

Industrija 4.0

Borgin, Igor

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Istrian University of applied sciences / Istarsko veleučilište - Università Istriana di scienze applicate**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:212:216811>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-27**



Repository / Repozitorij:

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



image not found or type unknown

ISTARSKO VELEUČILIŠTE-
UNIVERSITÀ ISTRIANA DI SCIENZE APPLICATE

Igor Borgin

INDUSTRIJA 4.0

Završni rad

Pula, 2020

ISTARSKO VELEUČILIŠTE-
UNIVERSITÀ ISTRIANA DI SCIENZE APPLICATE

Igor Borgin

INDUSTRIJA 4.0

Završni rad

JMBAG: 0233008264, izvanredni student

Studijski smjer: Preddiplomski stručni studij politehnike

Predmet: Proizvodno inženjerstvo

Mentor: dr.sc. Davor Stanić, pred.

Pula, 2020



IZJAVA
o akademskoj čestitosti

Ja, dolje potpisani Igor Borgin, kandidat za prvostupnika politehnike ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

U Puli, 2020. godine

Student



IZJAVA

o korištenju autorskog djela

Ja, Igor Borgin dajem odobrenje Istarskom veleučilištu – Università Istriana di scienze applicate, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom „ **Industrija 4.0** „ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 2020. godine

Student

Sadržaj

1. UVOD.....	5
1.1 Opis problema	5
1.2 Cilj i svrha rada.....	5
1.3 Metode rada	5
1.4 Hipoteza	5
1.5 Struktura rada.....	6
2. FAZE RAZVOJA INDUSTRIJE.....	7
2.1 Prva industrijska revolucija	7
2.2 Druga industrijska revolucija.....	8
2.3 Treća industrijska revolucija	8
3. ČETVRTA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA	9
3.1 Četiri osnovne karakteristike Industrije 4.0	9
3.2 IOT (Internet Of Things)	12
3.3 IOD (BigData).....	13
3.4 IOS (Internet Of Services)	15
3.4.1 Koncept Web 2.0	15
3.4.2 SOA	15
3.5 CPS (Cyber-Physical Systems)	17
3.5.1 CPS 5C level arhitektura.....	19
3.6 Prednosti i nedostaci Industrije 4.0.....	21
4. SUSTAV SERIJALIZACIJE I AGREGACIJE INEL PV-1800	22
4.1.1 Funkcionalnost stroja	23
4.1.2 Vaganje.....	24
4.1.3 Ispis	25

4.1.4	Verifikacija ispisa	26
4.1.5	Tamper evident	28
4.1.6	Sistem izbacivanja	29
4.2	Serijalizacija	29
4.3	Agregacija	31
4.4	Benefiti uvođenja koncepta industrije 4.0 na primjeru stroja PV-1800.....	36
5.	ZAKLJUČAK.....	38
	LITERATURA	39
	POPIS SLIKA TABLICA I PRILOGA.....	41
	SAŽETAK	43
	ABSTRACT	43

1. UVOD

Današnji rapidni razvoj tehnologije doveo je čovječanstvo i industriju do četvrte industrijske revolucije. Zahtjevi tržišta i pravna regulativa dodatno razvijaju industriju u pogledu povezivanja, komunikacije, interoperabilnosti te sve veće integriranosti u pojedine sustave kontrole, kako bi se osigurao pouzdan sustav praćenja (Track & Trace) koji prožima cijeli sustav procesne proizvodnje te kao takav potvrđuje sve veću prisutnost i sposobnost strojeva u industriji.

1.1 Opis problema

Uvođenjem sustava agregacije i serijalizacije na proizvodnu liniju sterilnih kapi pokušava se osigurati bolja efikasnost, konkurentnost te slijeđenje zakonske regulative.

1.2 Cilj i svrha rada

Cilj ovoga rada je prikazati i objasniti na primjeru iz prakse rad sustava serijalizacije, verifikacije i agregacije.

Svrha rada je upoznati cijeli sustav te kroz teoretski i praktični pristup ovladati istim.

1.3 Metode rada

Metode rada korištene u ovom radu su metoda analize i sinteze, metoda apstrakcije i konkretizacije te induktivna i deduktivna metoda.

1.4 Hipoteza

Primjenom serijalizacije i agregacije stvaramo novi sustav kontrole koji donosi značajne uštede i transparentnije poslovanje.

1.5 Struktura rada

Završni rad se sastoji od četiri poglavlja koja su redom: uvod, faze razvoja industrije, četvrta industrijska revolucija, sustav serijalizacije i agregacije INEL PV-1800 te zaključka.

U uvodu rada dan je kratki presjek teme i njene povezanosti sa konceptom industrije 4.0.

U drugom poglavlju prikazana je povijest industrijskog razvoja od prve industrijske revolucije pa do danas.

U trećem poglavlju detaljnije su objašnjeni karakteristike, koncepti i arhitektura industrije 4.0, kao i njene prednosti i nedostaci.

