

# Upravljanje proizvodnjom projektno orijentiranih mikro i malih poduzeća

---

**Odak, Eugen**

**Master's thesis / Diplomski 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:235:937584>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2021-12-04**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Eugen Odak**

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Doc. dr. sc. Miro Hegedić, mag. ing. mech.

Student:

Eugen Odak

Zagreb, 2021.

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

Zahvaljujem mentoru doc.dr.sc. Miri Hegediću, mag. ing. mech. na pruženoj pomoći, svojoj obitelji, prijateljima i djevojci na podršci tijekom studiranja.

Ovaj rad posvećujem svojoj baki.

*(Vlastoručni Potpis)*

Eugen Odak



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,  
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

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

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **EUGEN ODAK** Mat. br.: 0035198744

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Upravljanje proizvodnjom u projektno orijentiranim mikro i malim proizvodnim poduzećima**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Production management in project-oriented micro and small manufacturing companies**

Opis zadatka:

Upravljanje poduzećima je složen proces, a posebno ukoliko poduzeća imaju vlastitu proizvodnju. U Republici Hrvatskoj je 2018. godine, prema Državnom zavodu za statistiku, više od pola zaposlenih radilo u mikro i malim poduzećima (MMP) stoga je potrebno veću pažnju posvetiti upravo poduzećima ove veličine. Da bi poduzeće bilo konkurentno mora biti dobro organizirano. Jedan od mogućih oblika organizacije je i projektna organizacija koja vrlo dobro odgovara mikro i malim poduzećima. Dodatno se stvar komplicira ukoliko poduzeća imaju vlastitu proizvodnju, jer s obzirom na ograničeni ljudski kapital koje poduzeće ima, ona može biti ili konkurentna prednost ili nedostatak.

U radu je potrebno:

- Istražiti i sistematizirati trendove koji se javljaju u upravljanju mikro i malim poduzećima.
- Sistematizirati i opisati pristupe upravljanja proizvodnjom s fokusom na projektno orijentirana proizvodna poduzeća.
- Istražiti softverska rješenja koja se koriste kod upravljanja mikro i malim poduzećima.
- Predložiti okvir za upravljanje proizvodnjom kod mikro i malih projektno orijentiranih proizvodnih poduzeća.
- Predložiti softversko rješenje koje će podržati navedeni okvir.
- Na jednom realnom primjeru prikazati mogućnost primjene predloženog softverskog rješenja.

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

Zadatak zadan:  
12. studenog 2020.

Rok predaje rada:  
14. siječnja 2021.

Predviđeni datum obrane:  
18. siječnja do 22. siječnja 2021.

Zadatak zadao:

doc. dr. sc. Miro Hegedić

Predsjednica Povjerenstva:

prof. dr. sc. Biserka Runje

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA.....	III
POPIS KRATICA .....	IV
SAŽETAK.....	V
SUMMARY .....	VI
1. UVOD.....	1
2. UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM.....	7
2.1. Proizvodni sustavi .....	7
2.2. Projektno orijentirana proizvodnja.....	9
3. SOFTVERSKA RJEŠENJA.....	21
3.1. Upravljanje projektima .....	21
3.2. CAD/CAM.....	21
3.3. ERP sustavi .....	22
4. OKVIR ZA UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM.....	24
4.1. Definiranje cilja proizvodnje .....	26
4.2. Određivanje principa proizvodnje.....	26
4.3. Određivanje proizvodnog sustava.....	27
4.4. Definiranje ključnih pokazatelja izvrsnosti.....	27
4.5. Određivanje metoda praćenja ključnih pokazatelja izvrsnosti.....	28
4.6. Postavljanje sustava kontinuiranog poboljšanja .....	28
4.7. Izbor softverskih rješenja .....	28
4.8. Zaključak.....	29
5. PRIJEDLOG SOFTVERSKOG RJEŠENJA.....	30
6. PRIMJENA.....	32
7. ZAKLJUČAK.....	41
LITERATURA.....	43

**POPIS SLIKA**

Slika 1.	Struktura poduzeća s obzirom na veličinu od 2014. do 2018. godine[3] .....	2
Slika 2.	Broj zaposlenih, ukupan prihod i izvoz od 2014. do 2018. godine[3] .....	3
Slika 3.	Grafički prikaz zaposlenosti, prihoda i izvoza po veličini poduzeća 2018. godine[3] .....	3
Slika 4.	Prosječan broj zaposlenih i ukupan prihod po zaposleniku u mikro i malim poduzećima od 2014. do 2018. godine[3] .....	4
Slika 5.	Prosječan broj zaposlenih i ukupan prihod po zaposleniku u velikim poduzećima od 2014. do 2018. godine[3] .....	4
Slika 6.	Prikaz modela proizvodnje i njihovih točaka razdvajanja narudžbe[8] .....	10
Slika 7.	Princip WLC-a .....	11
Slika 8.	Grupirane lean metode i njihova prikladnost ovisno o veličini poduzeća[4].....	17
Slika 9.	Krug kvalitete .....	18
Slika 10.	Usporedba open source ERP sustava[14].....	23
Slika 11.	Okvir za upravljanje proizvodnjom projektno orijentiranih mikro i malih poduzeća.....	25
Slika 12.	Izometrijski prikaz dvostrane vješalice .....	32
Slika 13.	Hotelska soba opremljena namještajem proizvedenim u poduzeću.....	33
Slika 14.	Dijagram toka projekta.....	34
Slika 15.	Dostupne aplikacije .....	35
Slika 16.	Aplikacija za upravljanje projektima .....	36
Slika 17.	Projekt na Kanban ploči .....	36
Slika 18.	Prikaz zadatka unutar projekta .....	37
Slika 19.	Radni centri .....	37
Slika 20.	Proizvodi .....	38
Slika 21.	Struktura sastavnice.....	38
Slika 22.	Radni nalog gotovog proizvoda .....	39
Slika 23.	Lista aktivnih radnih naloga .....	39
Slika 24.	Aktivni radni nalozi u realnom vremenu.....	39
Slika 25.	Dijagram opterećenja radnog centra.....	40

---

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Karakteristike principa proizvodnje[7] ..... 9  
Tablica 2. Razlike između inačica Odoo-a[15] ..... 31



---

**POPIS KRATICA**

<b>Kratika</b>	<b>Opis</b>
CAD	<i>Computer Aided Design</i> – računalom potpomognuto oblikovanje
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> – računalom potpomognuta proizvodnja
CODP	<i>Customer Order Decoupling Point</i> – točka razdvajanja narudžbe
CPM	<i>Critical Path Method</i> – metoda kritičnog puta
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> – planiranje resursa poduzeća
ETO	<i>Engineer-To-Order</i> – kontruiraj po narudžbi
MMP	mikro i mala poduzeća
MTO	<i>Make-To-Order</i> – izradi po narudžbi
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i> – planiraj, napravi, provjeri, djeluj
PERT	<i>Project Evaluation and Review Technique</i> – tehnika ocjenjivanja i pregledavanja programa
PVC	Poli(vinil-klorid)
QSFV	<i>Quality Speed Flexibility Value</i> – kvaliteta, brzina, fleksibilnost ili vrijednost
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Dies</i> – jednominutna razmjena kalupa
TPS	<i>Toyota Production System</i> – Toyotin proizvodni sustav
WIP	<i>Work-in-process</i> – rad u procesu
WLC	<i>Workload Control</i> – kontrola opterećenja

---

**SAŽETAK**

U Republici Hrvatskoj udio mikro i malih poduzeća iznosi 98,6% od ukupnog broja registriranih poduzeća. U MMP često fali znanja vezanog za upravljanje proizvodnjom. Ovaj rad predlaže okvir za upravljanje projektno orijentiranom proizvodnjom mikro i malih poduzeća te ističe open source ERP sustav koje podržava dani okvir.

Ključne riječi: MMP, okvir, upravljanje proizvodnjom, projektna proizvodnja, open source, ERP

---

**SUMMARY**

In Croatia, 98,6% of all enterprises are micro and small. There is often a lack of production management knowledge in MSEs. This thesis proposes a framework for project oriented micro and small enterprises and highlights an open source ERP system to support the given framework.

Key words: MSE, framework, production management, project oriented manufacturing, open source, ERP

## 1. UVOD

Upravljanje proizvodnjom kompleksan je proces za koji su potrebna mnoga tehnička znanja i socijalne vještine te dugotrajno iskustvo. Projektno orijentirana proizvodnja može obuhvaćati niz potpuno različitih projekata ili prilagodbu već postojećih, izvršenih projekata potrebama novog kupca i postavlja odgovornoj osobi veći izazov pri upravljanju proizvodnjom. Iz tog razloga, puno je znanstvenih radova i studija provedeno na temu projektnog upravljanja, no većinom su radovi usmjereni prema velikim kompanijama i njihovim automatiziranim i poluautomatiziranim proizvodnjama. Stručna literatura je jako štura po pitanju mikro i malih poduzeća i većinom fizičke proizvodnje. U Republici Hrvatskoj postoje dvije definicije veličine poduzeća, prema Zakonu o računovodstvu i Zakonu o poticanju razvoja malog gospodarstva. Prema Zakonu o računovodstvu[1] poduzetnici se dijele u skupine, ako ne prelaze dva od tri granična pokazatelja, na sljedeći način:

Mikro poduzetnici:

- Ukupna aktiva 2.600.000,00 kn
- Prihod 5.200.000,00 kn
- Prosječan broj radnika tijekom poslovne godine – 10 radnika

Mali poduzetnici:

- Ukupna aktiva 30.000.000,00 kn
- Prihod 60.000.000,00 kn
- Prosječan broj radnika tijekom poslovne godine – 50 radnika

Srednji poduzetnici:

- Ukupna aktiva 150.000.000,00 kn
- Prihod 300.000.000,00 kn
- Prosječan broj radnika tijekom poslovne godine – 250 radnika

Veliki poduzetnici su svi oni koji prelaze barem dva granična pokazatelja iz definicije srednjih poduzetnika. Razumljivo je da država mora iz raznih razloga odrediti jasne granice, međutim prema istraživanju iz 2010. godine[2], tranzicija iz mikro u malo poduzeće događa se tek između 15 i 20 zaposlenika. Kao uzrok se navodi prijelaz na više poslovnih jedinica s jednim ili više direktora. Granica između malih i srednjih poduzeća je oko zakonske granice od 50 zaposlenika. Ova raspodjela postavlja okvir daljnje analize. U nastavku, u Tablici 1., možemo vidjeti strukturu poduzeća od 2014. do 2018. godine.

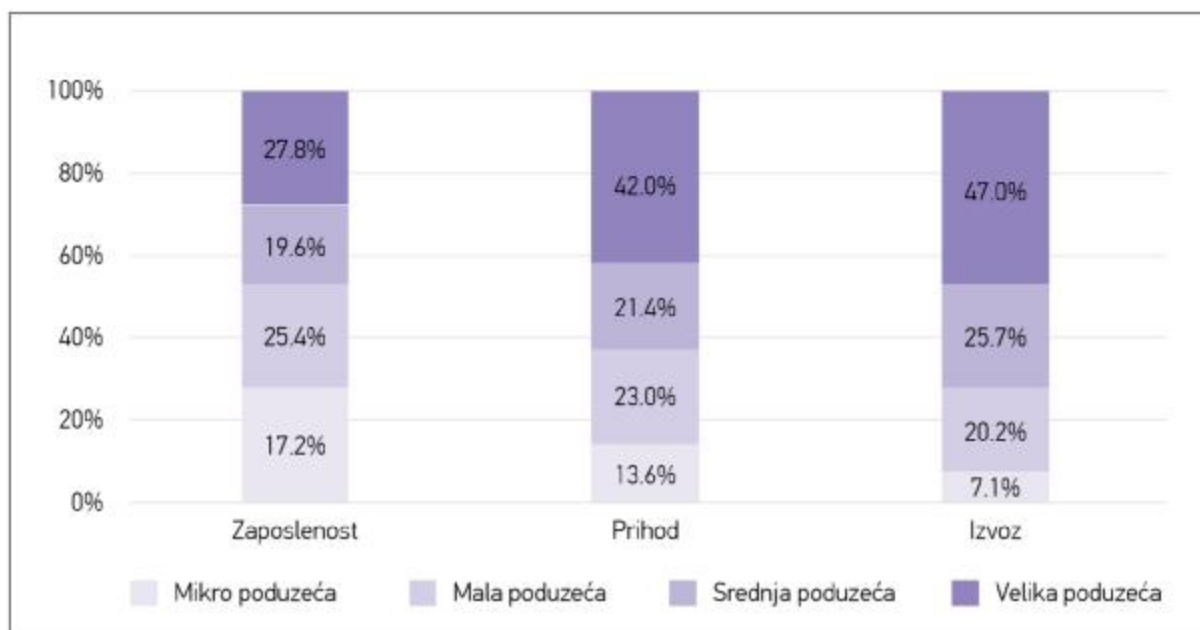
	2014.		2015.		2016.		2017.		2018.	
	Broj subjekata	%	Broj subjekata	%	Broj subjekata	%	Broj subjekata	%	Broj subjekata	%
Sektor malih i srednjih poduzeća	104.116	99,7	106.221	99,7	114.156	99,7	119.752	99,7	130.757	99,7
Mikro i mala poduzeća	102.895		105.029		112.809		118.352		129.259	
Srednja poduzeća	1.221		1.192		1.347		1.400		1.498	
Velika poduzeća	354	0,3	348	0,3	327	0,3	329	0,3	360	0,3
<b>Ukupno</b>	<b>104.470</b>	<b>100</b>	<b>106.569</b>	<b>100</b>	<b>114.483</b>	<b>100</b>	<b>120.081</b>	<b>100</b>	<b>131.117</b>	<b>100</b>

**Slika 1. Struktura poduzeća s obzirom na veličinu od 2014. do 2018. godine[3]**

Budući da je pojam mikro poduzeća relativno nov, na mnogim se mjestima još uvijek ne odvajaju, nego pribrajaju malim poduzećima, pa tako i u Tablici 1. Udio mikro, malih i srednjih poduzeća iznosi 99,7%, dok na velika poduzeća otpada svega 0,3%. Uz to, ukupan udio mikro i malih poduzeća iznosi 98,6%. Zanimljivo je to što je i u Italiji veoma slična raspodjela[4]. U Italiji također 0,3% otpada na velika poduzeća, dok 81,34% otpada na mikro, a 16,24% na mala poduzeća što zajedno čini 97,58%. Očito je da su mikro i mala poduzeća temelj i značajan udio gospodarstva, ne samo kod nas, nego i u drugim državama. Međutim, ako pogledamo strukturu broja zaposlenika po klasi poduzeća, vidimo da je stanje drugačije. Na Slici 2. možemo vidjeti broj zaposlenih po klasi poduzeća, njihov ukupan prihod i udio izvoza. Iako je udio zaposlenih u mikro i malim poduzećima u padu, na te dvije klase još uvijek otpada 52,6% svih zaposlenih. Uz to, mikro i mala poduzeća imaju udio prihoda 36,6%. Detaljna raspodjela udjela tržišta može se vidjeti na Slici 3. Unatoč činjenici da prihoduju manje od velikih poduzeća, mikro i mala poduzeća su zbog svojeg broja zaposlenih stup hrvatske ekonomije. Nekako se nameće da u trenutnom stanju tržišta rada mikro i mala poduzeća omogućuju mladima lakše zaposlenje jer velika poduzeća imaju uhodane sustave i traže ljude s većim radnim iskustvom.

