



## Industrija 4.0 - 4. Industrijska (r)evolucija



1.0

**Industrija 1.0**  
Mehanizacija

*kraj 18. veka*

Mehanizacija  
proizvodnje, početak  
industrijske revolucije  
***Snaga vode / pare***



2.0

**Industrija 2.0**  
Industrijalizacija

*početak 20. veka*

Masovna proizvodnja  
zasnovana na  
podeli rada  
***Električna energija***



3.0

**Industrija 3.0**  
Automatizacija

*kraj 20. veka*

Automatizacija  
korišćenjem elektronike,  
računari, PLC, roboti  
***Elektronika / IT***



4.0

**Industrija 4.0**  
Digitalizacija, Umrežavanje

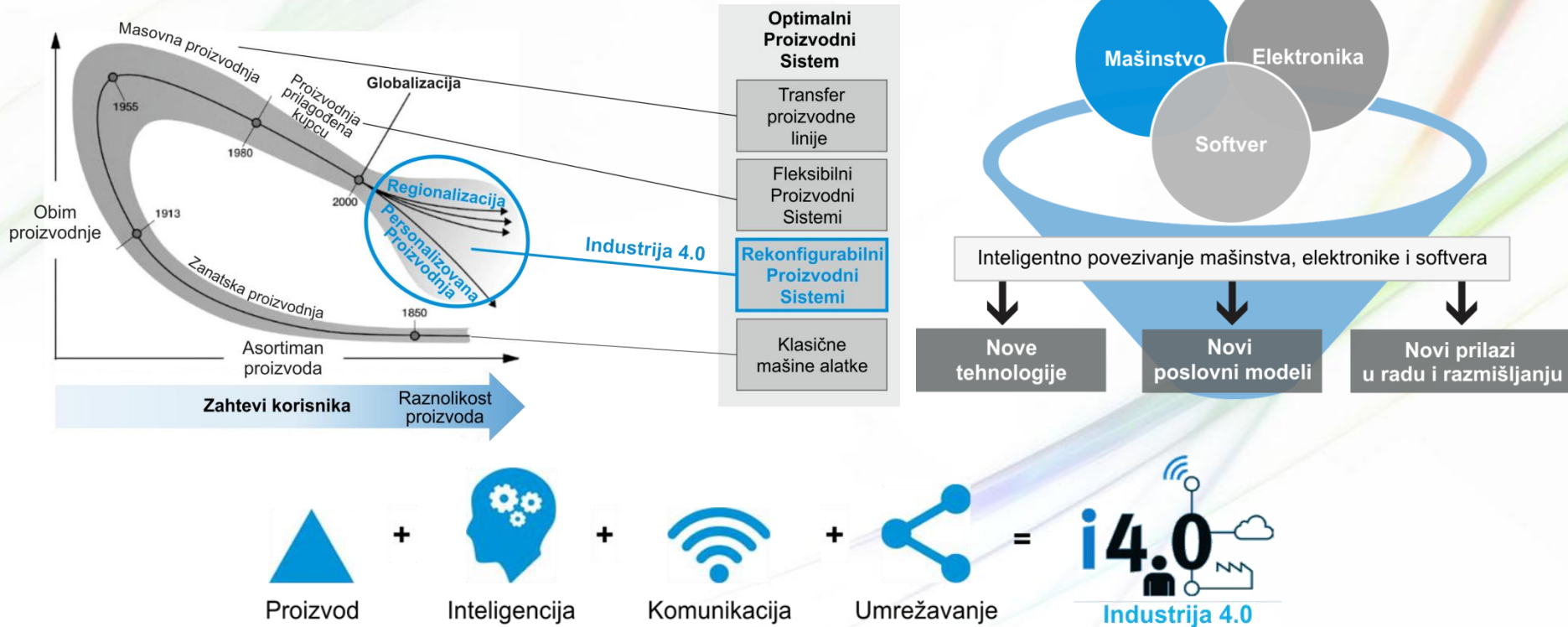
*danas*

Pametne fabrike,  
Internet stvari  
Oblak tehnologije, Big Data  
***Kibernetско-fizički sistemi***

# Industrija 4.0: Globalna (r)evolucija proizvodnje



**Industry 4.0 (I4.0)** termin potiče od strateškog projekta nemačke vlade, kompanija i nauke, prvi put predstavljen 2011. na sajmu u Hanoveru. **Digitalizacija** i **umrežavanje** su osnovni uslovi za implementaciju industrije 4.0.



# Industrija 4.0: Osnovni elementi (tehnologije)



40 tehnologija uključenih u I4.0 koncept\*:

**Cyber-Physical Systems (CPS)**

**Radio Frequency IDentification (RFID)**

**Near Field Communication (NFC)**

**Digital Product Memory (DPM)**

**Smart Machining**

**M2M – Machine-to-Machine communication**

**MMI – Man-machine interaction**

**MRC – Man-robot collaboration**

**Bionics**

**Assisted Operator**

**Mobile Robotics**

**Energy Efficiency Monitoring**

**Renewable Energy Integration**

**Smart / Mobile Maintenance**

**Condition Monitoring**

**AR – Augmented Reality**

**VR – Virtual Reality**

**QR Code**

**Digital Twin**

**Digital Shadow**

**Reconfigurable Factory**

**Plug & Produce**

**Shop Floor Management I4.0**

**Lean Management**

**Batch Size 1**

**Horizontal & Vertical Integration**

**Pick By Light**

**Smart Devices**

**Industrial Cyber Security**

**Open Protocol Communication – Unified Architecture (OPC-UA)**

**IoT – Internet of Things (IIoT – Industrial Internet of Things)**

**Cloud**

**Big Data**

**Real-Time Communication**

**Manufacturing Execution Systems (MES)**

**Enterprise Resource Planning (ERP)**

**Intelligent Logistics**

**Supplier Relationship**

**Smart Factory**

**Customer Relationship**

- Ovo su neke od osnovnih tehnologija koje su deo I4.0 koncepta.
- **Kontinualno se razvijaju** i implementiraju nove tehnologije.
- Implementacija predstavljenih tehnologija je kompleksan proces, prouzrokuje **značajne troškove, zahteva vreme i znanje** i ima svoje troškove operativnog funkcionisanja.
- Svaka kompanija mora **imati svoj pogled na implementaciju**, i ne postoji "tačan nivo" implementacije koji se može preporučiti.

## RFID



### Radio Frekventna IDentifikacija

Koristi radio transmisiju da očita podatke sa oznake ili ispiše podatke na oznake bez kontakta. Energiju dobija od RFID čitača.

## NFC



### Near Field Communication

Dvosmerna komunikacija između dva elementa locirana jedan blizu drugoga. NFC – RFID na distanci od nekoliko cm

## DPM



### Digitalna memorija proizvoda

Zasnovanu na ISO 15693 RFID standardu omogućava čuvanje specifičnih podataka o proizvodu tokom procesa proizvodnje i svih faza životnog ciklusa uključujući i održavanje.

