostali_elementi}}}$	m^3	Volumen za izradu elemenata za ploče, furnire i gazišta po pojedinom stroju
$\boldsymbol{V_{\text{otpadno_drvo}}}$	m^3	Volumen otpadnog drva po pojedinom stroju
$\boldsymbol{V_{\text{samice}}}$	m^3	Volumen za izradu samica po pojedinom stroju
$\boldsymbol{V_{\text{seljački_pod}}}$	m^3	Volumen za izradu elemenata seljačkog poda po pojedinom stroju

SAŽETAK

Projektiranje tehnoloških procesa određuje kako će se proizvod proizvesti pa je stoga jedna od ključnih aktivnosti u proizvodnom procesu. Igra važnu ulogu u definiranju troškova proizvodnje i utječe na sve aktivnosti poduzeća, kompetitivnost poduzeća, praćenje proizvodnje i samu efikasnost proizvodnje. Napredak tehnologije na prijelazu stoljeća omogućio je dodatan razvoj i širenje postojećih znanja o „umjetnosti“ projektiranja tehnoloških procesa što se zadnjih godina najbolje ogledava u ekstenzivnom korištenju koncepata Industrije 4.0.

U ovome radu je prikazan raspored proizvodne linije za primarnu obradu trupaca tvrtke PPS Galeković, kao i njihov proizvodni program. Također je napravljena i analiza tehnoloških procesa reprezentanata koji predstavljaju proizvodni program navedene proizvodne linije. Određena su i uska grla te ukupni kapaciteti proizvodne linije uz dane prijedloge mogućih unaprjeđenja.

Ključne riječi: projektiranje tehnoloških procesa, proizvodnja, Industrija 4.0, proizvodna linija

SUMMARY

Technological process planning defines how a product will be produced so it is one of the key activities in production process. Technological process planning plays an important role in defining the production costs and affects all activities of a company, competitiveness of a company, monitoring of production and production efficiency. Advance in technology at the turn of century enabled further development and dissemination of existing knowledge on the „art“ of technological process planning which is, in last few years, best reflected throughout the extensive use of concepts of Industry 4.0.

In this thesis, a layout of production line for the primary processing of logs by company PPS Galeković is presented, as well as their production program. An analysis of the technological processes of representatives which represent the company's production program is made, as well. Bottlenecks and capacities of production line are also defined, with suggestions for possible improvements.

Key words: technological process planning, production, Industry 4.0, production line

1. UVOD

Projektiranje tehnoloških procesa predstavlja skup znanja i praktičnih iskustava usmjerenih na definiranje redoslijeda, postupaka i režima procesa obrade s ciljem pretvaranja nižih uporabnih vrijednosti pripravaka u vrijednije, gotove proizvode. Ispravno postavljanje tehnološkog procesa iznimno je složen i odgovoran zadatak, budući da od ispravnog tehnološkog procesa ovisi krajnji ekonomski rezultat proizvodnje. Proizvodnja, odnosno proizvodni proces, jest rješenje ispravno postavljenog tehnološkog procesa u prostoru i vremenu.

U ovome radu opisat će se poduzeće PPS Galeković koje predstavlja jednu od vodećih hrvatskih tvrtki na području drvne industrije. Detaljno će se prikazati njihov ukupni proizvodni program, ali i raspored strojeva unutar pilane te redoslijed operacija u pilani. Definirati će se proračunski i stvarni kapaciteti, uska grla i tehnološka vremena proizvodne linije za primarnu obradu trupaca. Naposljetku, napravit će se analiza tehnoloških vremena i ukupnog vremena izrade unutar pilane te ponuditi moguća unaprjeđenja procesa povezana s konceptima kasnijih industrijskih revolucija.

2. PROJEKTIRANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA

2.1. Što je proces?

Proces je zbivanje označeno pretvorbom i/ili transportom tvari, energije i/ili informacija, kod kojega se prikladnim djelovanjem na utjecajne veličine dadu postići određeni rezultati. [1]

Za odvijanje procesa je potrebno da uz objekt na kojem se proces zbiva postoji:

- sustav u kojem se proces zbiva,
- energija s pomoću koje će se obaviti rad,
- informacije s pomoću kojih će proces biti upravljan prema željenom rezultatu. [2]

2.2. Općeniti pojmovi vezani uz tehnološki proces

Tehnološki proces je izvor svih podataka za pripremu i vođenje proizvodnog procesa, čime su uvelike predodređeni kvaliteta proizvoda, proizvodnost rada i ekonomičnost proizvodnje. [2] Proizvodni proces zapravo predstavlja rješenje tehnološkog procesa u prostoru i vremenu. [1]

Temeljna jedinica svakog tehnološkog procesa je operacija. Operacija je skup svih zahvata (zbivanja) koji se obavljaju na jednome radnome mjestu uz jedno pripremanje toga radnog mjesta za njihovo obavljanje. Operacija predstavlja osnovu za planiranje i vođenje proizvodnje, za kalkulacije i za obračun.

Stezanje je dio operacije u kojem je predmet obrade jednom stegnut u stegu koja ga pridržava za vrijeme izvođenja obrade. Pritom se može događati promjena položaja predmeta obrade u odnosu na alat, ali se ne smije u tijeku jednog stezanja otpuštati predmet obrade.

Položaj je dio stezanja u kojem predmet obrade zadržava stalan položaj u odnosu na kretanje alata kojim se izvodi obrada.

Zahvat je elementarni dio operacije koji još uvijek zadržava sva njezina obilježja. Obuhvaća dio operacije koji se izvodi jednim alatom uz konstantan režim obrade i odnosi se na jednu elementarnu površinu obrađivanog predmeta.

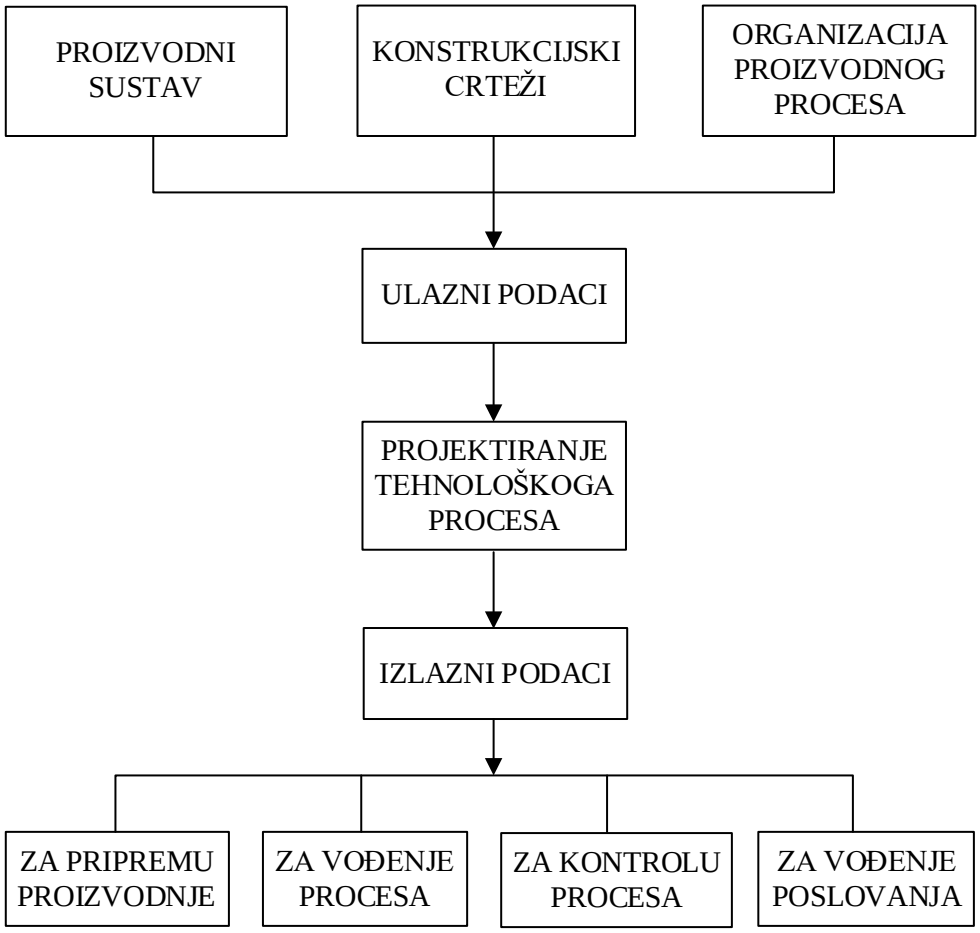
Prolaz je dio zahvata koji označuje jedan kontakt alata i predmeta obrade bez prekidanja dodira alata i predmeta. [2]

2.3. Svrha projektiranja tehnološkog procesa

Projektiranje tehnološkog procesa zapravo znači pretvaranje podataka iz crteža u podatke za pripremanje i vođenje proizvodnje (proizvodnog procesa), vodeći računa o stvarnome proizvodnom sustavu u kojem se taj proces izvodi i o stvarnoj organizaciji proizvodnje koja postoji u tom sustavu. Shema za ilustraciju navedenog prikazana je na slici 2.1.

Organizaciji posla na projektiranju tehnoloških procesa za nove proizvode mora se posvetiti znatna pažnja jer ekonomski rezultati poslovanja u velikoj mjeri ovise o kvaliteti projektiranih tehnoloških procesa. [2]

Osoba koja se bavi projektiranjem tehnološkog procesa naziva se projektant tehnološkog procesa ili jednostavno projektant. Zadaća je projektanta tehnološkog procesa detaljno definirati proces kojim se pripremak transformira u oblik traženih svojstva i dimenzija. Oblik definiran od strane konstruktora je izražen tehničkim crtežom, geometrijskim dimenzijama i tolerancijama. Promišljanja projektanta tehnološkog procesa ograničena su definiranim tehničkim crtežom. [3]



Slika 2.1. Značenje projektiranja tehnološkog procesa u pripremi i vođenju proizvodnje i poslovanja [2]

Konstrukcijski crtež mora pružiti sve podatke o proizvodu koji treba biti rezultat proizvodnog procesa, a kad je riječ o strojnim dijelovima ti podaci obuhvaćaju:

- vrstu i kvalitetu materijala od kojeg će proizvod biti izrađen,
- opću konfiguraciju dijela (elementarne površine koje ga oblikuju te međusobne položaje tih elementarnih površina),
- potpunu definiciju svake elementarne površine (oblik, dimenzije, zahtijevana točnost oblika i dimenzija, kvaliteta površine, posebne značajke površinskog sloja, zahtijevana tvrdoća površinskog sloja materijala).

Prije pristupanja samome projektiranju tehnološkog procesa nužno je provesti analizu konstrukcijskih crteža radi provjere nalaze li se na crtežima svi podaci koji određuju proizvod, te jesu li ti podaci dani u jasnom obliku. Tek nakon zadovoljenja ovih uvjeta kreće se u aktivnost projektiranja.

Proizvodni sustav predodređuje uvjete u kojima će se proces odvijati, a relevantni podatci o tom sustavu jesu:

- podaci o mikroklimi u proizvodnome prostoru,
- podaci o proizvodnoj opremi,
- podaci o radnicima u proizvodnji.

Organizacija određuje niz dopunskih podataka potrebnih za projektiranje tehnološkog procesa:

- predvidiva ukupna količina proizvoda,
- planirana veličina serije,
- materijali predviđeni tvorničkim standardima,
- standardni režimi rada,
- standardni elementi vremena izradbe,
- standardni dodaci za obradu.

Sustave podataka koji služe kao ulazni podaci za projektiranje tehnoloških procesa moguće je odrediti i po drugačijim kriterijima:

- podaci koji su vezani uz proizvod i određuju se svaki put kada se prihvaća novi proizvod (konstrukcijski crteži, podatak o ukupnoj količini proizvoda, podatak o veličini serije),
- podaci koji su vezani uz proizvodni sustav i organizaciju i koji moraju biti kontinuirano održavani i u skladu s promjenama koje nastaju u proizvodnome sustavu i organizaciji (proizvodna oprema, mikroklima, podaci određeni tvorničkim standardima). [2]

Promjene vezane uz proizvod proizlaze iz rezultata analize tržišta i razvoja proizvoda, a promjene vezane uz proizvodni sustav i organizaciju proizvodnje proizlaze iz njihova usavršavanja. [2]

2.4. Sadržaj projektiranog tehnološkog procesa

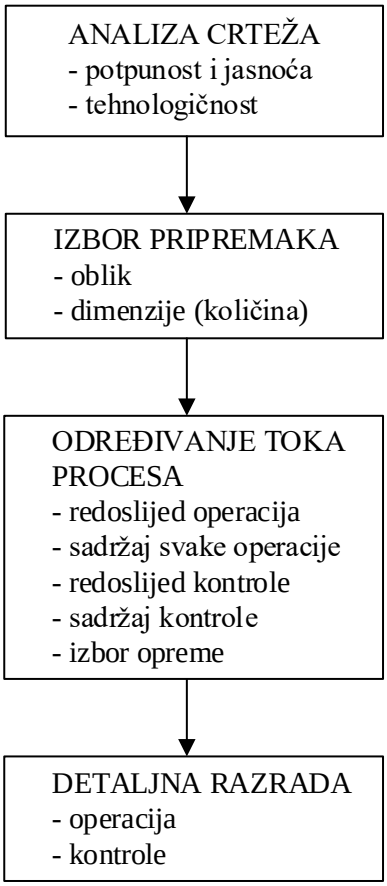
Podaci koje mora sadržavati projektirani tehnološki proces podloga su za pripremanje i vođenje proizvodnje, a moguće ih je podijeliti u tri grupe:

- podaci o materijalu (sirovini),
- podaci o općem toku procesa,
- podaci o detaljima u svakom pojedinom događaju u procesu.