Ekonomski kriterij valorizacije sektora	Veličina poduzeća							
	Mikro		Mala		Srednja		Velika	
	2017.	2018.	2017.	2018.	2017.	2018.	2017.	2018.
Broj zaposlenih	242.867	255.819	229.752	238.392	173.713	184.278	236.552	261.465
Zaposlenost (udio)	27,5%	27,2%	26,0%	25,4%	19,7%	19,6%	26,8%	27,8%
Ukupan prihod (mil. kn)	94.384	102.094	161.307	172.766	148.281	161.166	274.423	315.134
Ukupan prihod (udio)	13,9%	13,6%	23,8%	23,0%	21,8%	21,4%	40,5%	42,0%
Izvoz (000 kn)	10.121.387	10.431.958	26.989.911	29.670.621	35.254.300	37.874.363	65.477.447	69.204.745
Izvoz (udio)	7,3%	7,1%	19,6%	20,2%	25,6%	25,7%	47,5%	47,0%

Slika 2. Broj zaposlenih, ukupan prihod i izvoz od 2014. do 2018. godine[3]



Slika 3. Grafički prikaz zaposlenosti, prihoda i izvoza po veličini poduzeća 2018. godine[3]

Ako pogledamo Sliku 4., osim što vidimo značajan porast hrvatskog gospodarstva 2016. godine, vidimo da ukupni prihodi po zaposleniku rastu, dok je prosječan broj zaposlenika u padu. Razlog povećanja ukupnog prihoda je izlazak iz krize, dok su razlozi pada prosječnog broja zaposlenika državni poticaji za samozapošljavanje te velik broj odlazaka radno sposobnih ljudi u inozemstvo.

Godina	Broj mikro i malih poduzeća	Broj zaposlenih u mikro i malim poduzećima	Prosječni broj zaposlenih u mikro i malim poduzećima	Ukupan prihod (u mil. kn)	Ukupan prihod po zaposlenom (u kn)
2014.	102.895	422.238	4,1	215.807	511.103
2015.	105.029	432.934	4,1	226.110	522.273
2016.	112.809	455.670	4,0	236.495	519.005
2017.	118.352	472.619	4,0	255.691	541.009
2018.	129.259	494.211	3,8	274.860	556.159

**Slika 4. Prosječan broj zaposlenih i ukupan prihod po zaposleniku u mikro i malim poduzećima od 2014. do 2018. godine[3]**

Za usporedbu, na Slici 5. možemo vidjeti kako prosječan broj zaposlenih u velikim poduzećima raste što daje naslutiti da mikro i mala poduzeća nemaju financijsku moć za privući i zadržati radnike u odnosu na strano tržište i velika poduzeća.

Godina	Broj velikih poduzeća	Broj zaposlenih u velikim poduzećima	Prosječni broj zaposlenih u velikim poduzećima	Ukupan prihod (u mil. kn)	Ukupan prihod po zaposlenom (u kn)
2014.	354	262.632	741,9	290.663	1.106.731
2015.	348	258.400	742,5	294.438	1.139.466
2016.	327	231.166	706,9	255.035	1.103.255
2017.	329	236.552	719,0	274.423	1.160.096
2018.	360	261.465	726,3	315.134	1.205.263

**Slika 5. Prosječan broj zaposlenih i ukupan prihod po zaposleniku u velikim poduzećima od 2014. do 2018. godine[3]**

Ako promatramo strukturu mikro i malih poduzeća (MMP) možemo primijetiti nekoliko različitih tipova koji se razlikuju prema nastanku i vođenju. Najmlađi tip su poduzeća koja se razvijaju iz start-upova budući da je pojam start-up relativno nov. To su poduzeća u rastu i bazirana su na inovacijama osnivača. S druge strane, najpoznatiji tip su poduzeća koja su se razvila iz obrta. Takva poduzeća su uglavnom osnivana od strane visokokvalificiranih majstora za čijim je proizvodima potražnja rasla pa je došlo do rasta i razvoja. U njima upravljačku

funkciju u svim segmentima poslovanja obavlja osnivač obrta koji je vlasnik poduzeća ili njegov nasljednik i u njima se najčešće njeguje tradicionalan način vođenja poduzeća. Uz njih još razlikujemo kupljena ili preuzeta poduzeća u kojima upravljačku funkciju obnaša novi vlasnik ili zapošljava direktora o kojem ovisi struktura poduzeća. Ako raščlanimo poduzeće na segmente, možemo izdvojiti:

- nabavu
- razvoj
- proizvodnju
- administraciju
- prodaju.

U slučaju dijela start-upova i poduzeća nastalih iz obrta, vlasnici uglavnom vode većinu segmenata, a često i sve. Kao takvi, oni su preopterećeni te često dolazi do neadekvatnog upravljanja određenim segmentom poslovanja. Ta centralizacija često je kamen spoticanja u poslovanju MMP. Problem leži u tome što si mnoga MMP ne mogu financijski priuštiti rukovodeće osobe na svim pozicijama. Međutim, ispravno vođenje segmenta proizvodnje može omogućiti financijsku moć za zapošljavanje adekvatnih rukovodećih zaposlenika koji u svoje radno vrijeme punom pozornošću mogu stručno voditi dio poslovanja. Vlasnici k tome, osim preopterećenosti imaju i drugi problem. To su osobe koje su se svojim tehničkim vještinama istaknule u odnosu na konkurenciju i omogućile si pokretanje vlastitog poduzeća, ali im često fali upravljačkog i administrativnog znanja da bi efikasno vodili poslovanje. S druge strane, prilikom preuzimanja poduzeća i postavljanja direktora, poduzeća imaju priliku postaviti strukturu koja je manje centralizirana čime se povećava brzina donošenja odluka, smanjuju zastoji i olakšava rad svih zaposlenika.

### **1.1. Prednosti MMP**

Uz industrijski razvoj, paralelno se razvijalo i tržište na koje poduzeća izlaze sa svojim proizvodima. Za razliku od prošlog stoljeća kad su varijacije proizvoda na tržištu bile rijetke, danas u skoro svakoj branši ima velik broj proizvođača s još većim brojem različitih proizvoda i varijacija. Upravo zbog toga je fleksibilnost poduzeća jako važan faktor u tržišnoj utakmici. Mikro i mala poduzeća zbog manjeg proizvodnog obujma lakše se mogu prilagoditi novim zahtjevima na tržištu. Puno je lakše prekinuti ili modificirati proizvodnju jednog, deset ili sto komada nekog proizvoda, nego serijsku proizvodnju u stotinama ili tisućama komada. K tome,



zbog svojeg manjeg proizvodnog obujma, MMP se često nalaze direktno iznad krajnjeg kupca pa njegovanjem dobrih poslovnih odnosa i tradicije mogu lakše zadržati svoje stalne kupce i putem preporuka doći do novih kupaca. Osim fleksibilnosti i bliskosti s kupcima, MMP karakterizira i inovativnost. Svi start-upovi koji su trenutno u fazi MMP krenuli su s inovativnim idejama pokretača te rastu i traže svoje mjesto na tržištu. Povrh svega, MMP su puno otpornija na financijske krize. Manji su troškovi amortizacije jer posjeduju manji strojni park i količinu opreme. Također, lakše je manipulirati s manjim brojem zaposlenih. Kod MMP, otpuštanje samo jednog do dva radnika može značiti preživljavanje krize, dok velika, pa čak i neka srednja poduzeća gotovo ne osjete razliku u financijskom rasterećenju.

## 1.2. Nedostaci MMP

Budući da svaka medalja ima dvije strane, tako i MMP imaju svoje prednosti i nedostatke. Iako su zbog svojih manjih serija fleksibilnija te mogu brže odgovoriti zahtjevima tržišta i kupaca, MMP zbog toga nemaju ekonomiju razmjera. Kod manjih serija i specijaliziranih proizvoda uvelike pada iskoristivost strojeva zbog češćeg podešavanja, pripreme i prilagođavanja novim poslovima. Zbog manjeg obujma poslova, MMP imaju manje prihode, a samim time i manje mogućnosti ulagati u razvoj i opremu. Dok velika poduzeća imaju mogućnosti oformiti posebne timove za razvoj i istraživanje novih proizvoda i tehnologija, MMP imaju jedan manji tim, ili čak samo jednu osobu, zaduženu za upravljanje proizvodnjom, istraživanje tržišta i razvoj novih proizvoda. Uglavnom su to osnivači poduzeća, osobe s čijim inicijalnim idejama i inovacijama je sve krenulo i koji paralelno vode i druge segmente poslovanja. Kao što je već istaknuto, kad govorimo o MMP u kojima samo osnivači vode proizvodnju, razvoj pa čak i cijelo poduzeće, to su ljudi s inovativnim idejama, često tehnički dobro potkovani i imaju veliko operativno znanje, no nedostaje im znanja iz područja upravljanja. Upravo zato takvim MMP treba pružiti pomoć ili edukaciju preko državnih agencija radi jačanja malog gospodarstva, a time i gospodarstva cijele države. Time bi se ojačao stup gospodarstva i postavila odskočna daska prema tržištima u susjednim zemljama i jačanju izvoza.

## 2. UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM

Kako bi shvatili proces upravljanja proizvodnjom, potrebno je sagledati definiciju proizvodnje. „Proizvodnja je pretvorba jednog oblika materijala korak po korak u drugi oblik putem kemijskog ili mehaničkog procesa kako bi se korisniku stvorila ili poboljšala iskoristivost proizvoda.“[5] Iz definicije je jasno kako je cilj proizvodnje korištenjem resursa poput novca, materijala i radne snage povećati dodanu vrijednost proizvodu. Kako bi se povećala dodana vrijednost proizvoda, proizvodni procesi unutar poduzeća moraju biti što efikasniji. Upravo je organizacija proizvodnih procesa na efikasan način cilj upravljanja proizvodnjom.

### 2.1. Proizvodni sustavi

Proizvodni sustav je način upravljanja procesima pretvorbe dostupnih resursa u gotov proizvod ili uslugu. Prema Kumaru proizvodni sustavi dijele se na radionice, serijsku proizvodnju, masovnu proizvodnju i neprekidnu proizvodnju[6].

Sustav radionice karakterizira mala količina i velika raznovrsnost proizvoda unutar unaprijed određenog vremenskog roka i cijene izrade. Radnici koji rade u radionicama su visoko kvalificirani, a strojevi na kojima rade su najčešće opće namjene. Takav sustav iznimno je pogodan u proizvodnji specijaliziranih proizvoda poput industrijskih strojeva specijalnih namjena ili namještaja po mjeri. Primjena strojeva opće namjene omogućuje izradu širokog raspona proizvoda, ali zato rastu troškovi jer se povećava vrijeme pripreme za druge operacije na strojevima.

Serijsku proizvodnju karakterizira redovna proizvodnja ograničenog broja proizvoda i skladištenje prije prodaje. U usporedbi sa sustavom radionice, serijsku proizvodnju odlikuje kraće vrijeme i troškovi izrade proizvoda, a postrojenje i strojevi su fleksibilni. Proizvodi se grupiraju prema operacijama čime se postiže kraće vrijeme i manji troškovi pripreme u odnosu na sustav radionice, dok raste iskoristivost strojeva. Troškovi pripreme su i dalje visoki u usporedbi s drugim proizvodnim sustavima, a rastu i troškovi rukovanja materijalima. Sustav serijske proizvodnje pogodan je kada su procesi u proizvodnji definirani, a mijenja se sastavnica materijala, poput proizvodnje drvenih vrata.

Sustav masovne proizvodnje koristi se u slučaju velike količine proizvoda. U procesu se koriste strojevi specijalnih namjena koji su posloženi linijski. Procesi i proizvodi su standardizirani čime se postiže kraće vrijeme pripreme i proizvodnje, veća iskoristivost i kapacitet strojeva te bolji protok materijala. Također se značajno smanjuju troškovi po jedinici proizvoda. S druge strane, sustav je podložan dugim zastojsima zbog nepredviđenih kvarova. Broj zastoja i njihovo trajanje može se smanjiti preventivnim održavanjem. Kod sustava masovne proizvodnje veliki su inicijalni troškovi postavljanja proizvodnih linija zbog primjene specijaliziranih strojeva.

Sustavi neprekidne proizvodnje vrlo su slični sustavima masovne proizvodnje. U oba slučaja radi se o proizvodnji velikih količina nekog proizvoda, no za razliku od sustava masovne proizvodnje, sustav neprekidne proizvodnje ima potpuno automatizirani tok materijala korištenjem transportera, robota i sl. U takvom sustavu minimalni su troškovi pripreme, a kapacitet i iskoristivost strojeva su konstantni. Linije je lako balansirati i niski su troškovi proizvodnje po jedinici proizvoda. S druge strane, linije ne pružaju nikakvu fleksibilnost u izradi drugačijih proizvoda od onih za koje su konstruirane i visoki su troškovi postavljanja samih linija.

Prema prikazanim proizvodnim sustavima, lako je zaključiti kako sustav radionice najbolje odgovara prilikom upravljanja proizvodnjom u projektno orijentiranim mikro i malim poduzećima. Najveće prednosti koje se ističu su fleksibilnost u rasponu proizvoda koji se mogu proizvesti i značajno jeftiniji strojni park koji je potreban za procese. U slučaju kada poduzeća imaju određeni broj grupa proizvoda, gdje postoje varijacije proizvoda unutar grupa i potrebna je tehnička razrada jednog dijela proizvoda, moguće je u MMP primijeniti i sustav serijske proizvodnje gdje je jedan dio projekta standardiziran i prolazi kroz serijski proces dok se ostatak radi prema definicijama kupca.