## QR Code



### Quick Response Code

Praćenje delova u proizvodnji. Čitaju se smart uređajima, kamerama, specijalizovanim čitačima sa odgovarajućim softverom.

Može biti:

- Deo finalnog proizvoda
- Deo nosača

# Industrija 4.0: Kibernetско-fizički sistem (CPS)



**Cyber-Physical Systems** su pametni, umreženi sistemi sa ugrađenim **senzorima, procesorima i aktuatorima** (izvršnim organima) koji su u interakciji sa fizičkim svetom (uključujući i ljude kao korisnike) i podržavaju rad u realnom vremenu.

## The Internet of things

+ IP kapacitet

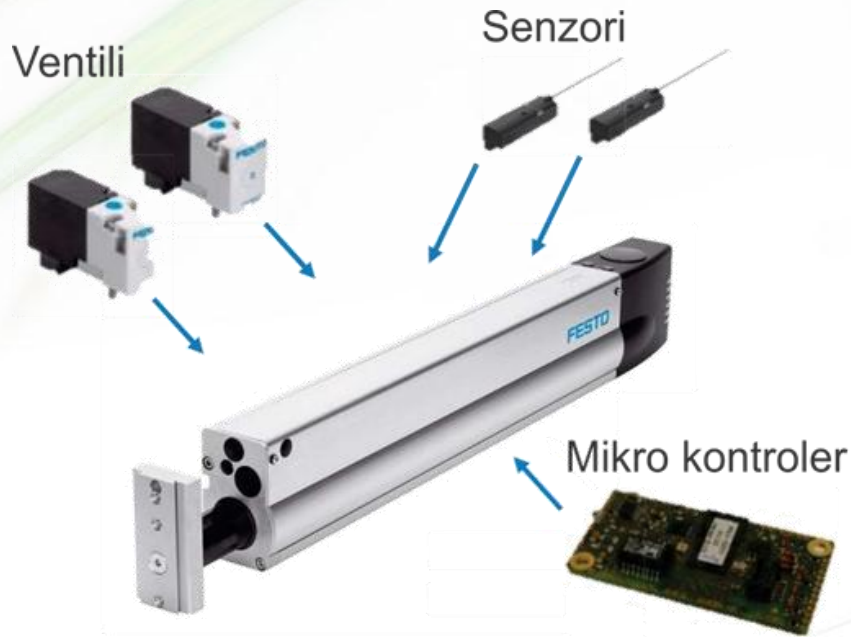
## Kibernetско-fizički sistem

- + Ethernet komunikacija
- + Machine-to-Machine komunikacija
  - Wi-Fi komunikacija
  - Semantički opis

## Integrirani sistemi

- + senzori, aktuatori
- + integrirana inteligencija

## Fizički objekti, uređaji



*Kibernetско-fizički sistem:*  
Integracija lokalne "inteligencije" i komunikacijskih kapaciteta.  
Ovi sistemi su "dovoljno pametni" da mogu nezavisno odlučivati.

# Industrija 4.0: Internet stvari



## Internet of Things (IoT)

Predstavlja međumrežavanje fizičkih objekata sa ugrađenom elektronikom, softverom, sensorima i konekcijom. Na taj način je uređajima omogućena razmena podataka sa aplikacijama, operaterom i/ili drugim povezanim uređajima. IoT omogućava da objekti budu locirani i kontrolisani na daljinu putem postojeće mrežne infrastrukture.

## Industrial Internet of Things (IIoT)

Industrijski internet stvari (IIoT) se odnosi na međusobno povezane senzore, instrumente i druge industrijske uređaje i objekte, umrežene zajedno sa industrijskim aplikacijama, uključujući proizvodnju i upravljanje energijom.



Do 2020.godine između 50 i 200 milijardi internetom povezanih stvari.



Internet svega predstavlja inteligentnu konekciju između ljudi, procesa, podataka i stvari. IOE koncept uključuje M2M komunikaciju, M2P (Machine-to-People) i P2P tehnološki podržanu interakciju između ljudi.



# Industrija 4.0: Oblak



## Cloud

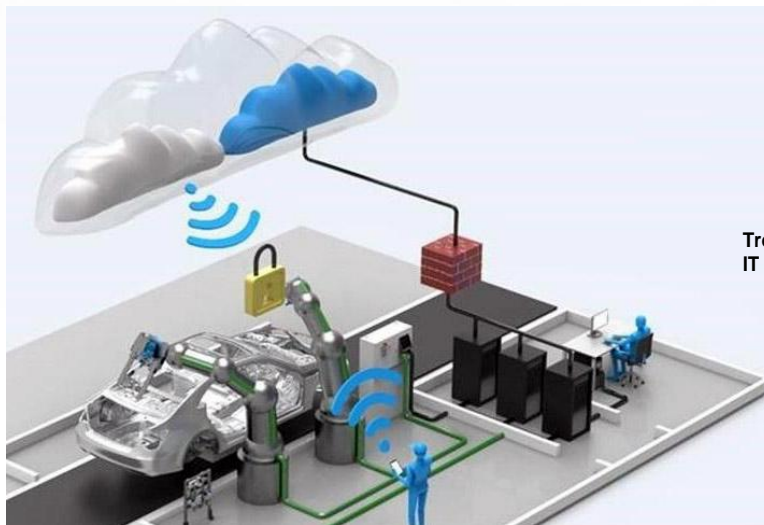
je skup mrežnih računarskih resursa koji obezbeđuju **IT infrastrukturu** i pružaju **IT servise**, uključujući **aplikacije** i interni i eksterni prostor za **smeštanje podataka**. Odgovarajućim servisima se pristupa preko mreža, **bez potrebe da se instalira softver na računar korisnika**. Pružanje i korišćenje ovih IT usluga omogućeno je isključivo preko interfejsa, protokola i brauzera.

### Prednosti:

- Smanjenje troškova
- Smanjenje potrošnje energije
- Fleksibilnost
- Efikasnost
- Skalabilnost
- Razmena podataka kompanije nezavisna od lokacije

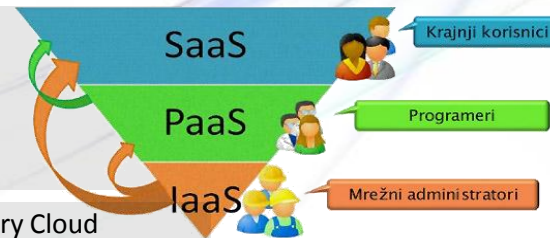
### Nedostaci:

- **Zaštita podataka**
- Zavisnost od IT mreže



### Tipovi servisa u oblaku:

- **Softver** kao usluga, **SaaS** (Software as a Service)
- **Platforma** kao usluga, **PaaS** (Platform as a Service)
- **Infrastruktura** kao usluga, **IaaS** (Infrastructure as a Service)



3 ključne reči:

- **Jeftinije**
- **Brže**
- **Zelenije**

**Cloud rešenja:** FESTO - Dashboard, SIEMENS - MindSphere, ROCKWELL - Factory Cloud

# Industrija 4.0: Big Data



## Big Data

Podaci prikupljeni iz **svih izvora informacija** u proizvodnom sistemu/organizaciji sa mogućnošću **pretrage** (filtriranja) i **analize** (primenom algoritama) u cilju **optimizacije procesa proizvodnje**.