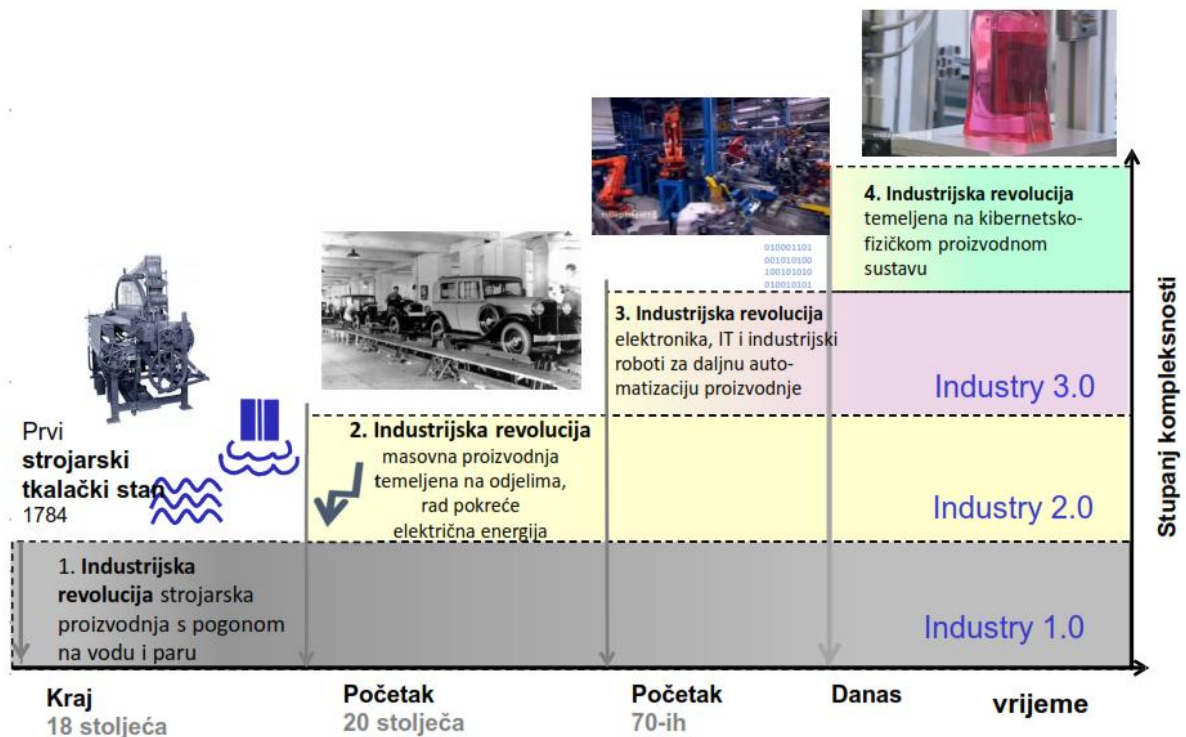
U četvrtom poglavlju je prikazan sustav agregacije i serijalizacije vođen strojem INEL PV-1800 kao praktični primjer primjene u trgovačkom društvu JGL d.d. Rijeka.

U zaključku je dan presjek cijeloga rada uz pogled na budućnost prema Industrij 5.0

2. FAZE RAZVOJA INDUSTRIJE

Slika 1.

Faze razvoja industrije



Izvor: https://bib.irb.hr/datoteka/830459.Veza_Industrija_4.pdf (pristupljeno 25.07.2020.)

2.1 Prva industrijska revolucija

Tokom vremena događale su se revolucije kako na društvenom polju tako i na polju tehnike (slika 1.), stoga sada možemo reći da se nalazimo unutar četvrte industrijske revolucije. Kao što je poznato *prva* industrijska revolucija bila je u Engleskoj u razdoblju od 1760. godine do 1830. godine do danas, a označavala je ogromnu promjenu u životima ljudi, koji počinju sve više koristiti strojeve za rad u odnosu na korištenje fizičkog ljudskog rada ili rada životinja. Prva industrijska revolucija donosi izum koji kasnije generira platformu za mnoge druge izume, a samim time i za mnoge nove grane industrije, koja tada postaje ono što mi smatramo industrijom u današnje vrijeme.

Parni stroj je osmislio James Watt 1763. godine, te tako figurativno rečeno „zavrtio“ kotač industrijske revolucije. Kao najvažnije tehnološke promjene tog perioda navodimo neke poput; korištenje željeza i čelika, otkrivanje novih izvora energije kao što su ugljen, na krilima parnog stroja kreiraju se nove organizacijske jedinice koje tvore prve tvornice, parne lokomotive i parobrodi i dr.

2.2 Druga industrijska revolucija

Početak 20. stoljeća u periodu od 1870 - 1914 godine ponovno dolazi do promjena u brzorastućoj industriji i taj period nazivamo druga industrijska revolucija. Druga industrijska revolucija donosi početak masovnog korištenja električne energije kao novo pronađenog izvora energije, koji je ranije bio vodena para i ugljen, te također dolazi do početka korištenje nafte kao pogonskog goriva za mnoge sustave. Ono što je prepoznatljivo u tom periodu je veliki razvoj prometa i prometne infrastrukture, kako željeznice primjerice transsibirska željeznica itd., autoindustrije u kojoj je u primjeni pokretna traka tako i avio industrije kojoj su najviše u njenim začecima doprinijeli braća Wright. U omogućavanju masovne proizvodnje također veliku ulogu imaju otkrića na polju elektronike/elektrike tj. pronalazak svjetla, automatskih signala, te općenito znatnijeg korištenja struje u industriji.

2.3 Treća industrijska revolucija

Pod pojmom treća industrijska revolucija smatramo revoluciju unutar sustava digitalnih tehnologija koje se počinju znatnije razvijati od osamdesetih godina 20 st. pa do danas. Kako računalna tehnologija uvelike ubrzava proces komunikacije kako između ljudi pa tako i između strojeva dolazi do sve raširenije automatizacije samog procesa proizvodnje. IT sektor značajno raste te se na tržištu pojavljuju stručnjaci nove generacije tzv. IT developeri, specijalisti i sl., slijedom čega na krilima digitalne revolucije cjelokupan proces proizvodnje u industriji postaje brži, precizniji, transparentniji, generalno rečeno bolji. Dakako svi ti noviteti, te konstanta bespoštedna borba za profitom, ubrzavanje procesa, smanjenje privatnosti čovjeka, robotizacija imaju svoje mane, kao što su manji broj ljudi zaposlenih u proizvodnji, praćenje

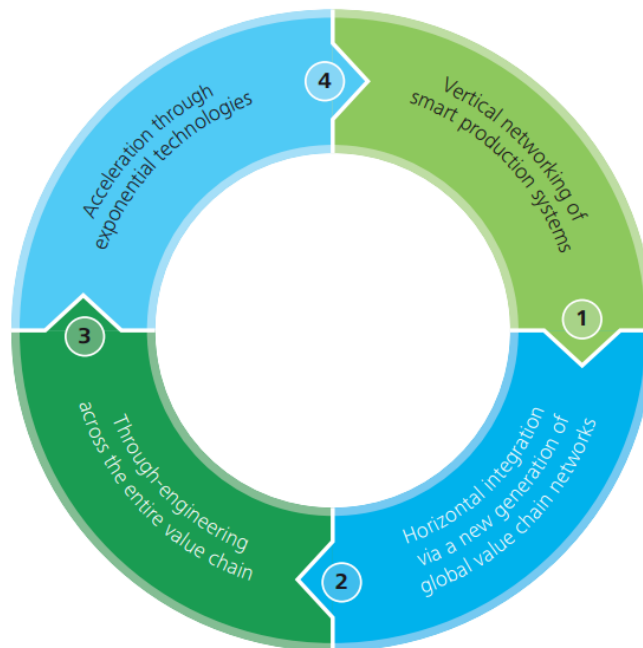
kretanja i rada ljudi do najsitnijih detalja, smanjenja produktivnosti ljudi te interesa za industriju kojom vlada sofisticirana tehnologija vođen nekolicinom stručnjaka.

