

# Primjena ERP sustava za planiranje i upravljanje proizvodnjom

---

Tirić, Ivan

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:235:682640>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-11**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Ivan Tirić**

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Miro Hegedić

Student:

Ivan Tirić

Zagreb, 2021.

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

Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Miri Hegediću na svojoj pruženoj pomoći i savjetovanju prilikom izrade ovoga rada.

Zahvaljujem prijateljima, kolegama, a najviše roditeljima i bratu na pruženoj podršci tijekom studiranja.

Ivan Tirić



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: <b>602 - 04 / 21 - 6 / 1</b>	
Ur.broj: <b>15 - 1703 - 21 -</b>	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Ivan Tirić** Mat. br.: 0108062554

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Primjena ERP sustava za planiranje i upravljanje proizvodnjom**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Use of ERP system for production planning and management**

Opis zadatka:

Danas većina poduzeća koristi određene informatičke sustave kako bi upravljala svojim resursima i procesima. Općenito, sustavi za planiranje resursa poduzeća (*engl. Enterprise resource planning (ERP)*) su već dugo u upotrebi, a s vremenom dobivaju nove i bolje funkcionalnosti. Sama primjena ERP sustava u proizvodnji povezana je uz MRP, MRP II i MES sustave, a najčešće se radi o jedinstvenom rješenju. Na tržištu postoje brojni proizvođači ERP softvera kao što su Microsoft, SAP, Odoo i drugi.

U radu je potrebno:

1. Objasniti planiranje i upravljanje proizvodnjom.
2. Opisati osnovne funkcionalnosti ERP sustava.
3. Istražiti trendove u ERP sustavima.
4. Analizirati dostupne ERP softvere i detaljnije objasniti jednog od njih.
5. Na jednom jednostavnom realnom primjeru prikazati primjenu odabranog ERP sustava

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

Zadatak zadan:  
 30. studenoga 2020.

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.

Zadatak zadao:

*Hegedić Miro*

Doc. dr. sc. Miro Hegedić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA .....	III
POPIS akronima i kratica.....	IV
SAŽETAK .....	V
SUMMARY .....	VI
1. UVOD .....	1
2. Planiranje i upravljanje proizvodnjom .....	3
2.1 Ahenski PPS model .....	4
2.2 Pogled zadataka/obaveza .....	5
2.3 Pogled arhitekture procesa.....	8
2.4 Procesni pogled.....	8
2.5 Funkcijski pogled.....	9
2.6 IT-sustavi u proizvodnoj okolini .....	10
2.7 Sustavi za planiranje i upravljanje proizvodnjom .....	12
3. ERP IT-sustav .....	21
3.1. ERP moduli.....	22
3.2. SAP moduli.....	26
3.2.1 SAP Proizvodnja.....	27
3.2.2 SAP Proizvodnja – Proizvodno inženjerstvo.....	27
3.2.3 SAP Proizvodnja – Planiranje proizvodnje .....	29
3.2.4 SAP Proizvodnja – Proizvodne operacije (izvršenje i upravljanje).....	31
3.2.5 SAP Proizvodnja – Prošireno planiranje i terminiranje proizvodnje.....	34
3.2.6 SAP Proizvodnja – Prošireno proizvodno inženjerstvo i operacije (PEO).....	36
3.2.7 SAP Proizvodnja – Upravljanje kvalitetom.....	37
4. Usporedba ERP sustava i trendovi .....	39
4.1. Usporedba ERP sustava.....	39
4.2. Trendovi.....	44
5. REALNI PRIMJER.....	46
6. ZAKLJUČAK .....	52
LITERATURA .....	53

## POPIS SLIKA

Slika 1. Evolucijske razine proizvodne logistike [6] .....	4
Slika 2. Dilema planiranja redoslijeda [9] .....	15
Slika 3. Pregled PPS sustava [9] .....	16
Slika 4. MRPII koncept [9] .....	18
Slika 5. <i>Kanban</i> naspram klasičnog PPS sustava [9] .....	20
Slika 6. <i>eKanban</i> [9] .....	20
Slika 7. Trostupanjska arhitektura [11] .....	22
Slika 8. Podjela modula klasičnog SAP R/3 sustava [12] .....	23
Slika 9. Struktura i veze osnovnih ERP modula za proizvodne opskrbne lance [13] .....	25
Slika 10. Podržani procesi u ERP IT sustavu za proizvodne opskrbne lance [13] .....	26
Slika 11. Materijalna sastavnica [12] .....	28
Slika 12. Narudžbena sastavnica [12] .....	29
Slika 13. Transfer podataka SAP S/4HANA i MES [12] .....	33
Slika 14. Granične zone sigurnosnih/stabilizacijskih zaliha[12] .....	35
Slika 15. Prediktivno planiranje materijala i resursa [12] .....	36
Slika 16. Usporedba funkcionalnosti upravljanja zalihama (1) [14] .....	40
Slika 17. Usporedba funkcionalnosti upravljanja zalihama (2) [14] .....	41
Slika 18. Usporedba funkcionalnosti proizvodnje (1) [14] .....	42
Slika 19. Usporedba funkcionalnosti proizvodnje (2) [14] .....	43
Slika 20. Odoo glavni izbornik [18] .....	46
Slika 21. Izvadak iz pregleda proizvoda u Odoo sustavu [18] .....	47
Slika 22 Detalji proizvoda u Odoo sustavu [18] .....	47
Slika 23. Sastavnica proizvoda u Odoo sustavu [18] .....	48
Slika 24 Pregled operacija za proizvod u Odoo sustavu [18] .....	48
Slika 25. Sastavnica proizvoda i struktura troškova u Odoo sustavu [18] .....	49
Slika 26. Pregled radnih centara u Odoo sustavu [18] .....	49
Slika 27. Izvadak iz pregleda operacija u Odoo sustavu [18] .....	50
Slika 28. Glavni raspored proizvodnje u Odoo sustavu [18] .....	50
Slika 29. Planiranje radnih naloga u Odoo sustavu [18] .....	51
Slika 30. Pregled radnih naloga u Odoo sustavu [18] .....	51

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Struktura pogleda zadataka [3] .....	6
Tablica 2. Zadaci planiranja i upravljanja proizvodnjom [3] .....	7
Tablica 3. IT sustavi u proizvodnoj okolini [3] .....	11
Tablica 4. Podjela funkcionalnosti po ahenskom PPS modelu [3] .....	11
Tablica 5. Terminiranje rasporeda operacija [9] .....	14



## POPIS AKRONIMA I KRATICA

- BDE** prikupljanje operativnih podataka (*njem. Betriebsdatenerfassung*)
- BGD** zalihama upravljani protok (*njem. bestandsgerechte Durchflusssteuerung*)
- BOA** otpuštanje naloga usmjereno na opterećenje (*njem. Belastungsorientierte Auftragsfreigabe*)
- BOM** sastavnica (*eng. Bill of Materials*)
- CAD** oblikovanje pomoću računala (*eng. Computer Aided Design*)
- CAE** konstruiranje pomoću računala (*eng. Computer Aided Engineering*)
- CAM** proizvodnja pomoću računala (*eng. Computer Aided Manufacturing*)
- CAP** planiranje pomoću računala (*eng. Computer Aided Planning*)
- CAQ** osiguranje kvalitete pomoću računala (*eng. Computer Aided Quality Assurance*)
- CIM** računalno integrirana proizvodnja (*eng. Computer Integrated Manufacturing*)
- DRP** distribucijsko planiranje resursa (*eng. Distribution Resource Planning*)
- EDM** upravljanje konstrukcijskim podacima (*eng. Engineering Data Management*)
- ERP** planiranje resursa poduzeća (*eng. Enterprise Resource Planning*)
- FIR** istraživački institut za racionalizaciju (*njem. Forschungsinstitut für Rationalisierung*)
- FZS** sistem brojki o napretku (*njem. Fortschrittszahlensystem*)
- IoT** internet stvari (*eng. Internet of Things*)
- IT** informacijske tehnologije (*eng. Information Technology*)
- MDE** prikupljanje strojnih podataka (*njem. Maschinendatenerfassung*)
- MES** sustav za upravljanje proizvodnjom (*eng. Manufacturing Execution System*)
- MRP** planiranje materijalnih potreba (*eng. Material Requirements Planning*)
- MRP II** planiranje proizvodnih resursa (*eng. Manufacturing Resource Planning*)
- OPT** optimizirana proizvodna tehnologija (*eng. Optimized Production Technology*)
- PDM** upravljanje podacima o proizvodu (*eng. Product Data Management*)
- PPS** planiranje i upravljanje proizvodnjom (*njem. Produktionsplanung und -steuerung*)
- SCM** upravljanje opskrbnim lancem (*eng. Supply Chain Management*)
- SCOR** operacijska referenca za opskrbni lanac (*eng. Supply Chain Operation Reference*)
- TPS** Toyota sustav proizvodnje (*eng. Toyota Produktion System*)

## SAŽETAK

Korištenje informacijskih sustava u poduzećima je postala nužnost. Tvrtke koje nemaju strategije digitalne transformacije, gube korak sa konkurencijom. Središte tih napora mora biti ERP IT sustav, jer se on može usporediti kao središnji živčani sustav poduzeća. Kroz njega prolaze svi tokovi informacija, preko njega upravlja se svim drugim sustavima, što direktno što indirektno. U prvom dijelu ovog rada teorijski je opisano planiranje i upravljanje proizvodnjom, osnovne funkcionalnosti ERP IT sustava, detaljnije je analiziran ERP IT sustav S/4HANA od tvrtke SAP AG koji je vodeći ERP software (u okvirima planiranja i upravljanja proizvodnjom) te na kraju ovog dijela rada su istraženi trendovi i smjer kretanja ERP industrije. Drugi dio rada jest prikaz primjene Odoo ERP sustava u okvirima planiranja i upravljanja proizvodnjom.

Ključne riječi: planiranje i upravljanje proizvodnjom, PPS, ERP, SAP S/4HANA, Odoo

## **SUMMARY**

The use of information systems in enterprises has become a necessity. Companies that do not have digital transformation strategies are losing pace with the competition. The focal point of these efforts must be the ERP IT system, as it can be compared to the central nervous system of an enterprise. All information flows through it, all other systems are managed through it, some directly and others indirectly. The first part of this paper theoretically describes production planning and control, the basic functionality of ERP IT systems, gives a detailed analysis (within the framework of production planning and control) of the ERP IT system S/4HANA from the company SAP AG which is the leading ERP software vendor, and the final section explores the trends and direction of the ERP industry. The second part of the paper is a presentation of the application of Odoo ERP system in the framework of production planning and control.

**Key words:** production planning and control, PPS, ERP, SAP S/4HANA, Odoo

## 1. UVOD

Pod pojmom ERP se razumije poslovna zadaća planiranja i upravljanja resursima poduzeća kao što su kapital, osoblje, oprema, materijali i informacije. U današnje vrijeme se ta zadaća obavlja pomoću IT sustava koji se nalaze na lokaciji poduzeća ili u oblaku te se jednako oslovljavaju kao ERP sustavi. Mnogi ERP sustavi su proizašli iz MRP II, dok su ostali nastali 80-tih godina 20. stoljeća iz potrebe povezivanja raznih poslovnih sustava u cjeloviti sustav. U isto vrijeme se razvio CIM pristup, u kojem se nastojalo povezati poslovne i tehničke procese u poduzećima, te u tehničkom dijelu imati dosljednu informacijsku povezanost od konstrukcije do proizvodnje, poznati koncepti CIM pristupa su Y-model autora August Wilhelm Scheer te X-model od Mertens et al [1, 2]. CIM pristup je 1985. godine u Saveznoj Republici Njemačkoj definiran od strane odbora za ekonomsku proizvodnju (*njem. Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung*) na sljedeći način: "CIM opisuje integriranu uporabu elektroničke obrade podataka u svim operativnim područjima povezanim s proizvodnjom. Ono obuhvaća informacijsko-tehničku interakciju između CAD, CAP, CAM, CAQ i PPS. Ovdje se trebaju integrirati tehničke i organizacijske funkcije za stvaranje proizvoda. To zahtijeva korištenje centralne baze podataka." No uvođenje i široka primjena CIM pristupa u praksi je međutim bila povezana s raznim problemima. Postoje razni tehnološki, organizacijski i ekonomski razlozi koji su spriječili potpunu provedbu. Slaba točka koncepta bio je pothvat potpuno automatizirane proizvodnje, potpuno pusta tvornica gdje bi samo strojevi radili je bio cilj mnogih inženjera. No podcjenilo se je složenost problema. Stalne tekuće promjene proizvoda i procesa su se pokazale kao veliki problemi za potpunu automatizaciju. Međutim, ne može paušalno reći da CIM pristup nije uspio. Iz tog vremena potječu razni pristupi automatizaciji te računalno potpomognute metode planiranja proizvodnje [1]. Zbog stalno rastućih računalnih mogućnosti IT sustava sve smo bliži idelnoj proizvodnji kakvu se je htjelo postići u začetku CIM pristupa, ali sve i ako se ne dostigne tvornica bez ljudi napredak će se isplatiti. ERP sustavi su jako unaprijedili informacijsku integriranost u tvrtkama. Jedna od osnovnih zadaća ERP sustava u industrijskim poduzećima jest planiranje i upravljanje proizvodnjom u kojima su sadržani koncepti MRP i MRP II. Pri planiranju i upravljanju proizvodnjom se planiraju i realiziraju proizvodni koraci, kako bi se postigli predviđeni ciljevi proizvodnje. Glede teorijskog redoslijeda pojedinih koraka, koji se moraju poduzeti u procesu planiranja i upravljanja proizvodnjom, ne postoji konsenzus u znanstvenoj literaturi [2]. No u literaturi vlada koncept hijerarhijsko-sekvencijalnog PPS koncepta za opisivanje zadaća i koraka pri planiranju i

upravljanju proizvodnjom, koji se u pravilu odnosi na specijalni slučaj proizvodnje za skladište/zalihe (*eng. make-to-stock*) [2] tj. anonimne proizvodnje gdje se ne zna kupac unaprijed. Najrasprostranjeniji koncept za teorijsku i praktičnu razradu planiranja i upravljanja proizvodnjom u DACH regiji (Njemačka, Austrija, Švicarska) jest "*Aachener PPS-Modell*" tj. ahenski model planiranja i upravljanja proizvodnjom te će taj model poslužiti u ovome radu kao osnova za opisivanje planiranja i upravljanja proizvodnjom. Model je razvijen na FIR institutu sveučilišta RWTH Aachen.

## 2. PLANIRANJE I UPRAVLJANJE PROIZVODNjom

Globalizacija, povećanje individualiziranih narudžbi, cjenovni pritisci i slične pojave na tržištima su dovele do strukturalnih promjena u proizvodnoj industriji. Te promjene se uočavaju kod tendencije poduzeća da se koncentriraju na proizvodnju gdje imaju najveće kompetencije i znanje, kod ostatka dijelova se uzimaju vanjske usluge od tvrtki koje su specijalizirane za proizvodnju takvih dijelova. Planiranje i upravljanje proizvodnje zbog toga više ne znači samo planiranje unutar poduzeća, već i organizacija i upravljanje proizvodnim/logističkim mrežama. Mreža je postala najvažnija i najmodernija organizacijska forma proizvodnih poduzeća. No u ovom radu će naglasak biti stavljen na planiranje i upravljanje proizvodnjom unutar tvrtke. Pojam planiranje i upravljanje proizvodnjom nastao je 1980-tih godina kako bi se upravljanje materijalom i upravljanje vremenom u proizvodnoj industriji povežalo u jednom nadređenom konceptu [3]. U knjizi "*Produktionsplanung und -steuerung (PPS)*" iz 1989.g autora R. Hackstein je opisana prva široko prihvaćena definicija planiranja i upravljanja proizvodnjom, od tada se naravno definicija sve više proširivala da bi danas obuhvaćala cijelu tehničku stranu odvijanja narudžbe od obrade ponude do otpreme robe. Zadaća planiranja i upravljanja proizvodnjom jest planiranje i upravljanje terminima, kapacitetima, količinama, proizvodnim i montažnim procesima [4]. Planiranje proizvodnje ustrojava procese proizvodnje i montaže te njihov sadržaj. Upravljanje proizvodnje se bavi slijedom operacija tokom odvijanja naloga [3]. Planiranje i upravljanje proizvodnjom zauzima posebno mjesto u proizvodnoj logistici (*njem. Produktionslogistik*), definicija proizvodne logistike jest da ona obuhvaća sve radnje koje su u vezi sa tokom materijala i informacija sirovina, poluproizvoda, kupljenih dijelova od skladišta do proizvodnje, kroz stupnjeve proizvodnog procesa uključujući međuskladištenja/privremena skladištenja, montaže sve do skladišta gotovih proizvoda [5]. Kod MRP paradigme je najvažnije bilo utvrditi potrebe za materijalom, MRPII je dodao kapacitete strojeva i radnika u razmatranje resursa. Zbog povijesno gledano ograničenih računalnih resursa te zbog redukcije kompleksnosti se to razmatranje odvijalo u okviru sukcesivnog planiranja pri neograničenim kapacitetima (okvirno planiranje, *njem. Grobplanung*). Takvo sukcesivno planiranje je onda višestruko provedeno sa uzimanjem restrikcija kapaciteta u obzir (detaljno planiranje, *njem. Feinplanung*), dok se nije došlo do, u pravilu, suboptimalnog plana proizvodnje. ERP predstavlja još uvijek aktualni evolucijski stupanj proizvodne logistike (i planiranja i upravljanja proizvodnjom), gdje je objekt planiranja vrijednosni lanac unutar poduzeća. Na slici 1. se vidi evolucijski razvoj

proizvodne logistike. Kod ERP-a se uzimaju u obzir i financijski resursi te funkcije kao što su kontroling, marketing i održavanje. Serijsko planiranje kod MRP i MRPII se zamjenjuje simultanom planiranju koji daje rezultat u optimalnijim planovima proizvodnje. Paradigma SCM još proširuje to postupanje sa planiranjem resursa uzduž lanca opskrbe u dosluhu sa poslovnim partnerima [6]. Supply Chain Council je objavio referentni model za SCM naziva *Supply Chain Operation Reference* (SCOR). Procesi na koje se odnosi referentni model su: planiranje, nabava, proizvodnja te isporuka. Praktične polazne točke u SCM-u su oblikovanje protoka robe sa ograničavanjem na malobrojne (sistemske) dobavljače, s kojima se provodi intenzivan procesno i produktno orijentiran razvoj proizvoda. Pored toga SCM zadire u distribucijsku strategiju: centralizirano skladištenje ima svrhu smanjenja broja distribucijskih centara i skladišta za isporuku, pri čemu se koristi princip "glavčine i žbice" (*eng. Hub and Spoke*) poznat iz avio industrije. Smanjenje troškova i poboljšanje mogućnosti isporuke se odvija uzduž cijelog opskrbnog lanca, a tako i cjelokupno planiranje resursa i potreba [6]. Kod SCM paradigme se proširuje transfer informacija kroz komunikaciju poduzeća prema poduzeću (*eng. Business to Business Communication, B2B*) na podatke potreba, podatke količina, podatke kapaciteta, konstrukcijske podatke i podatke narudžbe/ugovora (termini, troškovi), pri čemu se povjerljivim poslovnim partnerima odobrava pristup na neke interne podatke [7].