Podaci o materijalu su djelomično određeni u konstrukcijskim crtežima, samim odabirom materijala od strane konstruktora, kao što je već prije navedeno. Konstruktor na temelju potrebnih svojstava materijala, koja osiguravaju ispravno obavljanje predviđene funkcije, odabire vrstu i kvalitetu materijala. Kako bi potreban materijal za proizvodni proces bio u potpunosti definiran, potrebno je još odrediti oblik sirovog materijala te dimenzije materijala. Ove podatke određuje tehnolog pri projektiranju tehnološkog procesa jer su oni posljedica odabrane varijante tehnološkog procesa i odabranih dodataka materijal potrebnih za obradu. [2] Kriteriji prilikom odabira određenog oblika i dimenzija sirovog materijala:

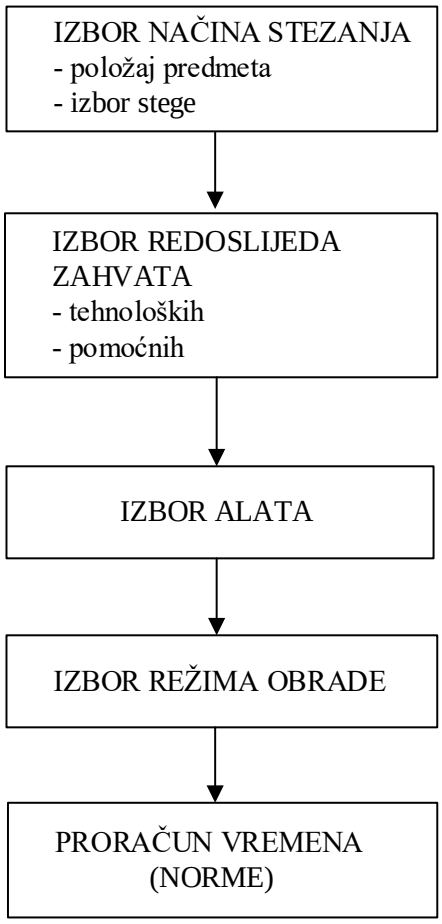
- osiguranje potrebne kvalitete materijala,
- smanjenje potreba za strojnom obradom,
- povećanje iskoristivosti materijala,
- smanjenje troškova proizvodnje i vodećeg vremena. [4]

Opći tok tehnološkog procesa određuje redoslijed svih aktivnih događaja koje obuhvaća tehnološki proces, sadržaj pojedine aktivnosti i radno mjesto izvođenja aktivnosti u proizvodnji. Kako je svrha tehnološkog procesa pretvorba sirovine u proizvod, što se primarno postiže tehnološkim operacijama, najveća se pažnja posvećuje tehnološkim operacijama. Kontrola operacija se dodaje kod onih aktivnosti kod kojih je to važno za ispravno upravljanje procesom, a aktivnosti transporta proizlaze iz unaprijed definiranih tokova aktivnosti operacija i kontrole. Potreba za transportom unutar proizvodnog sustava proizlazi iz činjenice da se dva uzastopna događaja, kontrole i/ili operacije, mogu odvijati na različitim mjestima, a način obavljanja transporta je određen projektiranim proizvodnim procesom. Opći je tok projektiranja tehnološkog procesa prikazan na slici 2.2.



Slika 2.2. Opći tok rada pri projektiranju tehnološkog procesa [2]

Podaci o detaljima u pojedinim događajima procesa određuju se za svaku tehnološku operaciju i svaki događaj kontrole. Tim se podacima određuje tok izvođenja operacije, uvjeti pod kojima se izvode pojedini zahvati, sva pomagala koja se koriste pri izvođenju operacije te potrebno vrijeme za obavljanje operacije (tehnološka vremena). Kod aktivnosti kontrole se određuje što i čime treba kontrolirati te potrebno vrijeme za obavljanje kontrole. Generalno, aktivnosti transporta se ne obuhvaćaju projektiranjem tehnološkog procesa, osim u slučaju nekih specifičnih transportnih zahtjeva. Postupak razrade tehnološke operacije prikazan je slikom 2.3. [2]



Slika 2.3. Tok rada pri razradi tehnološke operacije [2]

2.5. Vremena u tehnološkim procesima

Cjeloviti podatak o vremenu izvođenja neke operacije naziva se normom. Norma pobliže definira vrijeme potrebno prosječno uvježbanom i određeno kvalificiranom radniku da u normalnim uvjetima, s propisanim sredstvima rada, na točno određeni način i uz normalno zalaganje i umor, obavi određeni posao. Služi kao orijentacija za ono što se može, a time ujedno i mora postići pri čemu se radnika ne smije poticati na premašivanje norme, već na pobliže ispunjavanje norme uz dopuštena odstupanja. [2]

Ukupno vrijeme rada potrebno za izvođenje nekog posla sastoji se od sljedećih vremena:

- pripremno-završno vrijeme ($\boldsymbol{t_{pz}}$) koje je potrebno za pripremu određenog radnog mjesta i uređenje istog nakon izvršenog rada,
- tehnološko vrijeme ($\boldsymbol{t_t}$) koje je potrebno za izvršavanje efektivnog rada, odnosno vremena kada se postiže promjena oblika, dimenzija ili strukture materijala, neovisno obavlja li se posao ručno ili putem stroja,

- pomoćno vrijeme ($\boldsymbol{t_p}$) koje je potrebno za obavljanje svih pomoćnih poslova koji omogućuju da se izvedu tehnološki poslovi,
- dodatno vrijeme ($\boldsymbol{t_d}$) koje služi za kompenzaciju onih gubitaka koje radnik ima u tijeku dana, a nije za njih kriv. [2]

2.5.1. Pripremno-završno vrijeme

Kako bi se posao mogao obaviti bez smetnje, na bilo kojem radnom mjestu, treba ga pripremiti za rad. Vrijeme koje je potrebno za sve te pripreme naziva se pripremnim vremenom. Nakon završetka posla na cijeloj seriji proizvoda, radno mjesto se mora dovesti u prvobitno stanje, a za to potrošeno vrijeme naziva se završnim vremenom. Oba vremena zajedno se odnose na čitavu seriju i tvore pripremno-završno vrijeme. Zbog toga se udio pripremno-završnog vremena za jedan proizvod smanjuje povećanjem broja komada u seriji. Trajanje pripremno-završnog vremena ovisi o tehnološkom procesu, složenosti posla, uvježbanošću radnika i organizacijskim stupnjem proizvodnje. [2]

Neki od radova koji se ubrajaju u pripremno vrijeme:

- upoznavanje s dokumentacijom, radom i uputama,
- dobivanje materijala pripremljenog za obradu, alata i pribora, odnosno uzimanje toga sa skladišta,
- pripremanje radnog mjesta što uključuje namještanje, provjeravanje, učvršćivanje i skidanje pribora i alata, premještanje pojedinih dijelova i uređaja te podešavanje uređaja za traženi režim rada,
- izvršavanje postupaka u vezi s pokusnom obradom. [2]

Neki od radova koji se ubrajaju u završno vrijeme:

- predaja gotovog izratka, materijala i dijelova,
- pospremanje radnog mjesta i dovođenje u početno stanje,
- vraćanje alata, pribora i naprava u skladište. [2]

2.5.2. Tehnološko vrijeme

Označava onaj dio vremena izrade koji je potreban da se izvrši rad izravno povezan s promjenom oblika, položaja, izgleda ili osobina materijala ili predmeta obrade kroz određenu operaciju, neovisno o tome obavlja li se rad ručno ili strojno. Tehnološko vrijeme je jedino od vremena u normi koje je izravno korisno, stoga treba nastojati da udio tehnološkog vremena unutar procesa bude najveći. Određeno je načinom i propisanim režimima rada pri čemu se razlikuje:

- strojno vrijeme, odnosno vrijeme kada stroj sam obavlja posao,
- strojno-ručno vrijeme, odnosno vrijeme kada rade zajedno radnik i stroj,
- ručno vrijeme, odnosno vrijeme kaka radi samo radnik. [2]

2.5.3. Pomoćno vrijeme

Pomoćno vrijeme predstavlja ukupno vrijeme potrebno za obavljanje pomoćnih poslova, koji omogućuju izvođenje tehnoloških poslova. Poslovi u pomoćnom vremenu mogu biti u potpunosti ručni što znači da radnik sam obavlja posao, mogu biti ostvareni zajedničkim radom stroja i radnika ili posve automatski, a ponavljaju se kod svake obrade predmeta, odnosno materijala. Pomoćna vremena ne utječu izravno na promjenu samoga proizvoda u tijeku procesa rada. Iz tog razloga cilj svakog poduzeća je svesti pomoćna vremena na minimum. Veličina pomoćnih vremena ovisi najprije o tehnološkom procesu izradbe, a tek onda o vrsti alata i naprava kojima se služi radnik. Dobrom razradom tehnološkog procesa, uporabom prikladnih naprava, dobrom organizacijom i stabilizacijom radnog mjesta te sustavnim podučavanjem radnika u obavljanju posla, uvelike se mogu smanjiti pomoćna vremena, a time i vremena izradbe. [2]

2.5.4. Dodatno vrijeme

U slučaju kada bi se norma odredila kao zbroj tehnološkog i pomoćnog vremena, odnosno kad bi se ta vremena uzela kao referentno vrijeme izrade i to vrijeme koristilo u proizvodnji, dogodio bi se slučaj da radnik ne može dostići normu ili ju dostiže u samo izuzetnom slučaju uz povećani napor. Razlog toga je činjenica da u tijeku radnog dana postoje razdoblja kada radnik ne radi, ali ne zbog svoje krivice, već zbog djelovanja radnih uvjeta. Da bi se takvi gubici pokrili, pripremno-završnom, tehnološkom i pomoćnom vremenu dodaje se određeni postotak vremena koji služi za kompenzaciju tih gubitaka, a to vrijeme kompenzacije naziva se dodatnim vremenom. [2]

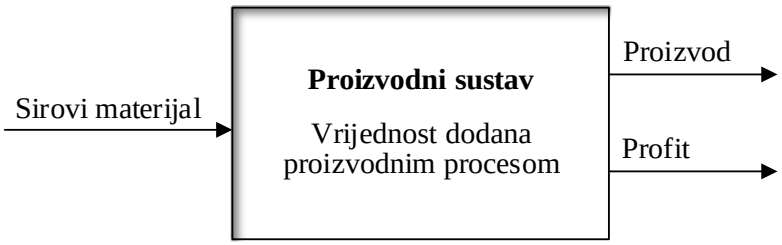
3. PROIZVODNI PROCES I PROIZVODNI SUSTAV

3.1. Općenito o proizvodnom procesu

Proizvodni proces, ili jednostavno proizvodnja, jest proces stvaranja novih proizvoda iz sirovih materijala korištenjem raznih procesa, opreme, operacija i ljudske snage prema unaprijed određenom detaljnom planu. Tokom proizvodnog procesa sirovi materijal prolazi kroz promjene koje mu omogućavaju da postane dio proizvoda (ili više njih). Tako nastali proizvod na tržištu postiže određenu vrijednost, što znači da se proizvodnja može promatrati i u vidu aktivnosti dodavanja vrijednosti materijalu. Procesom rada moguće je izravno povećati vrijednost materijalu. Kako bi organizacija ili poduzeće koje stvara proizvod moglo funkcionirati, a samim time i opstati, dodana vrijednost proizvoda mora biti veća od samog troška proizvodnje. [4]

3.2. Općenito o proizvodnom sustavu

Iz već navedenih definicija proizvodnog procesa izvode se i definicije samog proizvodnog sustava. Proizvodni sustav je sustav u kojem se sirovi materijali pretvaraju iz jednog oblika u drugi (poznato kao proizvod), pri čemu im se dodaje vrijednost proizvodnim procesom, a samim time stvara i vrijednost u obliku profita, što je prikazano na slici 3.1. Ovdje je riječ o općoj definiciji proizvodnog sustava za sve oblike industrije, iako postoje mnoge šire definicije o tome što proizvodni sustav predstavlja, te su za svaku granu industrije specifične. [4]



Slika 3.1. Opći model proizvodnog sustava s dodavanjem vrijednosti [4]

Proizvodni je sustav:

- konkretan sustav s potpuno definiranim vezama između elemenata sustava;
- umjetan, stvoren ljudskim radom, za zadovoljenje ljudskih potreba;
- dinamički, jer se stanje sustava mijenja u tijeku vremena;
- složen, jer se najčešće sastoji od više, proizvodnim tokovima povezanih elemenata, od kojih je svaki pojedinačno složeni podsustav;

- otvoren, neizoliran od utjecaja vanjskih sustava, posjedujući brojne veze sa svojim okruženjem;
- stohastički, jer se ponašanje proizvodnog sustava može predvidjeti samo s određenom vjerojatnošću;
- sociotehnički, jer su temeljni čimbenici sustava ljudi i tehnička sredstva. [1]

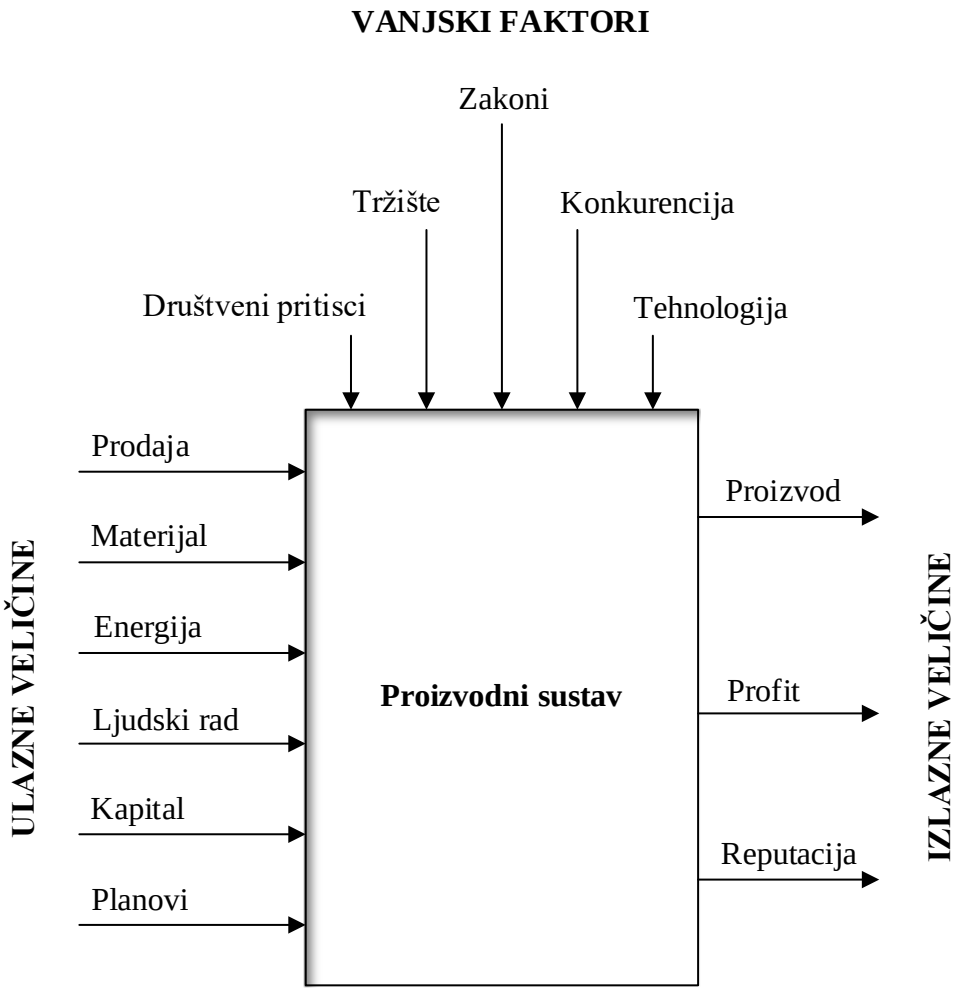
Svaki proizvodni sustav ima definirane, ali progresivno promjenjive ciljeve koje nastoji ostvariti. Neki od tih ciljeva mogu se jednostavno kvantitativno izraziti, kao što su količina proizvoda, razina zaliha i cijena proizvoda, dok neke ciljeve kao odziv sustava, fleksibilnost sustava i kvalitetu usluge nije moguće jednostavno kvantificirati. Prema tome, svaki proizvodni sustav mora biti cjelovito integriran na način da je sklon adaptaciji kada je promjena potrebna, a što je u skladu s postizanjem postavljenih ciljeva samog poduzeća. [4]

3.3. Ulazne i izlazne veličine proizvodnog sustava

Osnovni su elementi proizvodnog sustava ljudi s proizvodnim iskustvom i sredstva za proizvodnju koji zajedničkim djelovanjem u radnoj okolini, uz ispunjenje određenih (prikladnih) uvjeta kao što su prostor, energija i informacije transformiraju ulazne veličine u izlazne veličine. [1]

Shema ulaznih i izlaznih veličina u proizvodnom procesu prikazana je slikom 3.2. U tom procesu proizvodni sustavi nemaju punu kontrolu nad svim ulaznim veličinama, što se ogleda u vidu vanjskih faktora kao što su društveni pritisak, tržišna snaga, zakoni, konkurencija i tehnologija. Ujedno je to i razlog potrebe da proizvodni sustavi budu dovoljno fleksibilni prema varijacijama ulaznih veličina.