3. ČETVRTA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA

3.1 Četiri osnovne karakteristike Industrije 4.0

Slika 2.

4 osnovne karakteristike Industrije 4.0



Izvor: <https://www.xorlogics.com/2018/11/19/traps-to-avoid-on-the-road-to-the-industry-4-0/>
(pristupljeno 25.07.2020.)

Cijela tematika industrije 4.0 počiva na pitanju kako industriju učiniti pametnom?

– (*eng. smart industry*).

Kako bi mogli odgovoriti na to pitanje važno je da spoznamo (4) osnovne karakteristike koje su vidljive na grafičkom prikazu na slici 2. Prema Matejak (2017),

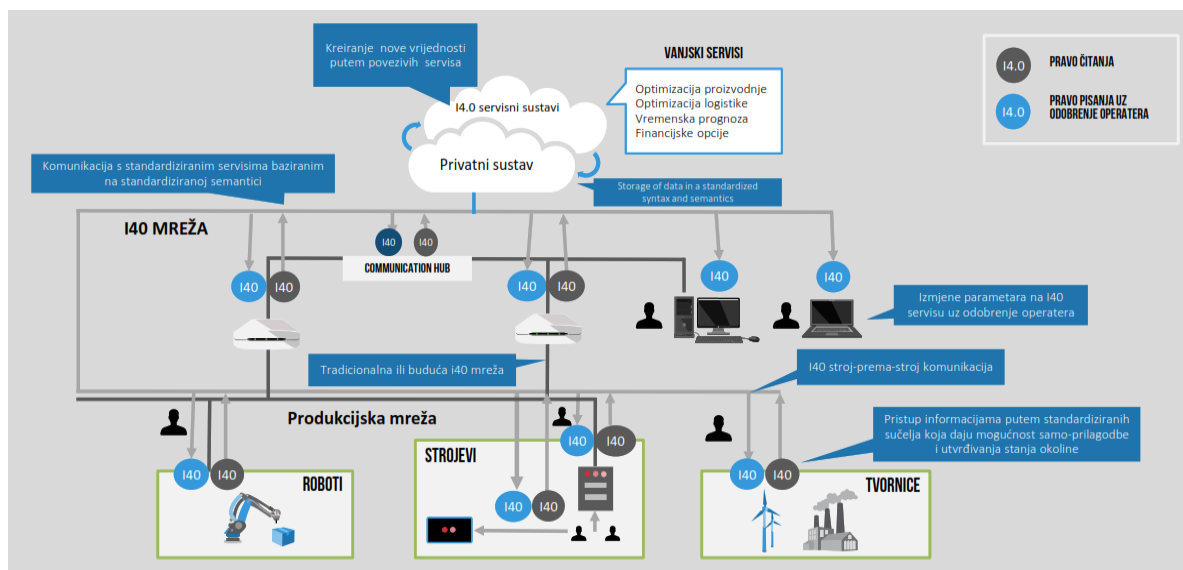
- a) Vertikalna integracija - je pametni industrijski proces u proizvodnji budućnosti, on se temelji na CPP (*eng. cyber-physical production systems*) (poglavlje 3.4.) kako bi omogućilo pogonu da reagira brzo na promjene u recimo stanju proizvoda ili zastoja na liniji.
- b) Horizontalna integracija – ponovno naravno forsira odgovor (*eng. real time-u*) što za sobom povlači integriranu transparentnost cijelog sustava te samim time i fleksibilnost te bolju optimiziranost koja se lakše može ostvariti kada sustav reagira brzo i svi dijelovi tog sustava su lako i brzo dostupni. Unutar horizontalne integracije povezanost nije samo na razini pogona već i korelira sa skladištem, pripremom, proizvodnjom, planiranjem, distribucijom te ostalim segmentima poslovanja jedne proizvodne tvrtke. Dakako ovaj pristup može promijeniti kompletan odnos tvrtke prema kupcima i obrnuto te stoga se vrlo ako iz ovog sustava generira kompletno novi *bussines model* tvrtke.
- c) Treća bitna karakteristika industrije 4.0 jeste multidisciplinarno inženjerstvo kroz cijeli proces proizvodnje, ali ne samo to već i cijeli životni ciklus proizvoda i kupca. Kako bi se ovo moglo ostvariti potrebno imati inženjerski pristup u svim fazama razvoja proizvoda od dizajna, razvoja, izrade i kao takve pružaju izvrsnu potporu proizvodnom procesu i proizvodnom okruženju. Ono što je još važno napomenuti u ovom stadiju jeste da su sve informacije dostupne tokom cijelog životnog ciklusa proizvoda te tako omogućuju fleksibilniji proces te lake modifikacije i prototipe u procesu izrade.
- d) Ubrzani razvoj kroz napredne tehnologije kao četvrta karakteristika omogućava razvoj koji je temeljen na tehnologiji, automatizaciji procesa i autonomnosti istog. Kako se tehnologija ubrzano razvija dolazimo do sve većeg korištenja umjetne inteligencije (*eng. AI-artificial intellegence*) u automatiziranim postrojenjima za proizvodnju, dakako ovdje najveći obol daje robotika, autonomna vozila, autonomni servisni roboti, nanomaterijali, nanosenzori, roboti koji rade rame uz rame sa ljudima na poslovima koji su opasni za zdravlje ljudi, a roboti ih mogu obavljati i puno brže. Razvojem SCM-a (*eng. supply chain management*), koji je sad cjelokupan kompleksni sustav distribucije i logistike

sam po sebi, dolazi se do značajnih ušteda u ciklusu od proizvodnje do dostave kupcu. Primjer korištenja napredne tehnologije je 3D print koji polako ali sigurno pronalazi svoje mjesto u svim aspektima industrije od prototipova, preko modeliranja do održavanja, gdje možete u samo nekoliko sati proizvesti zamjenski dio koji bi inače morali čekati tjednima na isporuku, gdje je već primjena 3D printera isplativa u nekoliko takvih intervencija (Swab, 2017)