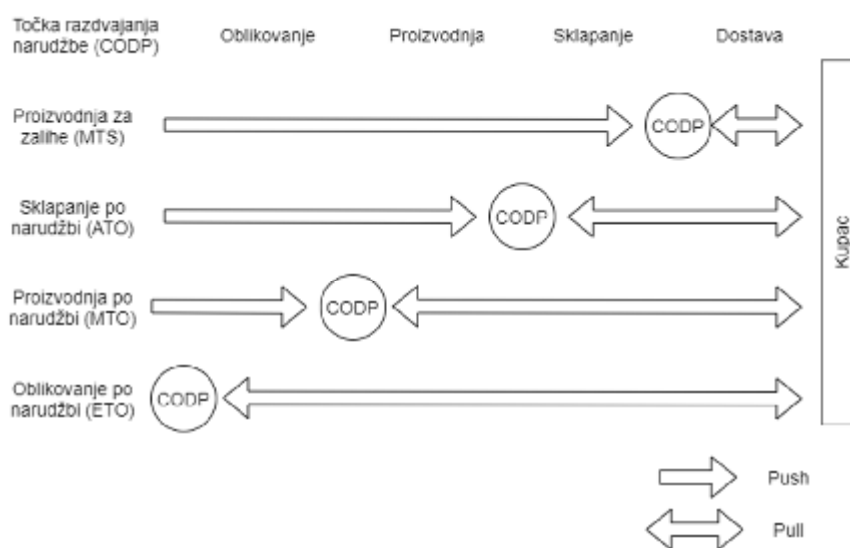
## 2.2. Projektno orijentirana proizvodnja

Kao što je već istaknuto, za projektno orijentiranu proizvodnju najbolje odgovaraju proizvodni sustavi radionice i serijske proizvodnje. Takva poduzeća uglavnom rade po make-to-order (MTO) ili engineer-to-order (ETO) principu što znači da proces proizvodnje i nabave materijala započinje zaprimanjem narudžbe. MTO i ETO principi se razlikuju u tome što kod MTO proizvodnje postoji raspon proizvoda (katalog) i moguće varijacije se pojavljuju u vidu završne obrade, dimenzija ili nekih dodatnih detalja, dok kod ETO proizvodnje kompletan proces razvoja počinje ispočetka. Karakteristike procesa proizvodnje prikazane su u Tablici 1.

**Tablica 1. Karakteristike principa proizvodnje[7]**

Karakteristike	MTS	ATO	MTO	ETO
Proizvod	Standardan	Definirana grupa proizvoda	Nijedna tipična grupa proizvoda nije prilagođena	Potpuno prilagođen
Potražnja	Može se predvidjeti	-	-	Ne može se predvidjeti
Kapacitet	Može se planirati	-	-	Ne može se planirati
Vodeće vrijeme proizvodnje	Nebitno kupcu	Bitno	Najbitnije	Najbitnije
Ključna kompetitivnost	Logistika	Završno sklapanje	Proizvodnja i sklapanje	Cijeli proces
Kompleksnost operacija	Distribucija	Sklapanje	Proizvodnja dijelova	Oblikovanje
Neizvjesnost operacija	Najniža	-	-	Najviša
Fokus gornjeg menadžmenta	Marketing i distribucija	Inovacije	Kapaciteti	Ugovori o narudžbama
Fokus srednjeg menadžmenta	Upravljanje zalihama	MPS i narudžbe	Upravljanje proizvodnim pogonom i narudžbe	Upravljanje projektima

Često se prilikom ETO proizvodnje modificiraju postojeći projekti, no i tu je potreban značajan konstrukcijski proces u odnosu na MTO proizvodnju. Na Slici 6. nalazi se prikaz različitih modela proizvodnje zajedno s njihovim točkama razdvajanja narudžbe (CODP). Točka razdvajanja narudžbe je vrijeme u procesu u kojem se narudžba počinje razlikovati od drugih. Kod ETO modela točka razdvajanja se nalazi najviše uzvodno u procesu i u takvim procesima je iznimno teško unaprijed proizvesti poluproizvode i koristiti u daljnjoj proizvodnji. Za razliku od ETO modela, kod MTO modela točka razdvajanja se nalazi nakon konstrukcijske faze u kojoj je veći dio proizvoda definiran i samo se radi razrada detalja poput dimenzija proizvoda. Zbog toga je te modele teško upravljati softverskim rješenjima jer ona zahtijevaju definirane procese. Također, softverska rješenja uglavnom funkcioniraju po push principu u kojem se proizvodi prije narudžbe kupaca, dok ETO i MTO modeli funkcioniraju po pull principu u kojem se u fazu proizvodnje kreće nakon zaprimanja narudžbe. Uz to, u tim modelima često dolazi do promjena u zahtjevima kupaca tijekom proizvodnje što je zahtjevno prilagoditi u standardiziranim procesima softverskog rješenja[8].



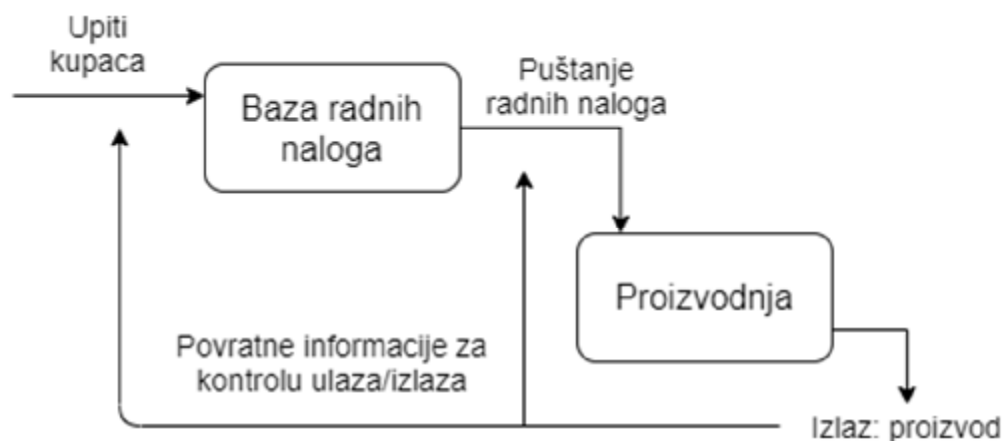
**Slika 6. Prikaz modela proizvodnje i njihovih točaka razdvajanja narudžbe[8]**

Kod projektno orijentirane proizvodnje, najveći naglasak stavlja se na rokove isporuke. Postoje dva faktora prilikom određivanja roka isporuke, vodeće vrijeme i priprema. Budući da se ne radi o serijskoj proizvodnji, svaki projekt zahtijeva posebnu pripremu za proizvodnju i tu dolazi do velikih gubitaka dostupnog vremena. Vodeće vrijeme ovisi o mnogim utjecajima poput broja pozicija, vrste materijala, vještine radnika i drugih. Upravo je najveći fokus upravljanja projektnom proizvodnjom skraćivanje vodećeg vremena i pripreme, čime se postiže veće zadovoljstvo kupaca. Uz to se i smanjuju troškovi zbog manjeg broja radnih sati čime se

može povećati zarada ili konkurentnost na tržištu. Kao jedno od rješenja nameće se Single-Minute Exchange of Dies (SMED) metoda[9]. Sastoji se od 5 koraka prikazanih u nastavku:

1. Određivanje područja
2. Određivanje elemenata – proces se snima i promatraju se ljudski elementi i elementi opreme koji sudjeluju u procesu
3. Odvajanje vanjskih elemenata – vanjski elementi su svi koji se mogu obavljati dok proces teče, npr. priprema, čišćenje ili kontrola dok stroj radi
4. Pretvaranje unutarnjih elemenata u vanjske – pripremanje materijala unaprijed, modularizacija opreme, modifikacija elemenata...
5. Pojednostavljanje preostalih elemenata – uklanjanje čekanja, nepotrebnih pokreta, smanjivanje broja alata...

Radi povećanja učinka, poželjno je naučiti radnike da sami prepoznaju nepotrebne procese koje mogu izbjeći ili raditi paralelno. U projektnoj proizvodnji, velik je problem i sama iskoristivost radnika i strojeva. Često neke radne stanice, ćelije ili odjeli čekaju dok u drugima ulaz nadilazi mogući izlaz dijelova. Kako bi se adekvatno balansiralo proizvodnju i smanjilo čekanje, predlaže se korištenje Workload Control (WLC) metode. Cilj je da proizvodnja bude korištena maksimalno i da se ispoštuju rokovi. Grafički prikaz WLC-a prikazan je na Slici 7.



Slika 7. Princip WLC-a

WLC se bazira na *input-output control* principu, tj. stvarni izlaz određuje ulaz. Ugovoreni projekti ne ulaze direktno u proizvodnju, nego ulaze u bazen projekata i projekti se ispuštaju u proizvodnju postupno kako bi se osigurala pravovremena isporuka uz stabilan *work-in-process* (WIP). Kontrola se vrši sustavom kao što je ConWIP karta, kojim se prati obujam posla na radnoj stanici.

U organizacijskom smislu, najveći neprijatelj starijih MMP je ustaljenost procesa. Procesi se odvijaju na identičan način niz godina bez promjene iz čega se da naslutiti da procesi nisu optimirani, a procjene vodećeg vremena bazirane su na prijašnjim iskustvima. Tom problemu može se doskočiti primjenom tehnika mrežnog planiranja. Adekvatnu tehniku određuje vrsta projekta. Project Evaluation and Review Technique (PERT) je tehnika koja se koristi za nove projekte čije su aktivnosti nepoznate i trajanje svih aktivnosti se procjenjuje. PERT koristi razdiobu vjerojatnosti radi omogućavanja varijacije. Critical Path Method (CPM) primjenjuje se za projekte kojima je moguće odrediti trajanje aktivnosti[10]. Jasno je da je CPM tehnika pogodna za korištenje u onim tipovima proizvodnja gdje su projekti slični prethodnima, dok će se PERT koristiti da bi se dobilo preciznije vrijeme trajanja bazirano na iskustvenim pretpostavkama. Kao rezultat dobiva se kraće vodeće vrijeme u proizvodnji koje rezultira većim zadovoljstvom kupaca i većom produktivnošću proizvodnje.

### **2.3. SHEN benchmarking metodologija**

Ime metodologije proizlazi iz prezimena autora. Metodologija služi MMP za određivanje koja područja poslovanja poduzeća je potrebno poboljšati i kako odrediti prioritete radi očuvanja konkurentnosti. Iako se ne odnose svi koraci na upravljanje proizvodnjom, prikazat će se radi boljeg razumijevanja metodologije. Metodologija se sastoji od 12 koraka, a svaki korak ima 5 faza[11].

#### **SHEN METODOLOGIJA:**

##### **Stvaranje upita/narudžbi**

1. Integriranje funkcija proizvodnje i marketinga u sve procese
  - a. Početno razumijevanje između proizvodnje i marketinga
  - b. Proizvodnja i marketing rade zajedno na odgovaranju upita kupaca
  - c. Postojanje sustavne baze podataka koja omogućuje MTO poduzećima odgovor na upite kupaca
  - d. Postizanje 50% uštede vremena za odgovor na upite kupaca
  - e. Razumijevanje konkurencije i postojanje sustavne metode za izračun cijene i vodećeg vremena
2. Dizajn za proizvode, procese i poboljšan odnos s dobavljačima
  - a. Obuka zaposlenika za razumijevanje specifikacija svih proizvoda, preinaku konstruiranja proizvoda i proces nabave

- b. Postojanje minimalnog broja dijelova, materijala i dobavljača za svaki proizvod
  - c. Postojanje računalne baze podataka svih konstrukcijskih rješenja koji mogu biti preinačeni za nove narudžbe ili direktne računalne veze između kupaca i proizvodnje
  - d. Postizanje 50% ponovljenih poslova za uspostavljanje partnerskih odnosa s dobavljačima
  - e. Postizanje 80% ponovljenih poslova
3. Suradnja s kupcima
- a. Poduzeće pomaže kupcima definirati potrebe u obliku specifikacija proizvoda i konstrukcijskog rješenja
  - b. Uspostaviti odnos između zaposlenika i kupaca
  - c. Imati dobru komunikaciju među zaposlenicima, zajedničko razumijevanje ciljeva poduzeća i potreba kupaca
  - d. Postavljanje predstavnika kupaca na projekt
  - e. Pomaganje kupcima u postizanju njihovih ciljeva, umjesto zadovoljavanja njihovih potreba

#### Operacije i kapacitet

4. Pojednostavljenje shop floora
- a. Poboljšanje vidljivosti, korištenje jednostavnih skladišnih sustava radi skraćanja vremena traženja
  - b. Poboljšanje lokacija sirovih materijala, WIP i sl. radi skraćanja udaljenosti kretanja materijala i alata
  - c. Obuka radnika u proizvodnji o važnosti korištenja sustava skladištenja i čišćenja radnog mjesta
  - d. Uvođenje čišćenja radnog mjesta i osiguranje da se skladišni sustavi pravilno koriste
  - e. Radnici preuzimaju svoje čišćenje radnog mjesta
5. Poboljšanje raspoređivanja i kontrole opterećenja radi smanjenja neiskorištenog vremena
- a. Postojanje praktičnog, jednostavnog, ručnog sustava raspoređivanja koji zadovoljava ciljeve poduzeća
  - b. Postojanje jednostavnog računalnog i lako primjenjivog sustava raspoređivanja



- c. Postojanje efektivne metode kontrole opterećenja radi iskorištenja slobodnog vremena
  - d. Smanjenje slobodnog vremena za 30%
  - e. Smanjenje slobodnog vremena za 50%
6. Rezanje vremena pripreme i podešavanja te poboljšanje preventivnog održavanja
- a. Obuka zaposlenih za smanjenje vremena pripreme i preventivno održavanje
  - b. Postizanje 10% smanjenja vremena pripreme
  - c. Operatori preuzimaju preventivno održavanje svojih strojeva
  - d. Postizanje 30% smanjenja vremena pripreme
  - e. Postizanje 50% smanjenja vremena pripreme svih procesa
7. Poboljšanje protoka informacija
- a. Prioriteti proizvodnje su jasno razumljivi i svi rade po istom planu
  - b. Postojanje sustavne metode za komuniciranje plana poput ploče za planiranje i radnih lista kreiranih prigodnim softverskim paketom
  - c. Prijenos informacija skraćen 25%
  - d. Unutarnji prijenos skraćen 50% i 80% vanjskog prijenosa putem interneta/EDI
  - e. Unutarnji prijenos skraćen 80% i 99% vanjskog prijenosa putem interneta/EDI

#### Ljudski potencijali

8. Ključna poboljšanja u vještinama i fleksibilnosti
- a. Uvođenje treninga svih zaposlenika radi poboljšanja ključnih vještina
  - b. 80% zaposlenika su fleksibilni u radu i sposobni raditi na drugim strojevima po potrebi
  - c. 99% zaposlenika su fleksibilni u radu i sposobni raditi na drugim strojevima po potrebi
  - d. Eksperti uče operatore popravcima, skraćanje vremena zastoja 50%
  - e. Operatori postaju tehničari, skraćanje vremena zastoja 80%
9. Svatko uključen u promjene i strateško planiranje – postići opću svrhu
- a. Poticati zaposlenike da daju prijedloge za unaprjeđenje procesa
  - b. Strateško planiranje
  - c. Dijeljenje informacija i evidencija sa zaposlenicima u proizvodnji
  - d. Sustavno priznavanje postignuća
  - e. Razne nagrade timovima i pojedincima

Opći kontinuirani napredak

10. Poboľjšati kvalitetu i implementirati prikladne mjere performansi

- a. Prakticiranje principa kvalitete
- b. Razumijevanje univerzalnih potreba kupaca: brzina, fleksibilnost, kvaliteta ili vrijednost (QSFV)
- c. QSFV glavne mjere uspješnosti
- d. Nema upravljanja produktivnošću, varijancama...
- e. Održavanje kulture koja potiče kontinuirani napredak u svim procesima

11. Prikupiti povratne informacije kupaca i benchmarking

- a. Prikupljanje podataka o zadovoljstvu kupaca, pregledavanje pritužbi i kontinuirani napredak proizvoda i usluga
- b. Prikupljanje podataka o budućim potrebama kupaca
- c. Prikupljanje konkurentnih uzoraka i najboljih praksi
- d. Svi zaposlenici sudjeluju u najboljim praksama
- e. Poduzeće primjenjuje benchmarking u svim procesima

12. Promovirati/oglasiti/prodati svaki napredak

- a. Dobro reklamiranje prema ciljanim kupcima
- b. Pozitivni QSFV trendovi u prodaji, ponudama, oglasima
- c. Registriranje, certificiranje, lokalne nagrade
- d. Druge lokalne/nacionalne/globalne nagrade
- e. Povratni marketing: zbog snage poduzeće bita kome prodaje

Vidimo kako su koraci 4-7 direktno vezani za upravljanje proizvodnjom, dok neki drugi koraci indirektno utječu na proizvodnju. Većina koraka je jednostavna za djelomičnu primjenu i ima direktan utjecaj na performanse proizvodnje.