## Big Data osobine:

- Podaci se generišu **velikom brzinom** - *Velocity* (*generisanje u realnom vremenu*)
- Podaci su **različitog formata** - *Variety* (*više od 80% čine nestrukturirani podaci*)
- Podaci su **velikog obima** - *Volume* (*terabajti podataka*)

## Primena:

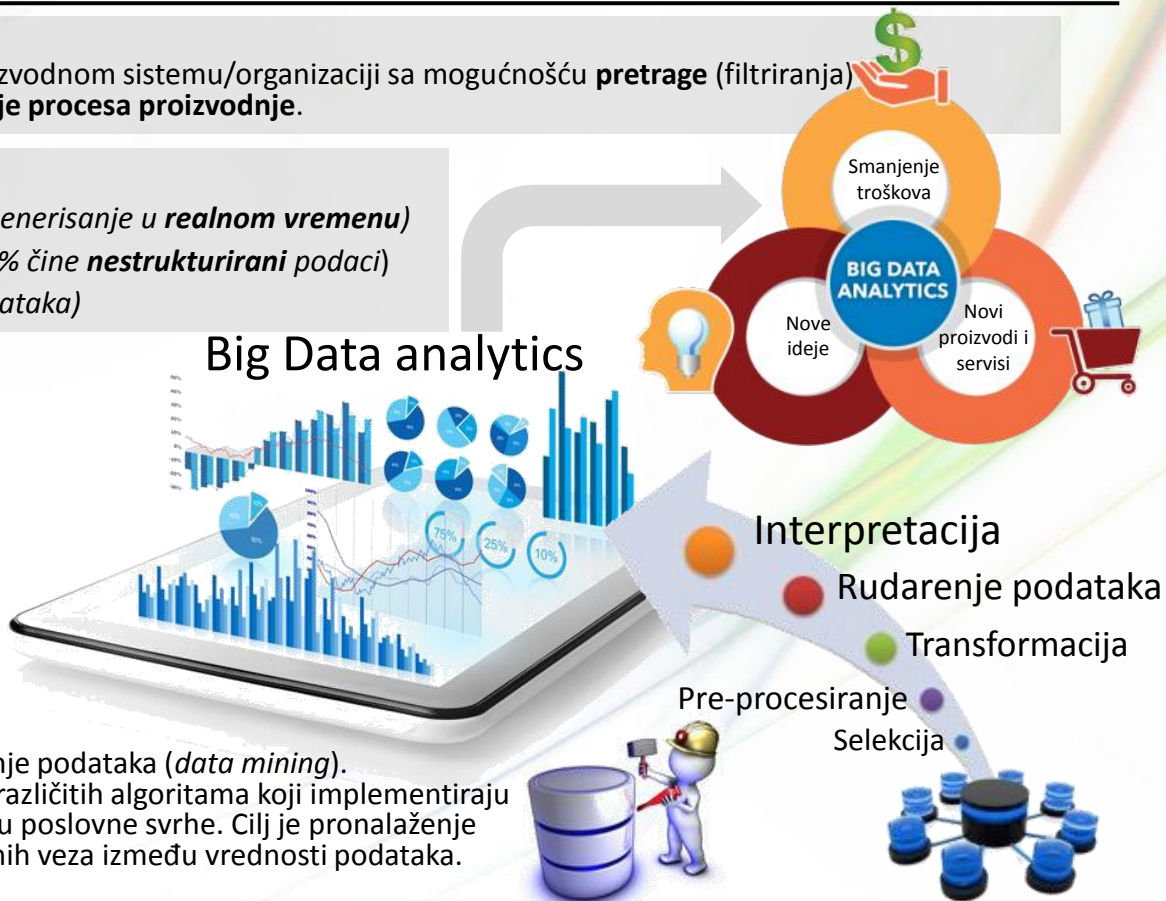
- Optimizacija procesa
- Razvoj novih poslovnih modela
- Inteligentna kontrola potrošnje energije
- Razvoj novih veština za nova radna mesta

## Nedostaci:

- Prikupljanje podataka koji nisu relevantni
- Problemi sa privatnošću i zaštitom podataka

Podaci se analiziraju pomoću algoritama za rudarenje podataka (*data mining*).

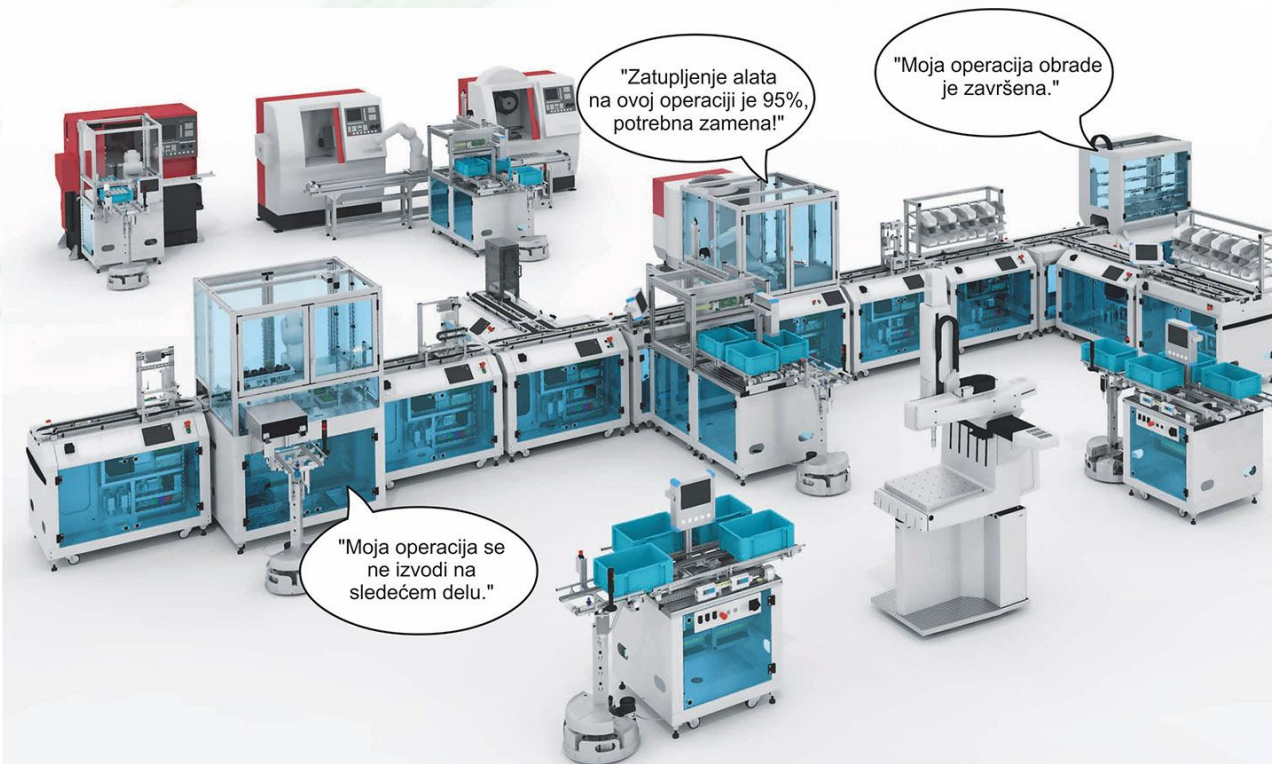
**Rudarenje podataka:** Analiza podataka primenom različitih algoritama koji implementiraju razne matematičke i statističke modele primenjive u poslovne svrhe. Cilj je pronalaženje šablona tj. **obrazaca ponašanja** otkrivanjem skrivenih veza između vrednosti podataka.