Slika 1. Evolucijske razine proizvodne logistike [6]

## 2.1 Ahenski PPS model

Razvoj ahenskog PPS modela (model planiranja i upravljanja proizvodnjom) imao je za cilj, uz korištenje apstrakcije i pojednostavljenja, ilustrirati u modelu cjeloviti pogled na relevantne odnose u planiranju i upravljanju proizvodnjom [3]. U praksi to znači da je razvijen da efikasno podrži projekte sa sljedećim sadržajem [8]:

- odabir i uvođenje sustava za planiranje i upravljanje proizvodnjom (PPS)
- reorganizacija PPS sustava
- razvoj PPS koncepata ili

- razvoj PPS sustava
- harmonizacija PPS procesa

Prvenstvena zadaća ahenskog PPS modela jest opis dijelova planiranja i upravljanja proizvodnjom iz različitih pogleda, koji su potrebni u različitim (polu-)koracima pojedinog projekta. Isto tako još jedna zadaća ahenskog PPS modela jest podrška pri određivanju ciljnih veličina po kojima se mora sustav, koncept ili organizacija ustrojiti. Primjeri takvih ciljnih veličina su trajanje izvršenja narudžbe, potrošnja resursa ili troškovi izvršavanja narudžbe [3]. Ahenski PPS model se sastoji od 4 referentna pogleda na planiranje i upravljanje proizvodnjom, svaki pogled sadržava strukture i formulacije koje pogled predodređuju različitim namjenama. Ta četiri pogleda su: pogled zadataka/obaveza (*njem. Aufgabensicht*), pogled arhitekture procesa (*njem. Prozessarchitektursicht*), procesni pogled (*njem. Prozesssicht*), funkcijski pogled (*njem. Funktionssicht*), oni čine temelj za osmišljavanje koncepta i projektiranje planiranja i upravljanja proizvodnjom. Model se može proširiti za još dva pogleda (koji nisu referentni): ciljni pogled te pogled radnih mjesta [3].

## 2.2 Pogled zadataka/obaveza

Ovaj pogled opisuje zadatke planiranja i upravljanja proizvodnje specifično i detaljno u općenitoj (univerzalnoj) i hijerarhijskoj apstrakciji. Kako bi se zadovoljio uvjet univerzalnosti pogled mora ispuniti određene zahtjeve [3]:

- zadaci referentnog pogleda moraju biti neovisno strukturirani naspram različitih mogućnosti organizacijskih struktura sustava planiranja i upravljanja proizvodnjom (svaki zadatak referentnog pogleda može biti pridodan principijelno različitim jedinicama organizacijskih struktura ovisno o graničnim uvjetima organizacije/poduzeća)
- referentni pogled ne smije determinirati organizacijski uvjetovane tokove rada te mora biti neovisna o tipu poduzeća
- referentni pogled mora sa prikazanim apstrahiranim zadacima osigurati jednoznačan prikaz svakog zadatka specifičnog za poduzeće
- referentni pogled mora biti jednostavno koncipiran i omogućavati transparentno modeliranje planiranja i upravljanja proizvodnjom



- referentni pogled mora preslikavati interne i eksterne (mrežne) zadatke planiranja i upravljanja proizvodnjom

Struktura referentnog pogleda zadatka se sastoji od tri glavna zadatka [3]:

- mrežni zadaci
- temeljni zadaci
- zadaci presjeka obaveza (interni, unutar poduzeća)

Ti zadaci se naravno dijele na podzadatke, to je prikazano u tablici 1.

**Tablica 1.** Struktura pogleda zadatka [3]

<b>Mrežni zadaci</b>	<b>Temeljni zadaci</b>		<b>Zadaci presjeka obaveza</b>		
Konfiguracija mreže	Planiranje programa proizvodnje		Upravljanje narudžbama/nalozima	Upravljanje zalihama	Kontroling
Planiranje prodaje u sklopu mreže	Planiranje potreba proizvodnje				
Planiranje potreba mreže	Planiranje i upravljanje eksterne proizvodnje	Planiranje i upravljanje interne proizvodnje			
Upravljanje podacima					

Pogled zadatka služi za odjeljivanje područja odgovornosti kako glede dodjele zadatka pojedinim radnim mjestima odnosno organizacijskim jedinicama ili osobama/zaposlenicima, tako i glede opsega istraživanog područja [3]. Mrežni zadaci opisuju eksterni dio proizvodnje, temeljni zadaci opisuju interni dio proizvodnje, a zadaci presjeka služe za integraciju tih dvaju prethodnih zadatka, a time i za optimiranje sustava planiranja i upravljanja proizvodnjom. Upravljanje podacima se pripisuje svim glavnim zadacima pogleda zadatka jer u svakom dijelu sustava planiranja i upravljanja proizvodnjom postoji potreba za svrsihodno upravljanje, spremanje i pristup podacima[3]. Detaljnija podjela zadatka se vidi u tablici 2. na slijedećoj stranici.

**Tablica 2. Zadaci planiranja i upravljanja proizvodnjom [3]**

<b>Mrežni zadaci</b>	
Konfiguracija mreže	Planiranje asortimana proizvoda
	Dizajn mreže
Planiranje prodaje u sklopu mreže	Određivanje prodajnih količina
	Konsolidacija obujma prodaje
Planiranje potreba mreže	Planiranje kapaciteta mreže
	Alokacija mrežnih potreba
	Planiranje mrežne nabave
<b>Temeljni zadaci</b>	
Planiranje programa proizvodnje	Planiranje prodaje
	Primarne potrebe
	Okvirno planiranje resursa
Planiranje potreba proizvodnje	Istraživanje bruto sekundarnih potreba
	Istraživanje neto sekundarnih potreba
	Organizacija načina dobavljanja
	Terminiranje prolazaka (kroz sustav)
	Istraživanje potreba za kapacitetima
	Uskladiavanje kapaciteta
Planiranje i upravljanje interne proizvodnje	Izračun veličine serije
	Detaljno terminiranje
	Detaljno planiranje resursa
	Planiranje redoslijeda
	Ispitivanje dostupnosti
	Odobrenje narudžbe/naloga
Planiranje i upravljanje eksterne proizvodnje	Izračun naručivanja
	Skupljanje i ocjena ponuda
	Odabiranje dobavljača
	Odobrenje narudžbe/naloga
<b>Zadaci presjeka obaveza</b>	
Upravljanje narudžbama/nalozima	Obrada ponuda
	Obrada narudžbi/naloga
	Koordinacija narudžbi/naloga
Upravljanje zalihama	Planiranje zaliha (kratkotrajne imovine)
	Analiza zaliha
	Upravljanje lagerom
	Knjigovodstvo lagera
	Upravljanje šaržama
Kontroling	Pohrana informacija
	Uvođenje mjera
Upravljanje podacima	Matični podaci
	Transakcijski podaci

### 2.3 Pogled arhitekture procesa

Pogled arhitekture procesa je referentni pogled ahenskog PPS modela koja služi kao spona između referentnog pogleda zadataka i referentnog procesnog pogleda. Taj pogled je nastao iz potrebe boljeg povezivanja na sučeljima između zadataka mrežne razine (eksterno) i zadataka interne razine (unutar poduzeća), pošto su zadaci presjeka obaveza isključivo za opisivanje sučelja na internoj razini. Ovaj pogled opisuje raspodjelu i koordinaciju pojedinih procesa i elemenata procesa na mrežnoj razini. Ovisno o strukturi mreže je i ta raspodjela i koordinacija naravno različita, no i proizvodi te vrsta suradnje također imaju utjecaja na procesnu arhitekturu. Zbog toga su autori ahenskog PPS modela razvili 5 različitih procesnih arhitektura, od kojih svaka opisuje jednu strukturu mreže. Tako da referentni procesni pogled zajedno sa procesnom arhitekturom na mrežnoj razini čine temelj projektiranje eksternog dijela planiranja i upravljanja proizvodnjom [3]. Tih 5 procesnih arhitektura su [3]:

- projektna mreža (*njem. Projektnetzwerk*)
- hijerarhijski stabilni lanac (*njem. Hierarchisch-stabile Kette*)
- mreža hibridne proizvodnje (*njem. Hybridfertigungs-Netzwerk*)
- razvojno obilježena serijska mreža (*njem. Entwicklungsgeprägtes Serien-netzwerk*)
- eksterno određena dobavljačka mreža (*njem. Fremdbestimmtes Lieferanten-Netzwerk*)

### 2.4 Procesni pogled

Procesni referentni pogled ustrojava procese tj. dovodi ih u vremensko-logički red te sadržajno točnije opisuje odvijanje narudžbi. Uz vremensko-logički redoslijed također se definiraju sučelja prema uzvodnim i nizvodnim procesima odnosno prema eksternim partnerima. Referentni procesi se dokumentiraju na bazi norme DIN 66001 [3]. Ovaj pogled naravno razlikuje interna i eksterna područja. Kod eksternih područja, ovaj pogled modelira vremensko-logički redoslijed mrežnih zadataka iz pogleda zadataka, ovi zadaci se izvode u više poduzeća, zbog toga se mora podržati oblikovnim strategijama iz pogleda procesnih arhitektura [3]. Procesni pogled se tipološki dijeli na 4 vrste poduzeća i tipova odvijanja narudžbi [3]:

- konstrukcija (i proizvodnja) po narudžbi (*njem. Auftragsfertiger, eng. Engineer-to-order*)
- proizvodnja po narudžbi (*njem. Rahmenauftragsfertiger, eng. Make-to-order*)
- sklapanje po narudžbi (*njem. Variantenfertiger, eng. Assemble-to-Order*)
- proizvođač za lager/zalihe (*njem. Lagerfertiger, eng. Make-to-Stock*)

Ta podjela je razvijena zbog činjenice da ovaj pogled ovisi o modelu planiranja tj. je li planiranje centralizirano ili decentralizirano te ovisi o načinu odvijanja narudžbi u poduzeću. Svaka od ove 4 vrste modela/pogleda u sebi inherentno nosi i određenu strukturu planiranja i upravljanja proizvodnjom u poduzeću. Procesni modeli ne opisuju svaku moguću formu odvijanja narudžbi, nego služi kao početni model koji se onda nadograđuje i sve više diferencira [3].

## 2.5 Funkcijski pogled

Funkcijski referentni pogled služi za opis zahtjeva na ERP/PPS IT sustav koji bi podržavao sve interne aktivnosti planiranja i upravljanja proizvodnjom. Funkcije se opisuju semantički i uklopljene su u plitku hijerarhiju. Struktura odgovara modelu/pogledu zadataka (obaveza) tako da se funkcije koje podržavaju izvršavanje određenih zadataka mogu brzo identificirati [3]. Ta struktura, kao i struktura temeljnih zadataka u pogledu zadataka/obaveza, se sastoji od zadataka [3]:

- programa proizvodnje
- planiranja potreba proizvodnje
- planiranja i upravljanja eksterne proizvodnje
- planiranja i upravljanja interne proizvodnje

Naravno svaki taj zadatak se još detaljnije dijeli na podzadatke. Funkcije planiranja i upravljanja proizvodnjom se opisuju pomoću obilježja/značajki, koje se sastoje od sljedećih elemenata [3]:

- funkcijska značajka
- verbalni opis značajke i njezinih manifestacija (oblika)
- manifestacije (oblici)

Funkcije pri tome mogu sadržavati različite informacijsko-tehničke aspekte, a to među ostalim mogu biti [3]:

- funkcije za upravljanje podacima i strukturama podataka
- jasno razgraničeni algoritmi (metode)
- površinske značajke
- kompleksne funkcije koje sadržavaju podatke, metode i površinske značajke

## 2.6 IT-sustavi u proizvodnoj okolini

Zadaci planiranja i upravljanja proizvodnjom u proizvodnim poduzećima se modeliraju kao funkcionalnosti u IT sustavima, a ti IT sustavi podržavaju upravljanje podacima, izradu planova, koordinaciju odjela poduzeća, nadzor i upravljanje procesima i dr. Centralnu poziciju u tom mozaiku IT sustava zauzimaju ERP sustavi, oni imaju sučelja za sve druge sustave koji se koriste. Razvoj proizvoda koristi CAD/CAE sustave, pomoću njih se razvije proizvod, naprave sve sastavnice, CAM sustavi se koriste za razvijanje tehnologija proizvodnje i svi ti sustavi su spojeni na EDM/PDM sustave gdje se upravlja tim podacima (ili su te funkcionalnosti već integrirane) te oni koriste sučelje na ERP sustavu. Preko EDM/PDM sustava se šalju relevantni podaci kao što su sastavnice, vremena obrade itd. Tako da odjel razvoja proizvoda generira matične podatke za IT sustave zadužene za odvijanje naloga/narudžbi. U ERP sustavu dolazi do razlučivanja sastavnica i određivanja potreba proizvodnje, terminiranja i upravljanja kapacitetima, kao i drugih radnji povezanih s planiranjem i upravljanjem proizvodnje, ako to nije dovoljno detaljno, može se koristiti MES-sustav, opet preko sučelja ERP sustava, za detaljnije upravljanje proizvodnjom. Komunikacija MES odnosno ERP sustava sa proizvodnjom se odvija uz pomoć MDE/BDE sustava. Na višoj razini upravljanja i planiranja od ERP razine tj. na mrežnoj razini, koriste se SCM sustavi. Oni su zaduženi za upravljanje mrežnim funkcijama ili ako poduzeće ima više proizvodnih lokacija. Kod svih opisanih sustava često dolazi do preklapanja funkcionalnosti te ovisi o implementaciji svakog poduzeća koje zadaće će određeni sustav izvoditi. Ahenski PPS model ima naravno svoju podjelu funkcionalnosti po IT sustavima što je prikazano u tablicama 3. i 4.

**Tablica 3.** IT sustavi u proizvodnoj okolini [3]

	Odvijanje narudžbe/ugovora	Razvoj proizvoda	
Mrežno planiranje	SCM		
Planiranje proizvodnje	ERP/PPS	EDM/PDM	CAD
Detaljno planiranje	MES		
Upravljanje proizvodnjom	BDE	MDE	

**Tablica 4.** Podjela funkcionalnosti po ahenskom PPS modelu [3]

Zadaci ahenskog PPS modela	Funkcijski moduli sistemskih rješenja		
	EDM/PDM sustavi	ERP/PPS sustavi	SCM sustavi
<b>Temeljni zadaci</b>			
Planiranje programa proizvodnje		Planiranje prodajnog i proizvodnog programa	
Planiranje potreba proizvodnje		Dispozicija materijala Planiranje proizvodnje	
Planiranje i upravljanje interne proizvodnje		Upravljanje proizvodnjom	
Planiranje i upravljanje eksterne proizvodnje		Nabava	
<b>Mrežni zadaci</b>			
Konfiguracija mreže			Konfiguracija mreže
Planiranje prodaje u sklopu mreže			Planiranje prodaje u sklopu mreže
Planiranje potreba mreže			Planiranje potreba mreže
<b>Zadaci presjeka obaveza</b>			
Upravljanje narudžbama/nalozima		Obrada ponuda ugovora/naloga Project management	
Upravljanje zalihama		Upravljanje zalihama	
		Upravljanje skladištem	
Kontroling		Kontroling	
<b>Upravljanje podacima</b>	Upravljanje podacima proizvoda		

## 2.7 Sustavi za planiranje i upravljanje proizvodnjom

Temelj planiranja proizvodnje čini planiranje programa proizvodnje, koje bi se trebalo izvoditi u bliskoj koordinaciji sa prodajom. Stoga se mora definirati vrsta, količina i termini proizvodnje proizvoda. U planiranju proizvodnog programa postoje konflikti među ciljevima, zahtjev za kratkim rokovima isporuke stoji nasuprot visokoj pouzdanosti i konstantno visokoj iskorištenosti kapaciteta. Ključna stavka za učinkovitost sustava planiranja i upravljanja proizvodnjom jest kvaliteta planiranja proizvodnog programa. Često se dogodi situacija da se postigne željeno radno opterećenje kapaciteta, no potražnja se precijeni. Stoga su se razvili postupci za preciznije planiranje prodaje. Iz primarnih potreba (utrživi proizvodi) proizlazi računanje potreba za kapacitetima i potreba za dijelovima, a sve navedeno se temelji na prethodno izrađenim sastavnicama i planovima operacija. Na tim iznosima potražnje proizlazi i potreba za eksterno nabavljanim dijelovima/proizvodima. Polazna točka za planiranje su odrednice poput podataka prodaje, prometa sve do planiranih iznosa prodaje, dosadašnjih narudžbi i konkurentska pozicija tvrtke (prodajni potencijal proizvoda). Planiranje prodaje kod proizvodnje po narudžbama može se djelomično temeljiti i na čvrstim narudžbama koje su stigle u poduzeće [9]. Kod drugih vrsta proizvodnje se uzimaju podaci iz različitih izvora [9]:

- prethodne narudžbe, pri čemu se narudžbe dijele na eksterne (kupci) i interne
- anketiranje kupaca i ponašanje kupaca u testnim tržištima
- gospodarska aktivnost, procjene/prognoze
- reklame, sniženja cijene
- ekstrapolacija povijesnih podataka uz pomoć matematičkih metoda predviđanja

Daljnje odrednice su tehnologija izrade, kapacitet proizvodnje, dostupnost dijelova, stupanj školovanja radnika i želje kupaca (vrijeme isporuke, cijena, usluga, kvaliteta). Prema stupnju centraliziranosti donošenja odluka se sustavi za planiranje i upravljanje proizvodnjom dijele na [9]:

- centralizirani PPS sustavi (sve odluke se donose centralno, npr. MRP sustavi)
- djelomično centralizirani PPS sustavi (centralno planiranje samo određenih dijelova proizvodnje, npr. OPT)
- decentralizirani PPS sustavi (okvirni uvjeti su centralno određeni, detaljno planiranje procesa vrši se decentralizirano, npr. *Kanban* sustav)

Osim klasičnih principa proizvodnje koji određuju strukturu proizvodnje, postoji mogućnost podjele proizvodnje u procesne scenarije. Ti različiti scenariji klasificiraju odgovarajući proizvodni proces unutar sustava za planiranje i upravljanje proizvodnjom i tako određuju na koji način se PPS-sustav odnosno proizvodna logistika organizira i planira. Procesni scenariji su izraz odnosa proizvodnje i tržišta. Razlikuju se sljedeći scenariji proizvodnje [9]:

- proizvodnja po narudžbi (*eng. Make-to-Order*)
- proizvodnja za zalihe (*eng. Make-to-Stock*)
- sklapanje po narudžbi (*eng. Assemble-to-Order, eng. Build-to-Order*)

Za proizvodnju po narudžbi (*eng. Make-to-Order*) karakteristično je da tek kad kupac izvrši narudžbu krene proizvodni proces. Konkretno potrebe (primarne potrebe i sekundarne potrebe) su poznate tek pri početku proizvodnog procesa, a u procesu se uzvodno planiranje (prije početka proizvodnje) se ne odvija. Proizvodnja se individualno planira sa svakom narudžbom. Ovakav scenarij se susreće kod proizvodnje kompleksnih proizvoda, koji moraju zadovoljiti visoke i specifične zahtjeve kupaca (pojedinačna proizvodnja i djelomično serijska proizvodnja). Problem pri ovakvom načinu proizvodnje jest poštivanje kratkih vodećih vremena i rokova isporuke. Planiranje proizvodnje kod scenarija proizvodnje za zalihe dobiva poseban značaj, jer se na temelju prethodno prognoziranog tržišne potražnje pokreće proizvodnja i skladištenje proizvoda. Proizvodni proces prethodi narudžbi kupca, traženi proizvod je već na skladištu i spreman za otpremu. Ovaj scenarij se koristi kod masovne proizvodnje. Planiranje bi u ovom slučaju trebalo osigurati da potražnja od strane kupaca nikad ne prelazi prognoziranu iznos potražnje. Zbog toga postoji konflikt ciljeva između pouzdanosti isporuke i niskih zaliha. U scenariju sklapanja po narudžbi sklapaju se proizvodi sa većinski standardiziranim komponentama, ali istovremeno su proizvodi različiti za svakog kupca. Ovaj scenarij predstavlja mješavinu prethodnih scenarija. Proizvodnja počinje tek kad dođe do narudžbe kupca. Proizvodnja dijelova potrebnih za sklapanje gotovog proizvoda počinje na temelju prognoza te se onda ti dijelovi skladište i koriste kad uslijedi narudžba. Primjeri ovakvog scenarija su industrija uslužne proizvodnje i proizvođači komponenti za automobilsku industriju. Planiranje proizvodnog programa čini temelj planiranja i upravljanja proizvodnjom. Taj plan pruža informacije o tome provodi li se proizvodnja prema narudžbama kupaca ili za zalihe te sadrži podatke o tome koji proizvodi u kojim količinama i u kojim rokovima moraju biti proizvedeni. Planiranjem količina utvrđuju se primarne potrebe iz kojih se onda određuju sekundarne potrebe (podsklopovi, sirovine). Te količinske potrebe se



određuju postepeno za podređene sklopove proizvoda. Određivanje potreba za materijalom se može izvesti tako da se programira, da se orijentira na potrošnju te da se temelji na procjenama. Odrednice tih procesa mogu biti troškovi nabave, veličina serije, likvidnost tvrtke ili količina proizvoda koja se može prodati na tržištu. Za određivanje optimalnih količina koje se trebaju pribaviti moguće je koristiti različite postupke kao što su metoda pokušaja (*njem. Probiermethode*), klasične formule za izračun veličine serije ili postupak izjednačavanja troškova (*njem. Kostenausgleichsverfahren*). Bitne uloge u sustavima za planiranje i upravljanje proizvodnjom su planiranje rokova i planiranje kapaciteta. Zadatak planiranja rokova i planiranja kapaciteta jest planiranje i koordiniranje vremenskog slijeda narudžbi na temelju planiranja količina. Pri tome se moraju uzeti u obzir i kadrovski kapaciteti te kapaciteti strojeva. Planiranje rokova i planiranje kapaciteta obuhvaća područja rasporeda proizvodnje (određivanja rokova/termina pojedinačnih proizvodnih ciklusa), izračuna potreba za kapacitetima te minimiziranja kapaciteta. U (vremenskom) rasporedu operacija se planira vremensko izvršavanje proizvodnje [9]. Pri terminiranju rasporeda operacija se treba obratiti pažnja na procese navedene u tablici 5. Raspored operacija zavisi o vodećim vremenima i strukturi proizvodnog procesa te definira sljedeće odrednice [9]:

- početni datum
- vremenska rezerva (vremensko razdoblje za koje se postupak može pomaknuti unaprijed ili unatrag)
- rok završetka
- kritični put (put kroz mrežni dijagram i to spajanjem postupaka koji nemaju vremensku rezervu)

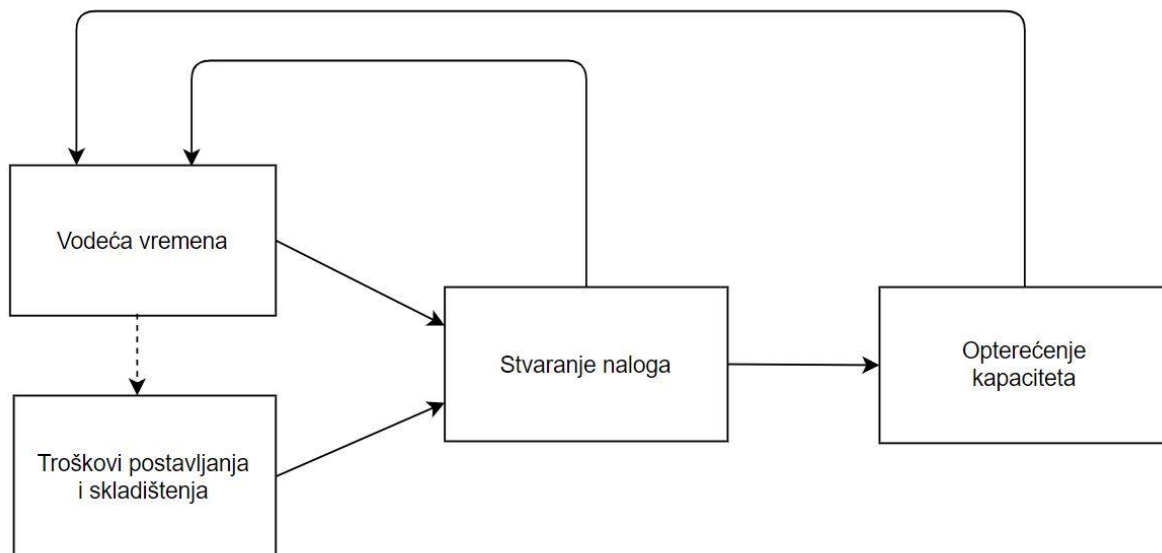
**Tablica 5.** Terminiranje rasporeda operacija [9]

Terminiranje rasporeda operacija	Relevantna vremena (vrijeme postavljanja/pomoćno vrijeme, vrijeme obrade/tehnološko vrijeme, vrijeme transporta...)
	Tehnike (popisne, grafičke/trakasti grafikoni, tehnike mrežnog planiranja)
	Postupci (terminiranje unaprijed, terminiranje unatrag, kombinirano terminiranje)
	Vrste veza (direktno ili indirektno terminiranje)
	Smanjenje vodećeg vremena (podjela serije/narudžbe, preklapanje...)

Pokretanjem naloga za proizvodnju, planiranje i upravljanje proizvodnjom prelazi u fazu upravljanja. Pri pokretanju naloga za proizvodnju se prvo provjerava je li postoji dovoljno kadra, materijala i strojeva, a nakon toga se tek pušta nalog u proizvodnju. Pokretanje naloga za proizvodnju se dijeli na tri potpodručja odobrenje naloga, raspoređivanje, raspodjela posla. Detaljno terminiranje predstavlja posljednji korak ciklusa planiranja koji obuhvaća materijalnu i vremensku dispoziciju. Detaljnim terminiranjem se određuje i redoslijed kako će se proizvodni nalozi izvršavati na pojedinom radnom mjestu. Redoslijed izvršenja proizvodnih naloga se određuje po određenim kriterijima, što može dovesti do konflikata među ciljevima. Ti kriteriji su [9]:

- minimiziranje vodećeg vremena
- maksimalno iskorištenje kapaciteta
- niske razine zaliha, niski troškovi vezanog kapitala
- visoko poštivanje rokova

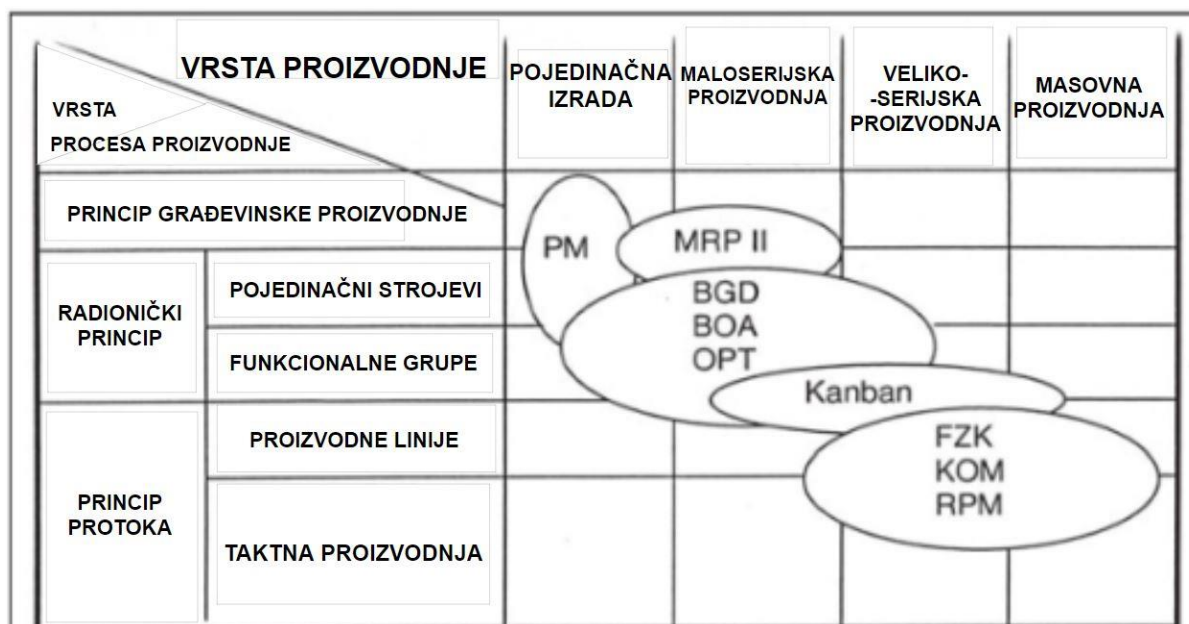
Konflikti koje izazivaju ti kriteriji dovode do takozvane "Dileme planiranja redoslijeda" (*njem. "Dilemma der Ablaufplanung"*), što je prikazano na slici 2.



**Slika 2.** Dilema planiranja redoslijeda [9]

Kako bi se taj problem riješio koriste se analitičke metode, heurističke metode i postupak prioritetnih pravila. Pregled PPS sustava te u kojim tipovima proizvodnje se koriste se može vidjeti na slici 3. Najbitnije vrste sustava za planiranje i upravljanje proizvodnjom su sljedeće [9]:

- planiranje proizvodnih resursa (MRPII)
- *Kanban* sustav
- otpuštanje naloga usmjereno na opterećenje (BOA)
- zalihama upravljani protok (BGD)
- optimizirana proizvodna tehnologija (OPT)
- sistem brojki o napretku (FZS)
- Toyota sustav proizvodnje (TPS)
- Industrija 4.0

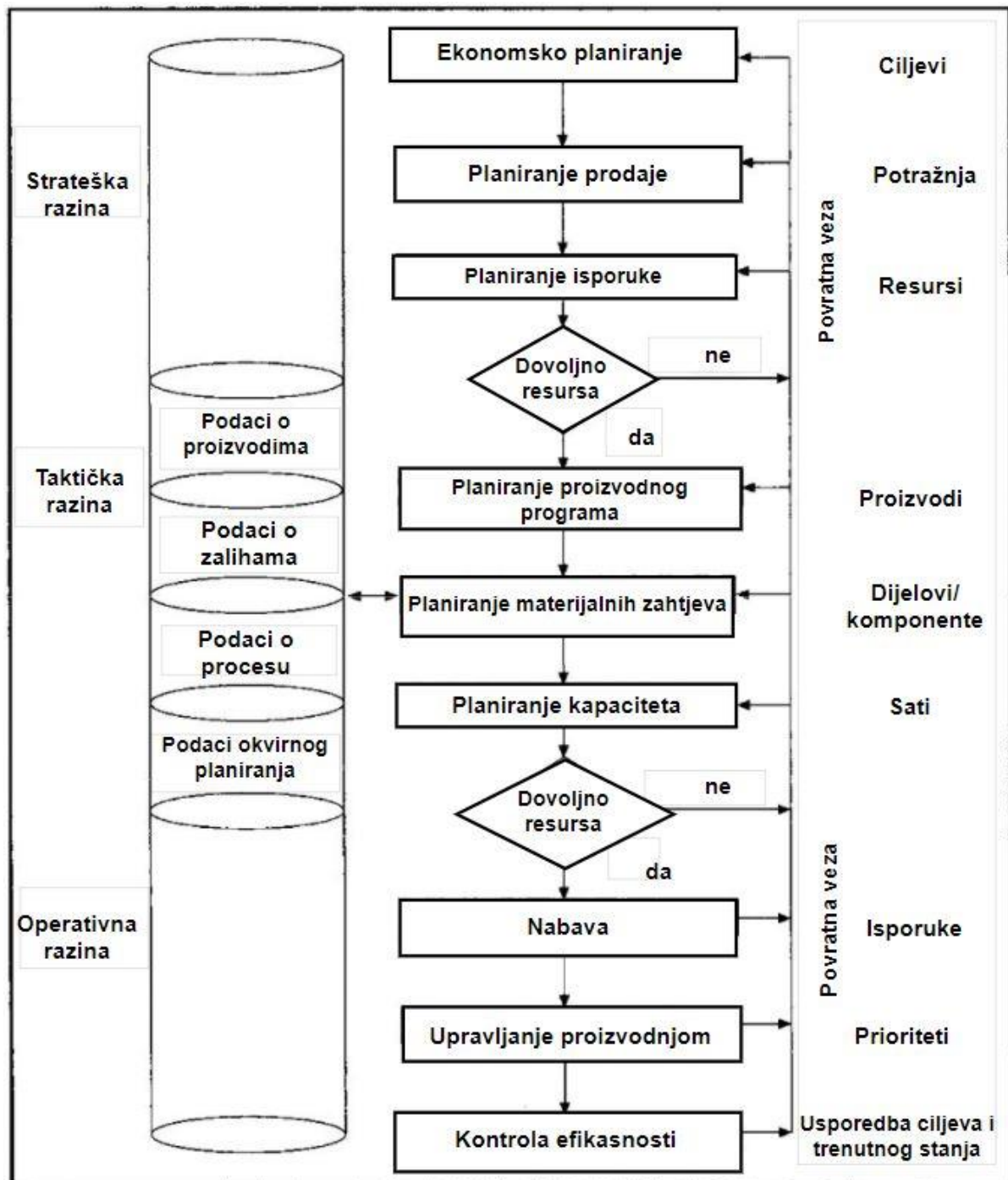


Slika 3. Pregled PPS sustava [9]

Koncept MRPII je daljnji razvoj koncepta MRP i kamen temeljac modernih sustava za planiranje i upravljanje proizvodnjom. Većina postupaka planiranja procesa i planiranja operacija se poslužuju elementima iz koncepta MRPII. Karakteristična svojstva MRPII koncepta su: korištenje informacijskih tehnologija, kompleksnost, ekonomska učinkovitost. Prema stupnju centraliziranosti donošenja odluka u MRPII sustavu vrijedi generička podjela za sustave planiranja i upravljanja proizvodnje (centralizirani, djelomično centralizirani,

decentralizirani), s time da se u proizvodnom poduzeću mogu primjenjivati sva 3 tipa sustava. Klasični MRPII sustavi su centralno projektirani, tako da proizvodnja (u uskom smislu) nema zadatke planiranja već samo izvršavanja. U modernijim sustavima upravljanje proizvodnjom zadržava zadatak detaljnog terminiranja i dodjeljivanja kapaciteta, to je primjer decentralizacije donošenja odluka jer je planiranje proizvodnje oslobođeno donošenja odluka vezano za detaljno terminiranje i dodjeljivanje kapaciteta [9]. Grafički prikaz cijelog koncepta se vidi na slici 4. Način rada sustava MRPII [9]:

- MRPII sustavi su hijerarhijski strukturirani PPS sustavi koji se sastoje iz nekoliko međusobno povezanih modula (upravljanje matičnim podacima, planiranje rokova, niveliranje kapaciteta, upravljanje pogonom)
- MRPII sustavi razlažu problem planiranja te ga razrješavaju sukcesivno i hijerarhijski, zanemarujući time sve ovisnosti između ciljeva, narudžbi i faza proizvodnje, svaki stupanj planiranja čini temelj za sljedeći stupanj
- planiranje je konstantan (kotrljajući) proces, samo se narudžbe i operativni nalozi provode do kraja (u pravilu bez mijenjanja), operativni i nabavni prijedlozi su samo privremenog karaktera dok se nalog ne odobri
- MRPII sustavi pri planiranju ne uzimaju u obzir zalihe kod klijenata niti uzimaju u obzir zalihe i kapacitete na tržištima sa kojih se dobavljaju dijelovi
- MRPII sustavi se pri planiranju primarnih potreba strogo orijentiraju prema tržištu, uska grla pri kapacitetima i nabavi se još uvijek zanemaruju
- optimizacija veličine serije i narudžbi se provodi na strogo troškovno orijentiran način



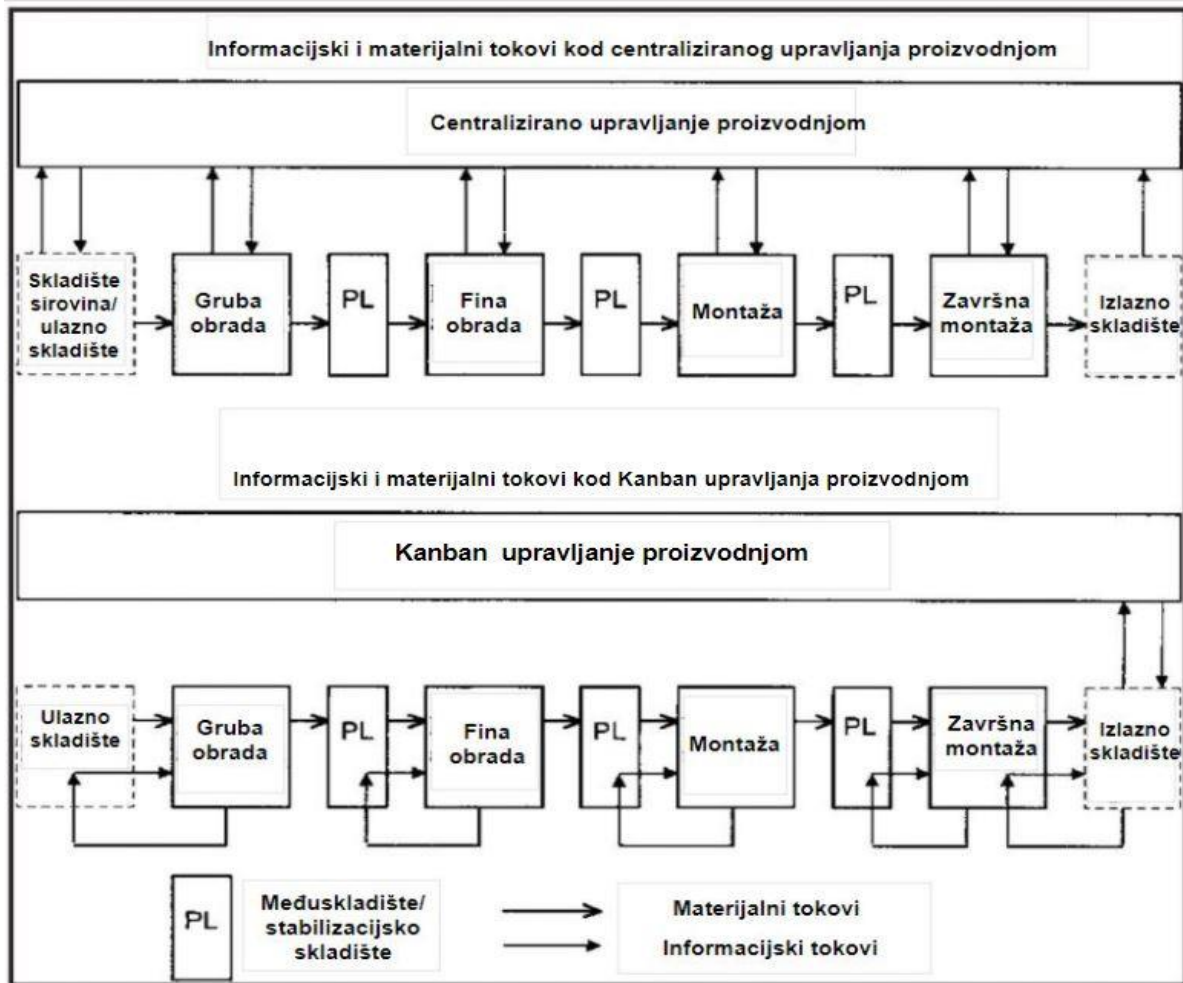
Slika 4. MRPII koncept [9]

Pod pojmom *Kanban* se misli na vremenski sinkrono upravljanje proizvodnjom po princip povlačenja (*eng. Pull principle*). *Kanban* je decentralizirani proces planiranja i upravljanja proizvodnje na temelju upravljačke petlje sa povratnom vezom. Radi prema načelu supermarketa, tj. nakon uklanjanja se rezultirajuća rupa popunjava istim proizvodom/dijelom. Pri ovom procesu kao pomagala se koriste spremnici koji se nalaze u stabilizacijskim