Glavna izlazna veličina proizvodnog sustava je proizvedeno dobro. Proizvedeno dobro se nadalje može klasificirati kao potrošački proizvod ili kao proizvod za proizvodnju. Potrošački proizvodi su proizvodi koji se prodaju generalnoj populaciji, dok proizvodi za proizvodnju (poluproizvodi) su oni proizvodi koje kasnije neke druge organizacije koriste za proizvodnju svojih proizvoda. Stoga se može zaključiti da su ponekad izlazne veličine jednog proizvodnog sustava ulazne veličine drugog proizvodnog sustava. Također nisu sve izlazne veličine mjerljive, budući da reputacija određenog poduzeća ovisi o uspješnosti proizvoda plasiranog na tržište. [4]



Slika 3.2. Ulazne i izlazne veličine proizvodnog sustava [4]

3.4. Kapacitet proizvodnog sustava

Kapacitet je veličina kojom se određuje proizvodna sposobnost stroja, dakle, veličina mogućnosti za proizvodnju. Kapacitet stroja definira se kao njegova sposobnost da u jedinici vremena obavlja određenu količinu nekih specificiranih proizvodnih efekata određene kvalitete. Time su u pojam kapaciteta ugrađene odrednice:

- količina,
- vremena,
- kvaliteta proizvoda.

Razlog unošenja pojma nedefiniranih proizvodnih efekata je činjenica toga što se ti efekti mogu izraziti na različite načine u pogledu količine proizvoda, broja udaraca ili broja okretaja. Veličina kapaciteta se uvijek odnosi na određenu vremensku jedinicu. Kvalitetna komponenta u definiciji kapaciteta sadržana je u određenju proizvodnih efekata određene kvalitete, dakle, ne bilo kakve, nego određene kvalitete, jer veličina kapaciteta ovisi o kvaliteti produkta. Kraća vremena obrade površine nekog dijela uzrokovat će povećanje kapaciteta stroja, ali će pri tome smanjiti kvalitetu površine obrađivanog dijela. Također vrijedi da će se duljim vremenom obrade kapacitet stroja smanjiti uz istodobno povećanje izlazne kvalitete obrađene površine.

U praksi, ovisno o vrsti funkcije, razvijeni su različiti izrazi za kapacitet, a to su:

- količina gotovih proizvoda,
- količina tehničkog učinka,
- broj okretaja glavne osi u jedinici vremena,
- vrijednost proizvodnje,
- radni sati,
- količina inputa.

Preciznije izražavanje veličine kapaciteta zahtijeva da se pobliže označi kvaliteta ulazne veličine, kvaliteta izlazne veličine, te karakteristike tehnološkog procesa uz koje se proces proizvodnje odvija, a koje imaju utjecaja na veličinu kapaciteta. [2]

3.5. Ciklus proizvodnje, koeficijent protoka i međuoperacijski zastoji

Ciklus proizvodnje predstavlja određeni vremenski interval od početka rada na prvoj operaciji i poziciji pa do predaje gotovog proizvoda u skladište ili eksploataciju. Cilj upravljanja proizvodnim sustavom jest skraćenje ciklusa proizvodnje, kako bi uložena sredstva što prije preko gotovog proizvoda bila plasirana na tržište, tj. prodana.

Kako bi se izračunao ciklus proizvodnje nekog proizvoda i omogućilo njegovo maksimalno skraćenje, izračunava se vrijeme trajanja svake operacije na određenom proizvodu uz korištenje normiranog vremena za svaku operaciju, te pripremno završno vrijeme za određenu seriju. Stoga će trajanje pojedine operacije za $\boldsymbol{n}$ komada (u satima) iznositi, prema relaciji (1) :

$$\boldsymbol{t_N = t_{pz} + n \cdot t_1}\,, \tag{1}$$

gdje je:

$\boldsymbol{t_N}$ – ukupno vrijeme trajanja određene operacije,

$\boldsymbol{t_{pz}}$ – pripremno-završno vrijeme određene operacije,

$\boldsymbol{n}$ – broj komada,

$\boldsymbol{t_1}$– tehnološko vrijeme određene operacije.

Iz ukupnih podataka o trajanju svih operacija na određenom proizvodu, odnosno poziciji, moguće je izračunati ciklus proizvodnje prema različitim teoretskim principima kretanja kao što su postupni ciklus proizvodnje, paralelni ciklus proizvodnje i kombinirani ciklus proizvodnje. Tako dobiveni podaci unose se u gantograme koji dobro prikazuju početak, trajanje i završetak aktivnosti.

Postupni ciklus proizvodnje predstavlja prvi i osnovni teoretski princip kretanja, a karakteriziran je činjenicom da sljedeća operacija ne može započeti ako nije završena prethodna. Ukoliko se želi ubrzati ciklus proizvodnje kod rada u većim serijama, to se može postići korištenjem paralelnog ciklusa proizvodnje pri čemu se neke operacije mogu izvoditi paralelno. Kombiniranim ciklusom proizvodnje postiže se još veće skraćenje proizvodnog intervala, a rabi se uglavnom u veliko serijskoj i masovnoj proizvodnji.

U stvarnosti, ciklusi proizvodnje se ne odvijaju prema već navedenim teoretskim principima kretanja, a osnovni razlog tomu je postojanje određenih zastoja kao što su kontrola, transport i čekanje na slobodno radno mjesto koji produžuju trajanje ciklusa. Ti zastoji nazivaju se međuoperacijskim zastojima i posljedica su određene organizacije promatranog poduzeća. U praksi, vrijeme trajanja međuoperacijskih zastoja je ukupno duže od samog proizvodnog rada. Zbog toga se javlja potreba određivanja stvarnog ciklusa proizvodnje za pojedine pogone i tvornice, pri čemu se analizira stvarno snimljeni ciklus proizvodnje s ciklusom proizvodnje po postupnom načinu kretanja. Takvom analizom dobiven je koeficijent protoka koji kaže koliki je stvarni ciklus proizvodnje duži od onoga po postupnom načinu kretanja.

Koeficijent protoka je indikator kvalitete proizvodnog procesa, odnosno njegove organizacije. No, njegovu vrijednost određuju veličine međuoperacijskog zastoja. Stoga se stvarni ciklus proizvodnje može izračunati i izravno, dodavanjem trajanja vremena međuoperacijskog zastoja na trajanje svake operacije u danima, pri čemu veličina međuoperacijskog zastoja može varirati od jednog sata do nekoliko dana ili tjedana. Tek kada su poznate sve informacije o veličini i broju međuoperacijskih zastoja, s jedne strane, te broj, vrsta, radno mjesto i trajanje operacija, s druge strane, može se čistim zbrajanjem jednostavno izračunati stvarni ciklus proizvodnje u danima.

Iz svega navedenog, može se uočiti kako su glavni razlog za visoke vrijednosti koeficijenata protoka međuoperacijski zastoji, koji nastaju iz više razloga:

- čekanje na kontrolu i sama kontrola izratka,
- vrijeme manipulacija materijalom i izratkom,
- čekanje na unutrašnji transport,
- sve vrste transporta između radnih mjesta,
- čekanje dokumentacije,
- čekanje na sljedeće slobodno radno mjesto. [2]

4. INDUSTRIJSKE REVOLUCIJE I INDUSTRIJA 4.0

4.1. Pojava i značajke industrijskih revolucija

Uvriježeno je da se pojam industrijska revolucija odnosi na razdoblje od 1770-ih godina sve do sredine 1870-ih godina, kada je napredak u tehnologiji omogućio ljudima iskorištavanje mehaničkih i električnih sila za vlastite potrebe. Kao posljedica, došlo je do velikih promjena u načinu proizvodnje i u radnoj praksi što je uzrokovalo nastanak novih modela transporta i infrastrukture za većinu društvene zajednice. Iako se za početak industrijske revolucije na zapadu smatra pojava parnog stroja u Velikoj Britaniji, unutar jednog stoljeća njen opus dosegao je i Novi Svijet, te Aziju i Oceaniju.

Pojam industrijske revolucije prvi put se spominje 1799. godine. Na kraju 19. stoljeća, zahvaljujući industrijskoj revoluciji, broj svjetskog stanovništva se udvostručio, došlo je do naglog porasta svjetskog BDP-a, i novih električnih izuma, masovne proizvodnje i globalizacije.

Prvih par desetljeća 20. stoljeća obilježili su svjetski ratovi, užurbane bitke za prevlast u svjetskoj dominaciji između istočnih i zapadnih zemlja, pojava nuklearnog oružja i elektronike. Ove pojave inicirale su treću industrijsku revoluciju vezanu uz pojavu informatičkih sustava i automatizacije proizvodnje. Treća industrijska revolucija, za razliku od prijašnjih, nije donijela nove oblike energije već je uzrokovala transformacije postojećih tehnologija u tehnologije temeljene na znanju i ubrzanim društvenim promjenama. Stoga se 20. stoljeće može promatrati kao svojevrsna priprema novoj eri; eri u kojoj je digitalna revolucija postavila temelje razvoju elektronike i računarstva, tako uzrokujući širenje znanja i ideja temeljenih na prijašnjim industrijskim revolucijama.

Postoje mnogi veliki trendovi promjena u tranziciji iz prve industrijske revolucije pa sve do današnje četvrte industrijske revolucije. Za pojedinu industrijsku revoluciju su to sljedeći trendovi:

- prva industrijska revolucija - početak globalizacije, pojava mehaničke opreme, pretvorba mehaničke energije,
- druga industrijska revolucija - masovna proizvodnja, pretvorba električne energije, elektrifikacija, pretvorba kemijske energije,
- treća industrijska revolucija - pojava interneta, automatizacija proizvodnje, pretvorba mehaničke i analogne elektronike u digitalnu elektroniku, informatička tehnologija,
- četvrta industrijska revolucija - kibernetsko fizički sustavi, nove vrste materijala, društveno-tehnološko upravljanje, transformacija fizičko-bioloških tehnologija. [5]

4.2. Prva i druga industrijska revolucija

Prije pojave mehanizacije, ljudska nastojanja gradnje, prerade zemlje i putovanja bila su ostvarivana ručno ili uporabom stoke. Mehanički utjecaj vode, vjetra i vatre ljudi su koristili tisućama godina, od brodova pa sve do mlinova. No, skok prema uporabi mehaničke energije po želji, odnosno kontinuiranog rotirajućeg kretanja, ostvaren je tek 1781. godine revolucionarnim dizajnom parnog stroja (motora). Ovaj motor od ukupno deset konjskih snaga omogućio je pokretanje široke lepeze strojeva za proizvodnju i agronomiju, te je označio pojavu prve industrijske revolucije. Glavna mogućnost ovog parnog stroja bila je pretvorba toplinske energije izgaranja kemikalija i kisika u mehaničku energiju, omogućivši tako obavljanje različitih procesa i pokretanja. Termin revolucija se odnosi se na sposobnost iskorištavanja mehaničke energije prema potrebi bez intervencije ljudi ili stoke. Upravo je pojava parnog stroja prije svega signalizirala početak mehanizacije u svijetu.

Druga industrijska revolucija javila se osamdesetih godina 19. stoljeća i donijela je novitete kao što su industrijska elektrifikacija i pojava električnih motora; dok su pojava motora s unutarnjim izgaranjem i rani prototip modernog benzinskog motora omogućili izradu prvog automobila 1885. godine. [5]

4.3. Treća industrijska revolucija

Treća industrijska revolucija, često naslovljena kao digitalna revolucija, započela je s razvojem mikroelektronike i poluvodiča sredinom 1950-ih godina pa sve do ranih 1970-ih godina, kad je došlo do nastanka čipova kombiniranjem na tisuće tranzistora. Pojava čipova (integriranih krugova) dovela je do prijelaza sa mehaničke i analogne tehnologije na digitalnu elektroniku i fundamentalno promijenila digitalizaciju informacija i inicirala sveopće računarstvo. Ujedno je omogućila i razdoblje informatičke tehnologije na industrijskoj razini, uz pojavu tvrtki kao što su na primjer IBM, Hewlett Packard i Microsoft. Napredci u telekomunikacijama doveli su do početka razvoja Interneta 1990-ih godina, koji je u sljedećem desetljeću postavio temelje za nastanak svjetskih podatkovnih centara, pojavu tražilica, online prodajnih mjesta, društvenih mreža i mobilnih uređaja, koji su proširili digitalnu revoluciju u sve krajeve svijeta i sve industrije.

Treća industrijska revolucija povezala je ljude i industrije na neviđenoj razini. Opseg informatičke tehnologije uključivao je integrirane uređaje i povećanje telekomunikacijske infrastrukture, kao i fenomen masivnog računarstva u podatkovnim centrima te mikroračunarstva i komodifikacija u vidu mobilnih uređaja. Pojava World Wide Web-a donijela je novu sintaksu i protokol koji je omogućio računalima da pričaju međusobno i sa ljudima. Digitalna prodajna mjesta i digitalna radna snaga postali su mogući, što znači da su se poslovi i ljudi uspjeli povezati i trgovati. [5]

4.4. Četvrta industrijska revolucija

Četvrta industrijska revolucija započela je na prijelazu iz 20. stoljeća u 21. stoljeće, kao nastavak na digitalnu revoluciju. Karakteriziraju je sveprisutan i mobilan Internet, sve manji i snažniji senzori koji su sve jeftiniji, umjetna inteligencija i strojno učenje.

Digitalne tehnologije temeljene na programskoj podršci, strojnoj/računalnoj opremi i računalnim mrežama nisu novost, ali putem četvrte industrijske revolucije te tehnologije postaju sve sofisticiranije i integriranije pritom mijenjajući društva i globalne ekonomije.

Omogućavajući „pametne tvornice“ , četvrta industrijska revolucija kreira svijet u kojem virtualni i fizički sustavi proizvodnje globalno surađuju jedni s drugima na fleksibilan način. Ovo omogućava apsolutno prilagođavanje proizvoda i nastanak novih proizvodnih modela.