# Industrija 4.0: Machine-to-Machine komunikacija (M2M)



**M2M** označava automatizovanu **razmenu podataka između mašina i uređaja**. Da bi to bilo omogućeno, mašine moraju biti **umrežene** i spremne za razmenu podataka. Neophodan je i odgovarajući **standard (protokol)** za komunikaciju.



## M2M standardi / protokoli:

- **OPC-UA**  
(Open Protocol Communication – Unified Architecture)
- **OMA DM**  
(Open Mobile Alliance Device Management)
- **OMA LightweightM2M**
- **MQTT**
- **TR-069** (Technical Report 069)
- **HyperCat**
- **OneM2M**
- **Google Thread**
- **AllJoyn**

# Industrija 4.0: Vođeni operater



## Assisted Operator

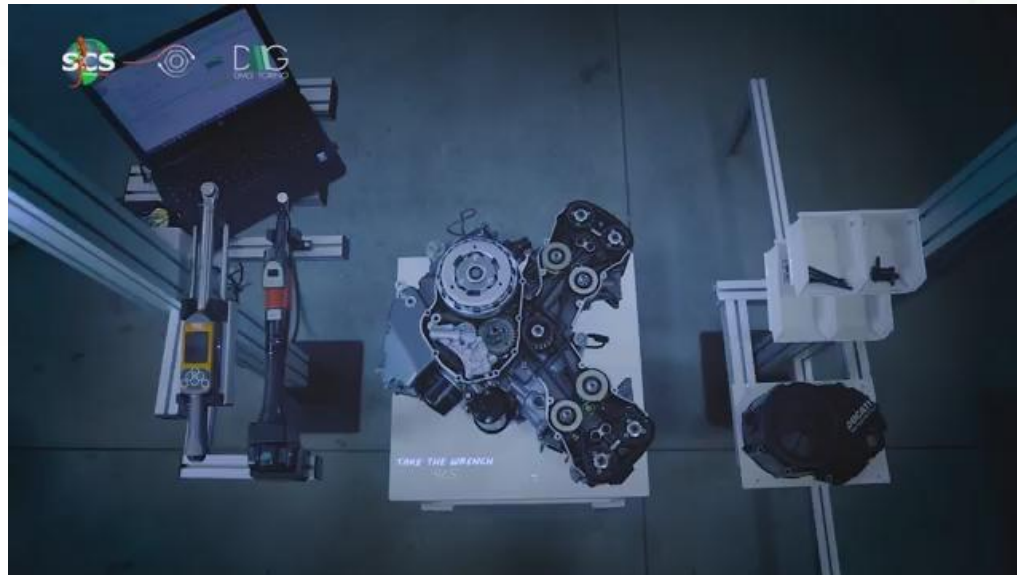
Radniku se pomaže pružanjem **dodatnih informacija**, pomoć oko izvršavanja manualnog rada i mogućnost da se fokusira na radni zadatak.

### Primena:

- Na montažnim linijama
- U području logistike
- U održavanju, pružanjem relevantnih informacija

### Tehnologije:

- Mobilni uređaji (tablet, pametni telefoni, pametni sat)
- Monitor na radnom mestu
- Pametne naočare (Proširena realnost)



## Pick By Light

Metoda koja pomoću svetlosnog signala obezbeđuje da se bez papira izvrši precizno i efikasno **odvajanje, smeštanje, sortiranje** delova i **montaža** proizvoda.

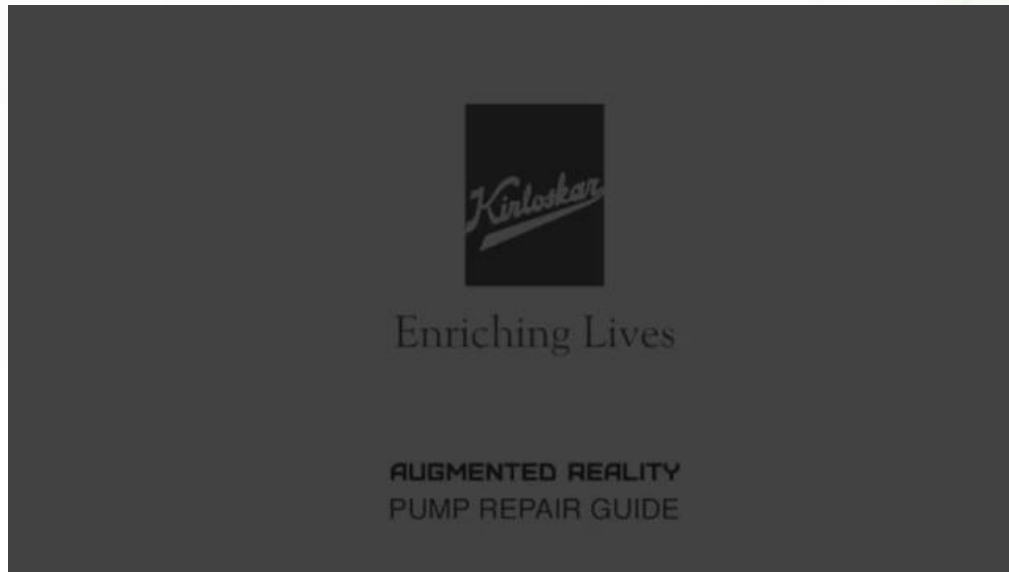
## Augmented Reality

U AR aplikacijama vidljivi (realni) svet se **preklapa sa slojem digitalnog sadržaja**, kao pomoćni sistem u logistici, održavanju, montaži,....

Treba praviti razliku u odnosu na koncept virtualne stvarnosti (Virtual Reality), gde se realni svet zamenjuje virtuelnim.