Na slici 3. prikazan je primjer integracijske matrice jedne proizvodne kompanije od razine radnika do pristupa drugim tvornicama na udaljenim lokacijama pomoću korištenja naprednih tehnologija povezivanja. Kako se da očitati iz prikaza komunikacija je dvosmjerna sa vrlo kontroliranim aspektima sigurnosti poput samo prava za pisanje ili prava za pisanje i čitanje, mnogo prostora za nadogradnju i razvoj mreže na noviju i bržu mrežu, decentralizacija i dislokacija podataka na oblak, a također i korištenje vanjskih resursa poput interneta za recimo financijsku kontrolu, vremensku prognozu i sl. međutim čovjek je i dalje taj koji kontrolira cijeli proces odnosno daje one najvažnije ulaze (*eng. inpute*) za uspješan rad cijelog sustava.

Slika 3.

Integracijska matrica



Izvor: <https://www.hgk.hr/documents/hgk-industrija-4058d8c59722f1e.pdf> (pristupljeno 25.07.2020.)

3.2 IOT (Internet Of Things)

Kako smo naveli u prethodnom poglavlju industrija se ubrzano razvija na platformi elektronike, IT, mrežnih tehnologija i sveprisutnog Interneta.

Prema Raguž (2015), Internet of Things (u daljnjem tekstu IoT) u biti je naziv za viziju koja proširuje vidike samog Interneta na fizičko okruženje, a u našem smislu to su strojevi i oprema u proizvodnji koja povezivanjem na Internet dobiju sasvim drugi aspekt kontrole, povezanosti, efikasnosti i upotrebljivosti. Na slici 4. primjećujemo koje su mogućnosti komunikacije i upravljanja sustavima unutar IoT, od oblaka do upravljanja domom, industrijom itd.

Slika 4.

IoT



Izvor: <https://www.hgk.hr/documents/hgk-industrija-4058d8c59722f1e.pdf> (pristupljeno 25.07.2020.)

Naravno da bi sve to mogli kontrolirati potreban nam je umreženi sustav senzora, Internet, sustavi koji procesuiraju sve te informacije, pohrana, te naposljetku i oprema koja je kompatibilna sa svim tim. Sama zamisao standardiziranja infrastrukture za računala koja se mogu međusobno razumjeti, ali i razumjeti svijet oko sebe razvijen i predstavljen je po prvi puta na američkom sveučilištu MIT 1999. godine. Kako je to polje industrije bilo vrlo privlačno za sektor proizvodnje u brzo nastaju mnoge konferencije i razvija se veliko zanimanje za razvoj tehnologije i integraciju sustava.

Sve poznate tehnologije koji i danas koristimo recimo u mobilnim uređajima proizašle su iz spektra IoT, poput NFC beskontaktnog plaćanja, UMTS mrežne tehnologije, Wi-Fi, Bluetootha i dr. Kako nam ti novi načini komunikacije otvaraju potpuno novi svijet komunikacije sad možemo bežično plaćati na prodajnim mjestima, očitavati razne 2D, 3D, QR kodove, puniti uređaje te ono što je najvažnije brže i bolje komunicirati, a u industriji to znači i upravljati pojedinim procesima i strojevima udaljeno. Sada ne samo da obrađujemo podatke nego ih prikupljamo, skladištimo, procesuiramo i njima tako prilagođenim ciljno distribuiramo gdje su najpotrebniji.

3.3 IOD (BigData)

IoD ili Internet Of Data je sistem koji je nužan kao ključna potpora IoT principu rada, dakle s obzirom da raspolažemo ogromnom količinom informacija, te informacije je potrebno negdje uskladištiti. Na slici 3. vidimo sastavnice IoD , tj. analize podataka „dana analytics“.

Slika 5.

IOD- Data Analytics



Izvor: <https://altizon.com/data-analytics-key-unlocking-true-power-iot/> (pristupljeno 27.07.2020.)

Kao što vidimo iz slike 5. imamo zatvoreni krug akcije-reakcije tj. od deskriptivne analize procesa, preko dijagnostike do predviđanja na temelju postojećih podataka, do poduzimanja akcija.

Uz pojam IoD često se veže i pojam „BigData“ koji je u biti koncept pohrane velike količine nestrukturiranih podataka, jedan odličan primjer tome je i analiza velike količine podataka za otkriće Higgsoov-og bozon-a prije nekoliko godina. Čitajući rezultate nekih istraživanja dolazimo do zaključka da „samo“ 20% podataka je strukturirano te time dolazimo do spoznaje koliko toga u biti mi u procesu niti ne znamo a tu je na dohvat ruke kada bi imali sistem koji bi nas logistički mogao poduprijeti, tu dakle dolazi BigData sa svojim konceptom 3V.

Koncept se sastoji od 3 ključne smjernice koje su:

- *Količina (eng. Volume)* - pohrana velike količine podataka iz sustava, prikupljanje obrađivanje i analiziranje,
- *Brzina (eng. Velocity)* - prikupljanje podataka što brže dakle u realnom vremenu,
- *Dostupnost (eng. Variety)* - dostupnost tih istih podataka u raznim oblicima i formama (spektru), bili oni strukturirani ili ne.