No, četvrta industrijska revolucija nije usredotočena samo na tehnologije vezane uz pametne i integrirane strojeve i sustave. Opseg joj je puno širi. Usporedno se javljaju otkrića i napredci u područjima novih tehnologija poput sekvenciranja gena, nanotehnologije i obnovljivih izvora energije pa sve do kvantnog računalstva. Upravo fuzija ovih novih tehnologija kao i njihova interakcija kroz fizičke, digitalne i biološke domene, čine četvrtu industrijsku revoluciju fundamentalno različitom naspram prijašnjih revolucija. [6]

4.5. Nove tehnologije četvrte industrijske revolucije

Četvrta industrijska revolucija, kako je već navedeno, dovela je do novih otkrića u znanosti, trgovini, inženjerstvu ali i do gorućih pitanja o upravljanju društvom i o samim društvenim utjecajima ovih prožimajućih tehnologija.

Mnoge od novih tehnologija datiraju svoje početke puno prije sadašnjosti; javljaju se početkom ili sredinom prošlog stoljeća. Tehnologije uključujući digitalne napretke u Internetu stvari, virtualnoj stvarnosti, proširenoj stvarnosti, kvantnom računalstvu i umjetnoj inteligenciji; do novih fizičkih manipulacija u inženjerstvu materijala, nanotehnologiji i 3D ispisu; do bioloških manipulacija u bioinženjerstvu gena, robotskih operacija i protetike mogu se prikazati kroz par evolucijskih koraka. Tek kada su određeni materijali, fizika, računalni i tržišni troškovi dostupni i dobro međusobno povezani, ideje poput novih tehnologija postaju stvarnost i prelaze u široku upotrebu na industrijskoj razini. [5]

Neke od novih tehnologija vezanih uz četvrtu industrijsku revoluciju uključuju na primjer sljedeće pojmove:

- računalni oblak,
- Internet stvari,

- 3D ispis,
- lanac blokova.

4.5.1. Računalni oblak

Računalni oblak nastao je kao krovni pojam za opisivanje kategorije sofisticiranih računalnih usluga na zahtjev, inicijalno ponuđenih od komercijalnih pružatelja usluga, kao što su Amazon, Google i Microsoft. Označava model na kojem se računarska infrastruktura promatra kao „oblak“, iz kojeg tvrtke i pojedinci mogu pristupiti aplikacijama s bilo kojeg mjesta na svijetu. Glavno načelo ovog modela je pružanje računarstva, pohrane i softvera „kao usluge“. [7]

4.5.2. Internet stvari

Internet stvari se definira kao dinamična mrežna infrastruktura s mogućnostima samopodešavanja na temelju komunikacijskih protokola, gdje fizičke i virtualne „stvari“ imaju identitete, fizičke atribute i virtualne osobnosti te koriste inteligentna sučelja za integraciju u informacijsku mrežu. Posebice, integracija senzora i komunikacijskih tehnologija predstavlja temelj Interneta stvari i objašnjava kako različiti fizički predmeti i uređaji oko nas se mogu povezati na internet, te međusobno surađivati i komunicirati u svrhu ostvarenja zajedničkih ciljeva. [8]

4.5.3. 3D ispis

3D ispis, ponekad nazvano i „aditivna proizvodnja“, predstavlja fuziju digitalne tehnologije i fizičke tehnologije putem ispisa, dizajna materijala i proizvodnje, a proizašao je iz stereolitografije. Brzina ispisa i izbor materijala danas se strelovito povećavaju do razine pri kojoj se proizvodi nastali 3D ispisom ugrađuju čak u motore zrakoplova ili se pak koriste kao ljudsko tkivo na području medicine. [5]

4.5.4. Lanac blokova

Lanac blokova predstavlja distribuiranu bazu podataka u kojoj svaki blok sadrži vremensku oznaku i povezan je s prethodnim blokom. Glavna značajka je preraspodjela podataka na čitav sustav blokova, čineći ih nemogućim za hakerski napad, budući da nema središnje točke na koju se hakeri mogu fokusirati. Podaci spremljeni u lanac blokova smatraju se nepotkupljivim (nepokvarenim). Razlog sigurnosti jest korištenje kriptografije javnog ključa koji je ujedno i adresa tog bloka.

Kada se tehnologija lanaca blokova koristi kod transakcije, digitalno potpisana transakcija šalje se softverima koji rudare čvorove sa zadaćom potvrde transakcije, koja se onda šalje svim povezanim čvorovima tako čineći blok. Mreža potvrđuje podatke koristeći algoritam određenog vremenskog trajanja i uspješne potvrde, da bi se zatim napravila vremenska oznaka kao dokaz transakcije svih blokova i da je primatelj zaprimio transakciju. [5]

5. PODUZEĆE PPS GALEKOVIĆ

5.1. Djelatnost i proizvodni program poduzeća PPS Galeković

PPS Galeković (i podružnica PPS Majur) spada u vodeća poduzeća u Hrvatskoj koja se bave proizvodnjom gotovih parketa i podova. Tvrtka se razvila iz male radnje za izradu namještaja, stolarije i kućišta za radio aparate sredinom 50-ih godina prošlog stoljeća, čiji počeci su prikazani slikom 5.1., u pogon koji danas zapošljava preko 260 ljudi u dvije tvornice.

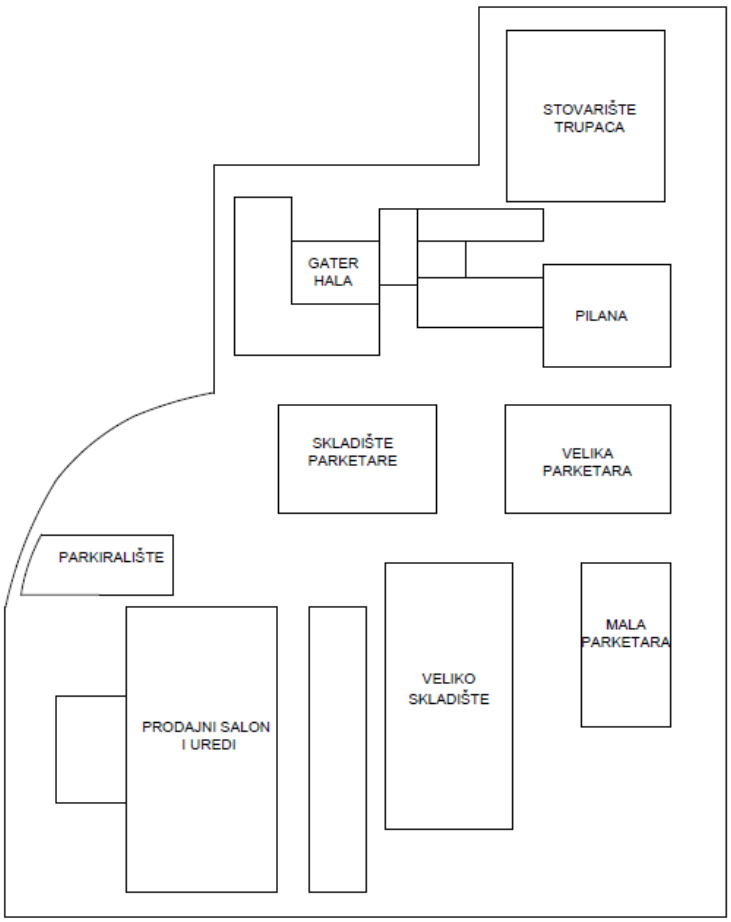


Slika 5.1. Počeci obrade drva obitelji Galeković [9]

Primarno su orijentirani domaćim vrstama drva, poglavito hrastu i jasenu, ali i bukvi, grabu i trešnji u manjim količinama. Termičkom obradom drva oplemenjuju već navedene vrste mijenjajući im boju u tamnije tonove, te osiguravaju otpornost na štetočine i vlagu. Od podova nude više opcija kao što su klasični parket DUX, klasični parket DOMINUS (širina 9 cm), te seljački pod REGIUS (masivni pod), kako u općoj izvedbi tako i u termički obrađenoj verziji (THERMO).

Tvrtka je pokrenula i proizvodnju masivnih lakiranih parketa kao i proizvodnju posebnih multilayer parketa i podova. Multilayer parketi su najkvalitetniji višeslojni parketi i podovi napravljeni od sloja plemenitog drva u debljini 3,6 mm i brezine šperploče koja osigurava povećanu stabilnost. Svojim kupcima omogućili su i novitet na hrvatskom tržištu kao što je Decking; proizvod od termički obrađenog drva koji se može iskoristiti na dosad nemogućim mjestima- u vrtovima, na terasama, oko bazena, zbog svoje povećane otpornosti. Također valjano je spomenuti da PPS Galeković proizvodi fasadne obloge, kao i drvne pelete i brikete za ogrjev. [9]

Poduzeće smješteno u Mraclinu sastoji se od prodajnog salona, pilane, stovarišta trupaca, montažne (gater) hale, sušionice, velike parketare, male parketare i skladišta gotovih proizvoda. U poduzeću je trenutno zaposleno preko 260 ljudi, većinom radnika, ekonomista i drvnih inženjera (tehnologa) pri čemu se broj zaposlenih konstantno povećava. Tlocrt poduzeća u Mraclinu dan je jednostavnom skicom na slici 5.2.

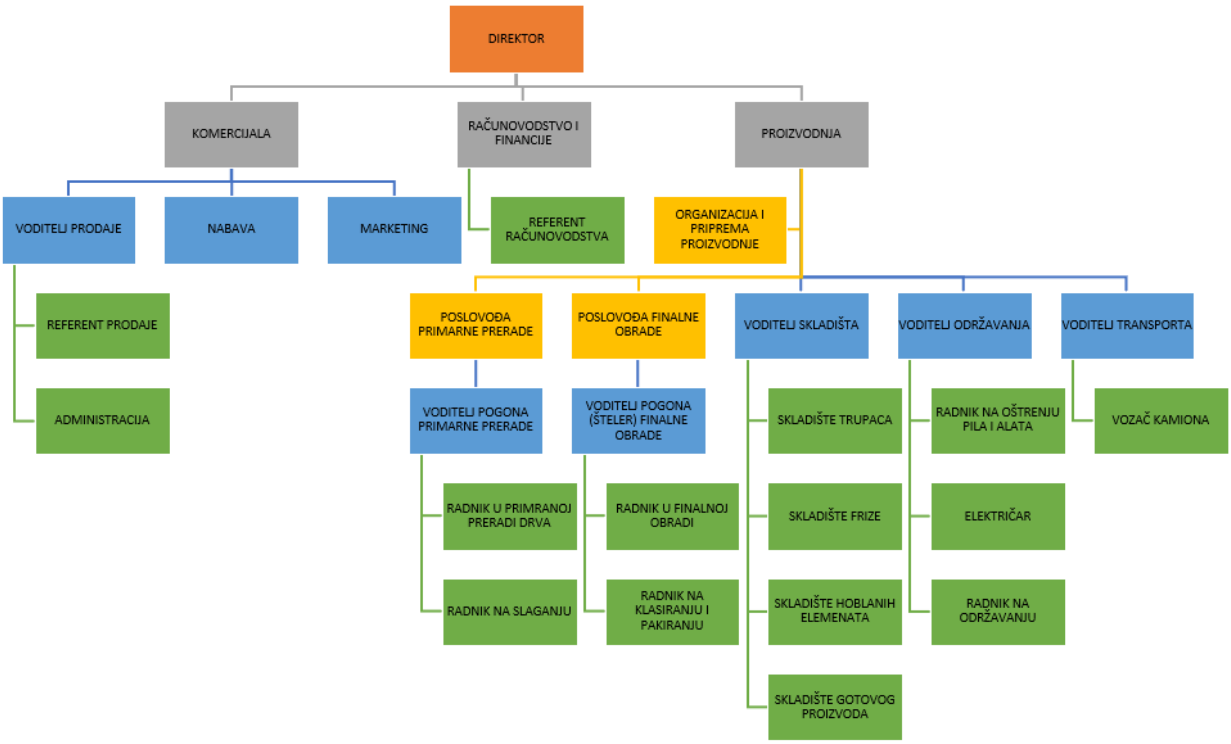


Slika 5.2. Jednostavna skica rasporeda infrastrukture unutar poduzeća u Mraclinu

5.2. Organizacijska struktura

Pod pojmom organizacijska struktura misli se na sustav sektora, odjela i službi, gdje su jasno definirani odnosi između poslova, veze između poslova, te međusobna nadređenost i podređenost poslova. Organizacijska struktura pokazuje globalni sustav poduzeća, kao i sastav svih dijelova u proizvodnom i poslovodnom procesu tako čineći temelj svakog poduzeća. [2] U poduzeću PPS Galeković sve djelatnosti se provode kroz komercijalni sektor, računovodstveni sektor i sektor proizvodnje, što je prikazano jednostavnom shemom na slici 5.3.

Ti sektori se dijele na još manje odjele i službe, pri čemu sektor proizvodnje obnaša najviše funkcija unutar poduzeća, zbog najveće važnosti za život tvrtke.



Slika 5.3. Organizacijska struktura PPS Galeković [10]

5.3. Proizvodnja

Proizvodnja u Mraclinu temelji se na jednoj proizvodnoj liniji za primarnu obradu trupaca unutar pilane u Mraclinu. Za razliku od strojarskih poduzeća gdje je moguće pronaći strojeve za više različitih vrsta tehnoloških operacija, kod obrade drva to najčešće nije slučaj, već glavninu strojeva čine strojevi za rezanje (piljenje) ali i strojevi za transport i sortiranje. To vrijedi i za pilanu poduzeća PPS Galeković, u kojoj se nalaze:

1) Strojevi za rezanje:
   - CNC kružna pila (OMGA) koja je prikazana na slici 5.4.,
   - 3 poprečne kružne pile (Dinaco i Most),
   - 5 stolarskih tračnih pila (Bratstvo),
   - višelisna (automatska) pila za uzdužno raspiljivanje (CML).



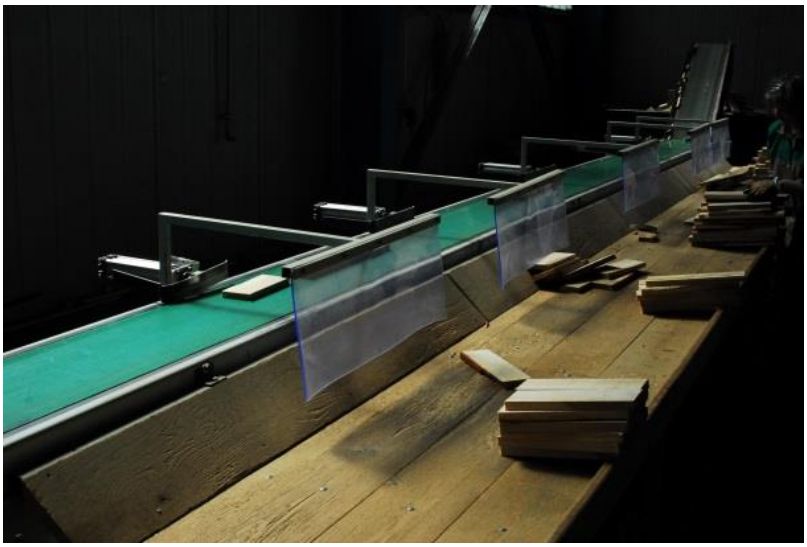
Slika 5.4. Višelisna kružna pila za uzdužno raspiljivanje

2) Strojevi za transport trupaca u obradi:
   - 9 lančanih transportera, od kojih je jedan prikazan na slici 5.5.,
   - 7 valjkastih transportera,
   - 4 trakasta transportera.