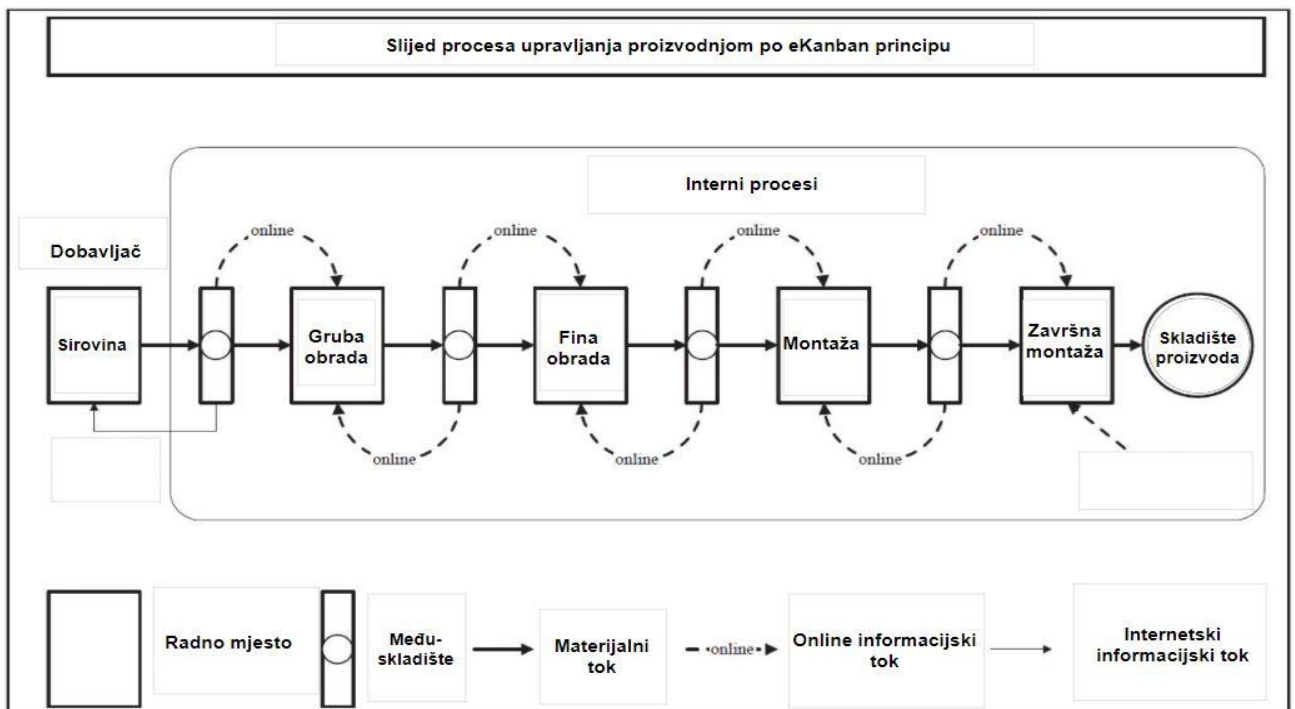
skladištima. Kao alat za protok informacija (slanje kanbanskih narudžbi/naloga) služi kartica na kojoj se navode dijelovi, podaci o preuzimatelju, količini, transportu itd. Okidač u *Kanban* proizvodnji je uvijek izvodna točka/mjesto, to znači da završna montaža pokreće cijeli proces, i to tako da se uzimaju dijelovi iz spremnika u stabilizacijskom skladištu. Ako se postigne određena točka izvještavanja, npr. prazan spremnik, uzvodna točka počinje sa proizvodnjom dijelova po specifikacijama navedenim na *Kanban* karticama [9]. Upravljanje proizvodnjom po *Kanban* principu zahtijeva [9]:

- dobre mogućnosti predviđanja potrošnje
- usklađivanje proizvodnog programa stvaranjem srodnih dijelova te standardizacijom dijelova
- resurse orijentirane na protok materijala
- visoku raspoloživost opreme
- visoku motivaciju i obuku zaposlenika
- minimiziranje materijalnih zaliha i zaliha dijelova, a time i minimiziranje vezanog kapitala
- unutarnja dodjela naloga mora se samostalno pokrenuti, bez impulsa sa viših instanci
- visoko poštivanje rokova
- smanjivanje napora vezanih za ponavljajuće zadatke planiranja

*Kanban* se u današnje vrijeme integrira u brojne ERP sustave. Pri postizanju točke izvještavanja se informira uzvodna točka, to se može učiniti ispisom ili elektroničkim putem. Neki autori taj sustav nazivaju *eKanban* [9]. Na slikama 5. i 6. su prikazane sheme klasičnog centralnog upravljanja, *Kanban* upravljanja te *eKanban* upravljanja.



Slika 5. Kanban naspram klasičnog PPS sustava [9]

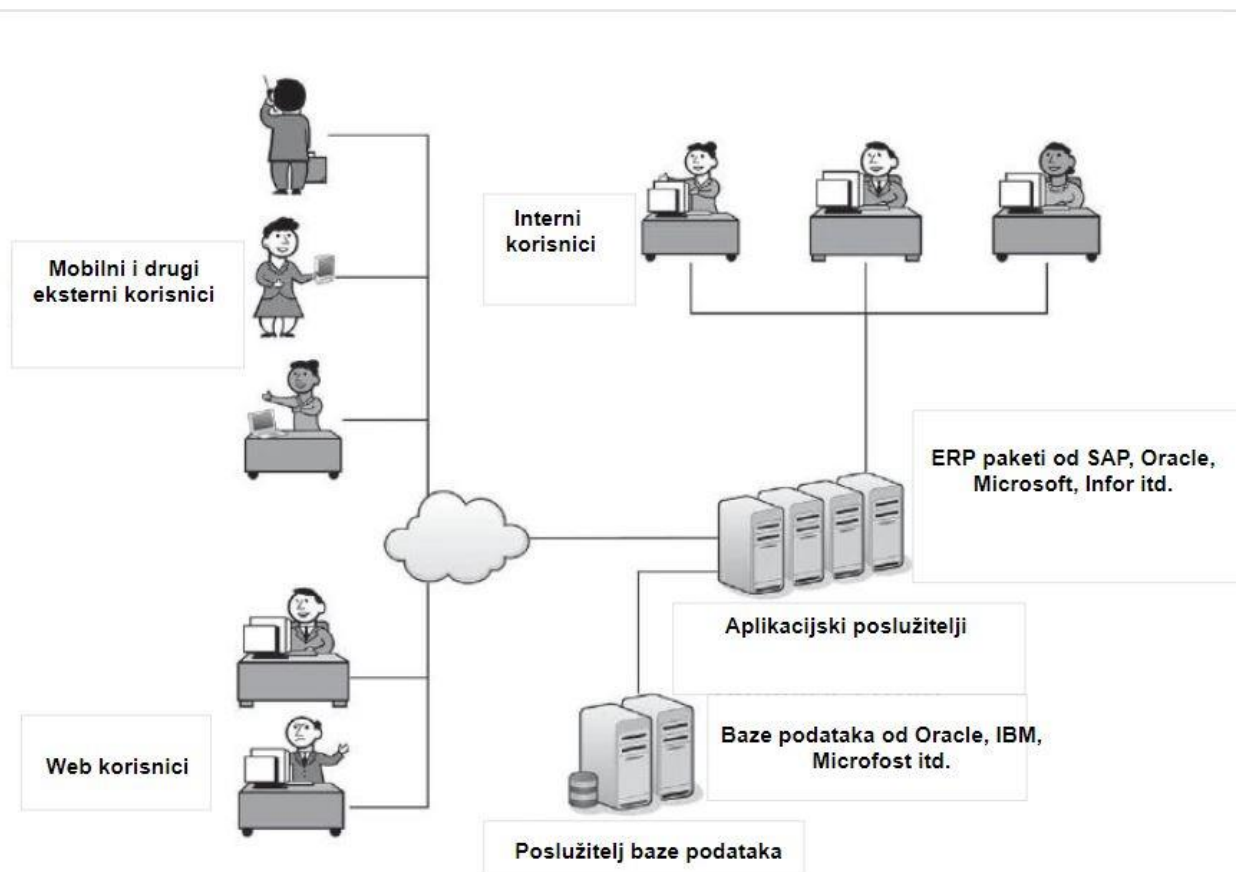


Slika 6. eKanban [9]

### 3. ERP IT-SUSTAV

Klasični software (MRPII i ERP IT sustav) je nastao u industriji strojogradnje i automobilske industriji. Prvi ERP IT sustavi su bili Copics (IBM), Manufacturing (Oracle), J.D. Edwards, Infor XA. [10] Vodeće poduzeće u ovom segmentu je njemačka kompanija SAP sa proizvodom SAP S/4 HANA i pripadajućim ekosustavom aplikacija i dodataka. Glavni motivi razvoja ERP software-a su bili financijski i računovodstveni odjeli, jer da bi se mogao napraviti detaljan pregled nosioca troškova, neophodna je efikasna administracija svih vrsta narudžbi, ugovora i naloga. Tako da je glavni cilj ERP software-a bio integracija sa financijama, a ne podrška planiranju i upravljanju [10]. Glavna arhitektura ERP IT sustava tijekom 1980-tih godina je bila mainframe arhitektura. ERP IT sustav se je pokretao na mainframe-u koji je podržavao stotine korisnika istovremeno, korisnici su se spajali na mainframe pomoću (ne toliko sofisticiranih) terminala. Najpopularniji ERP IT sustav u to vrijeme je bio SAP R/2 [11]. Sljedeći stupanj razvoja arhitekture je bila dvostupanjska klijent-poslužitelj arhitektura i to tokom 1990-tih. Zbog veće računalne moći tadašnjih osobnih računala izgrađen je bolje korisničko sučelje. Grafičko korisničko sučelje je znatno olakšalo korištenje ERP software-a. U ovom tipu arhitekture, poslužitelji su bili zaduženi za upravljanje bazom podataka, a klijent je zadužen za procesiranje aplikacijske logike, prezentiranje podataka korisniku te slanje korisnikovog unosa poslužitelju. Trenutno se najviše koristi trostupanjska arhitektura u dizajnu ERP software-a, no trend je prema rješenjima u oblacima. Trostupanjsku arhitekturu karakterizira dodatni aplikacijski poslužitelj koji je između poslužitelja baze podataka i klijenta, što je prikazano na slici 7. Aplikacijski poslužitelji su zaduženi za izvršenje poslovne logike i interakciju sa klijentom. Klijent je zadužen samo za unose od korisnika i prikaz informacija koje šalje aplikacijski poslužitelj. Poslužitelj baze podataka je zadužen za bazu podataka. Tako da su tri stupnja arhitekture: prezentacijski stupanj, aplikacijski stupanj, stupanj baze podatka [11].





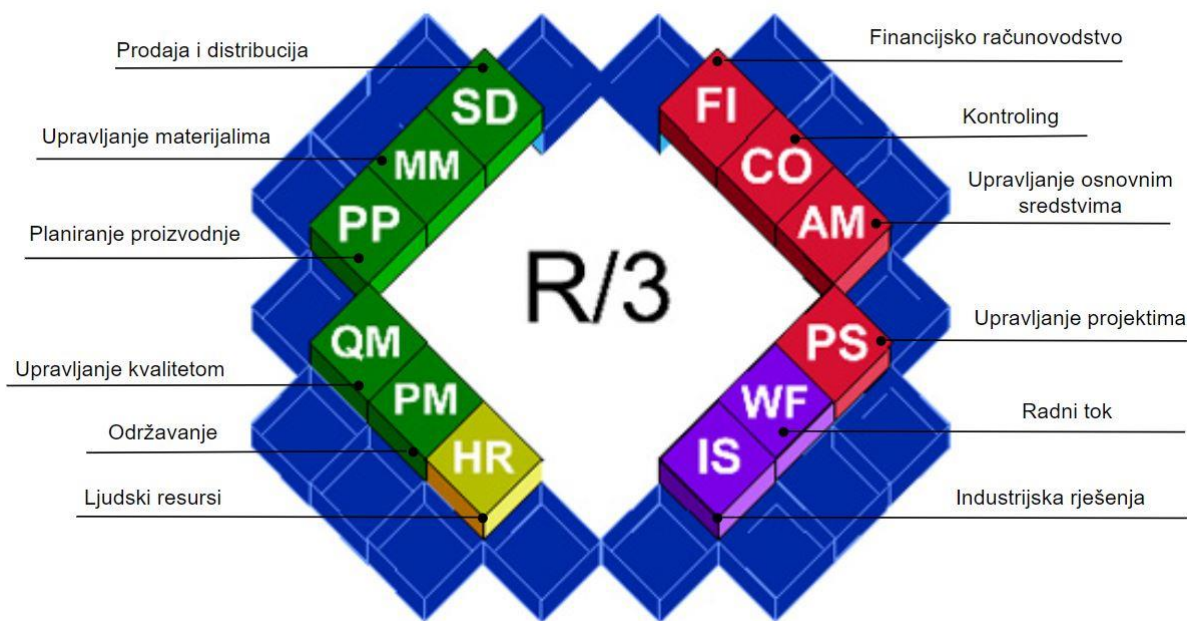
**Slika 7.** Trostupanjska arhitektura [11]

### 3.1. ERP moduli

Svi ERP IT sustavi sadrže module, to su po nekakvom obilježju grupirane funkcije. ERP sustavi različitih proizvođača se mogu ponešto razlikovati po broju i načinu organizacije modula, no postoji uobičajena generička osnovna podjela kojoj su paketi više ili manje slični. A ta podjela modula koju navodi autor Alexis Leon jest [11]:

- Financije (*eng. Finance*)
- Proizvodnja (*eng. Manufacturing*)
- Planiranje proizvodnje (*eng. Production Planing*)
- Upravljanje materijalima (*eng. Materials Management*)
- Prodaja i distribucija (*eng. Sales and Distribution*)
- Održavanje (*eng. Plant Maintenance*)
- Upravljanje kvalitetom (*eng. Quality Management*)
- itd.

Funkcionalna podjela u module upravljanje materijalima i planiranje proizvodnje podcrtava podjelu korisnika na poslovni dio i na proizvodni dio. Ta podjela se vidi i u klasičnom SAP R/3 software-u, što je prikazano na slici 8. Ali ta podjela isto odaje da ERP IT sustavi imaju ishodište u MRPII software-u. [10]

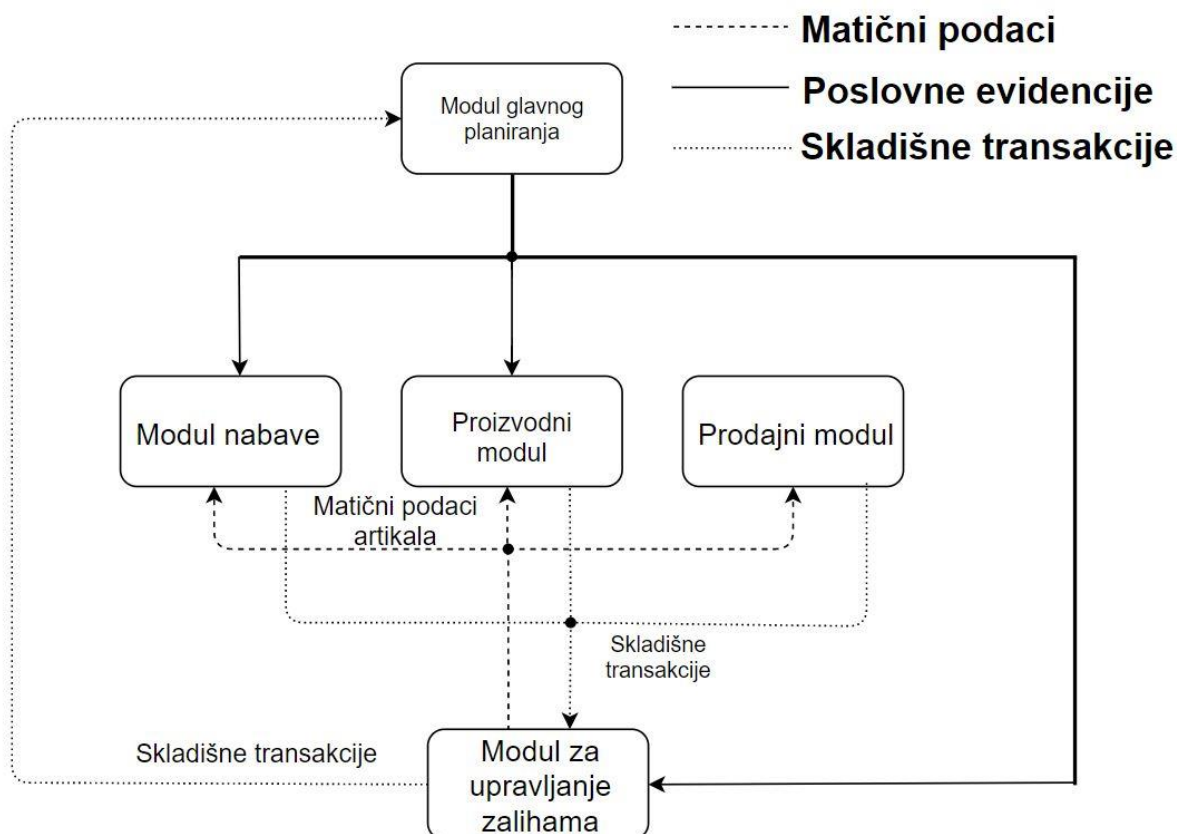


**Slika 8.** Podjela modula klasičnog SAP R/3 sustava [12]

Autori Odd Joran Sagegg i Erlend Alfnes u svojoj knjizi *ERP Systems for Manufacturing Supply Chains: Applications, Configuration, and Performance* se koncentriraju na ERP sustave za proizvodne opskrbne lance te im je definicija kojom se vode: "ERP sustav za proizvodne opskrbne lance je gotova aplikacija koja pomoću centralne baze podataka podržava temeljne poslovne procese koji obuhvaćaju barem područja financijskog računovodstva, zaliha/skladištenja, prodaje proizvodnje, nabave i glavnog planiranja tvrke [13]." A što se tiče modula koji imaju direktan utjecaj na tok materijala u opskrbnom lancu oni su [13]:

- Modul za upravljanje zalihama (*eng. Inventory management module*)
- Prodajni modul (*eng. Sales module*)
- Proizvodni modul (*eng. Production module*)
- Modul nabave (*eng. Purchasing module*)
- Modul glavnog planiranja (*eng. Master planning module*)

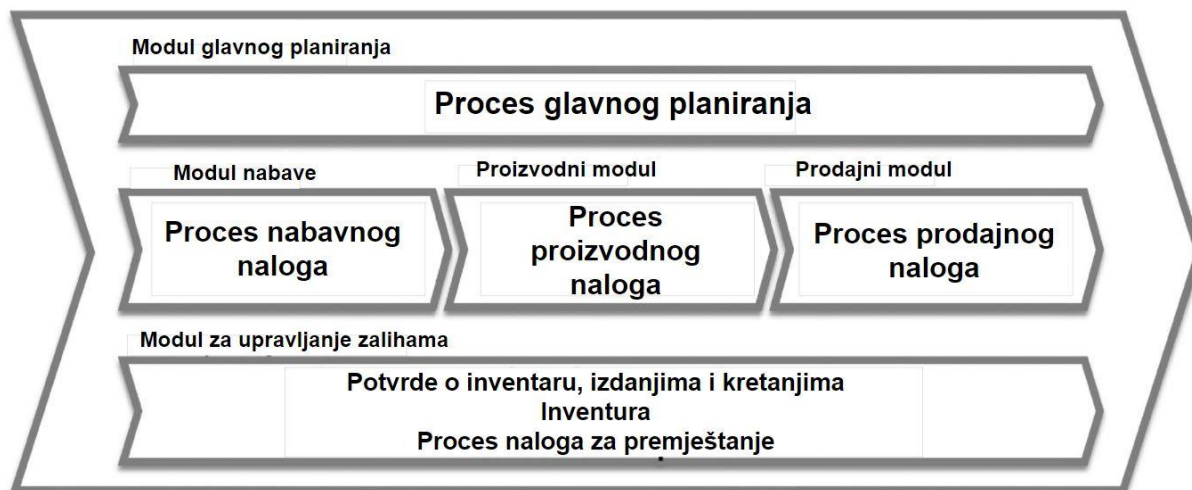
Iznad navedeni moduli obuhvaćaju temeljne funkcionalnosti koje podržavaju tok materijala u ERP sustavu za proizvodne opskrbne lance. Na slici 9. je prikazana struktura i veze između modula takvih rješenja ERP sustava. Modul za upravljanje zalihama sadrži matične podatke o stavkama/dijelovima, prati sve transakcije i događaje koji se izvedu u skladištima korištenjem sistemski generiranih skladišnih transakcija. Ovaj modul omogućava ostalim modula pristup matičnim podacima o stavkama/dijelovima te transakcijskim podacima tih stavki. Modul za upravljanje zalihama ima osnovnu funkcionalnost za upravljanje zalihama u skladištima, a u nekim ERP aplikacijama i mogućnost upotrebe naloga za prijenos stavki/dijelova između skladišta i objekata unutar tvrtke. Prodajni modul sadrži matične podatke kupaca, oni sadržavaju relevantne informacije o kupcima te njihovom odnosu sa tvrtkom. Ovaj modul koristi matične podatke o kupcima i matične podatke iz modula za upravljanje zalihama kako bi korisnike podržao u stvaranju i upravljanju prodajnim naložima. Prodajni nalozi generiraju transakcijske podatke u modulu za upravljanje zalihama sve dok se stavke iz skladišta ne izdaju kupcu. Proizvodni modul upravlja procesom pretvorbe sirovog materijala i dijelova u gotove proizvode. Matični podaci iz modula za upravljanje zaliha koji se odnose na sirovi materijal i komponente/dijelove se koriste u proizvodnom modulu kako bi se stvorili proizvodni nalozi. Ti proizvodni nalozi isto stvaraju transakcijske podatke u modulu za upravljanje zalihama i to na svakom koraku procesa proizvodnje. Proizvodni modul dijeli matične podatke o radnim centrima i proizvodnim resursima sa modulom za glavno planiranje kako bi stvorila dosljednost u korištenju resursa između planiranja i pogona. Modul nabave sadrži matične podatke o dobavljačima, stavkama/dijelovima koji se kupuju i ima pristup matičnim podacima iz modula za upravljanje zalihama kako bi iz tih podataka generirao kupovne naloge. Ovaj modul isto generira transakcije u modulu za upravljanje zalihama. U modulu za glavno planiranje se pokreće izračun i stvaranje glavnog plana proizvodnje kako bi se koordinirao tok materijala kroz proizvodnu tvrtku. Ovaj modul koristi transakcije iz modula za upravljanje zalihama kako bi se dobio pregled svih registriranih aktivnosti stavki/dijelova. Iz glavnog plana proizvodnje se onda šalju nalozi ostalim modulima kako bi se izvršili [13].