Slučajevi korištenja ovog sistema u praksi su sljedeći:

1. Analitika klijenata, pomaže tvrtkama da ispitaju podatke o klijentima kako bi poboljšale iskustvo korisnika, povećali njihovo zadovoljstvo i na koncu imali bolji profit,
2. Operativna analitika, koja se u industriji koristi za poboljšanje operativnih performansi i bolje iskorištavanje korporativnih resursa, te kao takvo može pomoći tvrtkama da iznađu nove načine za efikasnije i efektivnije poslovanje,
3. Prevencija prevara, analiza podataka može pomoći upravi da otkrije sumnjive aktivnosti i ponašanja određenih zaposlenika ili odjela te tako prevenira ili ublaži potencijalnu nanesenu štetu,
4. Optimizacija cijena, Big Data se također može koristiti kako bi optimizirao cjenovni aspekt proizvoda i/ili usluge, što u konačnici doprinosi do boljeg razumjevanja tržišta kupaca, a samim time prilagođavanja samog proizvodnog procesa tvrtke i na koncu većeg profita.

3.4 IOS (Internet Of Services)

Da bi cijeli sustav umreženosti i komunikacije mogao funkcionirati potrebni su servisi koji bi to podržali. Kako smo prije uvidjeli IoT se bavi fizičkim sistemima dok je IoS zamišljen da se bavi logičkim modelom aplikacija, dakle programskom podrškom te interaktivnim servisima (SOA-Service-Oriented Architecture).

IoS je spoj dva osnovna koncepta Web 2.0 i SOA.

3.4.1 Koncept Web 2.0

Karakteriziraju 4 aspekta: interaktivnost, socijalne mreže, označavanje/tagiranje i web servisi.

Interaktivnost omogućava komunikaciju i manipulaciju velikim količinama podataka između servera i Interneta (Web pretraživača).

Socijalne mreže kako su bazirane na zajedničkim interesima više pojedinaca/grupa prikupljaju informacije koje su onda dostupne svima na raznim platformama.

Označavanje ili ključne riječi koje korisnici mogu dodati da bi označili sadržaj a time uvelike olakšali pretraživanje drugim korisnicima.

Web servisi omogućavanje ostalim programima da koriste funkcionalnosti koje nude web aplikacije, i što je važno ne samo za ljude već i za strojeve.

3.4.2 SOA

Drugi koncept IoS tehnologije jeste SOA (Service-Oriented Architecture) koju karakterizira dizajniranje i kreiranje seta informacijskih aplikacija čije komponente i web servisi su dostupni na istom kanalu za višekorisničko pristupanje naravno da bi zadovoljili sljedeće određene zahtjeve.

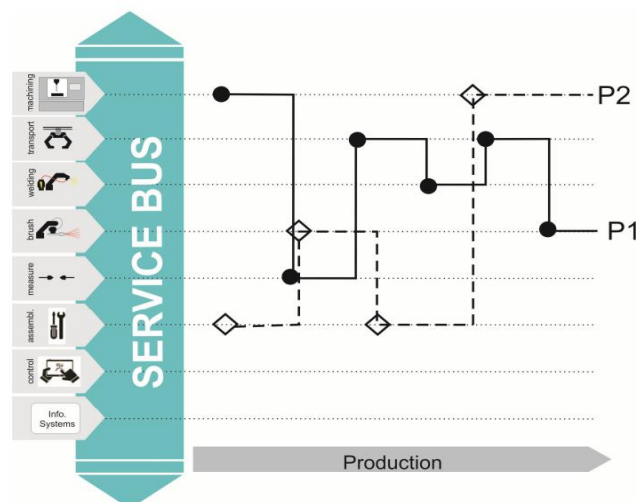
Kako SOA ima također dva pristupa ovdje ćemo navesti najvažnije karakteristike, jedan je pristup sa perspektive biznisa, a drugi sa perspektive tehnologije.

Sa biznis strane SOA povećava operabilnost sa kupcima i dobavljačima, međutim sa strane tehnologije osnovna misao vodilja jeste modularnost procesa.

Kako na jedno strani imamo biznis a na drugoj tehnologiju kad ih spojimo dobijemo aplikacije koje se mogu slagati na način na koji odgovara proizvođaču i proizvodnom pogonu, na način da se sastoje od dostupnih komponenata i servisa što daje jednu novu razinu kombinacija i unificiranja procesa za svaku kompaniju posebno. Važno je napomenuti da se unutar jedne organizacije koja koristi SOA koncept sve aplikacije mogu koristiti i davati servise u jednom jedinstvenom, integriranom kanalu komunikacije koji se još naziva i *Enterprise Service Bus*.

Slika 6.

SOA- Service Bus



Izvor:

https://www.researchgate.net/publication/327203898_The_Role_of_Internet_of_Services_IoS_on_Industry_40_Through_the_Service_Oriented_Architecture_SOA_IFIP_WG_57_International_Conference_APMS_2018_Seoul_Korea_August_26-30_2018_Proceedings_Part_II (pristupljeno 27.07.2020.)

Kako bi bolje prikazali primjenu SOE u industriji 4.0 u praksi se koristimo dijagramom prikazanim na slici 6., na kojem vidimo da različiti roboti, strojevi općenito i aplikacije kao programska potpora mogu biti dostupni preko *Service Bus*-a. Proces označen sa P1 i proizvod P2 istovremeno mogu pristupiti potrebnim servisima (varenje, transport, bojanje i dr.) što daje veliku fleksibilnost procesu proizvodnje. Ovdje svaki proizvod vođen vlastitim senzorima i aktuatorima određuje svoj „put“ kroz proizvodni proces koji će na koncu imati bolju kvalitetu proizvoda. Kako se ovi interni sustavi tvornice mogu