#### **2.4. Primjena lean metodologije**

Bazirana na Toyotinom proizvodnom sustavu (TPS), lean ili vitka metodologija prvi put se pojavljuje pod tim nazivom 1991. godine u knjizi „*The machine that changed the world*“. Lean metodologiju definira se kao *proizvodni sustav koji se fokusira na kontinuirani tok unutar lanca opskrbe uklanjanjem svih gubitaka i provođenje kontinuiranog poboljšanja prema savršenosti proizvoda*[5]. Lean metodologija bazira se na uklanjanju 7 istaknutih vrsta gubitaka: nepotrebnih pokreta, škarta, prekomjerne proizvodnje, zastoja, transporta, skladištenja i neprimjerene obrade. Zbog projektno orijentirane proizvodnje koja je bazirana na

MTO (make-to-order) principu, gubitci zbog skladištenja će biti zanemarivi, ali će velik problem predstavljati zastoji. Kod MMP je često problem što rukovodeće osobe nisu upoznate ili sa postojanjem lean metodologije ili s njenim utjecajem na samo poslovanje, a često je se i percipira kao nešto što velika bogata poduzeća uvode jer imaju financijsku moć. Budući da je lean metodologija fokusirana na povećanje produktivnosti i profitabilnosti smanjivanjem gubitaka, logično je da će puno efikasnija biti uz što veći obujam proizvodnje. Tehnike provođenja lean metodologije mogu biti skupe i dugotrajne ako se uvode kasno. Tu se postavlja pitanje je li onda lean metodologija prikladna za MMP. Budući da se u tridesetak godina postojanja lean metodologije pojavilo preko stotinu tehnika i alata, čijim se provođenjem smanjuju gubitci u proizvodnim procesima, neki od njih se mogu primijeniti uz niske troškove, a neki mogu biti isplativi uz nešto više troškove[12]. Naravno da neće sve metode biti primjenjive, zato je potrebno izdvojiti one prikladne. U talijanskom radu iz 2013. godine prikazana prikladnost primjene lean metoda u odnosu na veličinu poduzeća (Slika 8.)[4]. Iz slike se vidi da neće sve metode odgovarati MMP, dapače, jako mali broj metoda odgovara mikro poduzećima, dok će mala poduzeća biti prikladna za značajan broj metoda. U mikro poduzećima najbolje odgovaraju sljedeće metode:

- First-in-first-out (FIFO)
- Benchmarking
- Upravljanje idejama.

Uz to mogu se još spomenuti i Kaizen Just-in-Time, standardizacija i vizualno upravljanje. Kod malih poduzeća tu se još pojavljuju:

- 5S
- Kanban
- Zero Defect (Jidoka)
- Setup Time Reduction (SMED),
- Mapiranje toka vrijednosti (VSM)
- Dizajn radnih stanica
- Poka Yoke i standardizacija proizvoda i procesa
- Proizvodnja u ćelijama i autonomni timovi
- Rotacija poslova radi smanjenja monotonije
- Jeftina automatizacija.

Type	Lean Production methods	micro	small	medium	large
Machinery and equipment	Low Cost Automation	○	●	●	●
	OEE Overall Equipment Effectiveness	○	●	●	●
	Preventive Maintenance	○	●	●	●
	Setup Time Reduction (SMED)	○	●	●	●
	Total Productive Maintenance	○	●	●	●
Material flow and layout	Cellular Manufacturing	○	●	●	●
	First in first out (FIFO)	●	●	●	●
	One-piece-flow	○	●	●	●
	Simulation software (e.g. MatFlow)	○	○	●	●
	Optimization of the supply chain	○	●	●	●
	Value Stream Mapping	○	●	●	●
	Work station design	○	●	●	●
Organization and staff	5S	○	●	●	●
	Autonomous work groups	○	●	●	●
	Benchmarking	●	●	●	●
	Ideas Management	●	●	●	●
	Job rotation	○	●	●	●
	Lean Office (Administration)	○	●	●	●
	Kaizen (CIP-Meetings)	○	●	●	●
	Standardisation	○	●	●	●
Production planning and control	Just in Sequence	○	●	●	●
	Just in Time	○	●	●	●
	Kanban	○	●	●	●
	Line Balancing and Muda reduction	○	●	●	●
	Milkrun	○	●	●	●
	PPS Simulation software	○	○	●	●
	Economic (optimal) lot size	○	●	●	●
	Visual Management	○	●	●	●
Quality	FMEA	○	○	●	●
	Poka Yoke	○	●	●	●
	Quality Circles	○	●	●	●
	Quality Function Deployment	○	○	●	●
	Six-Sigma	○	○	●	●
	Statistical Process Control (SPC)	○	●	●	●
	Supplier Development	○	●	●	●
	Total Quality Management	○	●	●	●
	Zero Defect (Jidoka)	○	●	●	●

unsuitable    less suitable    suitable    well suitable    very suitable  
 ○            ●            ●            ●            ●

Slika 8. Grupirane lean metode i njihova prikladnost ovisno o veličini poduzeća[4]

Drugi autor[11] govori kako bi MMP trebala primijeniti niskobudžetne metode poput 5S, krugova kvalitete, preventivnog održavanja i sudjelovanja zaposlenika. Također se savjetuje započeti s investicijama u metode kao Kanban i Honshin. Autor također ističe kako su u istraživanju stručne literature iz područja leana istaknuli sljedećih 17 metoda prikladnih za mala i srednja poduzeća, od kojih se dio može primijeniti i u mikro poduzećima: *skraćivanje vremena pripreme, Kanban, male veličine serija, upravljanje dobavljačima, preventivno održavanje, multifunkcionalni zaposlenici, ujednačeno opterećenje, vizualna kontrola, sudjelovanje zaposlenika (krugovi kvalitete), Total Quality Management (TQM), obučavanje, timski rad, kontinuirano poboljšanje izravnivanja proizvodnje, 5S i standardizacija.*

Vidimo da različiti autori postižu različite rezultate istraživanja što znači da se egzaktne ne može odrediti sve točne metode koje odgovaraju poduzećima. Osim različitih industrija, mnogo toga ovisi o gornjem menadžmentu za uvođenje i dosljedno provođenje lean metodologije te o otporu radnika prema metodama. Usporedbom autora, zaključak je kako sljedeće metode dobro odgovaraju u svim industrijama: *Kaizen*, *5S*, *preventivno održavanje*, *vizualna kontrola*, *Kanban* i *Benchmarking*. Osnove metoda bit će prikazane uz mogućnosti koje pružaju mikro i malim poduzećima.

#### 2.4.1. *Kaizen i krugovi kvalitete*

Izraz Kaizen na japanskom znači „promjena na bolje“ i potiče iz Toyotinog proizvodnog sustava. To je sustav uključivanja svih zaposlenika radi poticanja na svakodnevna mala poboljšanja[5]. Ciklus Kaizen aktivnosti prikazan je na Slici 9. i još se naziva krug kvalitete, PDCA krug ili Demingov krug.



**Slika 9. Krug kvalitete**

Krug kvalitete sastoji se od četiri dijela. Ciklus započinje planiranjem bilo ciljeva, procesa ili aktivnosti. Zatim slijedi provođenje plana. Nakon toga ide kontrola uspješnosti provedenog plana. Na kraju se, nakon kontrole, poboljšava dobiveno rješenje i ulazi se ponovno u fazu planiranja. Cilj Kaizena je kontinuirano kružno poboljšavanje čime se osigurava konstantan napredak proizvodnje i izbjegavaju ustaljeni procesi u današnje doba brzog razvoja tehnologija.

### 2.4.2. 5S

Metoda 5S služi za organizaciju radnog prostora i bazirana je na 5 procesa koji potiču od japanskih riječi:

1. Seiri (sortiranje) – to je sortiranje stvari u radnom prostoru i uklanjanje svih nepotrebnih stvari, cilj je povećanje iskoristivog prostora, skraćeno vrijeme traženja potrebnih stvari i povećanje sigurnosti na radnom mjestu.
2. Seiton (postavljanje na mjesto) – omogućuje jednostavan radni tok, sve stvari imaju svoje određeno mjesto čime se skraćuje vrijeme traženja.
3. Seiso (čišćenje) – omogućuje ugodniji i lakši rad, povećava produktivnost i smanjuje škart.
4. Seiketsu (standardiziranje) – odnosi se na procese sortiranja, slaganja i čišćenja, cilj je postizanje željenog nivoa čistoće i urednosti te stvaranje navika za prethodne korake.
5. Shitsuke (održavanje) – cilj je samodisciplina, zaposlenici sami trebaju provoditi 5S metodu.

Čišće i urednije radno mjesto skraćuje vrijeme pripreme jer je kraće vrijeme traženja svih potrebnih stvari za obavljanje posla i sprječava nestanak potrebnih stvari jer tako nastaju nepotrebni zastoji te povećava ugodnost rada.

### 2.4.3. Preventivno održavanje i vizualna kontrola

Uz svaki kupljen stroj dobiva se priručnik u kojemu piše nakon koliko se radnih sati treba provesti održavanje. Uz starije strojeve za MMP su dolazili popisi zamjenskih dijelova jer su servise održavali radnici koji rade na tim strojevima. Vanjski servisi provođeni su u slučaju većeg kvara ili dugotrajnog rada stroja. U slučaju kvara nekog stroja dolazi do velikog zastoja jer se u tom trenu treba zvati servisera i vodeće vrijeme otklanjanja kvara ovisi o dostupnosti i lokaciji servisera. Čest je slučaj da se službeni serviseri za Hrvatsku nalaze u Sloveniji. Ukoliko se provodi preventivno održavanje na razini radnika, smanjuje se mogućnost kvarova, a ukoliko se preventivno servisira stroj, moguće je isplanirati vrijeme servisa i ukloniti vrijeme čekanja. Vizualna kontrola je metoda kojom se radnicima može prikazati i približiti moguće probleme koji su nastali u proizvodnji i prikazati produktivnost čime ih se može potaknuti na želju za samopoboljšanjem koje rezultira nagrađivanjem.

#### **2.4.4. Kanban**

Kanban je sustav upravljanja rada čiji je cilj vizualizacija rada, smanjenje rada u procesu i maksimiziranje efikasnosti. Kanban u prijevodu znači „vizualni signal“. Cilj Kanban metode je postepeno poboljšanje procesa malim promjenama čime se smanjuje rizik za sustav (u odnosu na velike promjene) i smanjuje otpor zaposlenika[11]. Pomoću Kanban ploče prikazuje se posao koji se trenutno obavlja te se postupno dodaju mala poboljšanja.

#### **2.4.5. Benchmarking**

Benchmarking je metoda uspoređivanja s najboljima u industriji i najboljim praksama drugih poduzeća. Iako se MMP sigurno u nekoj mjeri s konkurencijom, cilj nije uspoređivati se s bilo kime već isključivo s najboljima. Ne postoji univerzalan način provođenja benchmarkinga. Postoji benchmarking metodologija koja se provodi u 12 faza[13]:

1. Izaberi subjekt
2. Definiraj proces
3. Odredi moguće partnere
4. Odredi izvore podataka
5. Prikupi podatke i izaberi sve partnere
6. Odredi jaz
7. Odredi razlike procesa
8. Zacrtaj buduće ciljeve
9. Komuniciraj
10. Prilagodi cilj
11. Implementiraj
12. Ocijeni i prilagodi.

Korištenje najboljih iz industrije kao uže koje vuče prema naprijed, MMP mogu ubrzati svoj rast, odrediti kritične točke poslovanja i posvetiti se uklanjanju nedostataka.

### 3. SOFTVERSKA RJEŠENJA

Osnovno softversko rješenje koje se primijenjuje u svim poduzećima je Microsoft Excel. To je moćan alat koji dolazi uz operativni sustav i pruža velike mogućnosti za pripremu proizvodnje, ali je spor i ne omogućuje automatizaciju poslova prilikom upravljanja poduzećem. Međutim, ako se koristi kao potpora drugim softverskim rješenjima, ovisno o poznavanju funkcija alata, može adekvatno poduprijeti svakodnevne poslove.

#### 3.1. Upravljanje projektima

Danas su na tržištu dostupni mnogi softveri za upravljanje projektima. Mnogi od njih su besplatni, poput Trelle, Asane i ClickUpa. Softveri za upravljanje projektima koriste se za organizaciju projekata, definiranje i delegiranje zadataka. Trello je možda najpopularniji softver i nudi prikaz zadataka u stilu Kanban ploče. Međutim, besplatna je verzija ograničena dostupnom memorijom. Za razliku od Trelle, u Asani se zadaci mogu prikazati na Kanban ploči i kao lista zadataka. ClickUp cijelu priču podiže na jedan novi nivo jer, uz sve opcije prethodno navedenih softvera, nudi mogućnost automatskog uređivanja rokova cijelog projekta i povezivanje s nekim drugim softverima. Iako su takvi softveri pogodni za jednostavno upravljanje projektima, oni nisu povezani s ostalim softverima za upravljanje poduzećem pa su potrebni softveri za ostale segmente. Upareni s CAD/CAM programima, nude skladno vođenje projekata i razvoja proizvoda koji je predmet projekta.