**Slika 9.** Struktura i veze osnovnih ERP modula za proizvodne opskrbe lance [13]

Većina ERP IT sustava svoje module organizira prema poslovnim funkcijama koje podržavaju. Poslovni procesi koji su podržani ERP IT sustavima za proizvodni opskrbni lanac su ilustrirane na slici 10. Osnovni proces u prodajnom modulu je stvaranje i upravljanje prodajnim nalogima. U ovom procesu se rukovodi aktivnostima koje se događaju otkad prodajni nalog uđe u sustav, stvaka/dio se izuzme iz skladišta, slanje kupcu pa sve dok ne stigne uplata i ona se registrira u financijskom modulu. Glavni proces koji podržava proizvodni modul jest stvaranje i upravljanje proizvodnim nalogima. U ovom procesu se preko proizvodnih naloga rukovode aktivnosti u proizvodnji. Proces stvaranja i upravljanja proizvodnim nalogima uključuje planiranje proizvodnje, odabir potrebnih sirovina i komponenti, izvještavanje o napredku u pogonu pa sve dok se gotov proizvod ne preda u skladište i ažuriraju podaci u financijskom modulu. Najvažniji proces u modulu nabave je proces stvaranja i upravljanja nabavnim nalogima. Taj proces počinje sa unošenjem nabavnog naloga te se onda prate sve nabavne aktivnosti, sve dok tražene stavke/dijelovi ne stignu u skladište i dobavljač se plati. Modul za upravljanje zalihama podržava ostalne temeljne procese i to tako što obrađuje potvrde o primitku i izdavanju iz zaliha koje se uglavnom stvaraju zbog procesa prodaje, nabave i proizvodnje. Ovaj modul podržava i osnovne skladišne procese kao što je premještanje inventara/zaliha

između skladišta te podržava i proces inventure. Modul glavnog planiranja podržava proces izrade planova za proizvodni proces. Glavna funkcija ovog modula uzima podatke od ostalih modula i stvara glavni plan proizvodnje kod kojeg planer (korisnik) može pustiti prijenosne/skladišne naloge, proizvodne naloge i kupovne naloge [13].



**Slika 10.** Podržani procesi u ERP IT sustavu za proizvodne opskrbne lance [13]

### 3.2. SAP moduli

Kompanija SAP AG je najveća kompanija na tržištu ERP IT sustava, zbog toga i najrelevantnija. Njihov proizvod koji drži primat na tržištu se zove SAP S/HANA. Podjela modula za S/4HANA je [12]:

- Upravljanje imovinom (*eng. Asset Management*)
- Financije (*eng. Finance*)
- Ljudski resursi (*eng. Human Resources*)
- Proizvodnja (*eng. Manufacturing*)
- Nabava (*eng. Sourcing and Procurement*)
- Istraživanje i razvoj (*eng. R&D / Engineering*)
- Prodaja (*eng. Sales*)
- Održavanje (*eng. Service*)
- Opskrbni lanac (*eng. Supply Chain*)
- Funkcije specifične ta državu ili regiju (*eng. Country / Region-Specific Functions*)

### 3.2.1 SAP Proizvodnja

Ovaj modul SAP S/HANA sustava ima rješenja za planiranje i upravljanje proizvodnjom, egzekuciju/izvršenje proizvodnje i upravljanje kvalitetom. Modul se sastoji od [12]:

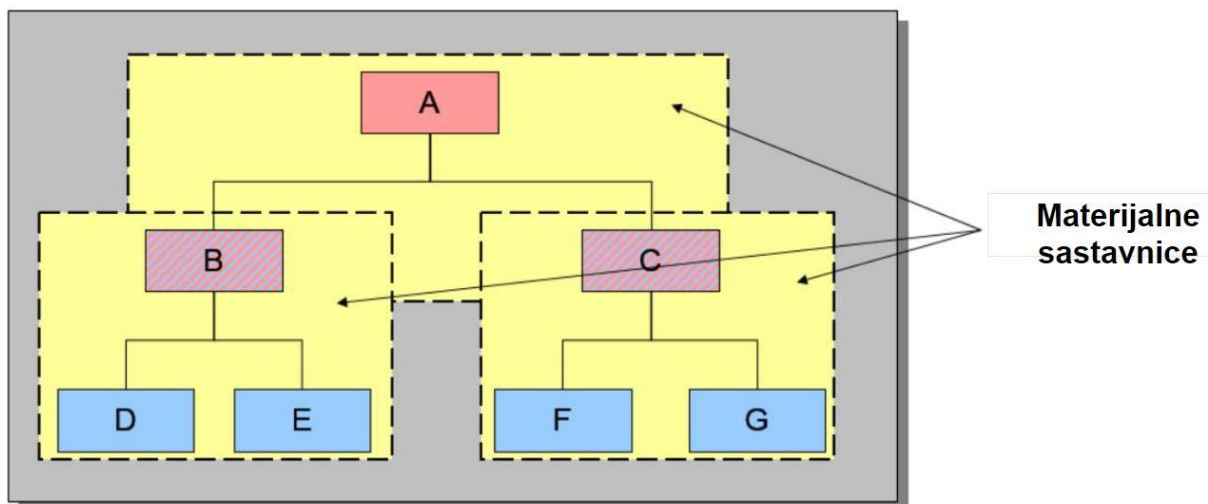
- Proizvodno inženjerstvo
- Planiranje proizvodnje
- Proizvodne operacije (izvršenje i upravljanje)
- Prošireno planiranje i terminiranje proizvodnje
- Prošireno proizvodno inženjerstvo i operacije
- Upravljanje kvalitetom
- Upravljanje podacima
- Aplikacijsko sučelje

### 3.2.2 SAP Proizvodnja – Proizvodno inženjerstvo

Detaljnija podjela (sub-)modula Proizvodno inženjerstvo: [12]

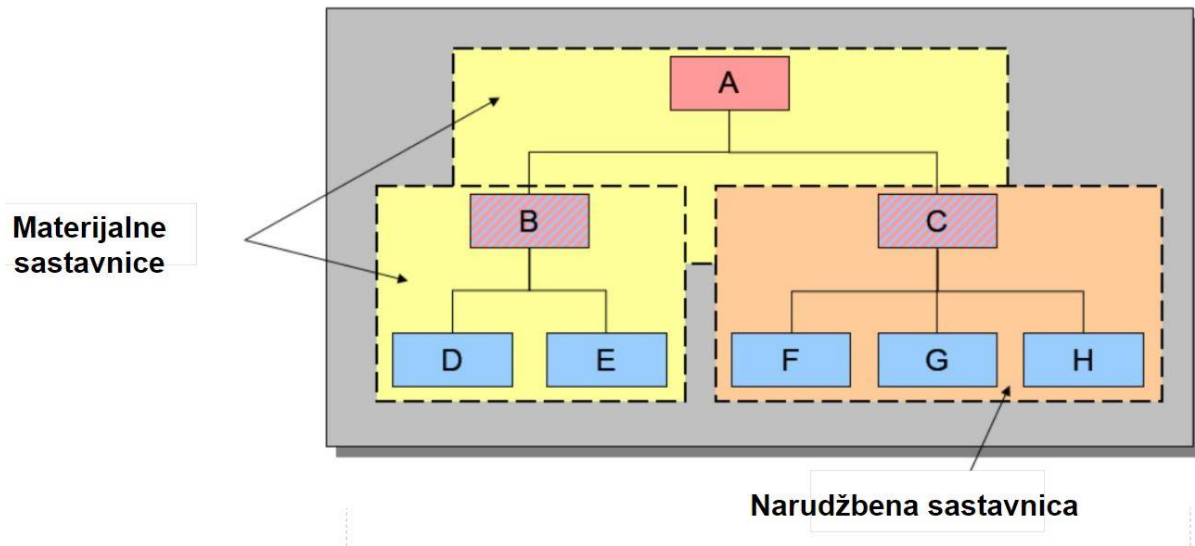
- Upravljanje proizvodnim sastavnicama
  - Sastavnice (LO-MD-BOM)
  - Narudžbene sastavnice (PP-BD-BOM)
  - Vizualni proizvodni planer poduzeća (PLM-VEP-VMP)
- Upravljanje receptima/putevima
  - Putevi (PP-BD-RTG)
  - Glavni recepti (PP-PI-MD)
- Osnovni podaci
  - Radni centri (PP-BD-WKC)
  - Resursi (PP-PI-MD)
- Proizvodna verzija
- Integrirano inženjerstvo proizvoda i procesa (iPPE)
- Inženjerski radna podloga
- Dizajn linije (PP-FLW)

Sastavnica je strukturirana lista komponenti od kojih se sastoji proizvod. Ona sadrži podatke kao što su identifikacijski broj komponente, količine i mjerne jedinice, a što se tiče podataka za druge dijelove poduzeća sadrži među ostalim i MRP podatke, cijene, količine materijala itd. Ovisno o industriji može se zvati recept ili lista sastojaka. U SAP sustavu se mogu napraviti razne sastavnice: Materijalna sastavnica, sastavnica opreme, sastavnica funkcijskih lokacija, strukture dokumenata, nabavna sastavnica, sastavnice razloženih operacija posla. Podatci koji se nalaze na sastavnicama služe kao baza za aktivnosti planiranja proizvodnje. Sastavnica narudžbe je sastavnica generirana iz sastavnice materijala za specifičnu narudžbu i to modificiranjem po željama kupca/narudžbi. Ovaj tip sastavnice se koristi kada se želi izmijeniti ishodišna sastavnica kako bi se zadovoljilo specifikacije jedinstvene narudžbe. Te izmjene su potrebne samo za tu jedinstvenu narudžbu. Pri generiranju sastavnice narudžbe ne dolazi do izmjene materijalne sastavnice [12]. Na slikama 11. i 12. je prikazana razlika između materijalne sastavnice i sastavnice narudžbe.



Slika 11. Materijalna sastavnica [12]





**Slika 12.** Narudžbena sastavnica [12]

Vizualni proizvodni planer poduzeća pomaže pri stvaranju i održavanju proizvodnih sastavnica. U modulu Putevi planiraju se radni koraci proizvodnje, operacijske aktivnosti za određivanje datuma, potreba za kapacitetima, troškovi, uporaba materijala tokom proizvodnje, uporaba radnih stanica, inspekcije kvalitete proizvoda tokom proizvodnje. U modulu Radni centri se administriraju svi podaci vezani za radne stanice te se upravlja istima. Modul Resursi služi za upravljanje objektima i ljudima uključenima u proizvodni proces. Kod modula Proizvodna verzija se određuje koja sastavnica (od više verzija proizvoda) će se pustiti u proizvodnju. Integrirano inženjerstvo proizvoda i procesa služi za skupljanje svih podataka povezanih sa PLM-om u integrirani model. Posebno se koristi kod proizvoda sa puno varijanti. Modul Inženjerska radna podloga je još moćnija okolina za održavanje proizvodnih i operacijskih struktura. Mogućnosti ove okoline daleko nadmašuju mogućnosti konvencionalnih modula Putevi i Upravljanje proizvodnim sastavnicama. Dizajn linije je komponenta ERP-a SAP S/4HANA gdje se definiraju matični podaci za alate za planiranje repetitivne proizvodnje kao što su Planska tablica i Sekvenciranje [12].

### 3.2.3 SAP Proizvodnja – Planiranje proizvodnje

Detaljnija podjela (sub-)modula Planiranje proizvodnje: [12]

- Planiranje prodaje i poslovanja (PP-SOP)
  - Planiranje prodaje i poslovanja (LO-LIS-PLN)
  - Planiranje distribucijskih resursa (PP-SOP-DRP)



- Glavno planiranje (PP-MP)
  - Upravljanje potražnjom (PP-MP-DEM)
  - Dugoročno planiranje ( PP-MP-LTP)
- Planiranje kapaciteta (PP-CRP)
  - Procjena kapaciteta (PP-CRP-ALY)
  - Niveliranje kapaciteta (PP-CRP-LVL)
- Planiranje kapaciteta (PP-CFS)
- Planiranje materijalnih zahtjeva (PP-MRP)
- Planiranje proizvodnih serijskih brojeva/individualno projektiranje projekata

Modul Planiranje proizvodnje pruža korisnicima alat kojim se osigurava dostupnost materijala, te da se osigura dovoljno komponenti u fazi planiranja koje će pokriti potrebe proizvodnje, ali istovremeno omogućava planiranje i terminiranje radnih centara u smislu boljeg upravljanja "uskim grlima". Modul Planiranje prodaje i poslovanja je alat za fleksibilno predviđanje i planiranje prodaje, proizvodnje i drugih ciljeva opskrbnog lanca. Može se provesti i ugrubo planiranje kako bi se odredili iznosi kapaciteta i resursa potrebnih za ostvarivanje tih ciljeva. Planiranje prodaje i poslovanja se sastoji od dvije aplikacijske komponente: Standardno planiranje (PP-SOP) i Fleksibilno planiranje (LO-LIS-PLN). Standardno planiranje dolazi već konfigurirano sa isporukom sustava, dok Fleksibilno planiranje nudi više opcija za prilagođavanje konfiguracije. Fleksibilno planiranje omogućava planiranje na bilo kojem stupnju organizacijske hijerarhije te da korisnik definira izgled i sadržaj prikaza. Distribucijsko planiranje resursa (DRP) je ograničen na korisnike/kupce koji su ga uspješno koristili u prošlim verzijama software-a. Ovaj modul pruža okvir za određivanje potreba za obnavljanjem zaliha i to tako da spoji potrebe tržišta sa proizvodnjom i upravljanjem potražnjom, stvaranjem relacija u proizvodnom planiranju između trenutnih zaliha i predviđanja potražnje, stvaranjem relacija dobave materijala sa proizvodnim potrebama te potražnje kupaca sa zalihama proizvoda. Funkcija Upravljanje potražnjom jest određivanje potrebnih količina i datuma dostave za gotove proizvode. Dokumenti potreba kupaca se stvaraju u modulu Upravljanje prodajnim nalogima. Prvo što korisnik mora definirati u modulu Upravljanje potražnjom jest strategija planiranja, onda se pomoću te strategije donose odluke je li okidač sa pokretanje proizvodnje prodajni nalog (*eng. Make-to-Order*) ili će se proizvoditi na zalihe (*eng. Make-to-Stock* pomoću skladišnog naloga). Neke dijelove/komponente gotovog proizvoda moguće je proizvoditi prije dobivanja prodajnog naloga, u tom slučaju prodajne količine se planiraju

pomoću modula Predviđanje prodaje. Strategije planiranja su poslovni procesi za planiranje termina/rokova i proizvodnih količina. U SAP sustavu postoji široka lepeza strategija koje korisnik može koristiti, od *eng. Make-to-Order* do *eng. Make-to-Stock*. Postoji i mogućnost kombiniranja strategija, to znači da se može odabrati jedna strategija za gotov proizvod, a drugu za jedan od podsklopova tog proizvoda. Dugoročno planiranje (PP-MP-LTP) komponenta ERP software-a pruža podršku za dugoročno planiranje te izvršava simulacije za kratkoročno i srednjeročno planiranje. Kako bi se mogao napraviti godišnji plan trebaju informacije o prodajnim i operacijskim planovima i kako oni utječu na resurse, tj. mogu li se planirane količine uopće proizvesti sa trenutnim kapacitetom. U ovom modulu se može planirati i za proizvode koji u osnovi zahtijevaju vrlo malo operativnog planiranja kao što su proizvodi koji se proizvode i planiraju pomoću *Kanban* metode. Svrha modula Planiranje kapaciteta (PP-CPR) je ekonomična upotreba resursa. Ovaj modul podržava planiranje u svim fazama, od kratkoročnog do dugoročnog. U modulu Procjena kapaciteta (PP-CRP-ALY) se utvrđuju slobodni kapaciteti i potrebe za kapacitetima te se uspoređuju u lista ili grafikama. Ciljevi modula Niveliranje kapaciteta (PP-CRP-LVL) su optimalno vezivanje kapaciteta i selekcija prikladnih resursa. Modul Planiranje kapaciteta (PP-CFS) je zadužen za upravljanje kapacitetima radnih centara, izradu i nadziranje proizvodnih rasporeda. Modul Planiranje materijalnih zahtjeva (PP-MRP) kao glavnu funkciju ima osiguravanje dostupnosti materijala ili komponenti, taj proces uključuje nadziranje zaliha, automatska izrada prijedloga za nabavu i proizvodnju. MRP pokušava naći ravnotežu između razine usluge (proizvodnje) i minimiziranja troškova i vezanog kapitala. Sa verzijom 4.5A je puštena i funkcionalnost Planiranje proizvodnih serijski brojeva i to s ciljem da se pruži funkcionalnost utvrđivanja odvojenih troškova koji nastaju usljed promjena izvedenih na proizvodu, kojima se upravljalo sa modulom Upravljanje inženjerskim promjenama. Do sada takvo praćenje troškova nije bilo moguće sa "anonimnim" planiranjem materijalnih zahtjeva [12].