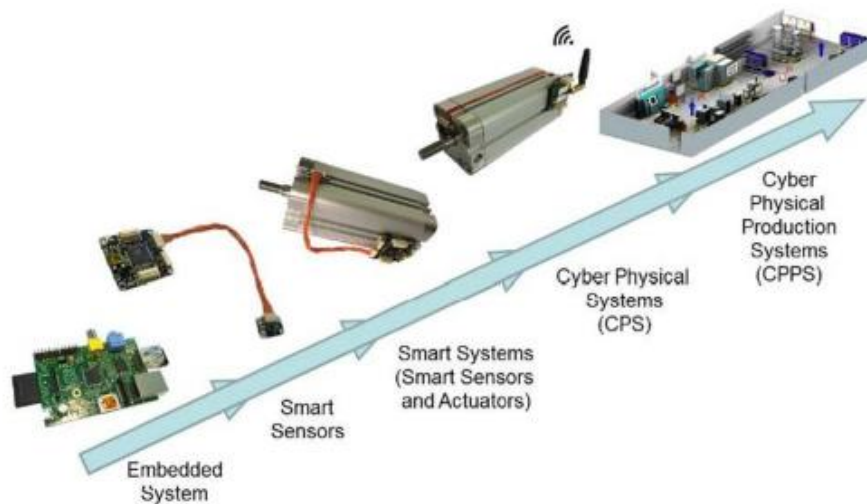
Iako povezati i na eksterne sustave kao što su SCM – (*eng. supply chain management*) tj. lanac dobave, mogućnosti kombinacija i modularnosti su ogromni.

Dakle možemo zaključiti da kombinacijom IoT i IoS zapravo od „obične“ tvornice dobivam pametnu tvornicu, što u biti i jest osnovni koncept Industrije 4.0. Prema Hohšteter (2018).

3.5 CPS (Cyber-Physical Systems)

Slika 7.

CPS - Cyber Physical Systems



Izvor: https://www.researchgate.net/figure/CPS-Cyber-Physical-Systems-4_fig2_319007861
(pristupljeno 27.07.2020.)

CPS (Cyber-Physical Systems) označava skup sustava integriranih i neposredno povezanih u jedan jedinstveni sustav sa ciljem bolje, bržeg i efikasnijeg komuniciranja a povezuju čovjeka sa svojom okolinom. Ti sustavi mogu biti autonomni ali i ne moraju, te također mogu biti „upgrade“ od starije verzije istog sustava, Prema Jay Lee et.al.(2014).

Kao glavne sastavnice sustava CPS unutar jednog postrojenja za primjer, navodimo slijedeće; senzori- prikupljaju podatke s terena, i uključeni su direktno u proces npr. proizvodnje te su tamo fizički prisutni, kao sastavnicu IoT nužno je da je sustav spojen na mrežu tj. da ima razgranato mrežno okruženje, bilo to lokano, žično, bežično ili pak preko Interneta, pristup globalnim informacijama kako bi se upotpunio skup informacija koje kolaju sustavom, te naravno kao zadnji ali ne i manje bitan dio CPS-a je i upravljanje cijelim sistemom preko neke vrste sučelja bilo to fizičko sučelje ili pa preko mreže (Internet).

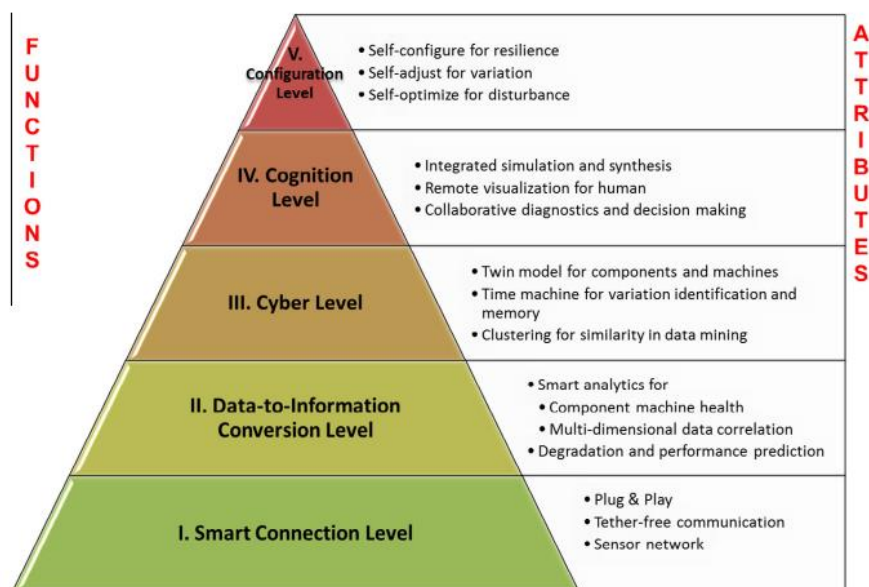
Razvojem mobilne tehnologije dolazimo i do razvoja aplikativne podrške za CPOs gdje u biti upravljamo cijelim sistemom ili pak samo imamo nadzor preko mobilnih platformi bez obzira gdje se mi nalazili u svijetu. Tome u prilog idu i sve veće mogućnosti mobilnih uređaja poput sve većih memorijskih kapaciteta, podrške za već integrirane sustave kao što su proximity senzori, GPS, senzori svjetla i dr.

Beneficije koje donosi sustav CPS su velike i značajne kako za ljude u cjelini tako i za tvrtke kao subjekte. Sigurnost, brža interakcija sa sustavom, neposredna povezanost sa fizičkim sustavima, bolja energetska učinkovitost, povećanje produktivnosti zbog većeg korištenja rada strojeva a samim time manjeg ljudskog faktora su samo neke od bitnih prednosti sustava, koji se neprestano razvija kako na znanstvenom aspektu tako u praktičnom smislu kod kompanija koje integriraju računalne sustave u svoje projekte i proizvode (Festo, SMC i dr.).

3.5.1 CPS 5C level arhitektura

Slika 8.

CPS - 5C arhitektura



Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Cyber-physical_system (pristupljeno 27.07.2020.)