#### 3.2. CAD/CAM

Softverska rješenja za računalom podržano oblikovanje (CAD) osnova su za svaki proizvodni proces i proizvodno poduzeće ne može djelovati efikasno bez njih. Bez izrade adekvatne tehničke dokumentacije ne može se postići kvalitetna izrada proizvoda. Na tržištu razlikujemo dvije vrste CAD softverskih rješenja, softvere za izradu tehničke dokumentacije i 3D modeliranje. Za izradu tehničke dokumentacije najrašireniji softver je AutoCAD. Softveri za 3D modeliranje omogućuju prostorno vizualiziranje proizvoda i spajanje pojedinačnih dijelova u sklopove. Danas većina 3D CAD softvera ima integrirano sučelje za izradu tehničke dokumentacije koja se izvlači iz gotovih modela dijelova i sklopova. Proizvođači uz CAD softvere nude i softvere za računalom podržanu proizvodnju (CAM) pomoću kojih se radnim strojevima šalju informacije za operacije izrade dijelova oblikovanih CAD softverom. Neki primjeri CAD/CAM softverskih rješenja su SolidWorks, Catia i Creo koji su najzastupljeniji na



ovom području. Licence za CAD/CAM softvere se plaćaju i nužan su trošak sa uspješnu proizvodnju jednog poduzeća. Iz tog razloga, značajno je pronaći druga softverska rješenja koja neće dodatno financijski opteretiti poslovanje MMP.

### 3.3. ERP sustavi

Mnogi su radovi napravljeni na temu ERP sustava, njihovih prednosti i nedostataka i utjecaja na MMP. Bitno je istaknuti kako nisu sva poduzeća, pogotovo MMP, sposobna adekvatno iskoristiti sve prednosti ERP sustava. Međutim, potrebno je naći balans između automatizacije procesa unutar poduzeća i procesa u istima. Uz to, mnoga MMP ne mogu financijski priuštiti nabavu ERP sustava. Osim licence softvera, u trošak ulazi implementacija softvera, obuka radnika i prilagodba ili softvera procesima ili procesa softveru što uzima vrijeme. Budući da je tržište softvera za velika poduzeća već definirano, mnogi su se okrenuli novom tržištu, mikro i malim poduzećima. Kao jeftinija verzija, nude se Software as a Service (SaaS) sustavi. Prednost takvog sustava je što nije potrebna infrastruktura za implementaciju jer se takvim sustavima pristupa preko preglednika. Druga, ona zanimljivija, opcija su „open source“ softveri. Jeftine ili čak besplatne opcije prigodne su za MMP koja si ne mogu priuštiti neki skuplji renomirani sustav ili platiti izradu sustava krojenog po njihovim procesima. Međutim, problem nastaje u implementaciji takvog softvera budući da takve softvere uglavnom implementiraju zaposlenici ili vlasnici unutar samog poduzeća. U takvoj je situaciji velika prednost MMP što poduzetnici ili vlasnici vode glavnu riječ pa tako podrška implementaciji ide od samog vrha poduzeća. Uspješnost implementacije takvih softvera ovisi o podršci unutar poduzeća, kompatibilnosti procesa ERP sustava s procesima unutar poduzeća i volji za prilagođavanje procesa unutar poduzeća ERP sustavu. Također, faktor koji utječe na implementaciju open source ERP sustava je primjena drugih open source softvera, poput Linux operativnog sustava, unutar poduzeća. Prema radu sa beogradskog *Fakulteta organizacijskih nauka*, neki primjeri open source ERP sustava su Odoo, WebERP, OpenBravo, Compiere i ERP Next[14]. Na Slici 10. možemo vidjeti usporedbu tih 5 open source ERP sustava prema cijeni i funkcionalnostima. Iako je spomenut u navedenom radu, OpenBravo ćemo zanemariti jer je namijenjen maloprodaji i nema funkciju upravljanja proizvodnjom.

Tools of manufacturing module:	Open source ERP solutions				
	odoo	weberERP	openbravo®	Compiere	E ERPNext
Manufacturing order	✓	✓	✓	✓	✓
Bill of material	✓	✓	✓	✓	✓
Production costs	✓	✓	✓	✓	✓
Order planning	✓	✓	✓	✓	✓
Aggregate planning	x	x	x	x	x
Master production schedule	✓	✓	✓	✓	x
Gantt chart	✓	x	x	x	✓
Quality control planning	✓	✓	x	x	✓
MRP	✓	✓	✓	✓	✓
Sales & Prod. forecasting	✓	✓	✓	✓	x
Traceability of products	✓	x	x	✓	✓
Product manufacturing routings	✓	x	x	✓	x
Inventory management	✓	✓	✓	✓	✓
Automated purchase orders	✓	✓	✓	✓	✓
ABC inventory analysis	x	x	✓	✓	x
Inventory algorithms	x	x	✓	x	x
Production scheduling	x	x	x	✓	x
Prod. & inventory reports	✓	✓	✓	✓	x
Capacity requirements planning	x	x	x	✓	✓
Product lifecycle management	x	x	x	x	x
Maintenance planning	x	✓	✓	x	✓
Manufacturing type	Discrete	Discrete	Discrete	Discrete	Discrete
Connectivity	CSV/XLS/ XML/ODS	PHP/ CSV	XML	CSV/XML/XLS DOC/PDF	CSV/XLS
On-line/cloud	✓	✓	✓	✓	✓
Multilingual	✓	✓	✓	✓	✓
The Serbian language	✓	x	x	x	x
Licence fee	240\$ per user per year	0\$	4.500\$ for professional edition	0\$	300\$ per user per year

Slika 10. Usporedba open source ERP sustava[14]

Prema Slici 10. možemo vidjeti kako Odoo zadovoljava najviše zadanih uvjeta za upravljanje proizvodnjom i ne stvara velik trošak za manji broj korisnika. Odoo ima jednostavno sučelje lako razumljivo korisnicima i dostupan je na hrvatskom jeziku. Odoo uz svoj poslovni model nudi i besplatnu Community verziju koja ima limitirane funkcije, ali zadovoljava osnovne potrebe za upravljanje mikro i malim poduzećima koja dosad nisu koristila ERP sustave za upravljanje poslovanjem. Unutar Community verzije nalaze se aplikacije za upravljanje projektima, proizvodnjom i zalihama koje su ključne za projektno orijentirana proizvodna poduzeća. Community verzija može poslužiti kao kvalitetno sučelje da se zaposlenici nauče raditi u ERP sustavu prije nego se nadogradi i prošire funkcije.

## 4. OKVIR ZA UPRAVLJANJE PROIZVODNOM

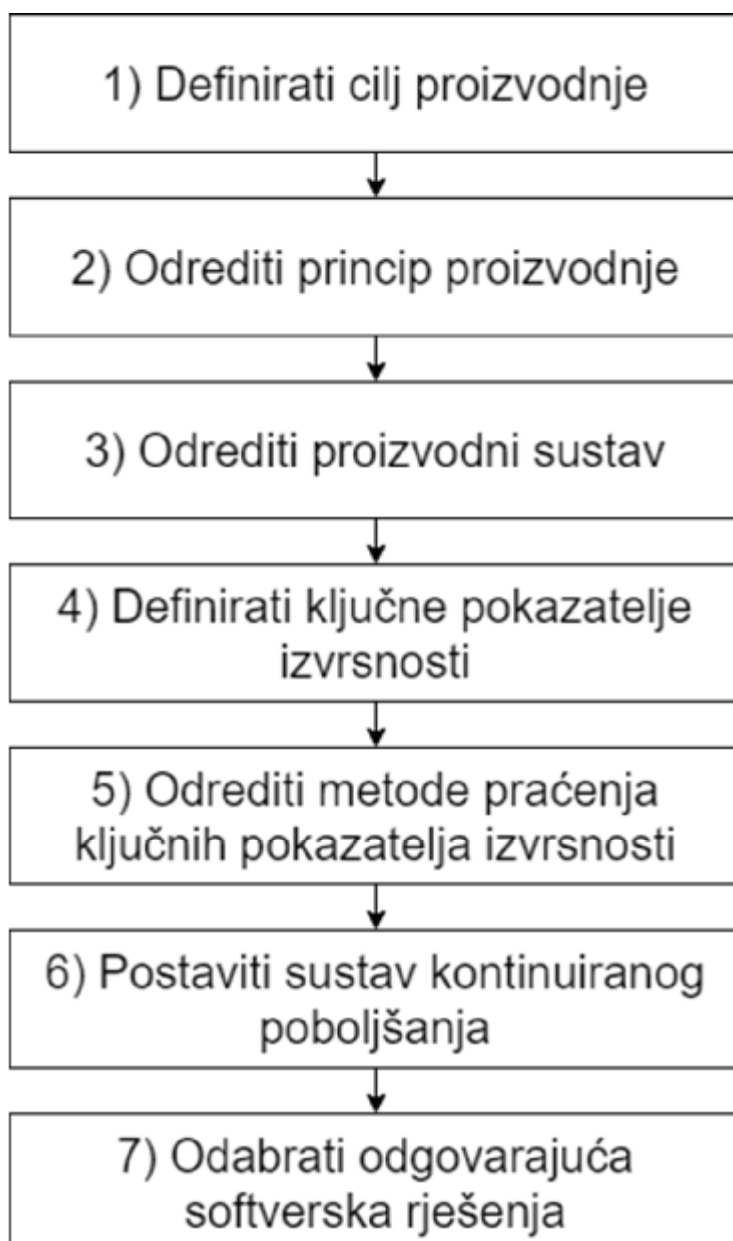
Kao što je nemoguće naći robusni „one-size-fit-all“ model za upravljanje proizvodnjom u velikim poduzećima, tako se isto odnosi i na MMP. Razlog tome je što se MMP nalaze u svim branšama pa tako primjerice ne možemo primijeniti isti model na poduzeće koje proizvodi specijalizirane strojeve i poduzeće koje proizvodi PVC vrata i prozore. Potrebno je razviti metodologiju baziranu na segmentnim modulima kako bi osobe zadužene za upravljanje proizvodnjom mogle u svakom segmentu proizvodnje odabrati modul koji najbolje odgovara njihovoj proizvodnji i filozofiji poduzeća. Također, izrada općeg modela nailazi na mnoga ograničenja. Neka istaknuta ograničenja u izradi modela su:

- Veličina proizvoda – utječe na raspored strojeva u proizvodnom pogonu i organizaciju radnih mjesta.
- Postojeći raspored strojeva – često je postojeći raspored strojeva u proizvodnom pogonu daleko od optimalnog, no MMP nemaju financijsku moć zaustaviti proizvodnju i financirati premještanje strojeva.
- Veličina radnog prostora – neka MMP nalaze se u iznajmljenim prostorima i gabariti proizvodnog pogona ne dozvoljavaju optimalan raspored strojeva zbog potrebnog radnog prostora oko njih ili nabavu novih strojeva.
- Radna snaga – ograničenja su u vidu nedostatka adekvatnih škola u okolici što utječe na kvalitetu dostupne radne snage i duljinu obuke za rad i općenito potrebne razine znanja radnika.
- Vrsta strojnog parka – u nekim branšama strojevi su analogni te ih je nemoguće povezati s informacijskim sustavom, automatski prikupljati podatke za obradu i analizu.
- Vodeće vrijeme proizvodnje – kod projektno orijentirane proizvodnje teško je procijeniti vodeće vrijeme proizvodnje, pogotovo kod ETO modela.

Što se rasporeda strojeva tiče tiče, postoje istaknuti rasporedi postrojenja:

- Proizvodni raspored – pogodan za automatiziranu proizvodnju, organiziran u radne stanice
- Procesni raspored – pogodan za strojnu proizvodnju, organiziran u odjele
- Fiksni raspored – pogodan za proizvode velikih dimenzija, proizvod je stacionaran, radnici, oprema i materijal se sele po potrebi
- Raspored u ćelijama – radne stanice grupirane po sličnosti procesa, minijaturna verzija proizvodnog rasporeda.

U pregledu su istaknute neke od poteškoća prilikom upravljanja proizvodnjom projektno orijentiranih mikro i malih poduzeća. Kako bi proizvodni dio radio na efikasan način, potrebno je postaviti okvir za upravljanje proizvodnjom u projektno orijentiranim mikro i malim poduzećima. Budući da se MMP nalaze u raznim industrijama, cilj je postaviti robusni model koji će biti primjenjiv u većini slučajeva. Na Slici 11. se nalazi grafički prikaz predloženog okvira za upravljanje projektno orijentiranim mikro i malim poduzećima.



**Slika 11.** Okvir za upravljanje proizvodnjom projektno orijentiranih mikro i malih poduzeća

#### 4.1. Definiranje cilja proizvodnje

Definiranje cilja proizvodnje prvi je korak predloženog okvira. U ovoj fazi se određuje u kojoj industriji će poduzeće izaći na tržišnu utakmicu te njegov cilj i vizija poslovanja. Cilj i vizija poduzeća ključni su za upravljanje poduzećem i time direktno utječu na proizvodnju. Ovdje se odlučuje hoće li se poduzeće orijentirati na izvoz ili će svoje proizvode plasirati na domaće tržište. Nakon određivanja tržišta, potrebno je definirati proizvode ili grupe proizvoda koji će biti fokus poduzeća. U ovoj je fazi poželjno planirati proizvode ili grupe proizvoda koje će se u budućnosti proizvoditi čime se dobiva interni cilj tehnološkog dijela poduzeća koji može imati direktan utjecaj na daljnje korake predloženog okvira. U sklopu planiranja proizvoda, potrebno je definirati materijale iz kojih će se izrađivati proizvodi i pronaći dobavljače koji cjenovno i kvalitetom zadovoljavaju postavljene uvjete. Iako je kod projektno orijentiranih poduzeća naglasak na visokoj kvaliteti proizvoda, u nekim slučajevima neće postojati tržište za takav nivo kvalitete što isto treba uzeti u obzir. Na kraju je potrebno odrediti korporativnu politiku poduzeća. Tu se može započeti primjena lean metodologije u vidu 5S metode.

#### 4.2. Određivanje principa proizvodnje

Određivanje principa proizvodnje izuzetno je bitno za zadnji korak okvira jer definira tok informacija unutar poduzeća. Spomenuto je kako projektno orijentirana mikro i mala poduzeća posluju većinom po ETO principu proizvodnje. Međutim, u nekim slučajevima je moguće da MTO princip proizvodnje zadovolji potrebe projektno orijentiranog poduzeća. Moguća je i kombinacija kada poduzeće proizvodi dio proizvoda po ETO, a dio po MTO principu ili se unutar jednog projekta nalaze proizvodi koji se rade po oba principa. U ovoj fazi važno je definirati procese koji će se koristiti za pretvorbu materijala u proizvode i poluproizvode. Radi lakšeg upravljanja proizvodnjom, bitno je da planirani procesi budu što više standardizirani. Standardiziranjem procesa omogućuje se lakše praćenje proizvodnje, mjerenje i analiza uspješnosti procesa. Također, kod standardiziranih procesa kraće je vrijeme pripreme čime se smanjuju gubici u obliku radnih sati. U ovoj se fazi primjenjuju metode upravljanja proizvodnjom istaknute u radu.