Slika 5.5. Lančani transporter

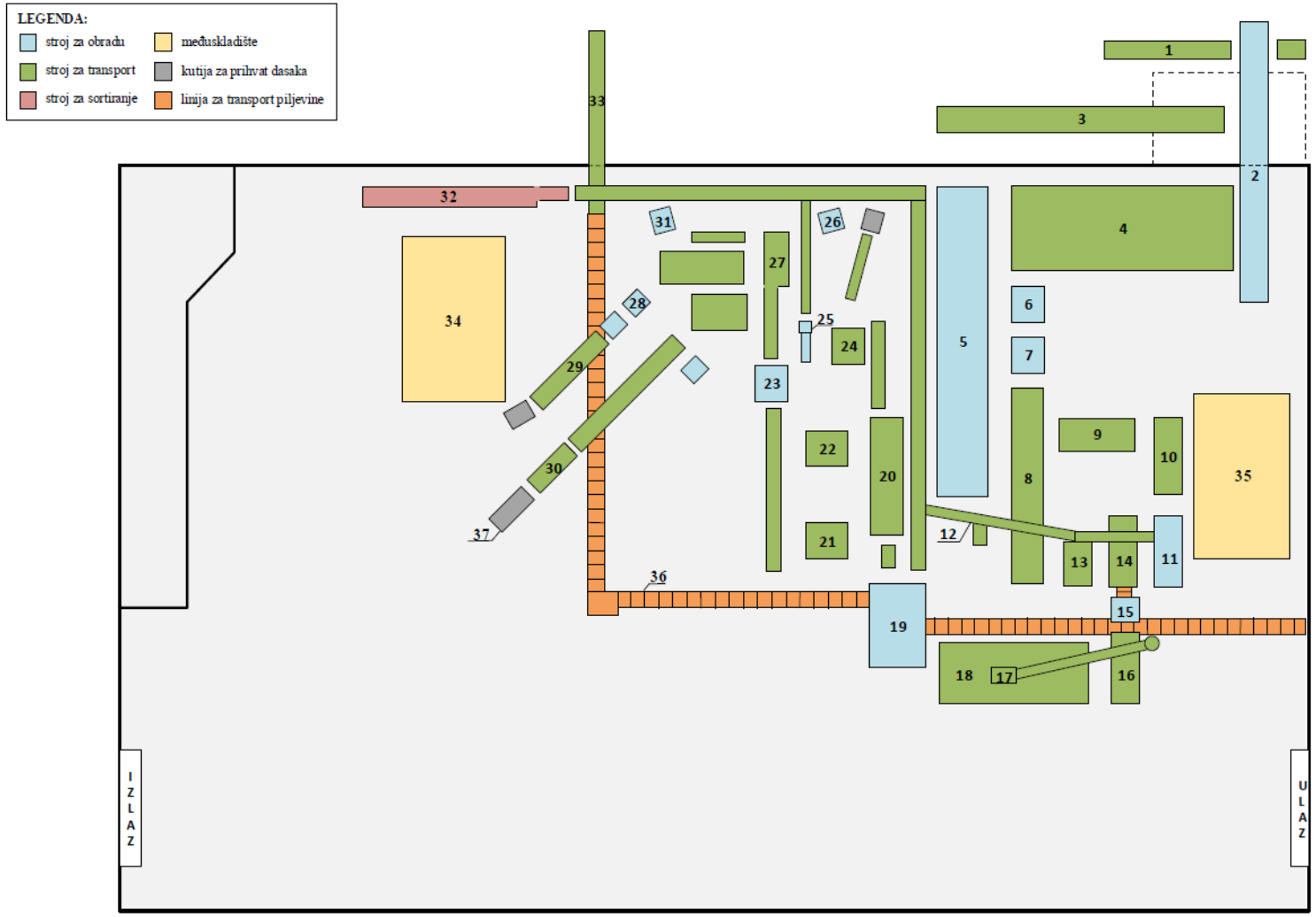
3) Strojevi za sortiranje:
   - sortirna traka s automatskim izbacivačima (sortirnica), prikazana na slici 5.6.



Slika 5.6. Sortirna traka s automatskim izbacivačima (Sortirnica)

Uz nabrojane strojeve u pogonu pilane se nalazi vakuumska dizalica te glodač kore s mlinom za koru.

5.4. Prostorni raspored strojeva unutar pilane



Slika 5.7. Prostorni razmještaj strojeva u pilani

Strojevi proizvodne linije za primarnu obradu trupaca prema skici na slici 5.3. :

- 1 - lančani transporter za trupce,
- 2 - glodač kore (Dinaco),
- 3 - trakasti transporter za koru,
- 4 - lančani transporter za trupce,
- 5 - kolica tračne pile trupčare,
- 6 - upravljački pult tračne pile trupčare,
- 7 - tračna pila trupčara (Primultini),
- 8 - valjkasti transporter s dva podizna valjka,
- 9 - lančani transporter,
- 10 - valjkasti transporter,
- 11 - poprečna kružna pila (Most),
- 12 - trakasti transporter za otpadno drvo,
- 13 - lančani transporter,
- 14 - valjkasti transporter s dva podizna valjka,
- 15 - poprečna kružna pila (Dinaco),
- 16 - valjkasti transporter,
- 17 - vakuumska dizalica,
- 18 - lančani transporter,
- 19 - višelisna kružna pila (CML),
- 20 - valjkasti transporter s graničnikom,
- 21 - lančani transporter,
- 22 - lančani transporter,
- 23 - CNC kružna pila (OMGA),
- 24 - lančani transporter,
- 25 - poprečna kružna pila (Most),
- 26 - stolarska tračna pila (Bratstvo),
- 27 - trakasti transporter s automatskim izbacivačima,
- 28 - stolarska tračna pila (Bratstvo),
- 29 - valjkasti transporter,
- 30 - valjkasti transporter,
- 31 - stolarska tračna pila (Bratstvo),
- 32 - sortirnica,

- 33 - trakasti transporter za otpadno drvo,
- 34 - međuskladište,
- 35 - međuskladište,
- 36 - linija za transport otpadnog drva (piljevine),
- 37 - kutija za prihvat dasaka.

Radna mjesta unutar pilane za prvu smjenu:

- glodač kore - 1 radno mjesto,
- tračna pila trupčara (Primultini) – 1 radno mjesto,
- poprečna kružna pila (Most) – 1 radno mjesto,
- poprečna kružna pila (Dinaco) – 1 radno mjesto,
- višelisna kružna pila (CML) – 2 radna mjesta,
- CNC kružna pila (OMGA) – 2 radna mjesta,
- poprečna kružna pila (Most) – 1 radno mjesto,
- stolarska tračna pila (Bratstvo) – 2 radna mjesta,
- sortirnica – 2 radna mjesta.

Radna mjesta unutar pilane za drugu smjenu:

- tračna pila trupčara (Primultini) – 1 radno mjesto,
- poprečna kružna pila (Most) – 1 radno mjesto,
- poprečna kružna pila (Dinaco) – 1 radno mjesto,
- poprečna kružna pila (Most) i poprečna kružna pila (Dinaco) – 1 pomoćni radnik.

6. TEHNOLOŠKI PROCES PRIMARNE OBRADE TRUPACA

6.1. Opis samog procesa i redoslijeda operacija unutar pilane

Proces obrade započinje otkoravanjem trupaca na glodaču kore (Dinaco) iza čega slijedi raspiljivanje trupaca na tračnoj pili trupčari. Pritom se u obje smjene raspiljuju trupci tehnikom u cijelo, pri čemu se u prvoj smjeni napravi u prosjeku manje rezova nego u drugoj (cilj druge smjene je dobiti što više samica). Proces obrade trupaca na tračnoj pili trupčari prikazan je na slici 6.1.



Slika 6.1. Obrada na tračnoj pili trupčari [11]

U prvoj se smjeni poslije raspiljivanja trupaca piljenice raspiljuju na dvije poprečne kružne pile. Na prvoj poprečnoj kružnoj pili (Most) se pili polovica piljenica (u prosjeku su manjih debljina), dok se na drugoj poprečnoj kružnoj pili (Dinaco) raspiljuje ostatak piljenica (koje su deblje) samo ukoliko su duljine trupaca veće od tri metra. Dio piljenica koji prolazi poprečnom kružnom pilom (Dinaco) uzdužno se okrajčuje na višelisnoj kružnoj pili (CML), nakon čega se piljenice opet dijele. Dio tih novonastalih piljenica transportira se do automatske kružne pile (OMGA) koja služi za izbacivanje označenih greška na piljenici, a dio do poprečne kružne pile (Most) za doradu piljenica (i izradu elemenata za ploče, furnire i gazišta).

Nakon obrade na CNC kružnoj pili (OMGA), piljenice se transportiraju do dvije stolarske tračne pile gdje se još dodatno uzdužno okrajčuju, pri čemu iz jedne piljenice nastaje ili jedan ili tri elementa klasičnog parketa/seljačkog poda. Potom se ti poluproizvodi transportiraju do dviju kutija za prihvat dasaka gdje ih radnici slažu u složaj za sušenje. Dio piljenica koji se obradio na poprečnoj kružnoj pili (Most) se također transportira do tri stolarske tračne pile i dorađuje. Nakon dorade, te piljenice poluproizvoda se transportiraju također do sortirnice i slažu u složaj za sušenje (kasnije će se koristiti kao elementi za ploče, furnire i gazišta). [11]

U drugoj smjeni tehnikom u cijelo trupac se podijeli na oko 20 dasaka, nakon čega za dio piljenica slijedi okrajčivanje na poprečnoj kružnoj pili (Dinaco) pri čemu nastaju samice. Samice se potom slažu u složaj za sušenje. Dio piljenica odlazi na poprečnu kružnu pilu (Most) gdje nastaju elementi za ploče, furnire i gazišta.

6.2. Vremena tehnološkog procesa proizvodne linije za primarnu obradu trupaca

Pri analizi vremena tehnološkog procesa proizvodne linije za primarnu obradu trupaca koristi se analiza rada u dvije smjene, za tri poluproizvoda iz pilane - samice, elemente klasičnog parketa i elemente seljačkog poda. Također, iz podataka o prosječnom broju rezova na pojedinom stroju i ukupnoj iskorištenosti drva u različitim fazama obrade, moguće je odrediti prosječne količine trupaca i piljenica koji prolaze pojedinim strojem u pojedinoj smjeni.

Unutar radnog vremena prve smjene obrađuju se trupci i dobivaju piljenice za izradu klasičnog parketa i seljačkog poda. Pri tome su oba tipa piljenica podjednako zastupljena, iako u poduzeću PPS Galeković nemaju određenu kvotu ili očekivani udio za pojedini tip piljenice, pa se može dogoditi da na kraju radnog dana jednog elementa ima nešto više od drugog. Unutar radnog vremena druge smjene obrađuju se trupci s ciljem dobivanja okrajčenih samica.

Budući da primarnom obradom trupaca unutar pilane PPS Galeković nastaju poluproizvodi iz kojih će kasnije sušenjem nastati više različitih proizvoda i njihovih varijacija, ovdje se ne može jednostavno postaviti koncept reprezentanta, ali za potrebe analize kao reprezentanti su odabrani poluproizvodi - elementi klasičnog parketa i seljačkog poda za prvu smjenu, te samice za drugu smjenu (iako nastaje više poluproizvoda u procesu). Također, kako proces započinje otkoravanjem trupaca, a završava slaganjem daščica u složaj za sušenje, vremena tehnološkog procesa nisu jednoznačno definirana. U ovoj analizi je iz tog razloga potrebno definirati vremena tehnološkog procesa potrebna za obradu čitavog trupca (iz prosjeka piljenica koje nastaju iz trupca). Između ostalog, kako dimenzije trupaca variraju, uzete su prosječne vrijednosti za dimenzije trupaca prve i druge smjene. Zbog lakšeg praćenja, vremena tehnološkog procesa su također pojednostavljena. Tehnološkim vremenima su prikazana vremena obrade stroja, a vremena na transporterima kao i sva vremena slaganja, sortiranja i zastoja su prikazana u vidu pomoćnih vremena; tj. vremena potrebnih za osiguravanje izvršavanja same operacije. Analizirana vremena tehnološkog procesa proizvodne linije za primarnu obradu trupaca prikazana su tablicom 6.1., na temelju tablica mjerenja strojeva i skladišta, ali i vlastitih mjerenja i procjena. [12]

Trupci, odnosno piljenice, tokom prerade ne prolaze kroz sve strojeve, a kroz koji stroj će proći određena piljenica ovisi o proizvodnom nalogu i potrebama poduzeća. Kako je prosječna duljina trupaca koji će ući u kasniju analizu tri metra, nestaju potrebe za uporabom poprečne kružne pile (Dinaco) unutar radnog vremena prve smjene jer je glavni zadatak navedene pile skraćivanje piljenica na tri metra. Stoga je u analizi kapaciteta, kao i ukupnih vremena izrade, vrijeme te pile zanemareno. Također, unutar radnog vremena druge smjene proizvode se samice i elementi za ploče, furnire i gazišta pri čemu većina strojeva unutar pilane nije u pogonu, odnosno miruje.

Tablica 6.1. Vremena tehnološkog procesa po trupcu na pojedinim obradnim strojevima

Strojevi za obradu	**Pripremno-završno vrijeme (t_{pz})**	**Tehnološko vrijeme (t_t)**	**Pomoćno vrijeme (t_p)**
Glodač kore (Dinaco)	240 s	67 s	54 s
Tračna pila trupčara (Primultini)	300 s	200 s	145 s
Poprečna kružna pila (Most)	180 s	368 s	72 s
Poprečna kružna pila (Dinaco)	180 s	160 s	240 s
Višelisna kružna pila (CML)	240 s	280 s	200 s
Poprečna kružna pila (Most)	180 s	168 s	120 s
CNC kružna pila (OMGA)	180 s	168 s	168 s
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	120 s	72 s	240 s

6.2.1. Dnevna količina novonastalih elemenata klasičnog parketa

Tablica 6.2. Količine piljenica za proizvodnju elemenata klasičnog parketa po pojedinom stroju

Strojevi za obradu	**Broj trupaca/ dasaka**	**Prosječan broj rezova na stroju**	**Broj novonastalih piljenica na pojedinom stroju**	**Broj novonastalih piljenica koje će se koristiti za izradu elemenata klasičnog parketa**
Tračna pila trupčara (Primultini)	25	15	400	200
Poprečna kružna pila (Most)	200	2	600	0
Višelisna kružna pila (CML)	200	5	1200	600
Poprečna kružna pila (Most)	400	7	3200	0
CNC kružna pila (OMGA)	600	4	3000	1800
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	1800	1	3600	1800
$\boldsymbol{N_{1_dnevni}}$				1800 800x90x21 mm

U prvoj smjeni, prema tablici 6.2., iz 25 trupaca na kraju nastane 1800 elemenata klasičnog parketa, 2600 elemenata za ploče furnire i gazišta, te 6600 komada otpadnog drva (dimenzije otpadnog drva su male). U tablici 6.2. plavom bojom označen je dnevni broj elemenata klasičnog parketa $\boldsymbol{N_{1_dnevni}}$ koji nastane u prvoj smjeni.