### 3.2.4 SAP Proizvodnja – Proizvodne operacije (izvršenje i upravljanje)

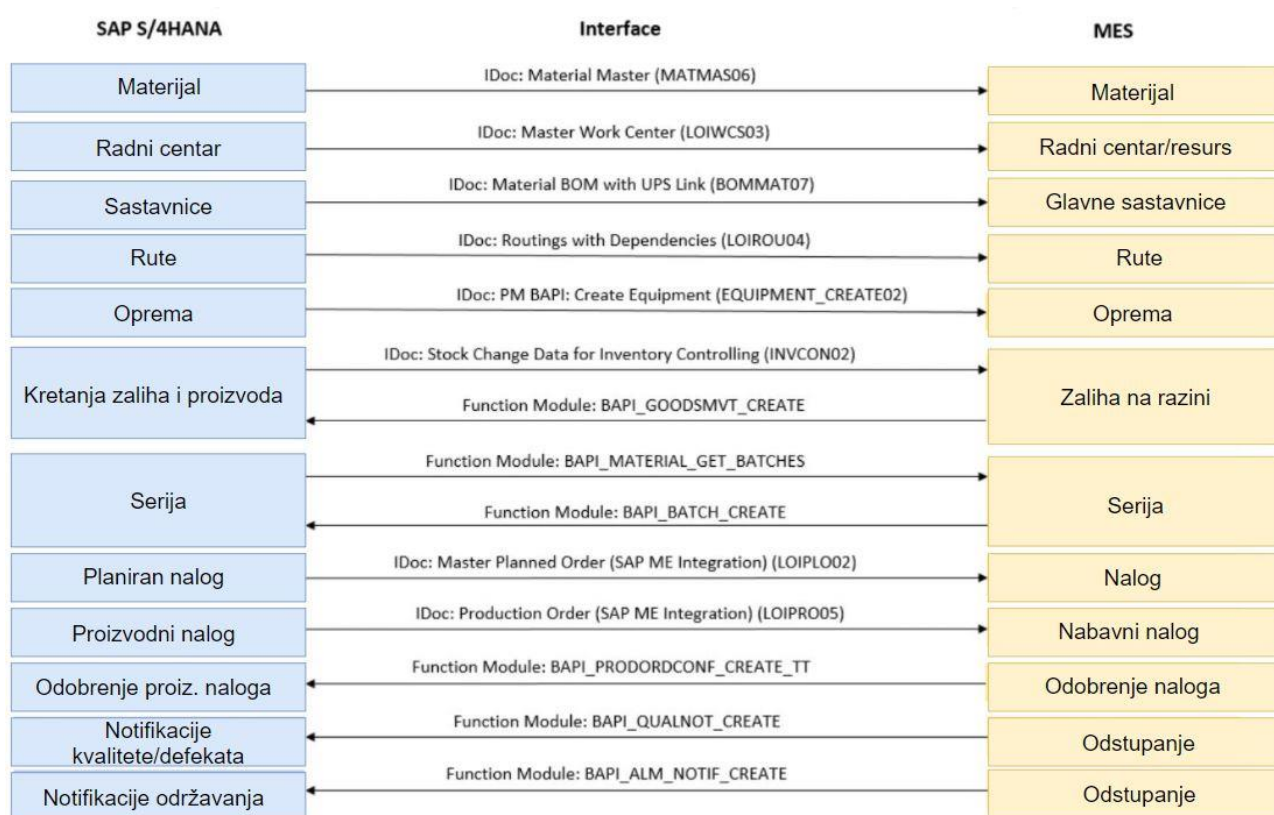
Detaljnija podjela (sub-)modula Proizvodne operacije (izvršenje i upravljanje) [12]:

- Diskretna proizvodnja
  - Proizvodni nalozi (PP-SFC)
  - Montaža po narudžbi (*eng. Assembly-to-Order*) (LO-ASM)
- Kontinuirana proizvodnja
  - Procesni nalog (PP-PI-POR)

- Upravljanje procesima (PP-PI-PMA)
- Dokumentacija i evaluacija procesnih podataka (PP-PI-PDO/PEV)
- Proizvodna kampanja (PP-PI-PCM)
- Ponavljajuća proizvodnja (PP-REM)
- S/4HANA-MES integracija (PP-MES)
- *Kanban* (PP-KAB)
- *Just-in-Time*

Modul Proizvodne operacije (izvršenje i upravljanje) omogućava korisnicima da obave potrebne pripremne radnje za proizvodnju, koordinira izmjenu relevantnih podataka za proizvodnju te dokumentira napredak u procesu proizvodnje. Modul/funkcija Proizvodni nalozi (PP-SFC) definira koje materijale/artefakte će se obrađivati, na kojoj lokaciji, u kojem vremenu i koliko je rada potrebno. Isto tako definira koji resursi će se koristiti i kako će se podmirivati nastali troškovi. Procesni nalog (PP-PI-POR) je ključan element koji se koristi za planiranje i izvršenje kontinuirane proizvodnje. Procesni nalog opisuje proizvodnju serija ili pružanje usluga te se koristi za planiranje količina, rokova i resursa u kontinuiranoj proizvodnji [12]. Komponenta sustava Upravljanje procesima (PP-PI-PMA) se koristi za koordiniranje izmjene relevantnih podataka između S/4HANA sustava i nezavisnog vanjskog sustava na razini proizvodnje (MES). Proizvodni stupanj poduzeća se može upravljati: manualno (planirani proizvodni koraci se unose i odobravaju od procesnog operatora), automatski (sistem za upravljanje procesom izvršava sve zadaće), poluautomatski (sustav i operater upravljaju procesom). U S88 standardu *Instrument Society of America* je menadžment proizvodnih informacija definiran kao "kontrolna aktivnost koja je uključena u prikupljanje, obradu i izvještavanje proizvodnih podataka. Za menadžment proizvodnih podataka je zadužen modul Dokumentacija i evaluacija procesnih podataka (PP-PI-PDO/PEV). Komponenta Proizvodna kampanja (PP-PI-PCM) služi za diskontinuiranu proizvodnju u industriji kontinuirane proizvodnje, i to za kompanije koje proizvode sekvence identičnih šarži. Ciljevi modula Proizvodna kampanja su: smanjeni troškovi postignuti grupiranjem sekvenci identičnih proizvodnih šarži kako bi se poboljšalo postavljanje i čišćenje strojeva (koje može biti veliki trošak), veća kvaliteta u slučajevima kod kojih se do tražene kvalitete dolazi postepeno u proizvodnom procesu (naspram od prve serije/šarže), točniji troškovi koji su rezultat jasne distribucije stalnih troškova po kampanji. Komponenta Ponavljajuća proizvodnja služi za planiranje i upravljanje proizvodnjom u okolini repetitivne proizvodnje, za eng. *Make-to-Stock*

repetitivnu proizvodnju ili za *eng. Make-to-Order* repetitivnu proizvodnju kao u autoindustriji. Komponenta Ponavljajuća proizvodnja se može implementirati ako je proizvodni proces: takav da se proizvode isti ili slični proizvodi kroz duži period vremena, takav da se ne proizvode individualno definirane šarže već se proizvodi određena količina tokom više perioda, takav da proizvod uvijek prolazi kroz iste sekvence strojeva i radnih centara, takav da su rute kroz proizvodnju jednostavne i nemaju previše varijacije. Komponenta S/4HANA-MES integracija (PP-MES) omogućuje integraciju S/4HANA ERP IT sustava sa sustavom za upravljanje proizvodnjom (MES). Ovo rješenje se može koristiti za proizvodne procese u diskretnoj i repetitivnoj proizvodnji. Podaci koji se mogu izmjenjivati će biti prikazani na slici 14. [12].



**Slika 13.** Transfer podataka SAP S/4HANA i MES [12]

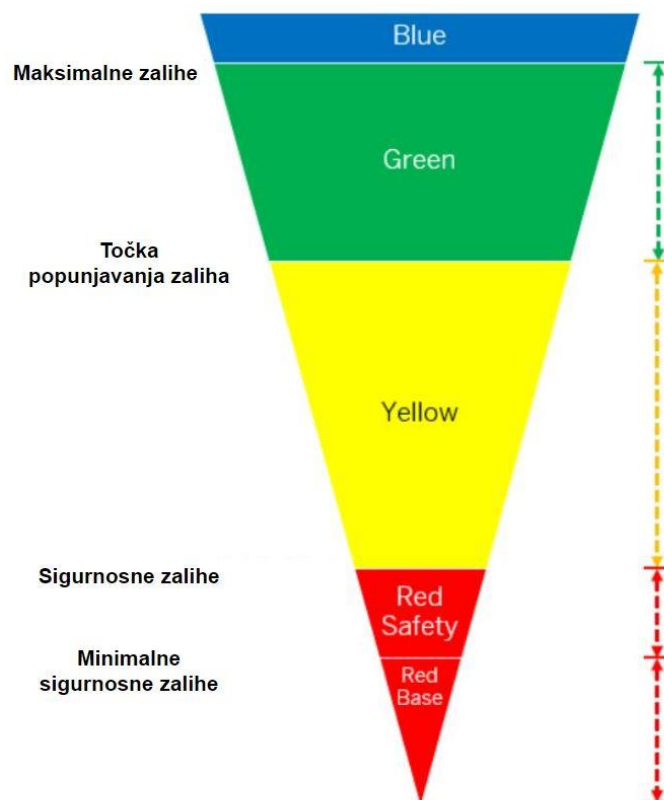
*Kanban* modul (PP-KAB) kao što mu i ime govori jest japanska *Kanban* procedura upravljanja tokom materijala integrirana u ERP IT sustav. Okidač za nabavku materijala je direktno u proizvodnji unosom bar koda u sustav i to je jedini unos u sustav, ostatak procedure sustav odrađuje automatski. Isto tako u sustavu postoji funkcija za upravljanje *Just-In-Time* kontrolnim ciklusima [12].

### 3.2.5 SAP Proizvodnja – Prošireno planiranje i terminiranje proizvodnje

Detaljnija podjela (sub-)modula Prošireno planiranje i terminiranje proizvodnje [12]:

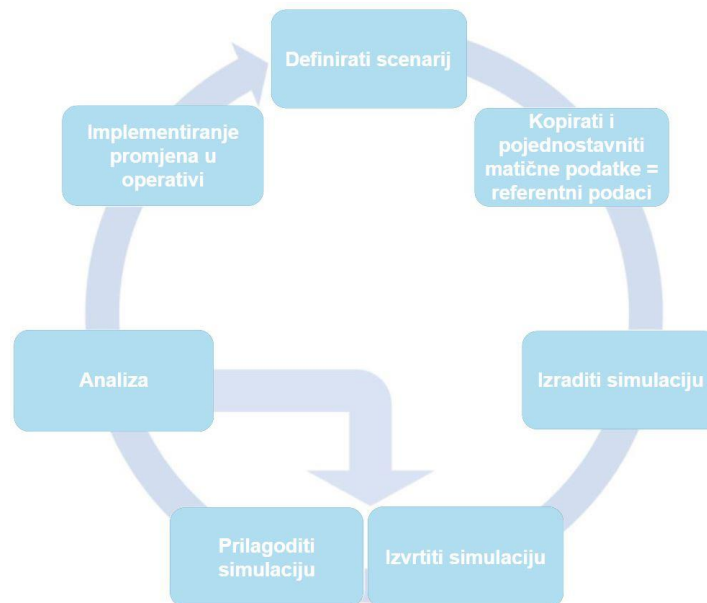
- Dopuna na temelju potražnje
- Prediktivno planiranje materijala i resursa (pMRP)
- Planiranje proizvodnje i detaljno terminiranje (PP/DS)

Modul Prošireno planiranje i terminiranje proizvodnje omogućuje planiranje i upravljanje lancima opskrbe temeljeno na potražnji kupaca. Dodatno pruža i alate za predviđanje problema sa kapacitetima te alate za simuliranje s kojima se ti problemi rješavaju. Dopuna na temelju potražnje je funkcija/(sub-)modul pomoću kojeg se planira i upravlja lancima opskrbe na temelju potražnje kupaca i to tako da se strateški odjele neki tokovi materijala s ciljem manje izloženosti poremećajima u opskrbnom lancu, ali i zaštitom tokova relevantnih proizvoda pomoću dinamičkog upravljanja sigurnosnim/stabilizacijskim zalihama. Sigurnosna zaliha je obično podijeljena na tri razine, zelena, žuta i crvena. Što je ilustrirano na slici 15. Ta podjela se temelji na razini uzbune/pripravnosti za količine zaliha. Crvena označuje najvišu razinu uzbune u sigurnosnim zalihama, gdje su zalihe niske i postoji neposredna/hitna potreba za dopunom zaliha. Žuta boja označava srednju razinu uzbune u zalihama, zalihe su manje od idealnih količina i postoji potreba za dopunom zaliha. Kumulativni zbroj crvene i žute zone daje granicu pri kojoj se treba početi sa dopunom zaliha. Zelena zona označava da je najniži stupanj uzbune, da je količina trenutno dostatna tj. može pokriti potražnju. Kumulativni zbroj crvene, žute i zelene zone daje gornju preporučenu razinu zaliha [12].



**Slika 14.** Granične zone sigurnosnih/stabilizacijskih zaliha[12]

Modul Prediktivno planiranje materijala i resursa (pMRP) pomaže korisnicima u identificiranju problema s kapacitetima te pomaže u rješavanju istih rano u procesu planiranja. Moguća rješenja tj. pojednostavljeni planovi potreba se generiraju pomoću pojednostavljenog algoritma za materijalne potrebe. Proces korištenja je ilustriran na slici 16. [12].



**Slika 15.** Prediktivno planiranje materijala i resursa [12]

Modul Planiranje proizvodnje i detaljno terminiranje (PP/DS) se koristi za stvaranje prijedloga nabave za internu proizvodnju ili prijedloge za vanjsku nabavu zbog pokrivanja potreba. PP/DS se koristi za planiranje kritičnih proizvoda kao što su proizvodi koji imaju duga vremena nadopunjavanja ili za proizvode koji se proizvode ne resursima koji stvaraju usko grlo [12].

### 3.2.6 SAP Proizvodnja – Prošireno proizvodno inženjerstvo i operacije (PEO)

Detaljnija podjela (sub-)modula Prošireno proizvodno inženjerstvo i operacije (PEO) [12]:

- PEO Vodič za implementaciju
- PEO Metro MAP (uloge i zadaci)
- PEO Scenariji
- Upravljanje sastavnicama
- Upravljanje inženjerskim promjenama
- Planiranje proizvodnog proces
- Postavljanje procesa izvršenja proizvodnje
- Izvođenje proizvodnje
- Upravljanje pogonom
- Upravljanje kvalitetom
- Praćenje proizvodnje

- Složena montaža
- Scenariji integracije
- Upravljanje podacima

Modul Prošireno proizvodno inženjerstvo i operacije pruža funkcionalnosti koje su potrebne za detaljno modeliranje proizvodnog procesa, pružanje detaljnih instrukcija za operatore u proizvodnji, utvrđivanje da je proizvodni proces izveden primjereno te zabilježbe podataka napretka u proizvodnji. Ovaj modul pruža i fleksibilnost da se konstrukcijske promjene inkorporiraju iako je proizvodni proces već započeo te sveobuhvatnu analizu utjecaja promjena [12].

### 3.2.7 SAP Proizvodnja – Upravljanje kvalitetom

Detaljnija podjela (sub-)modula Upravljanje kvalitetom [12]:

- Planiranje kvalitete
  - Osnovni podaci (QM-PT-BD)
  - Planiranje pregleda/inspekcije (QM-PT-IP)
  - Planiranje vizualnog pregleda/inspekcije (QM-PT-VP)
  - Analiza modaliteta i učinaka kvarova (QM-PT-FA)
  - Kontrola logistike (QM-PT-RP)
  - Kontrolni plan (QM-PT-CP)
- Inspekcija kvalitete
  - Zabilježba rezultata (QM-IM-RR)
  - Upravljanje uzorcima (QM-IM-SM)
  - Upravljanje testnom opremom (QM-IT)
  - Certifikati kvalitete (QM-CA)
  - Statistička kontrola procesa (SPC)
  - Sučelje inspekcijskih podataka (QM-IDI)
  - Sučelje statističkih podataka (QM-STI)
- Unaprjeđenje kvalitete
  - Obavijesti o kvaliteti (QM-QN)
  - Upravljanje neusklađenošću



- Opće evaluacije upravljanja kvalitetom
- Analitika upravljanja kvalitetom
- Upravljanje revizijama
  - Plan revizija
  - Popis pitanja
  - Revizija
  - Korektivne i preventivne radnje
  - Transakcijski i matični podaci (CA-AUD)
- Unakrsne teme
  - Troškovi povezani s kvalitetom (QM-IM-IC)

Modul upravljanja kvalitetom omogućava korisnicima osiguravanje kvalitete njihovih proizvoda, procesa i usluga. Pomaže korisniku pripremiti, izvesti i nadgledati različite vrste inspekcija kvalitete. Ako nastanu defekti, modul Upravljanje neusklađenošću omogućuje izvještavanje i obrađivanje tih defekata kako bi se eliminirali te kako bi se spriječio ponovni nastanak takvih defekata. Ovaj modul pruža i bolji uvid u podatke vezane za kvalitetu [12].

## 4. USPOREDBA ERP SUSTAVA I TRENDОВI

### 4.1. Usporedba ERP sustava

U dokumentu [14] koji će biti temeljeni dokument pomoću kojeg će se u ovom radu uspoređivati ERP software za proizvodnju uspoređuju se 4 sustava : Odoo, SAP Business ONE, Netsuite i Microsoft Dynamics AX. Većina funkcionalnosti koje nedostaju ERP sustavu mogu se dodati integracijom rješenja trećih strana. No takva integracija vuče za sobom veću kompleksnost i troškove te veće razine ekspertize pri implementaciji. Stoga su preporuke da se odabere software koji pokriva sve temeljne poslovne funkcije poduzeća. Microsoft Dynamics AX je dizajniran za srednja i velika poduzeća. Implementiraju ga većinom poduzeća sa prihodima većim od 50 milijuna američkih dolara godišnje. Koristi se kako u diskretnoj proizvodnji, tako i u procesnoj industriji. AX se nudi u oblaku te u verziji na lokaciji. Netsuite ima modularnu strukturu, dostupan je samo u oblaku. Moduli se prodaju zasebno i postoje u bazičnim i naprednim verzijama. Odoo je *open source* paket poslovnih aplikacija, koji također ima modularnu strukturu. Svaka aplikacija u Odoo sustavu pokriva jednu poslovnu funkciju te se može instalirati zasebno. Odoo ima dva načina implementacije može biti na lokaciji ili u oblaku. SAP Business One je najjeftiniji sustav u ponudi SAP AG. Ciljani segment tržišta su im mala i srednja poduzeća. Dizajniran je da se može brzo uvesti sa što manje prilagođavanja. To znači da je Business one dizajniran da pokrije svaku software-sku potrebu malih i srednjih poduzeća, od CRM-a do proizvodnje. Sustav se može postaviti na lokaciji ili u oblaku. Od funkcija nedostaje mu napredno planiranje i upravljanje proizvodnjom [14]. Te funkcionalnosti se mogu kupiti od trećih strana koje su razvile svoja rješenja. Na slikama 17., 18., 19. i 20. će biti prikazane usporedbe funkcionalnosti između navedena 4 ERP sustava.