### Primena:

- Pomoć servisnom osoblju i radnicima pri održavanju
- Pomoć radniku prilikom montaže proizvoda
- Pomoć u logistici (korišćenjem pametnih naočara "Pick by vision")

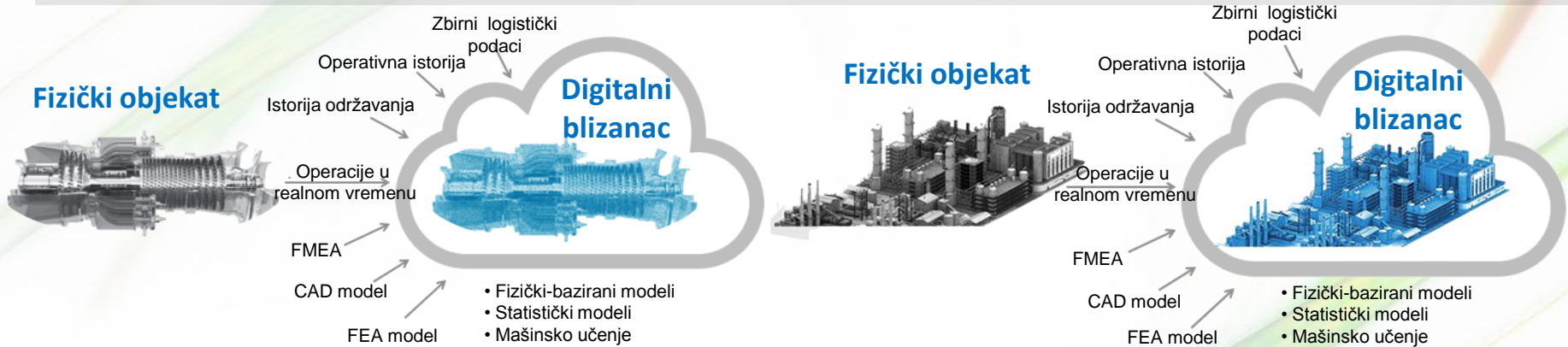


# Industrija 4.0: Digitalni blizanac i digitalna senka



## Digital Twin

Predstavlja **virtuelnu sliku (virtuelni prototip)**, odnosno **digitalnu repliku** realnog proizvoda, fizičkog objekata, procesa ili sistema. Koncept digitalnog blizanca definisan je kao **digitalni zapis ponašanja elementa i dinamike sistema** koji nastaje tokom rada i pomaže pri optimizaciji njegovih karakteristika. Podaci sa **senzora realnog objekta se koriste da unaprede digitalnu kopiju** u realnom vremenu.

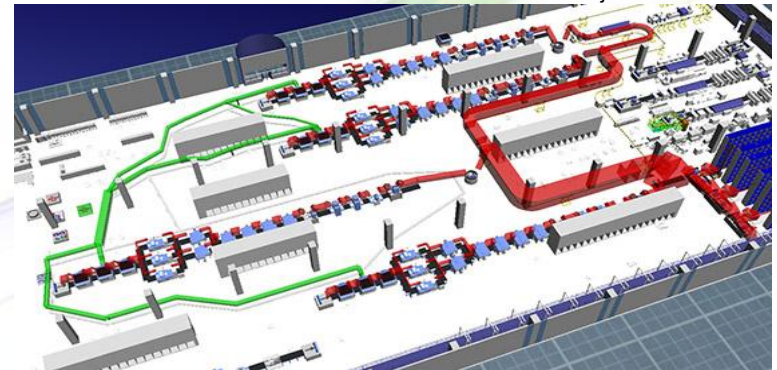


## Digital Shadow

Dovoljni precizan **prikaz podataka o procesima** iz razvoja i proizvodnje, kao i drugih bliskih oblasti.

### Primena:

- Rana simulacija proizvodnog lanca
- Detaljna virtuelna analiza mogućih grešaka/problema pre početka proizvodnje, bez skupih testiranja



# Industrija 4.0: Pametno održavanje



## Smart Maintenance

Predstavlja inteligentno održavanje zasnovano na **učenu**. Bazira se na **prediktivnom održavanju** koje uključuje kontinualno ili periodično **praćenje fizičkih promena stanja mašina i procesa (Monitoring uslova - Condition Monitoring)**, kao i analizu dobijenih podataka primenom metoda mašinskog učenja, odnosno veštačke inteligencije.

Osnovni cilj je da **se spreče ili minimizuju zastoji u proizvodnji**.

### Osnovne tehnike monitoringa uslova:

- Analiza i dijagnostika vibracija
- Akustična emisija
- Analiza toplotnog ponašanja
- Infracrvena termografija
- Ultrazvučno ispitivanje
- Analiza potrošnje energije
- Analiza abraziva i čestica
- Analiza SHP,...



# Industrija 4.0: Monitoring energetske efikasnosti



**Energy Efficiency Monitoring** uključuje praćenje potrošnje energije u realnom vremenu i upoređivanje sa periodičnim arhiviranim podacima. Energetska efikasnost ima za cilj korišćenje manje količine energije za obavljanje istog posla. Akcentat se, takođe, daje na korišćenje **obnovljivih izvora energije**.

## Podaci o potrošnji energije se obrađuju i koriste za:

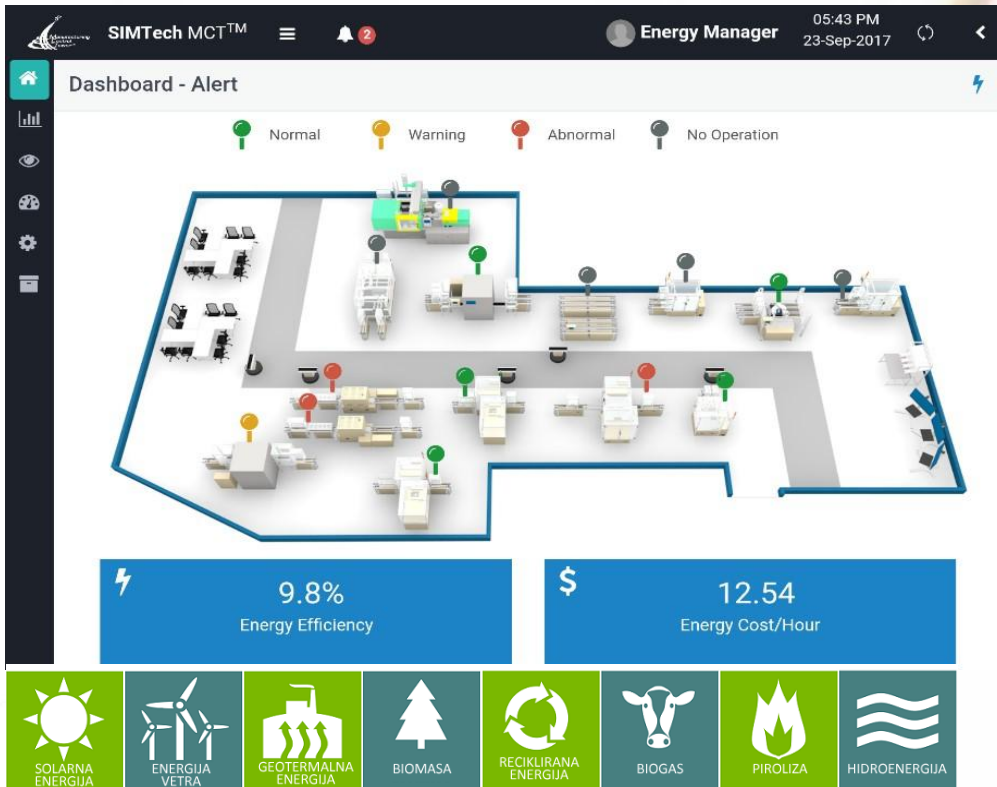
- **Izveštavanje** - prikaz detaljnih podataka o potrošnji energije, istorijski i u realnom vremenu, kao i izveštaji o energetskej efikasnosti. Prikazivanjem informacija o potrošnji u realnom vremenu, korisnici vide neposredan uticaj svojih akcija na efikasnost.
- **Nadzor** - napredno praćenje potrošnje korišćenjem algoritama za identifikaciju anomalija. Na taj način se mogu uočiti nepravilnosti.
- **Upravljanje** - Automatizovano ili mauelno upravljanje i podešavanje u cilju smanjenja potrošnje energije.