### 4.3. Određivanje proizvodnog sustava

Tijekom određivanja proizvodnog sustava, potrebno je voditi računa o tokovima materijala. U ovoj fazi je najbolje planirati strojni park i opremu poduzeća. Ukoliko je izabran ETO princip proizvodnje, tada se odabire proizvodni sustav radionice. To znači da se naglasak stavlja na strojeve i opremu opće namjene. Strojevi i oprema se grupiraju prema vrsti operacija (glodanje, lakiranje, brušenje...) u odjele, tj. koristi se procesni raspored. Time se postiže bolji nadzor nad odjelima i smanjuje potreban broj zaposlenih jer jedan radnik može izvršavati operacije na više strojeva. Također, potreban je manji broj strojeva za izvršavanje operacija. Kao nedostatak ističe se višak rukovanja materijala što povećava troškove proizvodnje. Ako je potreban MTO princip proizvodnje, onda je prigodan proizvodni sustav serijske proizvodnje. U takvom sustavu koristi se proizvodni raspored strojeva. Kod proizvodnog rasporeda strojevi su složeni linijski u radne stanice čime se smanjuje vrijeme pripreme stroja i postiže bolji protok materijala jer nema povrata. Međutim, potreban je veći broj strojeva kako bi tok materijala išao linearno. Uz to je manja fleksibilnost u proizvodnji jer je linija ograničena oblikovanjem za određenu grupu proizvoda. Kao treća opcija moguće je korištenje hibridnog sustava proizvodnje u kojem postoji balans između strojeva opće namjene i strojeva posebnih namjena. Tada je i raspored strojeva hibridni gdje su strojevi opće namjene grupirani u odjele, dok su strojevi posebne namjene posloženi linijski. U hibridnom sustavu istaknute su prednosti oba sustava, dok su nedostaci ublaženi.

### 4.4. Definiranje ključnih pokazatelja izvrsnosti

Ključni pokazatelji izvrsnosti su mjera efikasnosti procesa unutar poduzeća. Bez njih ne možemo znati radimo li nešto na pravi način. Ključni pokazatelji izvrsnosti zavise o industriji, vrsti proizvoda i principu proizvodnje. Ključni pokazatelji izvrsnosti koji će dati najbolji pregled stanja trebaju biti vezani za slabosti poduzeća i uska grla. Budući da se prilikom ugovaranja posla kod projektno orijentiranih poduzeća pregovara o roku isporuke i cijeni, prvi ključni pokazatelj koji se ističe bit će isporuka na vrijeme (OTD). Ukoliko je mali postotak isporuka na vrijeme, to je znak da postoji problem u toku projekta. Problem može biti prekratko ugovoreno vrijeme isporuke ili predugo vodeće vrijeme proizvodnje. Predugo vodeće vrijeme proizvodnje može se očitovati kao predugo ukupno vrijeme pripreme operacija ili pak trajanje samih operacija. Sveukupna učinkovitost opreme (OEE) je čest ključni pokazatelj izvrsnosti u

proizvodnji, no nije pogodan kao glavni pokazatelj za projektno orijentiranu proizvodnju zbog česte pripreme operacija. U konačnici, na samom poduzeću je da odredi koji pokazatelji im najviše odgovaraju. U ovoj fazi koristi se alati poput *benchmarkinga* i SHEN metodologije kako bi poduzeće u svakom trenu znalo kako stoji na tržištu u odnosu na konkurenciju.

#### **4.5. Određivanje metoda praćenja ključnih pokazatelja izvrsnosti**

Nakon što su određeni ključni pokazatelji izvrsnosti, potrebno je odrediti metode na koji će se način pratiti. Budući da su metode praćenja specifične za svaki pokazatelj, odabir metoda ovisit će o poduzeću i njihovom izboru pokazatelja. Pokazatelje je važno na pravilan način prikazati kako bi svi sudionici procesa znali gdje se pojavljuju problemi. Osim prikaza unutar korištenih softverskih rješenja, predlaže se prikazivanje pokazatelja na Kanban ploči kako bi i radnici u proizvodnji bili svjesni problema koje mogu samostalno riješiti što rezultira većim zadovoljstvom radnika zbog svog rada i otvara vrata nagradama kao motivaciji za daljnju samoinicijativnost i dobar rad.

#### **4.6. Postavljanje sustava kontinuiranog poboljšanja**

Kako bi poduzeće sačuvalo svoju prisutnost na tržištu, potreban je konstantan napredak poslovanja. Taj potreban napredak najviše se očituje u proizvodnom dijelu poduzeća. Ako poduzeće konstantno skraćuje vrijeme pripreme, smanjuju se troškovi radnih sati, a ujedno se i skraćuje vodeće vrijeme projekta. Tad poduzeće može preuzeti više projekata u godini i povećati zaradu. Zbog toga je potrebno postaviti sustav kontinuiranog poboljšanja. Najjednostavniji način je primjena krugova kvalitete na procese vezane za upravljanje proizvodnjom, na proizvodne operacije, ali i unutar projekta. Potrebno je na kraju svakog projekta provesti analizu vodećeg vremena i troškova proizvodnje te, ako je moguće, uvesti poboljšanje u svaki sljedeći projekt.

#### **4.7. Izbor softverskih rješenja**

Zadnji korak okvira je izbor softverskih rješenja za potporu u procesima oblikovanja proizvoda, upravljanja proizvodnje i automatiziranja nepotrebnih interakcija između odjela. ERP sustavi omogućuju automatizaciju toka informacija između odjela poput nabave, proizvodnje i prodaje. Ti sustavi donose skraćenje trajanja pripreme ponuda i čekanja materijala. Odgovarajući ERP sustav bira se kad su definirani proizvodi, procesi i tok

informacija unutar poduzeća. Poduzeće može ERP sustav birati samostalno ili angažirati drugo poduzeće da im asistira pri izboru sustava. Poduzeća imaju izbor između gotovih rješenja na tržištu ili suradnje sa softverskim poduzećima koja rade sustave ovisno o potrebama klijenta. Uz to, potrebno je odabrati softverska rješenja koja će poduprijeti proces oblikovanja proizvoda i pripreme proizvodnje. Izbor CAD/CAM softvera za potporu proizvodnji ovisit će o cijenama na tržištu softvera i o iskustvu inženjera u radu s određenim softverskim rješenjima.

#### **4.8. Zaključak**

Predloženi okvir čini robusni model za primjenu u većini projektno orijentiranih mikro i malih poduzeća. Detaljna razrada okvira ovisit će o industriji u kojoj se poduzeće nalazi te o vrsti proizvoda i proizvodnih sustava odabranih od strane poduzeća.



## 5. PRIJEDLOG SOFTVERSKOG RJEŠENJA

Upravljanje proizvodnjom nije nimalo lak posao i osobe zadužene za taj segment poduzeća trebaju iskoristiti svaku potporu koja im se pruža. ERP sustavi kao potpora upravljanju proizvodnjom omogućuju brz tok informacija, pregled zaliha i radnih naloga te mogu omogućiti praćenje faza procesa i izračun troškova proizvodnje u realnom vremenu.

U radu je predložen okvir za upravljanje proizvodnjom mikro i malih poduzeća. Kao rješenje za potporu predloženom okviru, odabran je ERP sustav Odoo. Odoo je ERP sustav koji koriste velike svjetske kompanije poput Toyote, Hyundaija i Danonea. Iako ga koriste velike kompanije u svojem poslovanju, Odoo je primjenjiv i u mikro i malim poduzećima budući da je jednostavan za korištenje i ne zahtijeva veliko ulaganje. Velika prednost Odoo-a je što se mogu kreirati vlastite aplikacije preko kojih se Odoo može integrirati s drugim softverskim rješenjima. Kako bi se pokazala mogućnost primjene Odoo-a u projektno orijentiranim mikro i malim poduzećima, realni primjer projekta će biti proveden u sustavu.

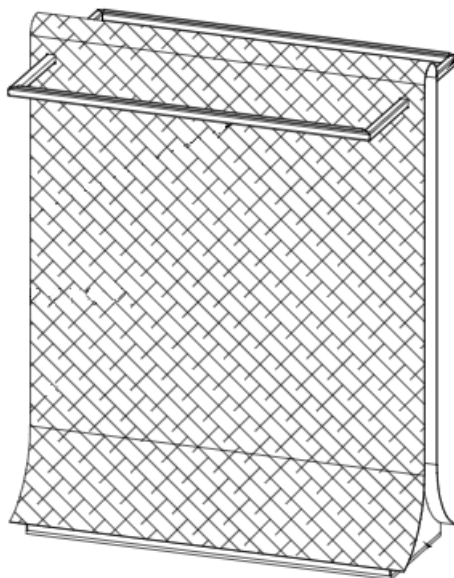
Odoo dolazi u dvije inačice, Enterprise, za koju je potrebna licenca, i Community koja je open source. Razlike između mogućnosti inačica vezane za upravljanje projektno orijentiranom proizvodnjom prikazane su u Tablici 2. Tablica pokazuje kako su mogućnosti Community inačice znatno manje u odnosu na Enterprise inačicu. Ako bi se promatrali i drugi moduli koji nisu vezani za proizvodnju, Community inačica pruža još manje mogućnosti. Unatoč tome, ona zadovoljava sve ključne potrebe za upravljanje proizvodnjom, a ne stvara direktne troškove, zbog čega joj se daje prednost. Naravno da će se s daljnjim razvojem poduzeća javiti potrebe za nekim mogućnostima koje Community inačica ne pruža i tek onda postoji poticaj da se investira u Enterprise inačicu.

**Tablica 2. Razlike između inačica Odoo-a[15]**

Mogućnosti	Enterprise	Community
Upravljanje projektima		
Zadatci	X	X
Vremenske tablice	X	X
Predviđanja	X	
Zalihe		
Upravljanje zalihama	X	X
Upravljanje nabavom	X	X
Barkodovi	X	-
Proizvodnja		
MRP	X	X
IoT	X	-
MRP II	X	-
PLM	X	-
Kvaliteta	X	-
Održavanje	X	X

## 6. PRIMJENA

Kako bi se pokazala mogućnost primjene odabranog softverskog rješenja, proces proizvodnje prikazat će se na primjeru izrade dvostrane vješalice od nehrđajućeg čelika (Slika 12).



**Slika 12. Izometrijski prikaz dvostrane vješalice**

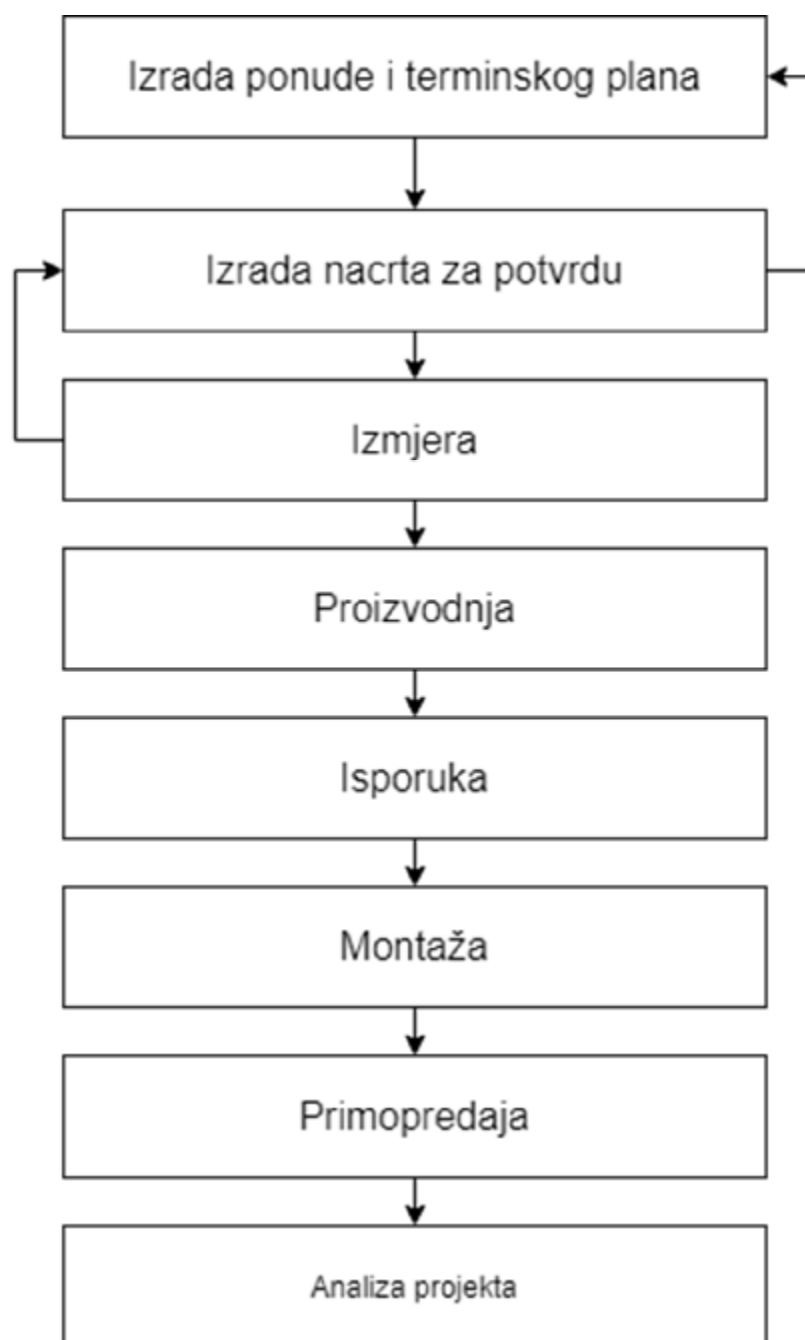
Takva vješalica jedan je od proizvoda koji se izrađuju u odabranom poduzeću, koje je specijalizirano za izradu umjetničkog namještaja. Poduzeće je locirano na sjeverozapadu Hrvatske. Budući da zapošljava manje od 50 radnika u proizvodnji i projektno je orijentirano, poduzeće odgovara fokusu rada. Poduzeće je većinom orijentirano na izvoz, a specijalizirano je za izradu interijera za maloprodajne dućane. Poduzeće ima nekoliko stalnih kupaca sa strogo definiranim dizajnom interijera, ali se moraju raditi izmjene zbog različitih dimenzija prostora u kojima se dućani nalaze. Osim namještaja za maloprodajne dućane, poduzeće proizvodi i visokokvalitetni namještaj za urede, hotele i rezidencije (Slika 13.). Proizvodni pogon razdvojen je na tri dijela: stolarski dio, bravarski dio i lakirnicu. Međutim, unutar poduzeća se ne proizvode svi potrebni poluproizvodi. Operacije poput laserskog rezanja i tapeciranja izvršavaju se putem kooperacije. Izradu tehničke dokumentacije i upravljanje proizvodnjom vodi tehnološki ured. Unutar tehnološkog ureda postoje voditelji projekata koji nadziru tok projekta i surađuju s ostalim inženjerima.