6.2.2. Dnevna količina novonastalih elemenata seljačkog poda

Tablica 6.3. Količine piljenica za proizvodnju elemenata seljačkog poda po pojedinom stroju

Strojevi za obradu	Broj trupaca/dasaka	Prosječan broj rezova na stroju	Broj novonastalih piljenica na pojedinom stroju	Broj novonastalih piljenica koje će se koristiti za izradu elemenata seljačkog poda
Tračna pila trupčara (Primultini)	25	15	400	200
Poprečna kružna pila (Most)	200	2	600	0
Višelisna kružna pila (CML)	200	4	1000	600
Poprečna kružna pila (Most)	400	7	3200	0
CNC kružna pila (OMGA)	600	3	2400	1200
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	1200	1	2400	1200
N_{2_dnevni}				1200 1200x120x21 mm

U prvoj smjeni, prema tablici 6.3., iz 25 trupaca na kraju nastane 1200 elemenata seljačkoga poda, 1800 elemenata za ploče, furnire i gazišta, te 4400 komada otpadnog drva (dimenzije otpadnog drva su male). Iako elemenata seljačkog poda ima manje od elemenata klasičnog parketa, volumno zauzimaju veći udio trupca nego što je to slučaj za elemente klasičnog parketa. U tablici 6.3. žutom bojom označen je dnevni broj elemenata seljačkoga poda N_{2_dnevni} koji nastane u prvoj smjeni.

6.2.3. Dnevna količina novonastalih samica

Tablica 6.4. Količine piljenica za proizvodnju samica po pojedinom stroju

Strojevi za obradu	Broj trupaca/dasaka	Broj rezova na stroju	Broj novonastalih piljenica na pojedinom stroju	Broj novonastalih piljenica koje će se koristiti za izradu samica
Tračna pila trupčara (Primultini)	50	19	1000	500
Poprečna kružna pila (Most)	500	2	1500	0
Poprečna kružna pila (Dinaco)	500	0	500	500
N_{3_dnevni}				500 3000x410x28 mm

U drugoj smjeni, prema tablici 6.4., iz 50 trupaca na kraju nastane prosječno 500 samica, 1000 elemenata za ploče, furnire i gazišta, te 500 komada otpadnog drva (dimenzije otpadnog drva su male). U tablici 6.4. bež bojom označen je dnevni broj samica N_{3_dnevni} koji nastane u drugoj smjeni.

6.3. Raspodjela volumena trupca pri obradi na pojedinom stroju

Budući da preradom drva ne nastaju poluproizvodi jednakih dimenzija, udjeli pojedinih poluproizvoda nastalih preradom trupca (ili više njih) unutar pilane ne mogu se jednostavno prikazati putem proizvedenih količina. Iz tog razloga, potrebno je definirati volumene unutar procesa; tj. prikazati volumene pojedinog poluproizvoda na pojedinom stroju, kako bi se pomoću proračunskog i stvarnog broja trupaca definirali potrebni proračunski i stvarni kapaciteti, ali i ukupna (godišnja) vremena izrade poluproizvoda (elemenata klasičnog parketa, seljačkog poda, elemenata ploča, gazišta, furnira i samica).

Razlike u volumenima za obradu posljedica su različitih dimenzija poluproizvoda koje se moraju postići obradom, stoga su na nekim istim strojevima gubici različiti za dva različita elementa (npr. gubici otpadnog drva na višelisnoj kružnoj pili su različiti kod izrade elementa klasičnog parketa i elementa seljačkog poda, dok su negdje, kao na primjer na poprečnoj kružnoj pili (Most), gubici isti.

Također, gubici na tračnoj pili trupčari (Primultini) nisu gubici u vidu otpadnog drva, već gubici zbog kakvoće drva (truli trupci).

6.3.1. Raspodjela volumena trupca pri izradi elemenata klasičnog parketa

Tablica 6.5. Volumeni pojedinih poluproizvoda i gubitaka pri izradi elemenata klasičnog parketa

Stroj za obradu	$V_{obradni}$, m^3	$V_{otpadno_drvo}$, m^3	$V_{ostali_elementi}$, m^3	$V_{klasični_parket}$, m^3	**Gubici na stroju,** %
Glodač kore (Dinaco)	0,848	-	-	-	
Tračna pila trupčara (Primultini)	0,848	-	-	-	30
Poprečna kružna pila (Most)	0,281	0,028	0,253	-	10
Višelisna kružna pila (CML)	0,313	0,028	0,097	0,188	8,9
Poprečna kružna pila (Most)	0,097	0,046	0,051	-	46,9

Stroj za obradu	$V_{obradni}$, m^3	$V_{otpadno_drvo}$, m^3	$V_{ostali_elementi}$, m^3	$V_{klasični_parket}$, m^3	**Gubici na stroju,** %
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	0,052	0,014	0,038	-	27,6
CNC kružna pila (OMGA)	0,188	0,013	0,025	0,150	6,7
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	0,150	0,042	-	0,108	27,6
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	0,025	0,007	0,018	-	27,6
N =1 trupac		0,178	0,309	0,108	
$N_{stvarni}$= *25* trupaca		4,5	7,7	2,7	

U tablici 6.5. bojom je označena raspodjela volumena po određenom poluproizvodu i gubicima preradom iz jednog trupca, te preradom iz svih trupaca. Za početne dimenzije uzet je trupac promjera 0,6 m i duljine 3 m, iz kojeg nastaju daske dimenzija 3000x450x29 mm, od kojih će kasnije nastati elementi klasičnog parketa dimenzija 800x90x21 mm, u iznosu volumena iz tablice 6.5.

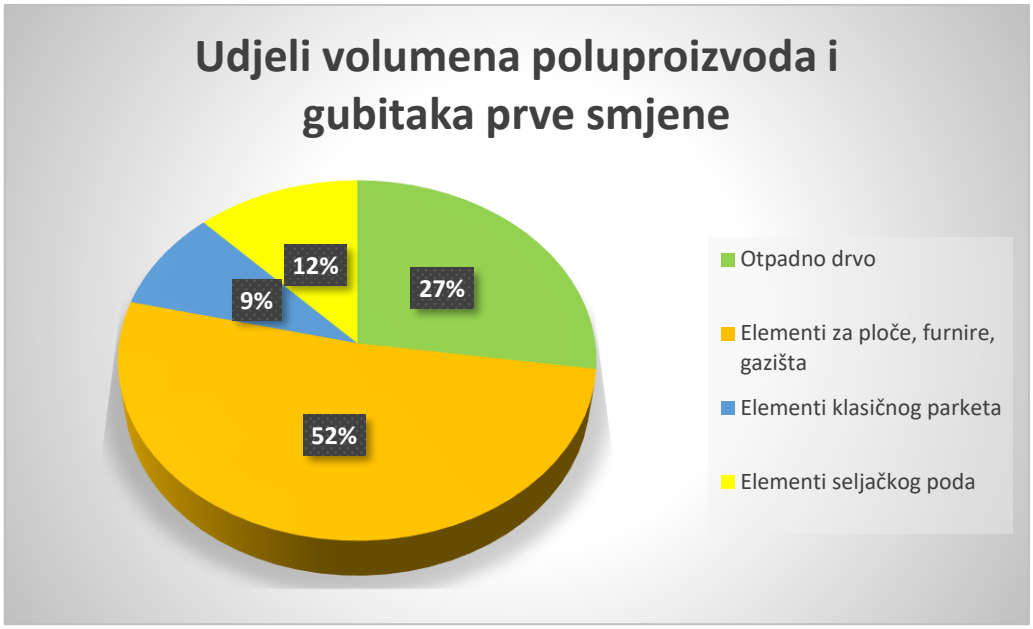
6.3.2. Raspodjela volumena trupca pri izradi elemenata seljačkog poda

Tablica 6.6. Volumeni pojedinih poluproizvoda i gubitaka pri izradi elemenata seljačkog poda

Stroj za obradu	$V_{obradni}$, m^3	$V_{otpadno_drvo}$, m^3	$V_{ostali_elementi}$, m^3	$V_{seljački_pod}$, m^3	**Gubici na stroju,** %
Glodač kore (Dinaco)	0,848	-	-	-	
Tračna pila trupčara (Primultini)	0,848	-	-	-	30
Poprečna kružna pila (Most)	0,281	0,028	0,253	-	10
Višelisna kružna pila (CML)	0,313	0,014	0,049	0,250	4,5
Poprečna kružna pila (Most)	0,049	0,010	0,039	-	19,9
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	0,039	0,011	0,028	-	27,6
CNC kružna pila (OMGA)	0,250	0,017	0,033	0,200	6,7

Stroj za obradu	$V_{obradni}$, m^3	$V_{otpadno_drvo}$, m^3	$V_{ostali_elementi}$, m^3	$V_{seljački_pod}$, m^3	**Gubici na stroju,** %
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	0,200	0,055	-	0,145	27,6
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	0,033	0,009	0,024	-	27,6
N =1 trupac		0,144	0,305	0,145	
$N_{stvarni}$= 25 trupaca		3,6	7,6	3,6	

U tablici 6.6. bojom je označena raspodjela volumena po određenom poluproizvodu i gubicima preradom iz jednog trupca, te preradom iz svih trupaca. Za početne dimenzije uzet je također trupac promjera 0,6 m i duljine 3 m, iz kojeg nastaju daske dimenzija 3000x450x29 mm, od kojih će kasnije nastati elementi seljačkog poda dimenzija 1200x120x21 mm, u iznosu volumena iz tablice 6.6. Iz podataka o udjelima volumena prve smjene moguće je dobiti podatke o udjelima pojedinih poluproizvoda prve smjene, što je prikazano grafom na slici 6.2. Tablicom 6.7. prikazani su godišnji kapaciteti pilane pri izradi poluproizvoda unutar radnog vremena prve smjene.



Slika 6.2. Udio različitih poluproizvoda i gubitaka u ukupnom volumenu prve smjene

Tablica 6.7. Godišnji kapaciteti poluproizvoda i gubitaka prve smjene

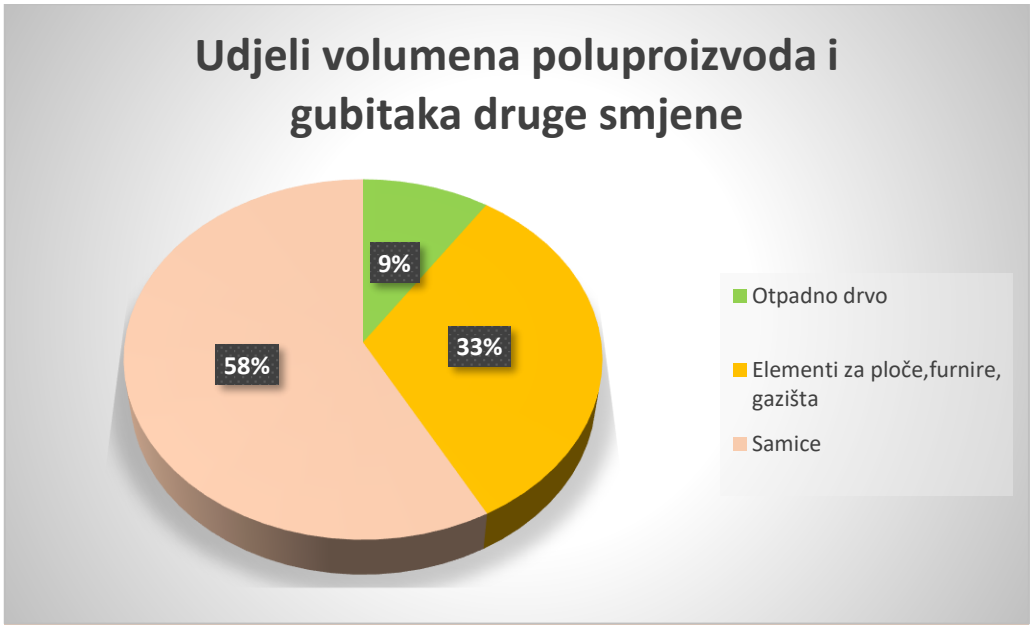
Poluproizvodi i gubici	**Dnevni udio pojedinog poluproizvoda i gubitaka prve smjene,** %	$C_{\text{godišnji}}$ **(za prvu smjenu),** m^3
Otpadno drvo	27	1890
Elementi za ploče, furnire, gazišta,	52	3640
Elementi klasičnog parketa	9	630
Elementi seljačkog poda	12	840

6.3.3. Raspodjela volumena trupca pri izradi samica

Tablica 6.8. Volumeni pojedinih poluproizvoda i gubitaka pri izradi samica

Stroj za obradu	$V_{obradni}$, m^3	$V_{otpadno_drvo}$, m^3	$V_{ostali_elementi}$, m^3	V_{samice}, m^3	**Gubici na stroju, %**
Tračna pila trupčara (Primultini)	0,848	-	-	-	30
Poprečna kružna pila (Most)	0,216	0,022	0,194	-	10
Poprečna kružna pila (Dinaco)	0,378	0,034	-	0,344	8,9
N=1 trupac		0,056	0,194	0,344	
$N_{stvarni}$= 50 trupaca		2,8	9,7	17,2	

U tablici 6.8. bojom je označena raspodjela volumena po određenom poluproizvodu i gubicima preradom iz jednog trupca, te preradom iz svih trupaca. Za početne dimenzije uzet je trupac promjera 0,6 m i duljine 3 m, iz kojeg nastaju daske dimenzija 3000x450x28 mm, od kojih će kasnije nastati samice dimenzija 3000x410x28 mm, u iznosu volumena iz tablice 6.8. U drugoj smjeni dimenzije trupaca su podjednake kao i u prvoj smjeni, a iz podataka o udjelima volumena druge smjene mogu se dobiti udjeli poluproizvoda druge smjene što je prikazano grafom na slici 6.3. Tablicom 6.9. prikazani su godišnji kapaciteti pilane pri izradi poluproizvoda unutar radnog vremena druge smjene.



Slika 6.3. Udio različitih poluproizvoda i gubitaka u ukupnom volumenu druge smjene

Tablica 6.9. Godišnji kapaciteti poluproizvoda i gubitaka druge smjene

Poluproizvodi i gubici	**Dnevni udio pojedinog poluproizvoda i gubitaka druge smjene,** %	$C_{\text{godišnji}}$ **(za drugu smjenu),** m^3
Otpadno drvo	8	560
Elementi za ploče, furnire, gazišta	33	2310
Samice	59	4130

6.4. Ukupna vremena izrade poluproizvoda

Na temelju podataka o udjelima pojedinih poluproizvoda za obje smjene, te podataka o godišnjim kapacitetima trupaca u iznosu od 14000 m^3 [9], moguće je pronaći teoretski broj pojedinih elemenata (za klasični parket i seljački pod) i samica koji nastaju u pilani unutar razdoblja od jedne godine, za određenu smjenu (7000 m^3), kao i vremena izrade na godišnjoj razini.