## Primer:

- 4 iste mašine rade u pogonu
- 3 od njih imaju istu potrošnju energije
- 4. mašina ima značajno bolje performanse (nižu potrošnju)

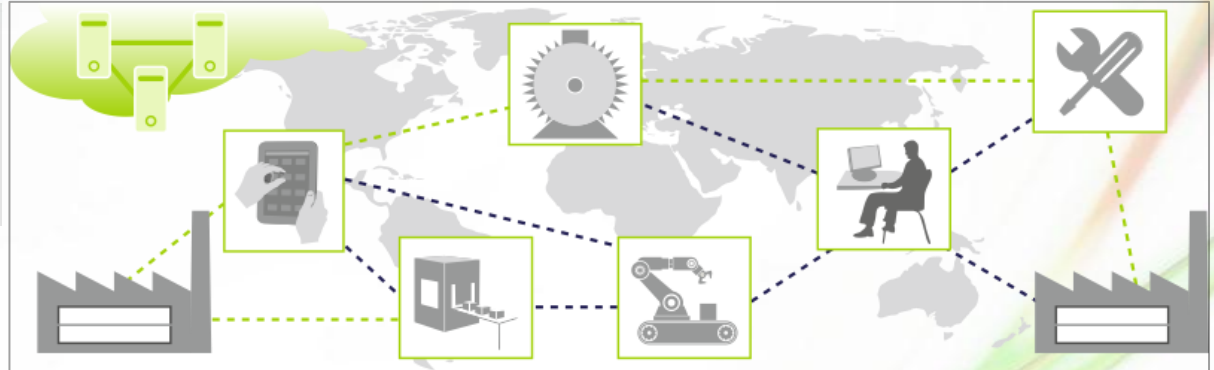
**Zaključak:** Parametri 4. mašine biće upotrebljeni i kod ostale 3.

**Obnovljivi izvori energije:**



## Horizontalna integracija:

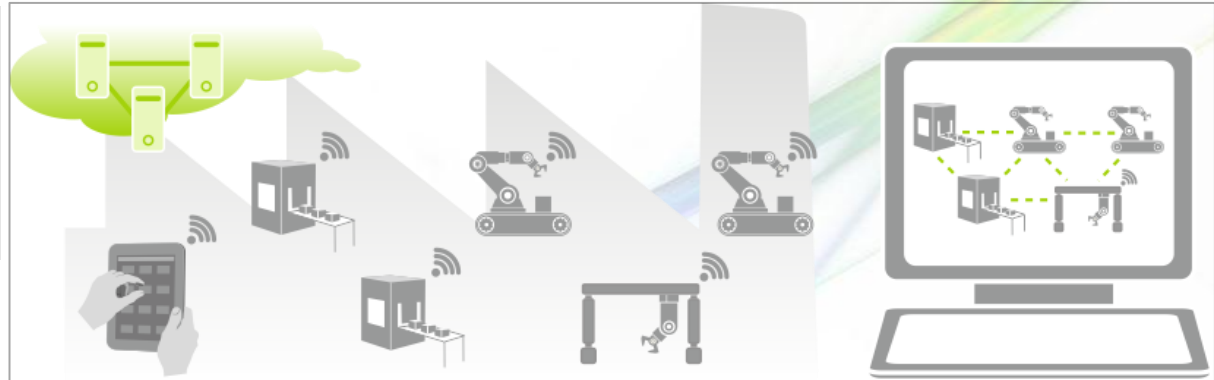
Integracija funkcija, aktivnosti i procesa koji polaze od **dobavljača**, odnosno lanca napavke, preko **proizvodnih procesa** u kompaniji, pa sve do krajnjeg kupca.



## Vertikalna integracija:

Integracija i umrežavanje različitih IT sistema na različitim hijerarhijskim nivoima (npr. **izvršilac**, nivo **senzora**, nivo **upravljanja**, nivo **proizvodnje**, **izvršni** i nivo **planiranja** u kompaniji) da bi se postiglo kompletno rešenje.