**Slika 13. Hotelska soba opremljena namještajem proizvedenim u poduzeću**

Svaki projekt sastoji se od osam faza koje su prikazane na Slici 14. U sklopu prve faze, voditelj projekta radi okvirni izračun troškova projekta pomoću Excel tablice za kalkulaciju troškova. Unutar tablice nalaze se troškovi materijala, radnih sati, kooperanata, transporta i montaže. Nakon toga slijedi izrada vremenskog rasporeda projekta. Na kraju se, u suradnji s prodajom, radi izrada finalne ponude i postavljaju uvjeti. U drugoj fazi tehnološki ured provjerava detalje s arhitektonskim uredom po čijim se nacrtima definiraju proizvodi. Uz to, tehnološki ured mora provjeriti detalje vezane uz norme materijala s trgovačkim centrom u kojem se dućan nalazi, radne dozvole za ljude i vozila. Nakon toga se radi usporedba ponude ukoliko dođe do promjene u projektu. Zatim dolazi izrada radioničkih nacrti prema potvrđenim detaljima i prema dogovoru s voditeljem ureda. Na kraju se naručuje potreban materijal i trgovačka roba koji se ne nalaze u zalihama. U trećoj fazi se provjerava odgovaraju li dimenzije iz projekta stvarnom prostoru koji se oprema. Provjeravaju se dimenzije pristupnih prilaza, poput ulaza u garažu, veličine liftova i ulaznog otvora dućana, zbog istovara i montaže. Nakon toga se puštaju radni nalozi u proizvodnju i prati se stanje elemenata. U ovoj fazi se obavještavaju kupci o stanju projekta i dogovara vrijeme i način isporuke. Također se u stvarnom vremenu prati usporedba planiranih troškova u odnosu na stvarne. Nakon završetka

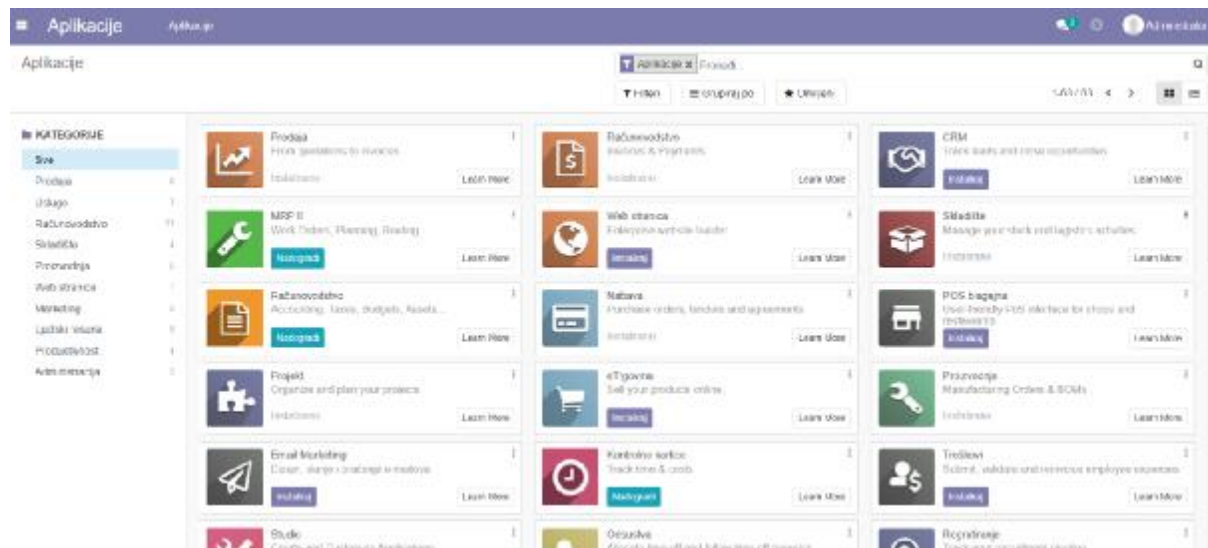
proizvodnje, finalno se definira način isporuke i proizvodi se pakiraju i isporučuju kupcu. U vrijeme trajanja isporuke, definira se adekvatan broj montera i biraju se adekvatni monteri za montažu. Postavlja se rok montaže i definira odlaganje otpada. Po završetku montaže, vrši se pregled interijera s kupcem i potpisuje se primopredajni zapisnik. Na kraju se provodi analiza planiranih i stvarnih troškova podijeljena na proizvodnju, transport i montažu.



Slika 14. Dijagram toka projekta

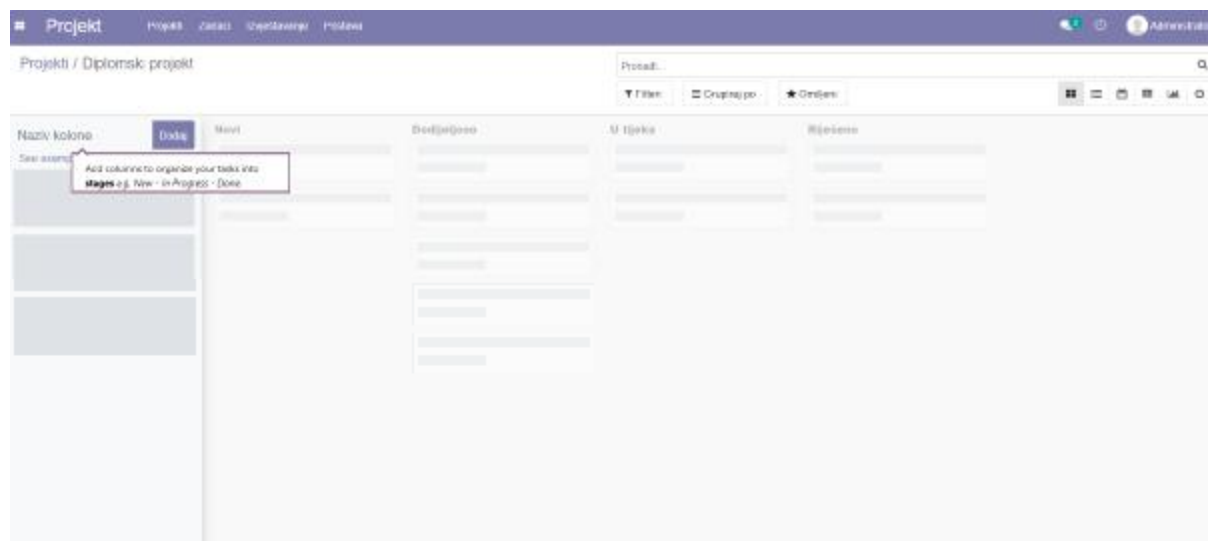
Radi čuvanja poslovnih tajni poduzeća, u sklopu projekta nisu uključeni stvarni troškovi materijala, cijene proizvoda i radionički nacrti.

Na Slici 15. prikazano je sučelje Odoo softvera s izborom aplikacija. Aplikacije koje se nalaze u sklopu besplatne Community verzije dostupne su za instalaciju, dok uz aplikacije koje se plaćaju dolazi gumb *Nadogradi*. Vidljivo je da su aplikacije potrebne za ovaj projekt već instalirane.



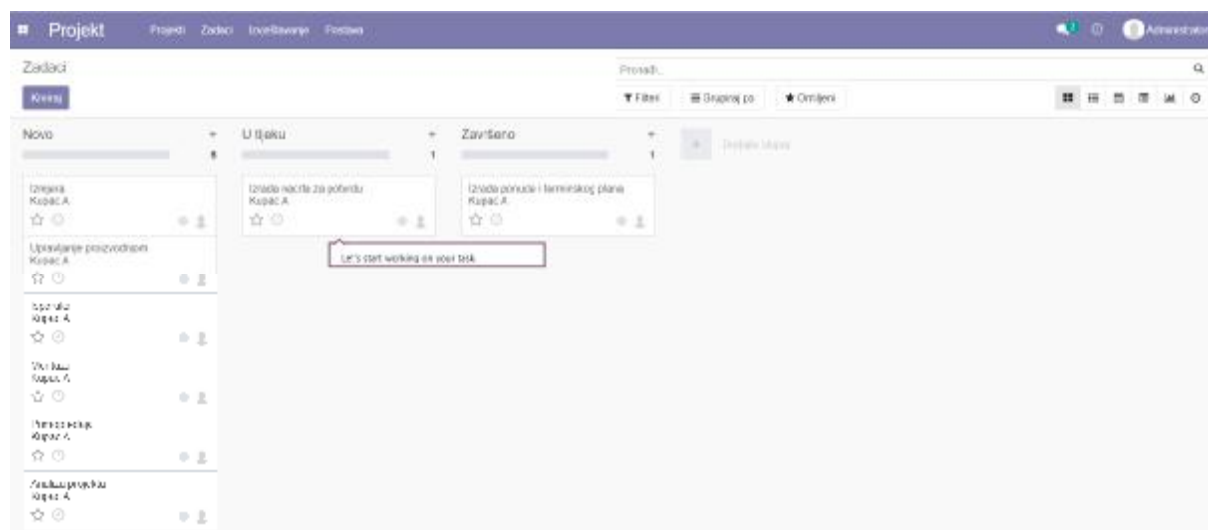
Slika 15. Dostupne aplikacije

Budući da proizvodnja kreće od projekta, potrebno je projekt raščlaniti na zadatke koji joj prethode i podijeliti članovima tima. Na Slici 16. je prikazan izgled jednog projekta prije dodjele zadataka. Oblačići za pomoć prisutni su kako bi olakšali novim korisnicima snalaženje u programu.



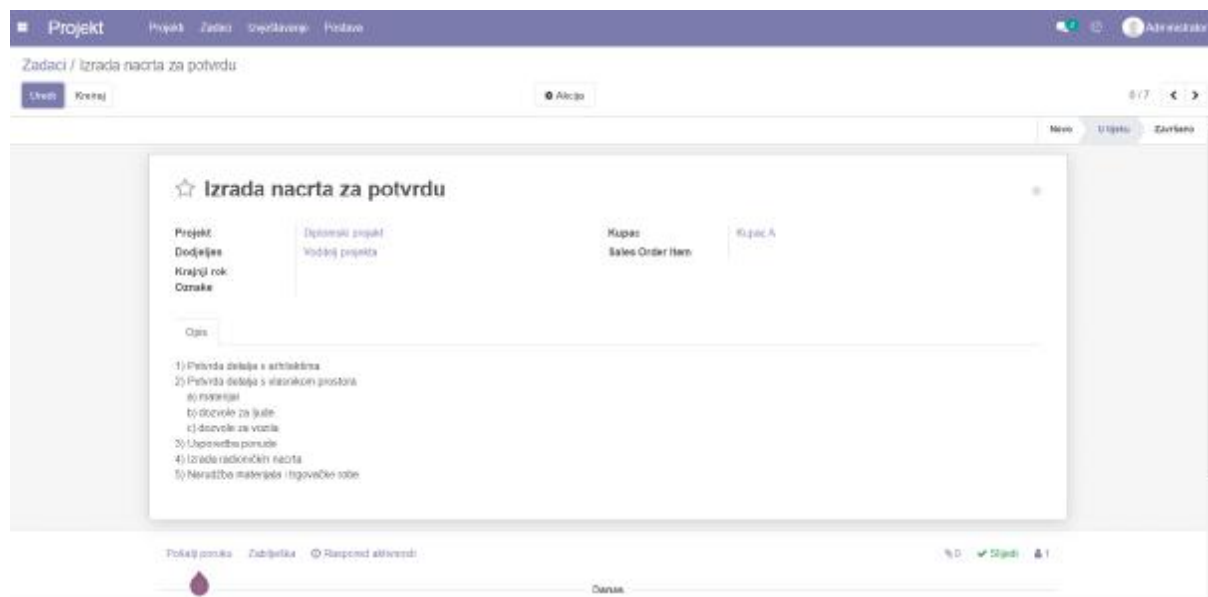
**Slika 16. Aplikacija za upravljanje projektima**

Prikaz zadataka unutar projekta je u stilu Kanban ploče. Ploča prikazuje postavljene zadatke u projektu i kupce za koje su vezani. Zadaci se jednostavno pomiču povlačenjem i ispuštanjem.



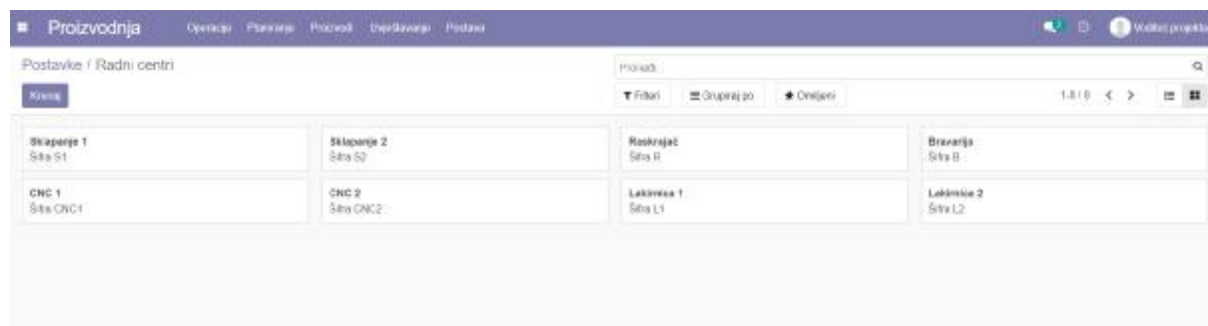
**Slika 17. Projekt na Kanban ploči**

U ovom slučaju, zadaci su podijeljeni na osam faza projekta, a unutar svakog zadatka se nalaze koraci koji se trebaju napraviti kako bi se završila faza. Na taj način je postignut jasniji pregled stanja projekta, dok je nedostatak što se ne može znati na kojem zadatku zadužena osoba radi bez da je se kontaktira direktno. Taj problem riješen je internim porukama unutar softvera koje se nalaze u donjem lijevom kutu Slike 18.



**Slika 18. Prikaz zadatka unutar projekta**

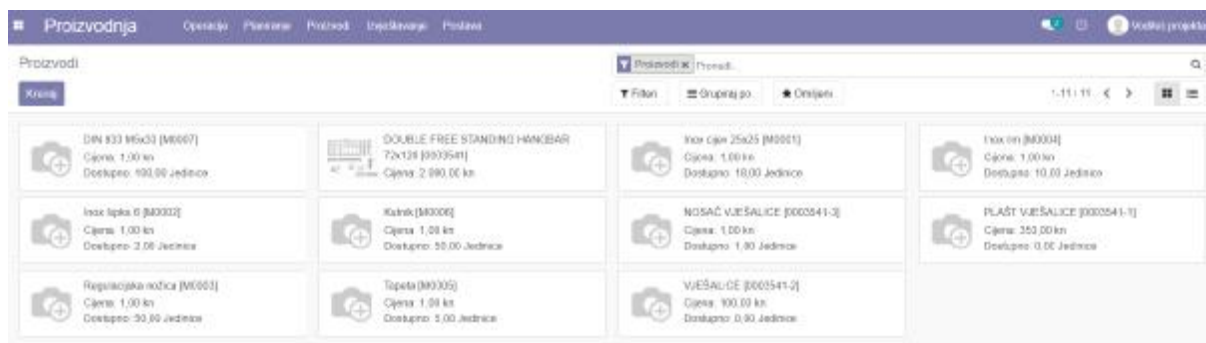
Kako bi aplikacija za upravljanje proizvodnjom radila bez problema, potrebno je napuniti bazu podataka. Za početak potrebno je kreirati radne centre na kojima će se izvoditi operacije u proizvodnji. Pregled radnih centara nalazi se na Slici 19.