6.4.1. Ukupno vrijeme izrade elemenata klasičnog parketa

Elementi klasičnog parketa su širinom manji od elemenata potrebnih za izradu seljačkog poda. Dimenzije elemenata s kojima poduzeće PPS Galeković raspolaže pri izradi klasičnog parketa su raznolike, pri čemu duljine variraju od 400 mm do 1200 mm, širine od 50 mm do 90 mm, dok su debljine ili od 14 mm ili od 21 mm. Budući da odluka o proizvodnji određenog elementa ovisi o vrsti i kvaliteti drveta te o radnom nalogu, nemoguće je odrediti točan broj elemenata pojedinih dimenzija koje nastaju u pilani na dnevnoj razini, a posljedično niti na godišnjoj. Za potrebe proračuna proizvoljno je odabran element dimenzija 800x90x21 mm, te polovica ukupne količine trupaca prve smjene (25 trupaca).

Kao što je već navedeno, ukupno vrijeme izrade elemenata klasičnog parketa može se dobiti iz poznavanja godišnjeg kapaciteta pilane i dnevnog udjela navedenog elementa. Na razini godine, uzevši u obzir iskoristivosti trupaca i piljenica, kao i činjenicu da se elementi za izradu klasičnog parketa proizvode samo unutar radnog vremena prve smjene, godišnji kapacitet za elemente klasičnog parketa iznosi 630 m^3. Dijeljenjem godišnjeg kapaciteta svih elemenata klasičnog parketa prikazanih u kubikaži sa prosječnim volumenom jednog elementa klasičnog parketa $\boldsymbol{V_{ELEM_1}}$= 0,001512 m^3, dobiva se teoretska godišnja količina elemenata klasičnog parketa

$\boldsymbol{N_1}$= 416667.

Iz ovih podataka može se pronaći ukupno vrijeme izrade elemenata klasičnog parketa na godišnjoj razini, prema relaciji (2) :

$$\boldsymbol{t_{u1}} = \frac{\boldsymbol{N_1}}{\boldsymbol{N_{1_dnevni}}} = 232 \text{ dana}, \tag{2}$$

gdje je:

$\boldsymbol{t_{u1}}$ – ukupno vrijeme izrade elemenata klasičnog parketa izraženo u danima,

$\boldsymbol{N_1}$ – teoretska godišnja količina elemenata klasičnog parketa,

$\boldsymbol{N_{1_dnevni}}$ – dnevna količina elemenata klasičnog parketa (Tablica 6.2.).

6.4.2. Ukupno vrijeme izrade elemenata seljačkog poda

Elementi seljačkog poda su širinom veći od elemenata potrebnih za izradu klasičnog parketa. Dimenzije elemenata s kojima poduzeće PPS Galeković raspolaže pri izradi seljačkog poda su također raznolike, pri čemu duljine variraju od 600 mm do 1800 mm, širine od 120 mm do 200 mm, dok su debljine ili od 14 mm ili od 21 mm. Budući da odluka o proizvodnji određenog elementa ovisi o vrsti i kvaliteti drva te o radnom nalogu, također i ovdje je nemoguće odrediti točan broj elemenata pojedinih dimenzija koje nastaju u pilani na dnevnoj razini, a posljedično niti na godišnjoj. Za potrebe proračuna proizvoljno je odabran element dimenzija 1200x120x21 mm, te polovica trupaca prve smjene (25 trupaca).

Ukupno vrijeme izrade elemenata seljačkog poda može se dobiti iz poznavanja godišnjeg kapaciteta pilane i dnevnog udjela navedenog elementa . Na razini godine, uzevši u obzir iskoristivosti trupaca i piljenica, ona iznosi 840 m^3 elemenata seljačkog poda. Dijeljenjem godišnjeg kapaciteta svih elemenata seljačkog poda prikazanih u kubikaži sa prosječnim volumenom jednog elementa seljačkog poda $\boldsymbol{V_{ELEM_2}}$= 0,003024 m^3, dobiva se teoretska godišnja količina elemenata seljačkog poda $\boldsymbol{N_2}$= 277 778. Iz ovih podataka može se pronaći ukupno vrijeme izrade elemenata seljačkog poda na godišnjoj razini, prema relaciji (3) :

$$\boldsymbol{t_{u2}} = \frac{\boldsymbol{N_2}}{\boldsymbol{N_{2_dnevni}}} = 232 \text{ dana}, \tag{3}$$

gdje je:

$\boldsymbol{t_{u2}}$ – ukupno vrijeme izrade elemenata seljačkog poda izraženo u danima,

$\boldsymbol{N_2}$ – teoretska godišnja količina elemenata seljačkog poda,

$\boldsymbol{N_{2_dnevni}}$ – dnevna količina elemenata seljačkog poda (Tablica 6.3.).

6.4.3. Ukupno vrijeme izrade samica

Dimenzije samica s kojima poduzeće PPS Galeković raspolaže nisu raznovrsne kao dimenzije elemenata za izradu seljačkog poda ili klasičnog parketa. Debljina samice može biti ili 28 ili 55 mm, dok su širine iste kod svih samica (jednake prosječnoj širini daske koja je okrajčena), a jedina razlika proizlazi iz duljine samica. Niti za samice nije moguće odrediti točan broj na dnevnoj razini, a samim time niti na godišnjoj. Za potrebe proračuna, proizvoljno je odabrana samica dimenzija 3000x410x28 mm (20 mm se daska uzdužno okrajči sa svake strane), te ukupan broj trupaca druge smjene (50 trupaca).

Ukupno vrijeme izrade samica može se dobiti iz poznavanja godišnjeg kapaciteta pilane i dnevnog udjela navedenog poluproizvoda. Na razini godine, uzevši u obzir iskoristivosti trupaca i piljenica, ona iznosi 4130 m^3 elemenata samica. Dijeljenjem godišnjeg kapaciteta svih samica prikazanih u kubikaži sa prosječnim volumenom jedne samice $\boldsymbol{V_3}$= 0,0344 m^3, dobiva se teoretska godišnja količina samica $\boldsymbol{N_3}$= 120059. Iz ovih podataka može se pronaći ukupno vrijeme izrade samica na godišnjoj razini, prema relaciji (4) :

$$\boldsymbol{t_{u3}} = \frac{\boldsymbol{N_3}}{\boldsymbol{N_{3_dnevni}}} = 241 \text{ dan}, \tag{4}$$

gdje je:

$\boldsymbol{t_{u3}}$ – ukupno vrijeme izrade samica izraženo u danima,

$\boldsymbol{N_3}$ – teoretska godišnja količina samica,

$\boldsymbol{N_{3_dnevni}}$ – dnevna količina samica (Tablica 6.4.).

7. ANALIZA PROCESA PRIMARNE OBRADE TRUPACA

7.1. Analiza kapaciteta pilane u Mraclinu

Kao što je već navedeno, godišnji kapacitet pilane iznosi 14 000 m^3 trupaca u dvije smjene. [9] Pri tome, prva smjena proizvodi čitav asortiman poluproizvoda u koji su uključeni elementi za klasični parket, seljački pod, ploče, gazišta i furnire. Druga smjena pili trupce primarno u samice koje se okrajčuju, ali također prerađuje dio piljenica u elemente za ploče, gazišta i furnire. Kvaliteta drva odlučuje svrhu pojedinog trupca, stoga se ne može govoriti o točnim brojčanim iznosima (količinama) u vidu serijske proizvodnje, već o okvirnim iznosima u kubikaži na razini čitave pilane. Ukupni dnevni kapacitet pilane iznosi od 25 m^3 do 30 m^3 elemenata (elemenata klasičnog parketa, seljačkog poda, elemenata za ploče, furnire i gazišta) koji također može značajno varirati ovisno o radnom nalogu ili dnevnim potrebama poduzeća.

Sama iskorištenost trupaca tokom prerade piljenica iznosi od 65 % do 75 % , dok iskorištenost piljenica pri preradi u elemente iznosi od 40 % do 50 %. Elementi se dodatno dorađuju u gotove proizvode pri čemu iskoristivost elemenata u obradi iznosi 92 %. [11]

Ukupni kapaciteti strojeva za obradu trupaca u elemente (za klasični parket, seljački pod, ploče, furnire i gazišta) i samice prikazani su u sljedećim potpoglavljima. Pritom će se gubici na većini strojeva promatrati u vidu postotaka otpadnog drva koje nastaje na pojedinom stroju za obradu. Na glodaču kore se jedino ne uzimaju gubici , budući da je volumen kore (koja se na glodaču skine) zanemariv naspram volumena samog trupca. Za glodač kore, kao i ostale strojeve promatrani su dnevni proračunski kapaciteti ($\boldsymbol{C_{\text{proračunski}}}$) i dnevni stvarni kapaciteti ($\boldsymbol{C_{\text{stvarni}}}$), koristeći se pritom podacima o raspodjeli volumena trupca pri izradi pojedinog elementa (promatra se ukupni volumen trupca na pojedinom stroju, a to znači da se promatra obradni volumen ($\boldsymbol{V_{\text{obradni}}}$)). Pri analizi kapaciteta koristi se proračunski broj trupaca ($\boldsymbol{N_{\text{proračunski}}}$), kao i stvarni broj trupaca ($\boldsymbol{N_{\text{stvarni}}}$).

7.1.1. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje elemenata klasičnog parketa

Tablica 7.1. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje elemenata klasičnog parketa

Strojevi za obradu	**Gubici,** %	$N_{\text{proračunski}}$, trupaca	N_{stvarni}, trupaca	V_{obradni}, m^3	$C_{\text{proračunski}}$, m^3	C_{stvarni}, m^3
Glodač kore (Dinaco)	-	111,57	50	0,848	94,61	42,4
Tračna pila trupčara (Primultini)	30	39,13	25	0,848	23,23	14,84
Poprečna kružna pila (Most)	5	30,68	25	0,281	7,66	6,67
Višelisna kružna pila (CML)	8,9	28,13	25	0,313	8,02	7,13
Poprečna kružna pila (Most)	46,9	46,88	25	0,097	2,41	1,29
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	27,6	43,27	25	0,052	1,63	0,95
CNC kružna pila (OMGA)	6,7	40,18	25	0,188	7,05	4,39
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	27,6	43,27	25	0,150	4,70	2,72

Strojevi za obradu	**Gubici,** %	$N_{\text{proračunski}}$, trupaca	N_{stvarni}, trupaca	V_{obradni}, m^3	$C_{\text{proračunski}}$, m^3	C_{stvarni}, m^3
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	27,6	43,27	25	0,025	0,78	0,45

U prvoj smjeni se tehnikom u cijelo iz jednog trupca u prosjeku dobiva 16 dasaka, koje se kasnije dodatno pile i prerađuju do elemenata. U obje smjene obrađuje se podjednaka količina trupaca.

Tokom proizvodnje elemenata klasičnog parketa proizvode se i daske za furnire, gazišta i doradu koje se kasnije koriste prema potrebama poduzeća. Kao što je navedeno, količina nastalog otpadnog drva po pojedinačnom stroju je različita i uzeta je kao određeni gubitak kapaciteta stroja. Tablica 7.1. prikazuje proračunske i stvarne kapacitete po pojedinom stroju, pri čemu je plavom bojom prikazan ukupan dnevni kapacitet izrade elemenata klasičnog parketa, dok su narančastom bojom prikazani ukupni dnevni kapaciteti izrade elemenata za ploče, furnire i gazišta prilikom izrade elemenata klasičnog parketa.

Primjer izračuna proračunskog i stvarnog kapaciteta stolarske tračne pile (Bratstvo) za izradu elemenata klasičnog parketa:

Proračunski broj trupaca na stolarskoj tračnoj pili dobiva se jednostavno, dijeljenjem polovice radnog vremena prve smjene (pola radnog vremena se proizvode elementi za klasični parket, a pola elementi za seljački pod) s vremenima tehnološkog procesa na stolarskoj tračnoj pili za pojedini trupac (pri čemu se udio pripremno-završnog vremena zanemaruje), prema relaciji (5):

$$N_{\text{proračunski}} = \frac{3600 \cdot 3{,}75}{t_t + t_p} = 43{,}27 \text{ trupaca}, \tag{5}$$

gdje je:

$N_{\text{proračunski}}$ – proračunski broj trupaca na stolarskoj tračnoj pili,

t_t – tehnološko vrijeme stolarske tračne pile (72 s),

t_p – pomoćno vrijeme za stolarsku tračnu pilu (240 s).

Za stvarni broj trupaca , $\boldsymbol{N_{stvarni}}$, uzeta je polovica ukupne količine trupaca koja se obradi unutar radnog vremena prve smjene, a iznosi 25 trupaca.

Proračunski/stvarni kapaciteti elemenata klasičnog parketa dobivaju se množenjem proračunskih/stvarnih brojeva trupaca s obradnim volumenom (dobivenim u Tablici 6.4.) na stolarskoj tračnoj pili, umanjenim za gubitke otpadnog drva na stolarskoj tračnoj pili, prema relacijama (6) i (7) :

$$\boldsymbol{C_{proračunski} = N_{proračunski} \cdot V_{obradni} \cdot (1 - Gubici\ (\%))}, \quad (6)$$

$$\boldsymbol{C_{proračunski}} = 43{,}27 \cdot 0{,}150 \cdot (1 - 0{,}276) = 4{,}7\ m^3,$$

$$\boldsymbol{C_{stvarni} = N_{stvarni} \cdot V_{obradni} \cdot (1 - Gubici(\%))}, \quad (7)$$

$$\boldsymbol{C_{stvarni}} = 25 \cdot 0{,}150 \cdot (1 - 0{,}276) = 2{,}72\ m^3,$$

gdje je:

$\boldsymbol{C_{proračunski}}$ – proračunski kapacitet na stolarskoj tračnoj pili,

$\boldsymbol{C_{stvarni}}$ – stvarni kapacitet na stolarskoj tračnoj pili,

$\boldsymbol{V_{obradni}}$ - obradni volumen na stolarskoj tračnoj pili.

7.1.2. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje elemenata seljačkog poda

Tablica 7.2. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje elemenata seljačkog poda

Strojevi za obradu	**Gubici**, %	$N_{\text{proračunski}}$, trupaca	N_{stvarni}, trupaca	V_{obradni}, m^3	$C_{\text{proračunski}}$, m^3	C_{stvarni}, m^3
Glodač kore (Dinaco)	-	111,57	50	0,848	94,61	42,4
Tračna pila trupčara (Primultini)	30	39,13	25	0,848	23,23	14,84
Poprečna kružna pila (Most)	7	30,68	25	0,281	8,02	6,53
Višelisna kružna pila (CML)	4,5	28,13	25	0,313	8,41	7,47
Poprečna kružna pila (Most)	19,9	46,88	25	0,049	1,84	0,98
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	27,6	43,27	25	0,039	1,22	0,70
CNC kružna pila (OMGA)	6,7	40,18	25	0,250	9,37	5,83
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	27,6	43,27	25	0,200	6,27	3,62

Strojevi za obradu	**Gubici**, %	$N_{\text{proračunski}}$, trupaca	N_{stvarni}, trupaca	V_{obradni}, m^3	$C_{\text{proračunski}}$, m^3	C_{stvarni}, m^3
Stolarska tračna pila (Bratstvo)	27,6	43,27	25	0,033	1,03	0,60

Tokom proizvodnje elemenata seljačkog poda proizvode se također i elementi za ploče, furnire i gazišta koji se kasnije koriste prema potrebama poduzeća. Kao što je navedeno, količina nastalog otpadnog drva po pojedinačnom stroju je različita i uzeta je kao određeni gubitak kapaciteta stroja. Tablica 7.2. prikazuje proračunske i stvarne kapacitete po pojedinom stroju, pri čemu je žutom bojom prikazan ukupan dnevni kapacitet izrade elemenata seljačkog poda, dok su narančastom bojom prikazani ukupni dnevni kapaciteti izrade preostalih elemenata za ploče, furnire i gazišta prilikom izrade elemenata seljačkog poda.