Inventory Management	Odoo Enterprise V10	MS Dyn AX	SAP B1	NetSuite
<b>General</b>				
Multi-Warehouse	✓	✓	✓	✗ <sup>1</sup>
Storage Locations (Bins)	✓	✓	✓	✓
Bin Replenishment	✓	✓	✓	✓
Mobile Device Support	✓	✓	✓	✓
Multi-Company	✓	✓	✓	✓
Multi-Currency	✓	✓	✓	✓
Multi-Language	✓	✓	✓	✓
Automatic ASN (Advanced Shipping Notice)	✗	✓	✗	✓
Package Management / Cartoning	✓	✓	✓	✓
Freight Carrier Integration	✓	✓	✗	✓
Manage Consignee Stocks	✓	✗	✓	✓
EDI (Electronic Data Interchange)	✗ <sup>2</sup>	✗ <sup>3</sup>	✓	✗ <sup>4</sup>
<b>Products</b>				
Non-Stocked Inventory <sup>5</sup>	✓	✓	✗	✗
Multiple Variants	✓	✓	✗	✓
Multiple Units of Measure	✓	✓	✓	✓
Inter-class UoM Conversion <sup>6</sup>	✓	✓	✓	✓
Variant Matrix	✗	✓	✗	✓
<p>1 NetSuite supports multiple companies, but only one warehouse per company.</p> <p>2-4 EDI is available through third-party software.</p> <p>5 Physical products for which we don't manage the inventory level.</p> <p>6 Conversion of base and secondary UoM (i.e. Volume to Mass). Sometimes called secondary units of measure.</p>				

**Slika 16.** Usporedba funkcionalnosti upravljanja zalihama (1) [14]

Inventory Management	Odoo Enterprise V10	MS Dyn AX	SAP B1	NetSuite
<b>Traceability</b>				
Lots / Serial Numbers	✓	✓	✓	✓
Up / Down Traceability	✓	✓	✗	✓
360° Traceability <sup>1</sup>	✓	✓	✗	✓
Expiration Dates	✓	✓	✓	✓
Cycle Counting	✓	✓	✓	✓
<b>Reporting</b>				
Inventory Forecasts	✓	✓	✓	✓
Inventory Valuations	✓	✓	✓	✓
ABC Analysis	✗	✓	✗	✓
<b>Barcode Support</b>				
QR Code Support	✗ <sup>2</sup>	✓	✗	✗
RFID Support	✗ <sup>3</sup>	✓	✗ <sup>4</sup>	✗ <sup>5</sup>
Lots / Serial Numbers	✓	✓	✗ <sup>6</sup>	✓
Receptions	✓	✓	✗ <sup>7</sup>	✓
Picking	✓	✓	✗ <sup>8</sup>	✓
Internal Moves	✓	✓	✗ <sup>9</sup>	✓
Delivery Orders	✓	✓	✗ <sup>10</sup>	✓
Inventory Adjustments	✓	✓	✗ <sup>11</sup>	✓
<b>Routing</b>				
FIFO / LIFO	✓	✓	✓	✓
Customizable Routes <sup>12</sup>	✓	✗	✗	✓
Putaway Strategies	✓	✓	✗	✓
Wave Picking	✓	✓	✗	✓
Batch Picking	✗	✓	✓	✓
Zone Picking	✓	✓	✗	✓
Cluster Picking	✓	✓	✗	✓
Cross-Docking	✓	✓	✗	✗
Putaway Location By Size, Weight, & Capacity	✗	✓	✗	✓

1 Tracking product lots/serials from production to sales order to delivery order.

2 Odoo can read QR codes, but third-party software is required to print them.

3-5 Available through third-party add-ons.

6-11 SBO can accept barcodes as input in any field, but there is no barcode scanning interface.

12 Sometimes called push/pull rules.

Slika 17. Usporedba funkcionalnosti upravljanja zalihama (2) [14]

Manufacturing	Odoo Enterprise V10	MS Dyn AX	SAP B1	NetSuite
<b>Master Data</b>				
Multi-Level BoM	✓	✓	✓	✓
Byproducts / Coproducts	✓	✓	✗	✗
Routings	✓	✓	✗	✓
Subassemblies	✓	✓	✓	✓
One BoM for Multiple Product Variants	✓	✗	✗	✗
BoM versions	✓	✓	✓	✓
Multiple BoM / Routing <sup>1</sup>	✓	✓	✓	✓
<b>Planning</b>				
Demand Forecasting	✓	✓	✓	✓
MRP I Scheduler	✓	✓	✓	✓
MRP II Scheduler <sup>2</sup>	✓	✓	✗	✓
Master Production Schedule	✓	✓	✗ <sup>3</sup>	✓
Gantt Chart Scheduling w/ Drag & Drop	✓	✓	✓	✗
Kanban Planning	✓	✓	✗	✗
Production Calendar	✓	✗	✗	✓
Infinite Capacity Scheduling	✓	✓	✓	✓
Finite Capacity Scheduling	✓	✓	✗	✓
Available to Promise	✗	✓	✓	✓
Multiple Scheduling Plans	✗	✓	✓	✓
Delivery Date Calculation (Backwards Scheduling)	✓	✓	✗	✗
Production Order Splitting/ Merging	✗	✓	✗	✗
<b>Operations</b>				
Manufacturing / Production Orders	✓	✓	✓	✓
Job Tracking	✓	✓	✓	✓
Work Orders / Operations	✓	✓	✗	✓
Automated Time Tracking	✓	✓	✗	✓
Disassembly Orders	✓	✓	✓	✗
Subcontract Manufacturing	✓	✓	✓	✓
Rework / Repair	✓	✓	✗	✗
Scrap	✓	✓	✓ <sup>4</sup>	✓
Disposal Strategies	✓	✓	✗	✗
Kits	✓	✓	✓	✓
Edit Individual Production BoMs	✗	✓	✓	✗

1 Ability to create multiple BoMs or routings for a single product.

2 Ability to schedule work orders based on workcenter capacity and availability.

3 MRP Wizard performs a similar function.

4 Constant Scrap Only.

Slika 18. Usporedba funkcionalnosti proizvodnje (1) [14]

Manufacturing	Odoo Enterprise V10	MS Dyn AX	SAP B1	NetSuite
<b>Costing</b>				
Perpetual Inventory Valuation <sup>1</sup>	✓	✓	✓	✓
Periodic Inventory Valuation <sup>2</sup>	✓	✓	✓	✗
Standard Price	✓	✓	✓	✓
FIFO	✓	✓	✓	✗
Landed Costs	✓	✗ <sup>3</sup>	✓	✓
Actual Production Labor	✓	✗	✗	✓
Production Order Costing	✓	✓	✓ <sup>4</sup>	✓
<b>Shop Floor Control</b>				
Shop Floor Terminals	✓	✓	✗ <sup>5</sup>	✗
Production Activities	✓	✓	✓	✓
Non-Production Activities <sup>6</sup>	✓	✓	✗ <sup>7</sup>	✗
Time Tracking	✓	✓	✗	✓
Messages on Work Orders	✓	✓	✗	✗
Barcode Support	✓	✓	✗	✓
Equipment / Machine Management	✓	✗	✗	✗
Work Instructions on Work Orders	✓	✗	✗	✗
Maintenance Requests from Shop Floor Terminal	✓	✗	✗	✗
<b>Human Resources</b>				
Schedule Management	✓	✓	✗	✓
Touchscreen Attendance	✓	✗	✗	✗
Timesheets	✓	✓	✗	✓
Breaks	✓	✓	✗	✗
Overtime	✓	✗	✗	✗
Vacation / Injury	✓	✓	✗	✗
<b>Reporting and Forecasting</b>				
Overall Equipment Efficiency	✓	✗	✗	✗
Work Time	✓	✓	✓	✓
Demand Forecast	✓	✓	✓	✓
Maintenance KPIs	✓	✗	✗	✗
Production Costs Analysis	✓	✓	✓	✓
Up/Downstream Traceability	✓	✓	✓	✓
Analytic Accounting	✓	✗	✓	✓
CSV Export	✓	✗ <sup>8</sup>	✓	✓
Dynamic Pivot Tables	✓	✗	✗ <sup>9</sup>	✗
Dashboards	✓	✓	✓	✓
Save Custom Reports	✓	✓	✓	✓

1-2 Inventory moves affect stock levels only.  
3 As a "miscellaneous" charge on the purchase order.  
4 Planned labor included as line item on the BoM.  
5 No special interface exists for shop floor use. Workers could view production orders from a standard SAP interface on the shop floor.  
6 Tasks like cleanup or setup which do not directly contribute to production.  
7 Could be configured as production orders.  
8 Conversion from ASCII or HTML and manual manipulation required.  
9 Using MS Excel Connector.

Slika 19. Usporedba funkcionalnosti proizvodnje (2) [14]

## 4.2. Trendovi

Tijekom “pandemijske 2020. godine“ rad od kuće je postala svakodnevica mnogih zaposlenika u kojoj je postojala potreba za osiguranjem sigurnog i visoko produktivnog radnog okruženja. Prema tome možemo očekivati da će se stvoriti veća potreba za pomakom različitih softverskih kategorija prema rješenjima u oblaku. Prednosti ERP sustava koji će se bazirati u oblaku su brojne, pogotovo za male tvrtke kojima neće biti potrebni vlastiti lokalno implementirani IT sustavi s kojima su povezani troškovi održavanja infrastrukture (IT). Naime bit će dovoljan jedan ili dva zaposlenika u IT podršci za korištenje svih prednosti koje nudi ERP sustav, a bez ovog pristupa mnoge male tvrtke to sebi ne bi mogle priuštiti. ERP sustav u oblaku nudi mnoge prednosti uključujući lakše korištenje aplikacija i platformi te mobilnost. MarketsandMarkets predviđa da će do 2025.godine tržište koje se temeljni na rješenjima u oblaku doseći 832.1 milijardi dolara, što ne čudi jer je poslovno gledano, softver koji se oslanja na oblak isplativija opcija. Internet stvari (IoT) je relativno nov pojam koji se odnosi na povezanost pametnih uređaja na internet. IoT osigurava poboljšanje u upravljanju imovinom, povećanu učinkovitost i predviđanje poslovanja, bolji uvid u trenutno stanje, poboljšanu komunikaciju te bolju poslovnu inteligenciju. Osim toga IoT podržava rad autonomnih vozila, analizu poslovanja u realnom vremenu, razvoj umjetne inteligencije te internet prodaju. Ono što je dodatno potaknulo rast IoT-a u poslovnom svijetu su potrebe kupaca, odnosno tržišta koje svakim danom sve više rastu. Proaktivni pristup ponudi i potražnji zahtjeva veću kvalitetu usluga na tržištu stoga ne čudi širenje IoT-a kroz razne industrije uključujući proizvodnju i graditeljstvo. IoT se koristi u ERP-u, posebice u poslovima koji su usmjereni na proizvodnju gdje se naglasak stavlja na detalje kao što su dostava i lanac opskrbe. To je posebice važno u situacijama u kojima želite imati uvid u procese u realnom vremenu kako bi izbjegli buduće poteškoće. Može se reći da IoT pruža dobru dijagnostiku sustava kako bi se uočili dijelovi koji se trebaju popraviti ili zamijeniti. Statista predviđa da će do 2023.godine tržište IoT-a doseći 1.1 bilijun dolara. U bližoj budućnosti će korisnici ERP sustava tražiti rješenja koja su “krojena“ specifično za njihove potrebe u poslovanju. Umjesto neprestanih modifikacija postojećeg sustava, dobavljači će personalizirati i proširiti svoja rješenja kako bi pružili zadovoljavajuća rješenja svojim korisnicima. Ovakav pristup će u konačnici smanjiti potrebu za većim brojem IT timova koji bi radili na ERP rješenjima u tvrtki [15]. Današnje tržište svakim danom podiže standarde u pružanju usluge svojim kupcima. Općepoznati “Amazon efekt“ koji podrazumijeva logistiku na visokoj razini zbog opsežnih zahtjeva te brzih isporuka usluge kupcima, je podigao ljestvicu pružanja usluga mnogim tvrtkama. Prema tome možemo

uočiti povezanost porasta interesa kupaca ERP rješenja s primjenom novih tehnologija u poslovanju. Primjetno je da je zbog svjetske pandemije ostvaren zamjetan porast trgovine putem interneta, tvrtke su ubrzale proces digitalizacije svojih usluga, a rad od kuće je postala uobičajena svakodnevnica mnogih zaposlenika. Forrester predviđa da će rad od kuće porasti za 300% u budućnosti [15]. Digitalna transformacija je proces integracije digitalne tehnologije u svaki dio poslovanja tvrtke. Ovaj pristup poslovanju potiče porast produktivnosti kod zaposlenika, poboljšanu uslugu i komunikaciju prema kupcima, a sve to se odražava na bolju konkurentnost tvrtke na tržištu. Obzirom da ERP sustavi obuhvaćaju većinu područja u tvrtki, logično je da će od tu započeti digitalna transformacija [16]. ERP sustavi će se koristiti kao podrška složenim modelima poslovanja uključujući distribuciju, skladištenje i mješoviti model proizvodnje. S porastom prometa trgovine putem interneta raste i potreba za implementacijom ERP-a. Predviđa se da će porast potražnje usluga trgovine putem interneta ubrzati digitalnu transformaciju brojnih tvrtki. U sklopu procesa digitalizacije usluga važan faktor je mobilnost, a ERP sustavi su već neko vrijeme nudili mobilne usluge svojim korisnicima. Mobilne verzije pristupa ERP sustavu potiču kolaboraciju između zaposlenika raspršenih svuda po svijetu u različitim vremenskim zonama. Osim toga, mobilni pristup ERP sustavu je dizajniran kako bi se posao mogao obaviti iako niste trenutno za računalom. Zaposlenici mogu dati odobrenja za zadatke sa svojih mobitela ili pratiti status radnih procesa u realnom vremenu [16]. Još jedna činjenica koju treba istaknuti je da sva ERP rješenja nisu jednako dizajnirana za svaku vrstu poslovanja. ERP razine 1 predstavlja globalni standard (prvenstveno SAP S/4HANA). Za manje tvrtke ERP razina 1 razina može biti previše sveobuhvatna i robusna, što znači da zahtjeva daleko više ekspertize za implementaciju te da ima funkcionalnosti koje se ni ne bi mogle implementirati jer tvrtke jednostavno nemaju odgovarajuću strukturu procesa. ERP razina 1 je idealan za globalna poduzeća koja imaju godišnje prihode barem u desecima milijuna dolara [15]. ERP sustav razine 2 za poduzeća podržava posebne i specifične zahtjeve podružnica, obično manje operativne zahtjeve. U dvostupanjskoj strategiji implementacije ERP-a tvrtke zadržavaju svoje postojeće ERP sustave razine 1 na korporativnoj razini, dopuštajući odjelima, poslovnim jedinicama i određenim odjelima da odaberu drugi ERP sustav. Danas, dok više tvrtki srednje veličine traži prednosti implementacijom ERP sustava razine 2, mnoge veće tvrtke istražuju učinkovitost uključivanja ERP sustava razine 2 u postojeće ERP sustave razine 1, kako bi pružile sveobuhvatnu funkcionalnost dvostupanjske strategije idealnu za lokalizirane performanse i globalne zahtjeve [17].

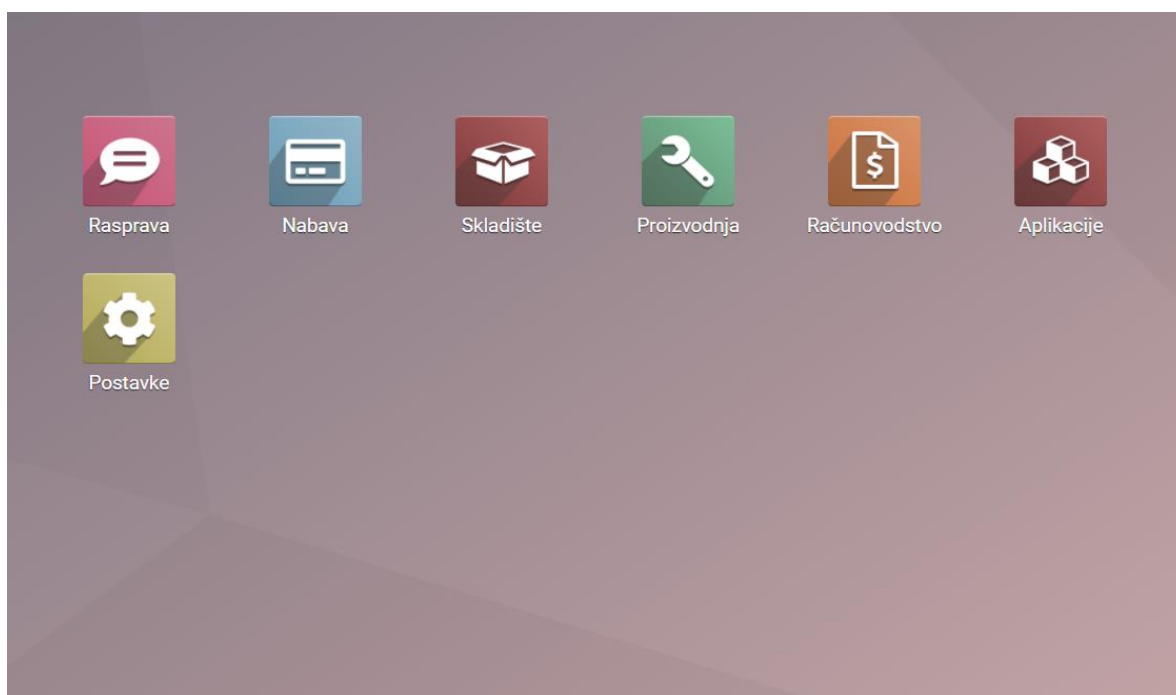


## 5. REALNI PRIMJER

S obzirom da je implementacija proizvodnog modula ERP IT sustava vrlo kompleksna i zahtjevna ovdje će biti prikazan jedan jednostavan primjer implementacije Odoo sustava za planiranje i upravljanje proizvodnjom nekoliko varijanti kotača za bicikl. U primjeru implementacije su obuhvaćene slijedeće osnovne funkcionalnosti:

- Obuhvat osnovnih podataka proizvoda i njihovih dijelova (na slikama 22., 23.)
- Obuhvat radioničkih sastavnica (na slikama 24., 25., 26)
- Radni centri (na slici 27.)
- Radne operacije (na slici 28.)
- Glavni raspored proizvodnje (na slici 29.)
- Radni nalozi (na slikama 30., 31.)
- Kalkulacije troškova proizvoda (na slici 24.)

Glavni izbornik Odoo sustava je prikazan na slici 21.