**Slika 19. Radni centri**

Zatim je potrebno unijeti materijale, poluproizvode i gotove proizvode (Slika 20.). U prikazu je moguće vidjeti koliko proizvoda se nalazi na zalihama, njihova cijena, šifra i naziv. Kao što je već spomenuto, zbog poslovne tajne nisu prikazane stvarne cijene proizvoda.





Slika 20. Proizvodi

Kada su definirani materijali i proizvodi, kreiraju se sastavnice poluproizvoda i gotovih proizvoda. Unutar sastavnice mogu se vidjeti svi potrebni materijali i poluproizvodi, kao i njihovi potrebni materijali te potrebne operacije i troškovi proizvodnje (Slika 21.).

The screenshot displays the 'BoM Structure & Cost' for the product 'DOUBLE FREE STANDING HANGBAR 72x120'. The table below shows the hierarchical structure of the product, including its components, their quantities, and associated costs.

Proizvod	Sastavnica	Količina	Trošak proizvoda	Trošak BOM-a
(0003541) DOUBLE FREE STANDING HANGBAR 72x120	(0003541) DOUBLE FREE STANDING HANGBAR 72x120	1,00	1.000,00 kn	0,00 kn
+ (0003541-1) PLAŠT VJEŠALICE	(0003541-1) PLAŠT VJEŠALICE	1,00	350,00 kn	0,00 kn
- (M0004) Inoc (kn)	(M0004) Inoc (kn)	1,00	0,00 kn	0,00 kn
- (M0002) Inoc šipka Ø (kn)	(M0002) Inoc šipka Ø (kn)	1,00	0,00 kn	0,00 kn
- (M0001) Inoc cijev 25x25 (kn)	(M0001) Inoc cijev 25x25 (kn)	1,00	0,00 kn	0,00 kn
- (M0003) Regulacijska nožica (kn)	(M0003) Regulacijska nožica (kn)	1,00	0,00 kn	0,00 kn
+ (M0006) Kabak	(M0006) Kabak	50,00	50,00 kn	0,00 kn
- (M0005) Tapeta (kn)	(M0005) Tapeta (kn)	1,00	0,00 kn	0,00 kn
- (M0003) Regulacijska nožica (kn)	(M0003) Regulacijska nožica (kn)	1,00	0,00 kn	0,00 kn
- (M0006) Kabak	(M0006) Kabak	4,00	0,00 kn	0,00 kn
- (M0007) DIN 933 M5x3 (kn)	(M0007) DIN 933 M5x3 (kn)	2,00	0,00 kn	0,00 kn
+ (M0001) Inoc cijev 25x25 (kn)	(M0001) Inoc cijev 25x25 (kn)	8,00	0,00 kn	0,00 kn
+ (M0002) Inoc šipka Ø (kn)	(M0002) Inoc šipka Ø (kn)	120,00	0,00 kn	0,00 kn
	Unit Cost		1.000,00 kn	0,00 kn

Slika 21. Struktura sastavnice

Proizvodnja počinje kreiranjem i izdavanjem radnih naloga. Radni nalog gotovog proizvoda povlači materijale i poluproizvode iz zaliha i ne može se pustiti u proizvodnju dok nisu svi poluproizvodi završeni (Slika 22.).

Proizvod	Za potrošiti	Rezervirano	Ubrskeno
[000354]-1-PLAŠT VJEŠALICE	0.00 / 1.00	Exp: 11.01.2021	0.00
[000354]-2-VJEŠALICE	0.00 / 1.00	Exp: 12.01.2021	0.00
[000354]-3-NOSAČ VJEŠALICE	0.00 / 1.00	1.00	0.00
[00035] Regulajska ročica	0.00 / 4.00	4.00	0.00
[00035] Kutak	0.00 / 2.00	2.00	0.00
[00037] DIN 913 M6x38	0.00 / 8.00	8.00	0.00

Slika 22. Radni nalog gotovog proizvoda

Radni nalog gotovog proizvoda automatski se pušta u proizvodnju čim sustavu stigne informacija da su završeni svi radni nalozi poluproizvoda.

Vezna oznaka	Planirani datum	Proizvod	Izvor	Material Availability	Količina	Stanje
WH/MO/00001	Sutra	[000354] DOUBLE FREE STANDING HANGBAR 72x120	Spremljeno	Spremljeno	1.00	Stavljeno
WH/MO/00002	Sutra	[000354]-2 VJEŠALICE [000354] DOUBLE FREE STANDING HANGBAR 72x120	Spremljeno	Spremljeno	1.00	Stavljeno
WH/MO/00004	Danas	[000354]-3 NOSAČ VJEŠALICE	Spremljeno	Spremljeno	1.00	Stavljeno

Slika 23. Lista aktivnih radnih naloga

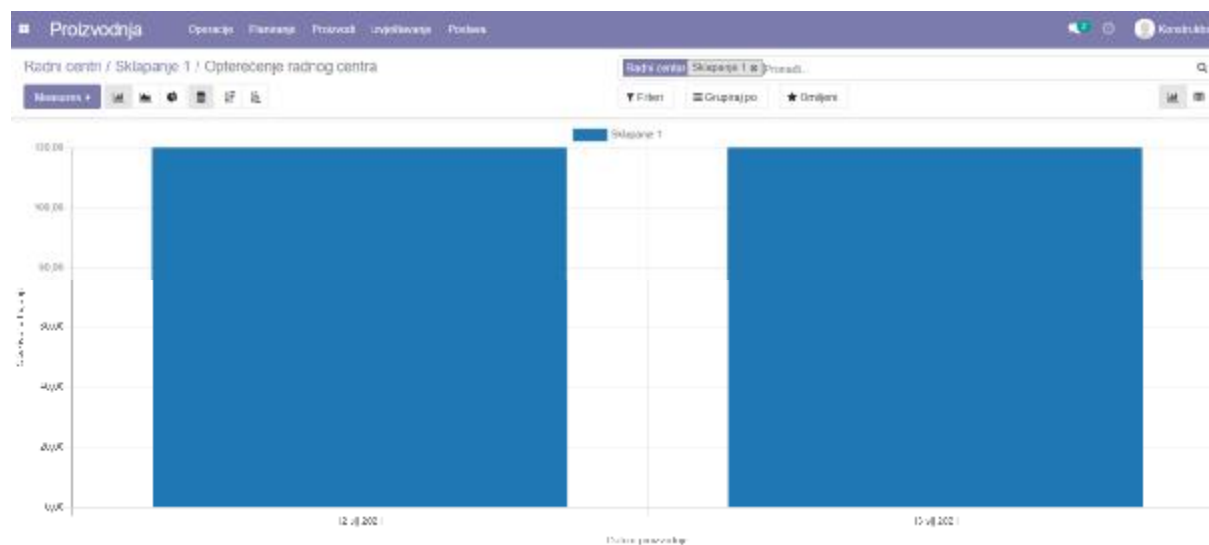
U realnom vremenu može se pratiti stanje aktivnih radnih naloga (Slika 24.).

Operacija	Radni centar	Nalog za proizvodnju	Planirani datum početka	Očekivano trajanje	Stvarno trajanje	Status
Spakiranje	Sklopnja 1	WH/MO/00001	12.01.2021 09:30:00	60:00	00:00	Spremljeno
Sklopnja	Sklopnja 1	WH/MO/00001	12.01.2021 10:30:00	60:00	00:00	Waiting for another WO
Rezanje	Bravara	WH/MO/00003	12.01.2021 09:30:00	15:00	00:00	Spremljeno
Završavanje	Bravara	WH/MO/00003	12.01.2021 09:15:00	33:00	00:00	Waiting for another WO

Slika 24. Aktivni radni nalozi u realnom vremenu

U svakom trenu može se vidjeti OEE radnog centra (Slika 25.). Iako OEE stroja nije značajan ključni pokazatelj u projektno orijentiranoj proizvodnji, postavljanjem radnih centara

kao odjela sa strojevima može se dobiti okvirna informacija o efektivnosti radnika unutar odjela.



**Slika 25. Dijagram opterećenja radnog centra**

Na primjeru proizvodnje jedne dvostrane aluminijske vješalice, potvrđeno je kako se pomoću Odoo-a može besplatno do određene mjere automatizirati upravljanje procesom proizvodnje. Sustav je jednostavan za korištenje i odličan je početak novim poduzećima koja si ne mogu priuštiti ERP sustav ili žele kapital uložiti u strojeve, opremu, materijal i ljude. Međutim, mnoge su opcije rezervirane za poslovni model softvera. Predlaže se da se Community verzija iskoristi kao uvod u poslovanje i u budućnosti uloži u dodatne opcije koje softver pruža ili prijeđe na drugi gotovi ERP softver.

## 7. ZAKLJUČAK

Mikro i mala poduzeća sa svojih 98,6% od ukupnog broja poduzeća u Republici Hrvatskoj značajan su udio na tržištu. Budući da je broj zaposlenih značajno ograničen, mikro i mala poduzeća ne mogu konkurirati velikim obujmom proizvodnje te se fokusiraju na veliku varijabilnost proizvoda. Takva poduzeća su uglavnom projektno i rade po MTO ili ETO principu iz čega proizlaze uštede skladištenja jer se materijal većinom naručuje nakon ugovaranja projekta. Takav pristup sa sobom povlači veće troškove materijala jer su narudžbe kod dobavljača manje pa izostaje ekonomija razmjera. Zbog projektnog načina organizacije, postoji velika varijacija u projektima i povećana su vremena zastoja i pripreme proizvodnje, a upravo je poštivanje rokova glavni cilj i ključni pokazatelj izvrsnosti mikro i malih poduzeća. Osoba zadužena za upravljanje proizvodnjom ima težak zadatak skratiti vodeće vrijeme i vrijeme pripreme i time smanjiti troškove proizvodnje te povećati iskoristivost radnika i strojeva. Velik nedostatak kod upravljanja mikro i malim poduzećima je što njima često upravljaju osobe visokog operativnog znanja, ali slabog upravljačkog. Kako bi se uklonio taj nedostatak, potrebno je zaposliti osobu s odgovarajućim znanjima ili omogućiti edukaciju postojećih rukovodećih osoba. Značajan napredak u upravljanju proizvodnjom projektno orijentiranih mikro i malih poduzeća se može postići primjenom i prilagodbom postojećih metoda poput SHEN metodologije te PERT ili CPM metode. Osim predloženih prikladnih metoda za upravljanje proizvodnjom, u radu je predložen okvir za upravljanje proizvodnjom projektno orijentiranih mikro i malih poduzeća. Predloženi okvir služi za definiranje procesa u novoosnovanim poduzećima, ali i za modifikaciju postojećih procesa unutar aktivnih poduzeća. Naglasak u formuliranju okvira bio je na robusnosti kako bi bio primjenjiv na većinu projektno orijentiranih mikro i malih poduzeća. Taj okvir potrebno je podržati softverskim rješenjem za upravljanje proizvodnjom, tj. ERP sustavom. Predložena je primjena open source ERP sustava koji omogućuje mikro i malim poduzećima organizaciju poslovanja uz minimalne direktne inicijalne troškove. Kao i kod svake implementacije softverskih rješenja, postoje skriveni troškovi poput obuke radnika i pada produktivnosti dok se radnici ne naviknu na rad u novom sustavu. Iako postoje ograničenja u primjeni open source ERP sustava, on sadrži sve ključne funkcije za upravljanje proizvodnjom i integraciju proizvodnog modula sa skladištem, nabavom i prodajom. Predloženo rješenje nudi dodatnu mogućnost kreiranja vlastitih aplikacija koje poduzeću omogućuju prilagodbu poslovanja i integraciju s drugim softverskim rješenjima. Kako bi se potvrdila valjanost odabranog procesa, preuzet je projekt iz poduzeća koje se bavi

proizvodnjom umjetničkog namještaja i na primjeru proizvodnje dvostrane vješalice prikazane su mogućnosti softverskog rješenja i istaknute njegove prednosti.

## LITERATURA

- [1] Zakon o računovodstvu, NN 78/15, 134/15, 120/16, 116/18
- [2] Turner, R., Ledwith, A., & Kelly, J. (2012). *Project management in small to medium-sized enterprises. Management Decision*, 50(5), 942–957
- Kaesche H. Corrosion of metals: Physicochemical principles and current problems. Berlin: Springer; 2003.
- [3] Izvješće o malim i srednjim poduzećima u Hrvatskoj – 2019. CEPOR, Zagreb
- [4] Matt, D. T., & Rauch, E. (2013). *Implementation of Lean Production in Small Sized Enterprises. Procedia CIRP*, 12, 420–425
- [5] Hegedić M. Predavanja iz kolegija Proizvodni menadžment. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2020.
- [6] Anil Kumar, S., Suresh, N. PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT (With Skill Development, Caselets and Cases). 2nd ed. New Delhi: New Age International (P) Ltd.; 2008.
- [7] Persona, A., Regattieri, A., & Romano, P. (2004). An integrated reference model for production planning and control in SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(7), 626–640. doi:10.1108/17410380410555871
- [8] Deep, A., Guttridge, P., Dani, S., & Burns, N. (2008). *Investigating factors affecting ERP selection in made-to-order SME sector. Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(4), 430–446. doi:10.1108/17410380810869905
- [9] <https://www.leanproduction.com/smed.html> Pristupljeno: 14. rujna 2020.
- [10] Heizer J., Render, B. Principles of Operations Management 9th ed. Harlow: Pearson Education Limited; 2014.
- [11] Shaladdin Muda, M., & Hendry, L. (2003). *The SHEN model for MTO SMEs. International Journal of Operations & Production Management*, 23(5), 470–486.
- [12] Rose, A.M.N., Deros, B.Md., Rahman, M.N.Ab. & Nordin, N. (2011). *Lean manufacturing best practices in SMEs. International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Kuala Lumpur, Malaysia*
- [13] <https://en.wikipedia.org/wiki/Benchmarking> Pristupljeno: 10. rujna 2020.
- [14] Rakićević Z., Omerbegović-Bijelović J., Lečić-Cvetković D. (2016) *Open source Enterprise Resource Planning: Solution for production planning in SMEs. Symorg2016*
- [15] <https://www.odoo.com/page/editions> Pristupljeno: 10. siječnja 2020.