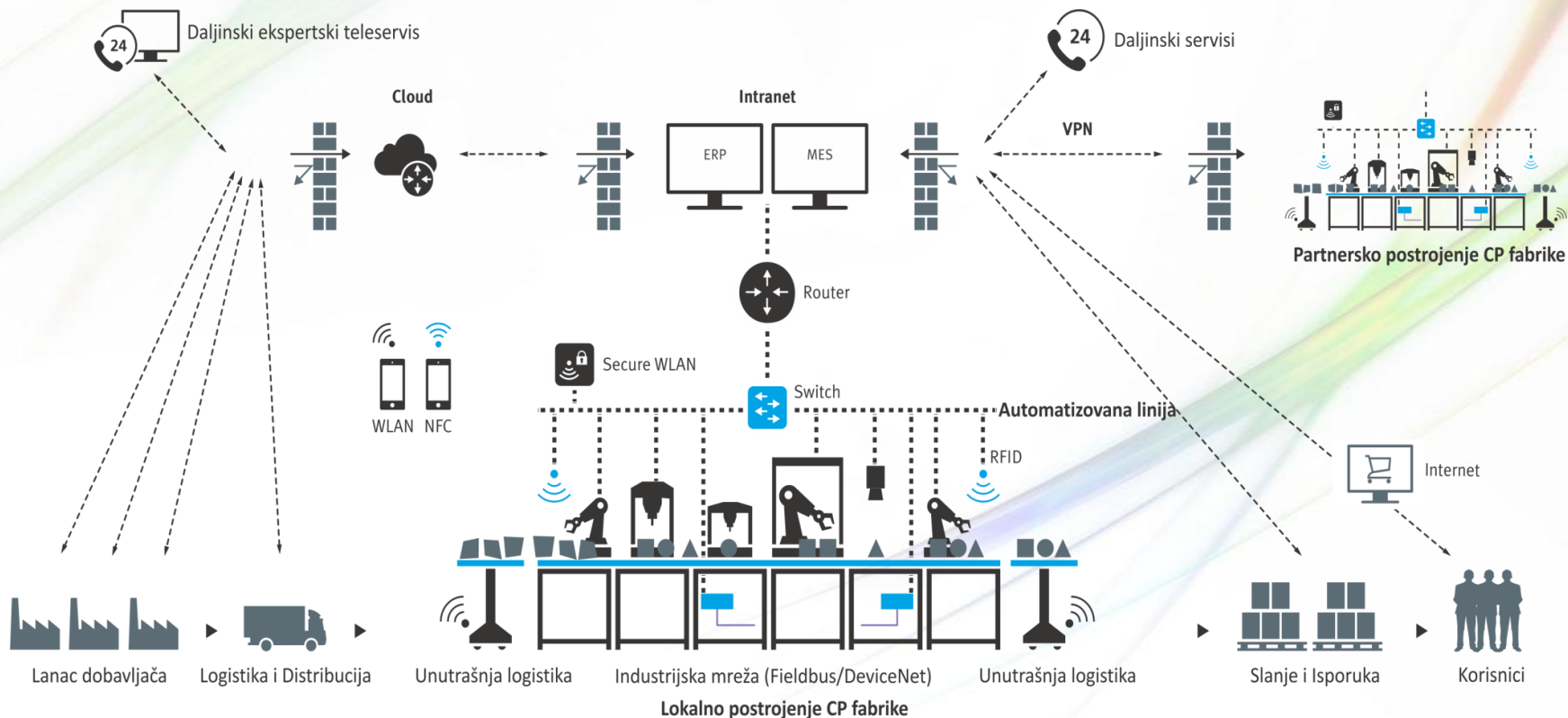
*CAx, ERP, MES, PLM, PDM, CRM, SCM*



# Industrija 4.0: Umrežena fabrika budućnosti



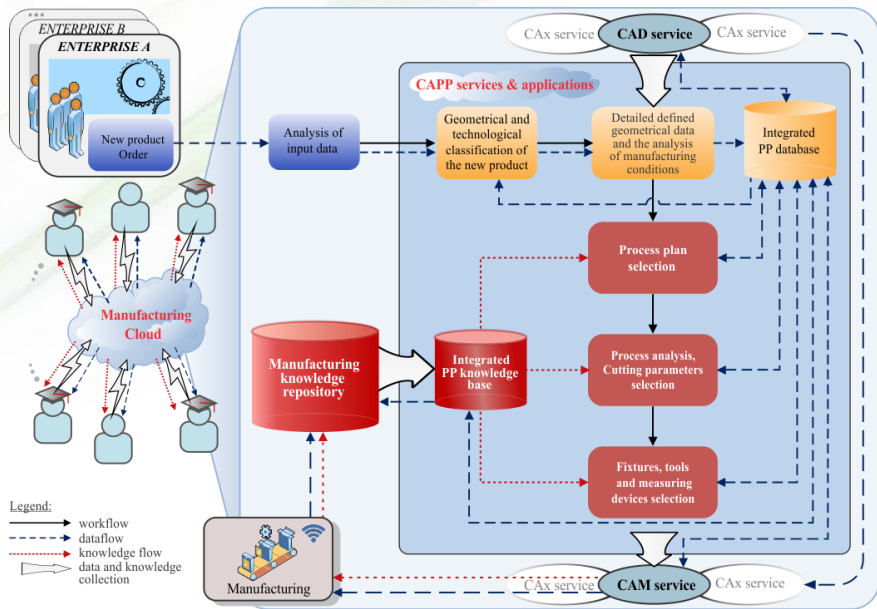
**Cilj I4.0** je **pamatna fabrika (Smart Factory)** koja predstavlja inteligentno proizvodno okruženje u kome su **proizvodni resursi i logistički sistemi** organizuju uglavnom **bez ljudske intervencije**. Umrežavanje ugrađenih **proizvodnih sistema i dinamičnih poslovnih i inženjerskih procesa** omogućava profitabilnu proizvodnju prema personalizovanim zahtevima kupaca/korisnika.



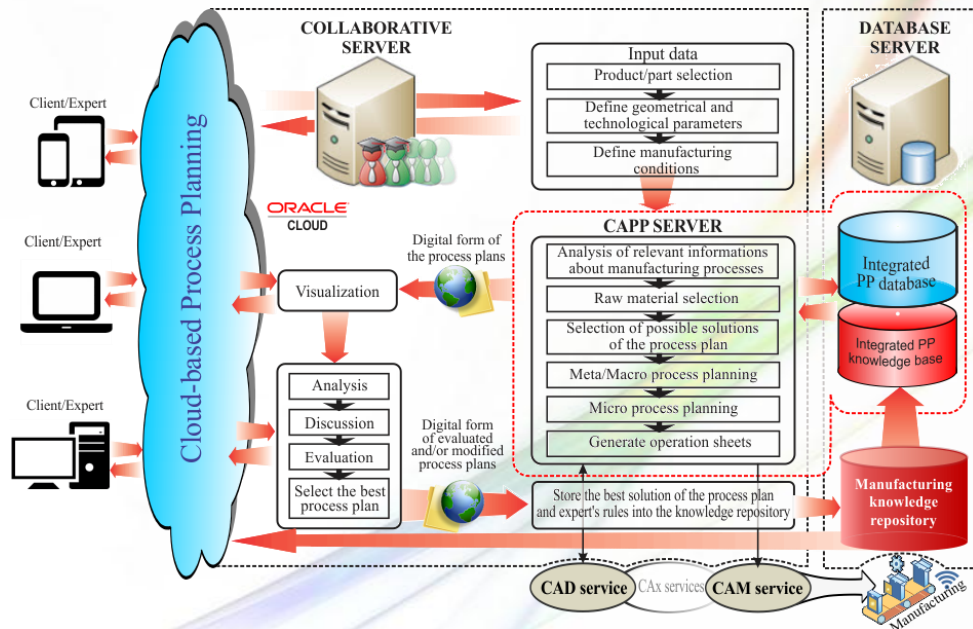
# Industrija 4.0: Cloud-bazirani sistem za tehnološke procese



Sistem za Cloud-bazirano projektovanje tehnoloških procesa izrade proizvoda koji koristi ekspertsko višekriterijumsko ocenjivanje za dobijanje najboljih tehnoloških rešenja.