**Slika 20.** Odoo glavni izbornik [18]

Proizvodnja						
Pregled Operacije Planiranje Proizvodi Izvještavanje Postava						
Proizvodi						
KREIRAJ						
Filteri Grupiraj po Omiljeni						
<input type="checkbox"/>	Naziv proizvoda	Interna oznaka	Odgovoran	Prodajna cijena	Trošak	Fizička zaliha
<input type="checkbox"/>	Glavčina sa žbicama 26	GSZB-26	Ivan Tirić	800,00 kn	727,33 kn	200,00
<input type="checkbox"/>	Glavčina sa žbicama 28	GSZB-28	Ivan Tirić	900,00 kn	796,67 kn	1.380,00
<input type="checkbox"/>	Glavčina sa žbicama 29	GSZB-29	Ivan Tirić	900,00 kn	830,00 kn	240,00
<input type="checkbox"/>	Nipla 2X12	NPL-2X12	Ivan Tirić	12,00 kn	10,00 kn	0,00
<input type="checkbox"/>	Nipla 2X14	NPL-2X14	Ivan Tirić	16,00 kn	12,00 kn	133.600,00
<input type="checkbox"/>	Obruč - 26	OBR-26	Ivan Tirić	2.500,00 kn	2.195,77 kn	1.150,00
<input type="checkbox"/>	Obruč - 28	OBR-28	Ivan Tirić	2.500,00 kn	2.198,77 kn	1.200,00
<input type="checkbox"/>	Obruč - 29	OBR-29	Ivan Tirić	2.500,00 kn	2.200,37 kn	940,00
<input type="checkbox"/>	Obruč AI - 26	OBR-AL-26	Ivan Tirić	2.700,00 kn	2.227,37 kn	150,00
<input type="checkbox"/>	Obruč AI - 28	OBR-AL-28	Ivan Tirić	2.800,00 kn	2.233,37 kn	150,00
<input type="checkbox"/>	Obruč AI - 29	OBR-AL-29	Ivan Tirić	2.900,00 kn	2.236,57 kn	0,00
<input type="checkbox"/>	Prednja glavčina	PG-001	Ivan Tirić	450,00 kn	350,00 kn	3.000,00
<input type="checkbox"/>	Prednji kotač - 26	PKBC-26	Ivan Tirić	4.000,00 kn	3.588,43 kn	1.100,00
<input type="checkbox"/>	Prednji kotač - 28	PKBC-28	Ivan Tirić	4.400,00 kn	3.708,11 kn	1.200,00
<input type="checkbox"/>	Prednji kotač - 29	PKBC-29	Ivan Tirić	4.200,00 kn	3.790,37 kn	900,00
<input type="checkbox"/>	Prednji kotač AI - 26	PKBC AL-26	Ivan Tirić	4.200,00 kn	3.620,03 kn	100,00
<input type="checkbox"/>	Prednji kotač AI - 28	PKBC AL-28	Ivan Tirić	4.300,00 kn	3.742,71 kn	80,00

Slika 21. Izvadak iz pregleda proizvoda u Odoo sustavu [18]

Proizvodnja						
Pregled Operacije Planiranje Proizvodi Izvještavanje Postava						
Proizvodi / [PKBC-28] Prednji kotač - 28						
UREDI KREIRAJ						
Ispis Akcija						
UPDATE QUANTITY REPLENISH						
1.200,00 ... On Hand	15.200,00 ... Predviđeno	Kretanja proizvoda	0 Pravila po...	1 Sastavnica	1.120,00 ... Proizvoed...	Analiza troškova
<b>Prednji kotač - 28</b>						
<input checked="" type="checkbox"/> Može se prodavati						
<input type="checkbox"/> Vidljiv u nabavi						
Opći podaci Skladište						
Tip artikla	Storable Product	Prodajna cijena	4.400,00 kn			
Kategorija proizvoda	All	Porezi kod prodaje				
Interna oznaka	PKBC-28	Trošak	3.708,11 kn	Izračunaj cijenu iz sastavnice		
Barkod						
Interne bilješke						

Slika 22 Detalji proizvoda u Odoo sustavu [18]

**Proizvodnja** Pregled Operacije Planiranje Proizvodi Izvještavanje Postava

Proizvodi / [PKBC-28] Prednji kotač - 28 / Sastavnica / [PKBC-28] Prednji kotač - 28

**URED** KREIRAJ Ispis Akcija

Routing Performan... Struktura i trošak

Proizvod [PKBC-28] Prednji kotač - 28      Vezna oznaka  
 Količina 1,00      Tip sastavnice      Proizvedi ovaj proizvod

Komponente Operacije Razno

Komponenta		Količina
[OBR-28] Obruč - 28	0	1,00
[NPL-2X14] Nipla 2X14	0	38,00
[GSZB-28] Glavčina sa žbicama 28	0	1,00

Slika 23. Sastavnica proizvoda u Odoo sustavu [18]

**Proizvodnja** Pregled Operacije Planiranje Proizvodi Izvještavanje Postava

Sastavnica / [OBR-28] Obruč - 28

**URED** KREIRAJ Ispis Akcija

Routing Performan... Struktura i trošak

Proizvod [OBR-28] Obruč - 28      Vezna oznaka  
 Količina 1,00      Tip sastavnice      Proizvedi ovaj proizvod

Komponente Operacije Razno

Operacija	Koraci	Radni centar	Trajanje (minuta)
Rezanje i savijanje profila 28	0	Rezanje i savijanje profila	01:30
Zavarivanje obruča 28	0	Zavarivanje obruča	01:00
Bušenje provrta na obruču 28	0	Bušenje provrta na obruču	02:00
			<b>04:30</b>

Slika 24 Pregled operacija za proizvod u Odoo sustavu [18]

### BoM Structure & Cost

[PKBC-28] Prednji kotač - 28

Proizvod	Sastavnica	Količina	Trošak proizvoda	Trošak BOM-a
[PKBC-28] Prednji kotač - 28	[PKBC-28] Prednji kotač - 28	1,00	3.708,11 kn	3.708,11 kn
▼ [OBR-28] Obruč - 28	[OBR-28] Obruč - 28	1,00	2.198,77 kn	2.198,77 kn
[PF-001] Profil za obruče		2,23	44,60 kn	44,60 kn
▼ Operacije		84:30		2.154,17 kn
Rezanje i savijanje profila 28 - Rezanje i savijanje profila		61:30		1.537,50 kn
Zavarivanje obruča 28 - Zavarivanje obruča		01:00		30,00 kn
Bušenje provrta na obruču 28 - Bušenje provrta na obruču		22:00		586,67 kn
[NPL-2X14] Nipla 2X14		38,00	456,00 kn	456,00 kn
▼ [GSZB-28] Glavčina sa žbicama 28	[GSZB-28] Glavčina sa žbicama 28	1,00	796,67 kn	796,67 kn
[PG-001] Prednja glavčina		1,00	350,00 kn	350,00 kn
[ZB-2X282] Žbica 2X282		38,00	190,00 kn	190,00 kn
▼ Operacije		11:00		256,67 kn
Montaža žbica na glavčinu 28 - Montaža žbica na glavčinu		11:00		256,67 kn
▼ Operacije		11:00		256,67 kn
Montaža obruča 28 na glavčinu sa žbicama 28 - Montaža kotača		11:00		256,67 kn
		<b>Trošaj jedinice</b>	3.708,11 kn	3.708,11 kn

Slika 25. Sastavnica proizvoda i struktura troškova u Odoo sustavu [18]

☰
Proizvodnja
Pregled
Operacije
Planiranje
Proizvodi
Izveštavanje
Postava

Radni centri Pronađi...

KREIRAJ ⬇ ▼ Filteri ☰ Grupiraj po ★ Omiljeni

<input type="checkbox"/>	Šifra	Radni centar
<input type="checkbox"/>	✚ RC-001	Rezanje i savijanje profila
<input type="checkbox"/>	✚ RC-002	Rezanje i savijanje Al profila
<input type="checkbox"/>	✚ RC-003	Spajanje Al obruča
<input type="checkbox"/>	✚ RC-004	Zavarivanje obruča
<input type="checkbox"/>	✚ RC-005	Montaža žbica na glavčinu
<input type="checkbox"/>	✚ RC-006	Montaža kotača
<input type="checkbox"/>	✚ RC-007	Završna kontrola kotača
<input type="checkbox"/>	✚ RC-008	Bušenje provrta na obruču

Slika 26. Pregled radnih centara u Odoo sustavu [18]

Proizvodnja				
Operacije		Pregled Operacije Planiranje Proizvodi +		
KREIRAJ		Pronađi...		
		Filteri Grupiraj po Omiljeni 1-27 / 27		
Operacija	Koraci	Radni centar	Trajanje (minuta)	
Rezanje i savijanje profila 26	0	Rezanje i savijanje profila	01:30	
Rezanje i savijanje profila 28	0	Rezanje i savijanje profila	01:30	
Rezanje i savijanje profila 29	0	Rezanje i savijanje profila	01:30	
Rezanje i savijanje profila Al 26	0	Rezanje i savijanje profila	01:30	
Rezanje i savijanje profila Al 28	0	Rezanje i savijanje profila	01:30	
Rezanje i savijanje profila Al 29	0	Rezanje i savijanje profila	01:30	
Zavarivanje obruča 26	0	Zavarivanje obruča	01:00	
Zavarivanje obruča 28	0	Zavarivanje obruča	01:00	
Zavarivanje obruča 29	0	Zavarivanje obruča	01:00	
Spajanje obruča Al 29	0	Spajanje Al obruča	01:00	
Spajanje obruča Al 28	0	Spajanje Al obruča	01:00	
Spajanje obruča Al 26	0	Spajanje Al obruča	01:00	
Bušenje provrta na obruču 26	0	Bušenje provrta na obruču	02:00	

Slika 27. Izvadak iz pregleda operacija u Odoo sustavu [18]

Proizvodnja									
Glavni raspored proizvodnje		Pregled Operacije Planiranje Proizvodi Izvještavanje Postava							
DODAJ PROIZVOD		Pronađi...							
		Retci							
		ruj 2021	lis 2021	stu 2021	pro 2021	sij 2022	velj 2022	ožu 2022	tra 2022
[PKBC-26] Prednji kotač - 26		100,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
- Predviđanje potražnje		1.000,00	700,00	500,00	400,00	400,00	600,00	1.000,00	1.000,00
+ Suggested Replenishment REPLENISH	100 ≤... ≤ 2000	1.100,00	700,00	500,00	400,00	400,00	600,00	1.000,00	1.000,00
= Predviđanje zalihe	200	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
[PKBC-28] Prednji kotač - 28		80,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
- Predviđanje potražnje		1.000,00	800,00	500,00	400,00	400,00	600,00	900,00	1.200,00
+ Suggested Replenishment REPLENISH	100 ≤... ≤ 2500	1.120,00	800,00	500,00	400,00	400,00	600,00	900,00	1.200,00
= Predviđanje zalihe	200	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
[PKBC-29] Prednji kotač - 29		140,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
- Predviđanje potražnje		800,00	700,00	500,00	500,00	400,00	500,00	800,00	900,00
+ Suggested Replenishment REPLENISH	100 ≤... ≤ 2000	760,00	700,00	500,00	500,00	400,00	500,00	800,00	900,00
= Predviđanje zalihe	100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Slika 28. Glavni raspored proizvodnje u Odoo sustavu [18]

Proizvodnja					
Planiranje radnih naloga					
20 rujna 2021 - 26 rujna 2021					
Operacije	ponedjeljak, 20.	utorak, 21.	srijeda, 22.	četvrtak, 23.	petak, 24.
Rezanje i savijanje profila	1 - WH/MO...				
Rezanje i savijanje AI profila					
Spajanje AI obruča					
Zavarivanje obruča	2 - WH/MO...				
Montaža žbica na glavčinu	WH/MO/00051 - Glavčina sa žbicama 29 - Montaža žbica na glavčinu 29				
	WH/MO/00052 - Glavčina sa žbicama 29 - Montaža žbica na glavčinu 29				
	WH/MO/00054 - Glavčina sa žbicama 26 - Monta...				
	WH/MO/00055 - Glavčina sa žbicama 26 - Montaža žbica na glavčinu 26				
Montaža kotača	WH/MO/00004 - Prednji kotač - 26 - Montaža obruča 26 na glavčinu sa žbicama 26				
	WH/MO/00042 - Prednji kotač - 28 - Montaža obruča 28 na glavčinu sa žbicama				
Završna kontrola kotača					
Bušenje provrta na obruču	3 - WH/MO...				

Slika 29. Planiranje radnih naloga u Odoo sustavu [18]

Proizvodnja							
Radni nalozi							
Operacija	Radni centar	Nalog za proizvodnju	Planirani datum početka	Očekivano trajanje	Stvarno trajanje	Status	
<input type="checkbox"/>	Montaža obruča 26 na glavčinu sa žbicama 26	Montaža kotača	WH/MO/00004	19.09.2021 11:49:50	8000:00	1441:26	U tijeku
<input type="checkbox"/>	Montaža žbica na glavčinu 29	Montaža žbica na glavčinu	WH/MO/00051	19.09.2021 16:04:30	4800:00	4547:28	U tijeku
<input type="checkbox"/>	Montaža žbica na glavčinu 29	Montaža žbica na glavčinu	WH/MO/00052	19.09.2021 16:04:34	12000:00	4547:24	U tijeku
<input type="checkbox"/>	Montaža obruča 28 na glavčinu sa žbicama 28	Montaža kotača	WH/MO/00042	19.09.2021 16:04:39	27500:00	4547:19	U tijeku
<input type="checkbox"/>	Rezanje i savijanje profila 26	Rezanje i savijanje profila	WH/MO/00057	19.09.2021 16:41:13	810:00	4510:45	U tijeku
<input type="checkbox"/>	Zavarivanje obruča 26	Zavarivanje obruča	WH/MO/00057	19.09.2021 16:41:17	500:00	4510:41	U tijeku
<input type="checkbox"/>	Bušenje rupa na obruču 26	Bušenje provrta na obruču	WH/MO/00057	19.09.2021 16:41:19	1020:00	4510:39	U tijeku
<input type="checkbox"/>	Montaža žbica na glavčinu 26	Montaža žbica na glavčinu	WH/MO/00054	19.09.2021 16:41:23	3000:00	4510:35	U tijeku
<input type="checkbox"/>	Montaža žbica na glavčinu 26	Montaža žbica na glavčinu	WH/MO/00055	19.09.2021 16:41:25	8000:00	4510:33	U tijeku
<input type="checkbox"/>	Montaža obruča 26 na glavčinu sa žbicama 26	Montaža kotača	WH/MO/00006	27.09.2021 10:00:00	1000:00	00:00	Spremno
<input type="checkbox"/>	Montaža obruča 28 na glavčinu sa žbicama 28	Montaža kotača	WH/MO/00024	01.06.2022 10:00:00	27500:00	00:00	Spremno
<input type="checkbox"/>	Montaža obruča 28 na glavčinu sa žbicama 28	Montaža kotača	WH/MO/00022		13200:00	00:00	Spremno
<input type="checkbox"/>	Montaža obruča 28 na glavčinu sa žbicama 28	Montaža kotača	WH/MO/00023		18700:00	00:00	Spremno
<input type="checkbox"/>	Montaža obruča 29 na glavčinu sa žbicama 29	Montaža kotača	WH/MO/00027		6000:00	00:00	Spremno

Slika 30. Pregled radnih naloga u Odoo sustavu [18]

Zbog kompleksnosti i brojnosti funkcionalnosti Odoo sustava ovdje je prikazan samo uži izbor osnovnih funkcionalnosti modula proizvodnje.

## 6. ZAKLJUČAK

Sveobuhvatna digitalizacija industrije čiji prvi impuls je došao iz Savezne Republike Njemačke s konceptom Industrija 4.0, razvoj cloud rješenja, prihvaćanje koncepta Interneta stvari, potiču industrijske tvrtke da prihvate nove tehnologije. Kako bi tvrtke dobile prednost pred konkurencijom. Sudjelovanje u ekonomiji budućnosti nalaže potpunu digitalnu integritanost tvrtke. Glavni stup tih napora treba činiti ERP IT sustav, jer on čini centralnu okosnicu svih drugih digitalnih sustava, zbog činjenice da ključni informacijski tokovi prolaze kroz ERP IT sustav. Tvrtke bez adekvatno implementiranog ERP IT sustava neće moći opstati na tržištu. No ERP IT sustav koji odgovara svim tvrtkama takozvano *eng. "one size fits all"* rješenje ne postoji. Stoga svaka tvrtka mora proći kroz podugačak i težak proces odabira i implementacije optimalnog ERP IT sustava. U tom odabiru tvrtke ocjenjuju funkcionalnosti ERP IT sustava i one se uzimaju kao glavni kriterij. Često se podcjenjuje koliko je zapravo implementacija ERP IT sustava velik projekt i koliki prioritet ima za tvrtku. Bez potpune podrške top menadžmenta tvrtke, odgovarajućeg dobavljača ERP IT sustava, kvalitetnih konzultanata koji razumiju industrijsku granu tvrtke i procese unutar tvrtke projekt implementacije ERP IT sustava je osuđen na propast ili u najboljem slučaju neadekvatnu implementaciju. Funkcionalnosti sustava su bitne, no bez potpune podrške top menadžmenta i kvalitetnih konzultanata gube svaki smisao. Najzanimljiviji razvoj je u sinergističkom djelovanju novih tehnologija kao što su 5G (bežični prijenos pete generacije), IoT, rješenja u oblacima i rubno računarstvo (*eng. edge computing*). ERP rješenja u oblacima omogućuju implementaciju na raznim lokalitetima, ali da se svime centralno upravlja u stvarnom vremenu. Cilj je centralno upravljati kvalitetom, troškovima i vremenima isporuke. Takvo upravljanje naravno ne bi moglo biti moguće bez IoT-a koji će generirati potrebne podatke, bilo to primjenom čipova za radiofrekvencijsku identifikaciju, čipove za globalni položajni sustav, senzora ili neke druge tehnologije. Kako bi to sve funkcioniralo nužan je brzi prijenos podataka, a to osigurava 5G mreža koja je smanjila latenciju prijenosa podataka na 1 milisekundu, za usporedbu bežični Wi-Fi prijenos ima latenciju 20 do 40 milisekundu. U takvom scenariju moći će se trenirati sustave umjetne inteligencije i strojnog učenja uz pomoć stvarnih scenarija. Što bi doneslo opipljiv napredak u automatizaciji procesa. Marc Andreessen je 2011.godine ustvrdio: "Software jede svijet!" Ta izjava je imala i 2011. godine težinu, ali i deset godina kasnije nije ništa slabija. Dugi marš digitalizacije ne pokazuje znakove zaustavljanja.

## LITERATURA

- [1] Bracht, U., Geckler, D., Wenzel, S.: Digitale Fabrik: Methoden und Praxisbeispiele, Basis für Industrie 4.0, 2. Auflage, Springer Vieweg, 2018.
- [2] Meudt, T., Wonnemann, A., Metternich, J.: Produktionsplanung und -steuerung (PPS) - ein Überblick der Literatur der unterschiedlichen Einteilung von PPS- Konzepten, 2. akt. Version, TU Darmstadt, PTW, CiP, 2017.
- [3] Schuh, G., Stich V.: Produktionsplanung und -steuerung 1, Grundlagen der PPS, 4. überarbeitete Auflage, Springer Vieweg, 2012.
- [4] Eversheim, W.: Organisations in der Produktionstechnik, Band 3: Arbeitsvorbereitung, 4. Auflage, VDI, Düsseldorf, 2002.
- [5] Lasch, R., Janker, C. G.: Übungsbuch Logistik: Aufgaben und Lösungen zur quantitativen Planung in Beschaffung, Produktion und Distribution, 2. Auflage, Gabler/Springer, 2010.
- [6] Bauer, J.: Produktionscontrolling und -management mit SAP ERP: Effizientes Controlling, Logistik- und Kostenmanagement moderner Produktionssysteme, 5. Auflage, Springer Vieweg, 2017.
- [7] Knolmayer G.: Supply chain management based on SAP systems, Springer, Heidelberg/Berlin, 2010.
- [8] Luczak H., Eversheim W.: Produktionsplanung und – steuerung: Grundlagen, Gestaltung, und Konzepte, 2. Auflage, Springer, Berlin, 2001.
- [9] Wannenwetsch, H.: Integrierte Materialwirtschaft: Logistik und Beschaffung, 5. Auflage, Springer Vieweg, 2014.
- [10] Schönsleben, P.: Integrales Logistikmanagement: Operatins und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend, 8.Auflage, Springer Vieweg, 2020.
- [11] Leon, A.: ERP Demystified, Third Edition, McGraw Hill, 2014.
- [12] <https://help.sap.com> , 31.8.2021. (datum pristupa)
- [13] Sagegg, O. J., Alfnes, E.: ERP Systems for Manufacturing Supply Chains: Applications, Configuration, and Performance, First edition, CRC Press, 2019.



- [14] MRP Comparison White Paper: Microsoft Dynamics AX, Netsuite, Odoo & SAP Business One ; August 2016; preuzeto sa <https://www.odoo.com> 31.8.2021. (datum pristupa)
- [15] Hayes, K.: ERP Trends Future of Enterprise Resource Planning, <https://www.selecthub.com/enterprise-resource-planning/erp-trends/> , 16.9.2021. (datum pristupa)
- [16] Luther, D.: 8 ERP Trends for 2021, <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/erp-trends.shtml> , 17.9.2021. (datum pristupa)
- [17] Was Sie über die zweistufige ERP-Strategie wissen müssen – Trending – 2021, <https://careerie.com/79562-two-tier-erp-strategy-need-know.html> , 16.9.2021. (datum pristupa)
- [18] <https://www.odoo.com> , 19.9.2021. (datum pristupa)