Primjer izračuna proračunskog i stvarnog kapaciteta CNC kružne pile (OMGA) za izradu elemenata seljačkog poda:

Proračunski broj trupaca na CNC kružnoj pili dobiva se jednostavno, dijeljenjem polovice radnog vremena prve smjene (pola radnog vremena se proizvode elementi za klasični parket, a pola elementi za seljački pod) s vremenima tehnološkog procesa na CNC kružnoj pili za pojedini trupac (pri čemu se udio pripremno-završnog vremena zanemaruje), prema relaciji (8):

$$N_{\text{proračunski}} = \frac{3600 \cdot 3{,}75}{t_t + t_p} = 40{,}18 \text{ trupaca}, \tag{8}$$

gdje je:

$N_{\text{proračunski}}$ – proračunski broj trupaca na CNC kružnoj pili,

t_t – tehnološko vrijeme CNC kružne pile (168 s),

t_p – pomoćno vrijeme za CNC kružnu pilu (168 s).

Za stvarni broj trupaca , $\boldsymbol{N_{stvarni}}$, uzeta je polovica ukupne količine trupaca koja se obradi unutar radnog vremena prve smjene, a iznosi 25 trupaca.

Proračunski/stvarni kapaciteti elemenata seljačkog poda dobivaju se množenjem proračunskih/stvarnih brojeva trupaca na CNC kružnoj pili s obradnim volumenom (dobivenim u Tablici 6.5.) na CNC kružnoj pili, umanjenim za gubitke otpadnog drva na CNC kružnoj pili, prema relacijama (9) i (10) :

$$\boldsymbol{C_{proračunski} = N_{proračunski} \cdot V_{obradni} \cdot (1 - Gubici(\%))}, \quad (9)$$

$$\boldsymbol{C_{proračunski}} = 40{,}18 \cdot 0{,}250 \cdot (1\text{-}0{,}067) = 9{,}37\ m^3,$$

$$\boldsymbol{C_{stvarni} = N_{stvarni} \cdot V_{obradni} \cdot (1 - Gubici(\%))}, \quad (10)$$

$$\boldsymbol{C_{stvarni}} = 25 \cdot 0{,}250 \cdot (1 - 0{,}067) = 5{,}83\ m^3,$$

gdje je:

$\boldsymbol{C_{proračunski}}$ - proračunski kapacitet na CNC kružnoj pili,

$\boldsymbol{C_{stvarni}}$ - stvarni kapacitet na CNC kružnoj pili,

$\boldsymbol{V_{obradni}}$ - obradni volumen na CNC kružnoj pili.

7.1.3. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje samica

Tablica 7.3. Dnevni kapaciteti strojeva prilikom proizvodnje samica

Strojevi za obradu	**Gubici**, %	$N_{\text{proračunski}}$, trupaca	N_{stvarni}, trupaca	V_{obradni}, m^3	$C_{\text{proračunski}}$, m^3	C_{stvarni}, m^3
Tračna pila trupčara (Primultini)	30	78,26	50	0,848	46,46	29,68
Poprečna kružna pila (Most)	10	61,36	50	0,216	11,93	9,72
Poprečna kružna pila (Dinaco)	8,9	67,5	50	0,378	23,24	17,22

Prosječna vrijednost promjera promatranih trupaca u drugoj smjeni je u pravilu ista i iznosi 0,6 m, a prosječna duljina trupaca je 3 metra. Iz jednog trupca dobiva se 20 piljenica manjih debljina ili 12 debljih piljenica, ovisno o potrebnoj debljini samica. Iz tog razloga uzeta su prosječna vremena tehnološkog procesa prve smjene za usrednjavanje vremena, ali i odabrane su manje debljine piljenica za samice koje nastaju na trupčari (kako bi se pokazala razlika u obradi u smjenama). Polovica piljenica nastalih iz jednog trupca koristi za izradu elemenata za ploče, furnire, gazišta, a polovica za izradu samica. U obje smjene obrađuje se podjednaka količina trupaca.

Kao što je navedeno i u prvoj smjeni, količina nastalog otpadnog drva po pojedinačnom stroju druge smjene je različita i uzeta je kao određeni gubitak kapaciteta stroja. Tablica 7.3. prikazuje proračunske i stvarne kapacitete po pojedinom stroju, pri čemu je bež bojom prikazan ukupan dnevni kapacitet izrade samica, dok su narančastom bojom prikazani ukupni dnevni kapaciteti druge smjene pri izradi elemenata za ploče, furnire i gazišta prilikom izrade samica.

Primjer izračuna proračunskog i stvarnog kapaciteta tračne pile trupčare (Primultini) za izradu samica:

Proračunski broj trupaca na tračnoj pili trupčari dobiva se jednostavno, dijeljenjem ukupnog radnog vremena druge smjene s vremenima tehnološkog procesa na tračnoj pili trupčari za pojedini trupac (pri čemu se udio pripremno-završnog vremena zanemaruje), prema relaciji (11) :

$$\boldsymbol{N_{\text{proračunski}}} = \frac{\mathbf{3600 \cdot 7{,}5}}{\boldsymbol{t_t + t_p}} = 78{,}26 \text{ trupaca}, \tag{11}$$

gdje je:

$\boldsymbol{N_{\text{proračunski}}}$ – proračunski broj trupaca na tračnoj pili trupčari,

$\boldsymbol{t_t}$ – tehnološko vrijeme tračne pile trupčare (200 s),

$\boldsymbol{t_p}$ – pomoćno vrijeme za tračnu pilu trupčaru (145 s),

Za stvarni broj trupaca , $\boldsymbol{N_{\text{stvarni}}}$, uzeta je ukupna količina trupaca koja se obradi unutar radnog vremena druge smjene, a iznosi 50 trupaca.

Proračunski/stvarni kapaciteti samica dobivaju se množenjem proračunskih/stvarnih brojeva trupaca na trupčari s obradnim volumenom (dobivenim u Tablici 6.5.) na trupčari, umanjenim za gubitke otpadnog drva koje nastaje na tračnoj pili trupčari, prema relacijama (12) i (13) :

$$\boldsymbol{C_{\text{proračunski}} = N_{\text{proračunski}} \cdot V_{\text{obradni}} \cdot (1 - \text{Gubici}(\%))}, \tag{12}$$

$$\boldsymbol{C_{\text{proračunski}}} = 78{,}26 \cdot 0{,}848 \cdot (1 - 0{,}3) = 46{,}46 \text{ m}^3 ,$$

$$\boldsymbol{C_{\text{stvarni}} = N_{\text{stvarni}} \cdot V_{\text{obradni}} \cdot (1 - \text{Gubici}(\%))}, \tag{13}$$

$$\boldsymbol{C_{\text{stvarni}}} = 50 \cdot 0{,}848 \cdot (1 - 0{,}3) = 29{,}68 \text{ m}^3 ,$$

gdje je:

$\boldsymbol{C_{\text{proračunski}}}$ - proračunski kapacitet na tračnoj pili trupčari,

$\boldsymbol{C_{\text{stvarni}}}$ - stvarni kapacitet na tračnoj pili trupčari,

$\boldsymbol{V_{\text{obradni}}}$ - obradni volumen na tračnoj pili trupčari.

7.2. Uska grla i rokovi izrade

Usko grlo u proizvodnoj liniji za primarnu obradu trupaca predstavlja tračna pila trupčara. Dnevni kapaciteti izrade elemenata (riječ je o poluproizvodima za izradu klasičnog parketa, seljačkog poda, ploča, furnira i gazišta) iznose 31,96 m^3, a samica 17,22 m^3 (samice su poluproizvodi koji trebaju dodatnu obradu). Budući da elementi koji nastaju preradom u pilani predstavljaju poluproizvode, nezgodno je odrediti rokove izrade poluproizvoda koji ipak ponajviše ovise o narudžbi. Stoga, kao rok izrade može se promatrati protok sustava, a za elemente prve smjene dobiva se dijeljenjem kapaciteta elemenata prve smjene (22,24 m^3) sa ukupnim radnim vremenom smjene (7,5 h) i iznosi 2,965 m^3/h. Rok izrade za elemente druge smjene se također može gledati kroz pojam protoka sustava, a dobiva se dijeljenjem kapaciteta elemenata druge smjene (9,72 m^3) sa ukupnim radnim vremenom druge smjene (7,5h) i iznosi 1,296 m^3/h.

7.3. Prijedlozi unaprjeđenja

Iz tablice 6.1. vremena tehnološkog procesa pri izradi elemenata (seljačkog poda i klasičnog parketa) i samica vidljivo je da je prevladavajuće vrijeme tehnološko vrijeme, što treba i biti cilj svakog poduzeća. Tehnološko vrijeme je vrijeme u zahvatu; vrijeme kojim se vrši promjena materijala, a ono bi trebalo biti što veće u proizvodnji kako bi se izbjegli mogući gubici. Stoga, sva ostala vremena koja nisu tehnološka, poduzeće bi trebalo težiti minimizirati.

U pilani PPS Galeković vidljivo je da su udjeli pomoćnih vremena također značajni. Razlog tomu je odluka da se u analizi procesa vremena transporta (strojevi za transport) i vremena slaganja elemenata u složaj (strojevi za sortiranje) promatraju kao pomoćna, budući da ne utječu izravno na promjenu vrijednosti materijala u proizvodnji. Neka poboljšanja u vidu smanjenja pomoćnih vremena za te strojeve nije jednostavno pronaći i potrebno bi bilo već značajno iskustvo i znanje u proizvodnji unutar drvne industrije.

Jedan stroj na kojemu se sigurno može razmisliti o skraćivanju pomoćnog vremena je tračna pila trupčara. Trupčara reže samo u jednom smjeru trupac, što znači da postoji značajno vrijeme praznog hoda u kojem se kolica tračne pile vraćaju na početnu poziciju za ponovno rezanje trupca. Poduzeće PPS Galeković je svjesno tog nedostatka trupčare, te su trenutno u fazi nabave nove tračne pile koja će omogućiti obradu u oba smjera i značajno skratiti pomoćno vrijeme na tom stroju.

Druga mogućnost je potpuna automatizacija proizvodne linije za primarnu obradu trupaca. Trenutno postoje radna mjesta na svim strojevima za obradu, na većini za transport i na svim strojevima za sortiranje (mjestima za sortiranje). Mogućnost unaprjeđenja se ogleda u smanjenju ljudskog rada i ukupnih ljudskih troškova gdje bi jedina potrebna radna mjesta unutar pilane bila na strojevima za sortiranje i eventualno kod označavanja piljenica za obradu na automatskoj kružnoj pili.

Također, kao moguće poboljšanje cjelokupnog proizvodnog procesa unutar pilane zasigurno se nameće i komunikacija s radnicima, po uzoru na japanski model proizvodnje. Radnici predstavljaju dio proizvodnje koji može procijeniti nedostatke postojećeg modela, iznijeti svoja opažanja vrhu tvrtke i osigurati da se određeni problemi pravodobno riješe.

8. ZAKLJUČAK

Cilj svakog poduzeća je uspješno lansirati svoj proizvod na tržište, ostvariti dovoljnu konkurentnost na tržištu i od proizvoda postići određenu dobit. Kako bi se navedeni ciljevi realizirali potrebno je detaljno proučavanje svih elemenata koji sudjeluju u različitim fazama proizvodnog procesa. Nedvojbeno, jedan od ključnih elemenata koji direktno utječe na sami proizvodni proces je i planiranje proizvodnje. Promatranjem i proučavanjem procesa planiranja proizvodnje omogućuje se optimizacija cjelokupnog proizvodnog procesa. Pogotovo je u 21. stoljeću izražena mogućnost optimizacije proizvodnje kroz različite koncepte Industrije 4.0. Ta optimizacija se ostvaruje potpunom automatizacijom, integracijom proizvodnih sustava, te upravljanjem velikom količinom podataka, pri čemu se smanjuju troškovi, a povećava efikasnost, fleksibilnost i posebice produktivnost.

Poduzeće PPS Galeković, iako među vodećim hrvatskim tvrtkama u drvnoj industriji, još nije primijenilo koncepte Industrije 4.0. Iako se u pojedinim linijama koriste roboti niti jedna proizvodna linija nije u potpunosti automatizirana. Također proizvodni procesi poduzeća još nisu digitalizirani, što uvelike onemogućuje praćenje radnih naloga. Određene ideje o potpunom izostavljanju ljudskog rada u proizvodnom procesu i boljem praćenju samog proizvodnog procesa unutar pilane postoje, no najprije bi bilo poželjno od strane poduzeća da teži što bližoj vrijednosti proračunskog kapaciteta na postojećim strojevima i tako ispuni određena poboljšanja na već postojećem sustavu. Jednom kada se određena poboljšanja postignu, poduzeće se može u potpunosti okrenuti konceptima Industrije 4.0 i odlučiti koji od koncepata bi bio najpogodniji za poduzeće, tj. za dodatno povećanje efikasnosti ili produktivnosti proizvodnih linija.

LITERATURA

[1] Zoran Kunica: Projektiranje proizvodnih sustava: Nastavni materijal, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2016.

[2] Skupina autora: Inženjerski priručnik IP4, treći svezak, Organizacija proizvodnje, Školska knjiga, Zagreb, 2002.

[3] Hong-Chao Zhang: Handbook of Design, Manufactoring and Automation, Poglavlje 29, John Wiley & Sons, 2003.

[4] Peter Scallan: Process Planning, Butterworth-Heinemann, London, 2003.

[5] Mark Skilton, Felix Hovsepian: The 4th Industrial Revolution : Responding to the Impact of Artificial Intelligence on Business, Palgrave Macmillan, 2018.

[6] Klaus Schwab: The Fourth Industrial Revolution, Currency, 2017.

[7] Raykumar Buyya, James Broberg, Andrzej M. Goscinski: Cloud Computing: Principles and Paradigms, John Wiley & Sons, 2011.

[8] Li Da Xu, Wu He, Shancang Li: Internet of Things in Industries: A Survey, IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol.10, no.4, 2233-2243, 2014.

[9] PPS Galeković https://www.pps-galekovic.hr/, pristupljeno 26.12.2020.

[10] ORGANIZACIJSKA SHEMA- MRACLIN 2020.docx-interni dokument poduzeća PPS Galeković

[11] TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE PARKETA.docx-interni dokument poduzeća PPS Galeković

[12] Tablice mjerenja strojeva i skladišta.xlsx-interni dokument poduzeća PPS Galeković