Model Cloud-baziranog sistema



Arhitektura Cloud-baziranog sistema

# Industrija 4.0: Cloud-bazirani sistem za tehnološke procese



Dislocirani ekspertski tim ocenjuje tehnološke procese i predlaže nova rešenja. Ekspertska heurističko znanje se pohranjuje u repozitorijum znanja u proizvodnom oblaku (*Manufacturing Cloud*).

### CYLINDER LINERS

Back to discussions | Evaluation | Pairwise comparison | Criteria weighting

EVALUATION OF VARIANTS OF THE STANDARD PROCESS PLAN - SVDI

EXPERT TEAM

Criteria weights:

- TIME: 25%
- QUALITY: 10%
- FLEXIBILITY: 15%
- MATERIAL: 15%
- COST: 35%

Unweighted and weighted score of variant of the standard process

Variant	TIME	QUALITY	FLEXIBILITY	MATERIAL	COST
1	4.2	1.5	3.2	4.5	4.0
2	1.5	2.5	3.5	1.5	1.5
3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Routing sheet for the standard process plan - VARIANT1:

No.	ID Op.	Standard operation	Machine/Device	Description of task	Setup
1	L10	PREPARATION of molds, carousel & coat	Coat mixer	Prepare casting	120
2	L20	CENTRIFUGAL CASTING	Carousel	Casting	120
3	L30	ANNEALING	Heat tr. Furnance	Annealing	60
4	M10	TURNING facing	PA-25	Facing dry type cylinder liners	60
5	M20	TURNING external - roughing	PHOENIX	Roughing dry type cylinder liners	60
6	M40	TURNING internal - semi-finishing	15K20	Semi-finishing hole of dry type cylinder liners	60
7	M50	TURNING external - semi-finishing	SP_120	Semi-finishing turning dry type cylinder liners	90
8	M165	GRINDING external - finishing	3A-151	Finish grinding other dry type cylinder liners (d-90)	60
9	M260	WASHING pickling	Wash bath	Washing and pickling (oil clearing)	15
10	M280	SELECTION mark & conserve	Oil bath	Quality control, mark and conserve of all cylinder liners	15
11	M300	PACKAGING	Packaging machi	Packaging	15

Eskpertski tim ocenjuje varijante tehnoloških rešenja

### OPERATION SHEET

Part name: **CYLINDER LINER Ø98.48 "PERKINS" KS**

Operation ID: **M50** Operation name: **TURNING external**

Sequences | Tool, Fixture, Measure | Dimensions

CUTTING TOOLS:				FIXTURES:				MEASUREMENT TOOLS:			
NAME	ID	Q		NAME	ID	Q		NAME	ID	Q	
Tool holder	PTJNR 2525 M16	1		3-Jaw chuck	85.6.474	1		Vernier caliper	150	1	
* Tool holder - alter.	PWLNR 2525 M08	1		Bushing Ø97.6	85.6.474/2-7	1		Vernier caliper	250	1	
Tool holder	PTFNL 2525 M16	1		Coupling	85.6.474/3	1		Comparator clock	1/100	4	
Tool holder	SVJBR 2525-11A	1						Micrometer	0-25	1	
Left-hand edge (45°)	85.7.236/1	1									

Dimensions

SVDI\_M50

ØA3 = 103.45	ØJ = 103.25
L = 227.38	ØE = 103.08
M = 1.04	ØG = 100.5
N = 1.2	α = 25
B = 4.8	β = 5
H = 3.8	R1 = 0.5
P = 0.1	R2 = 0.4
ØC = 106.36	

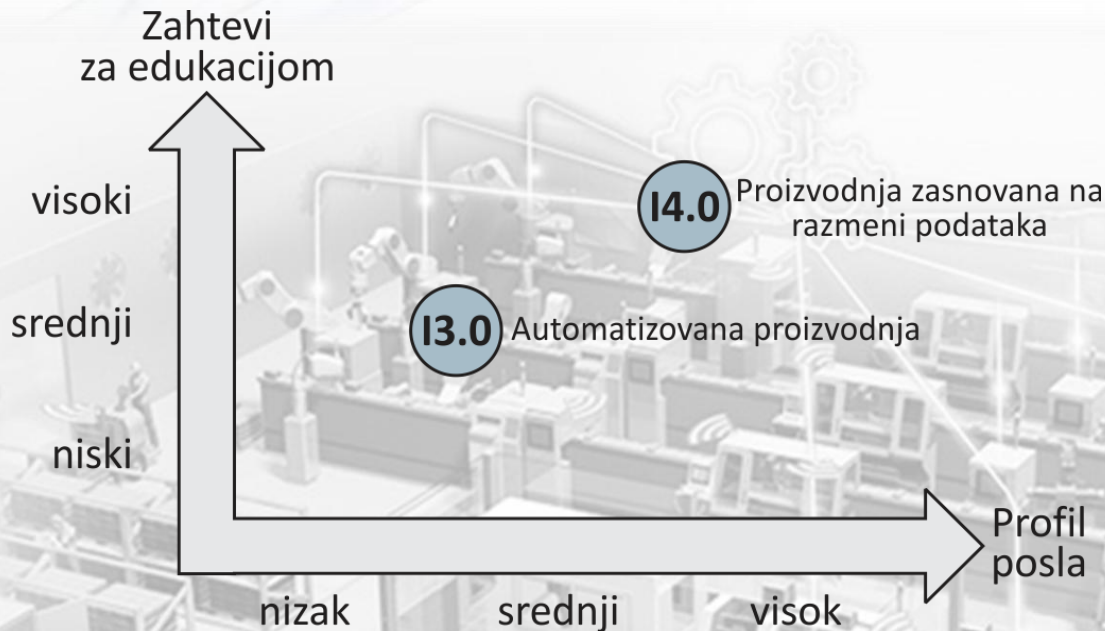
Operation drawing

Issue: 02 Date: 02/16/2019 Sheet: 1 Sheets: 1

Search by operation ID M50 Data change allowed

CNC Program

Generisanje tehnološkog procesa u sistemu



Profil posla 13.0 → **Opsluživanje**

- Jednostavni zadaci
- Ponavljajući zadaci
- Posmatraj i uradi
- Standardizacija

Profil posla 14.0 → **Vodeća uloga**

- Odlučivanje
- Monitoring i aktivna uloga
- Detekcija i otklanjanje grešaka
- Preventivno održavanje

- *Budućnost je odavno počela i nije pitanje hoćemo li u nju, jer ko neće – nestaće sa scene. **Inoviraj, automatizuj, digitalizuj, poveži se ili nestani.***
- *Šta god radili neophodno je da u istom vozu budu **država, poslovna i akademska zajednica.***
- *Potrebna nam je **strategija nove industrijalizacije.***
- *Model i put Srbija bi trebalo da odredi **po svojoj meri.***
- ***Potrebni su nam natprosečni stručnjaci** jer ljudi završavaju poslove a ne tehnologija.*