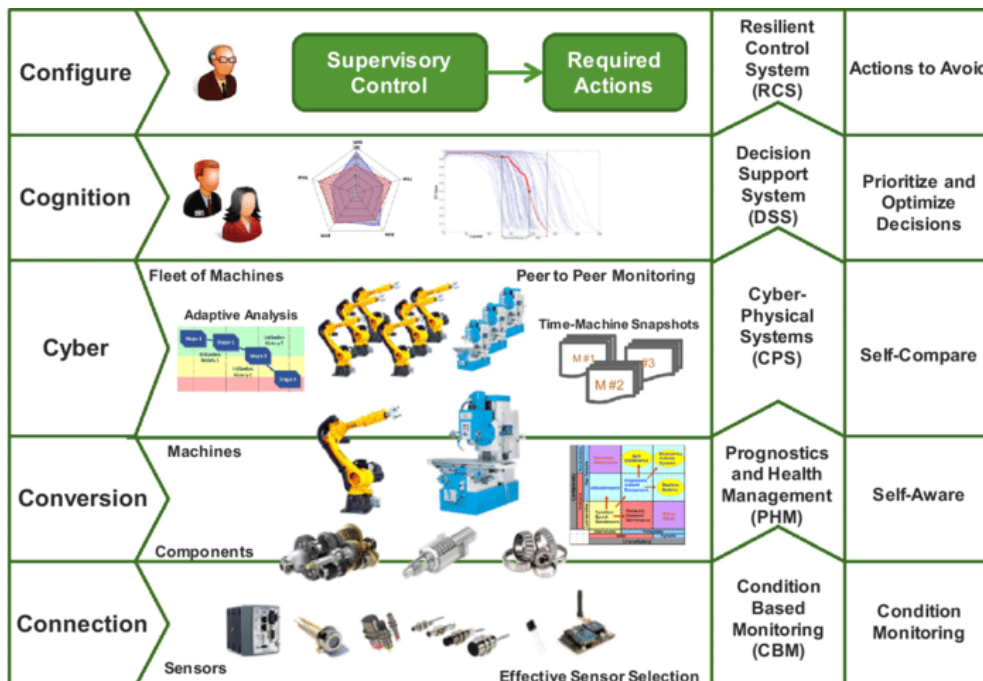
Zbog bolje razumijevanja sistema CPS-a kreiran je tzv. Sustav 5C koji je prikazan na slikama br. 8. i 9.

1. Pametno povezivanje (*eng. smart connection*) – prihvaćanje pouzdanih informacija od strojeva je prvi korak prema razvoju CPS sistema, sva senzorika i ostala elektronika koja je fizički prisutna u proizvodnom procesu bilo na strojevima ili mimo njih, u ovoj razni promatramo sustav tj. primamo informacije iz istog na centralni server, pritom kontroliramo format podataka koje dobijemo te protokole kojim se koriste,
2. Upravljanje podacima (*eng. data to data information conversion*) – kada posjedujemo informacije i to u velikom broju važno je znati izvući one najpotrebnije, a tu se trenutno razvija mnogo novih sustava i algoritama za prepoznavanje određenih sintaksi koje će nam ubrzati cijeli proces, najveći pomak u medicinskoj industriji koja kroz procjenu zdravstvenog stanja pacijenata na temelju dostupnih informacija a korištenjem CPS-a dolazimo do strojeva koji su samosvjesni-pametna analitika,

3. Virtualno (*eng. cyber*) - je svojevrsni spremnik informacija u vremenu pomoću koji pomoću analitike uspoređuje performanse jednog stroja sa drugim istih karakteristika kroz dati period vremena a sve u svrhu boljih performansi, kraćih zastoja i preciznijeg praćenja sistema kroz vrijeme,
4. Kognitivni level (*eng. cognition*) – dosad navedene informacije prezentira specijalistu u procesu na način koji mu olakšava shvaćanje problematike u kompleksnom sistemu proizvodnje te kako bi mogao adekvatno reagirati na vrijeme u sinergiji sa CPS-om,
5. Konfiguracija (*eng. configuration*) - je u biti feedback cjelokupnoga sustava kako cyber tako i fizičkih dijelova sustava i ovaj level djeluje kao nadzor i određuje korektivne i preventivne mjere,

Slika 9.

Aplikacije i tehnike pridružene svakom levelu 5C arhitekture



Izvor: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01679977/document> (pristupljeno 27.07.2020.)

3.6 Prednosti i nedostaci Industrije 4.0

Kako sva nova tehnologija ima svoje nedostatke i prednosti ovdje navodimo neke najvažnije.

Prednosti Industrije 4.0 pored brojnih koje smo naveli u tekstu iznad može istaknuti i sljedeće:

- Orijentiranost na kupca tako da mu možemo ponuditi individualni proizvod, po mjeri
- S obzirom na svu tehnologiju koja je pametnoj tvornici dostupna u procesu izrade proizvoda lako prilagodljiva u većoj ili manjoj mjeri.
- Korištenjem tehnologije za zamjenu radnika na opasnim poslovima koje će brže i bolje obaviti robot smanjuje se stres na radnika, a time i poboljšava njegova produktivnost i zadovoljstvo u radu.
- Trenda porasta B2B usluga se lakše može pratiti sa novom modularnom tehnologijom i pametnom tvornicom koja s lakoćom može proizvoditi i poluproizvode i proizvode za druge kompanije.
- Pametnom tvornicom se lakše koncentrira na produktivnost i efikasnost ali je tvornica i spremnija na nove izazove i ekološke standarde koji su u zadnje vrijeme sve više izraženi i sve teže ih je pratiti i održati taj nivo bez adekvatnog strukturiranja podataka, razmišljanja za budućnost i logističke potpore cijelom procesu.

Nedostaci Industrije 4.0 navodimo sljedeće:

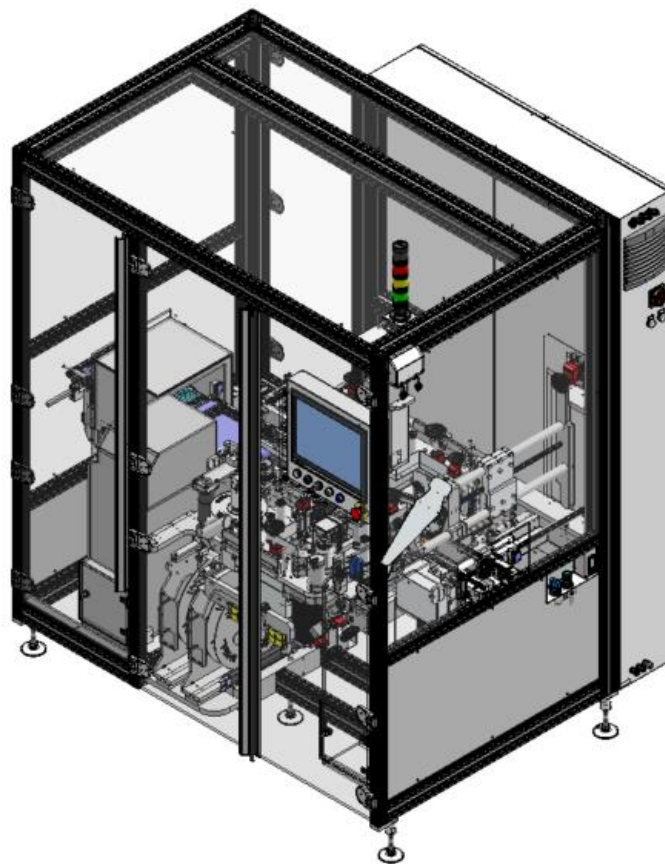
- Korištenje moderne tehnologije koja dijeli podatke koji su ponekad vrlo osjetljivi i osobne prirode, tako i u industriji zaštita intelektualnog vlasništva odnosno zaštita podataka jeste rizik Industrije 4.0
- Također kako su sustavi dostupni online iz bilo kog kutka svijeta tako potencijalno mogu biti izloženi hakerskim napadima i manipulacijama u loše svrhe
- Infrastruktura i standardi koje zahtjeva industrija 4.0 su vrlo skupi i zahtjevni
- Održavanje sustava je kompleksno i nužno je imati timove stručnjaka (IT)
- Konstantna edukacija zaposlenika

- Nedostupnost (slaba propusnost) interneta u područjima sa slabom pokrivenošću

4. SUSTAV SERIJALIZACIJE I AGREGACIJE INEL PV-1800

Slika 10.

INEL PV-1800



Izvor.: Interna dokumentacija, JGL d.d.

Na slici 10. je prikazan sustav serijalizacije u trgovačkom društvu JGL d.d. Rijeka. Shodno temi završnog rada Industrija 4.0, biti će prikazan sustav serijalizacije gotovog proizvoda na linijama finalnog pakiranja proizvoda, također bit će prikazan i sustav agregacije proizvoda u CAS sustav tvrtke.

Tvrtka koja je proizvela ovaj sustav je tvrtka INEL, d.o.o. sa sjedištem u Sloveniji a specijalizirani su za ovakve sustave serijalizacije i agregacije koje su nužne tvrtkama za apliciranje na određena tržišta (npr. Rusija) koja ujedno traže specifične standarde proizvodnje uključene u mnoge standarde ISO, poput ISO 9000, ISO 22000, itd.

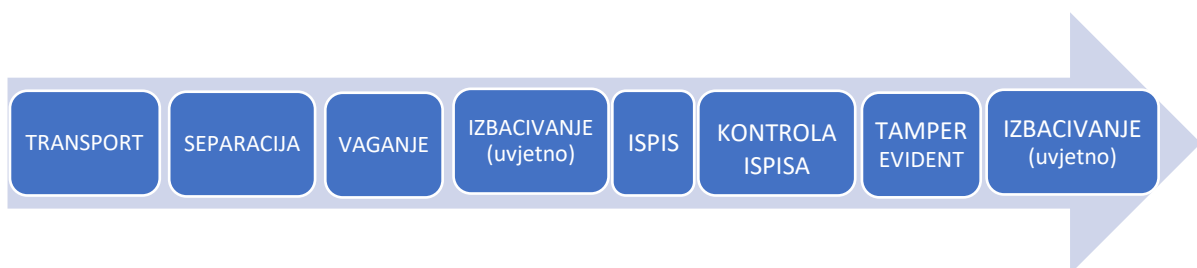
Sam stroj koristi najbolje komponente koje se trenutno mogu pronaći na tržištu a uključuju; kamere tvrtke COGNEX, industrijske pisače WOLKE, FESTO i SMC pneumatsku opremu, Premium tintne uloške HP, interno razvijen sustav preciznog vaganja i dr.

4.1.1 Funkcionalnost stroja

Stroj INEL PV-1800 funkcionira po principu procesne industrije, dakle radi se o sinhroniziranoj proizvodnji bez taktnog rada, dakle kontinuirani proces. *Print and Verify* sustav je automatski proces vaganja, evidentiranja „tamper evident“ naljepnicama, ispisa, verifikacije te sustava izbacivanja.

Detalniji prikaz funkcionalnosti slijedi (Dijagram 1.):

Dijagram 1.



1. Stroj transportira složive kutije sa gotovi proizvodom sa prethodnog stroja na ulaz vaganja na INEL-u, krećući se sa lijeva na desno,
2. Nadalje izvršava se separacija proizvoda po principu da se ulazna traka okreće manjom brzinom od sljedeće trake u nizu,
3. Nakon separacije slijedi vaganje proizvoda radi kontrole mase proizvoda i upute u samoj složivoj kutiji,
4. Ispis varijabilnih podataka na poklopac kutije proizvoda

5. Kontrola varijabilnih podataka sistemom kamere i verifikacije sa sustavom MEPIS
6. Postavljanje „tamper evident“ naljepnica - uvjetovano rezultatom verifikacije iz koraka 5
7. Izbacivanje-uvjetovano rezultatom verifikacije iz koraka 5

Treba napomenuti da stroj u slučaju zastoja sustava (greška na PC), cjelokupan sustav verifikacije i ispisa se može isključiti mehaničkom tipkom te stroj onda služi samo kao transportni sistem, koji radi na brzinama od 20-60 m/min, što daje maksimalni izlaz od 135 kutija/min.

4.1.2 Vaganje

Na slici 11. vidimo prikaz vaganja složive kutije proizvoda u kojoj se nalazi uputa za korištenje proizvoda, te se vaganjem provjerava ne samo prisutnost upute (za korištenje proizvoda) i broja uputa u kutiji već i sama težina proizvoda u bočici.

Slika 11.

Vaganje kutije sa proizvodom i priloženom uputom

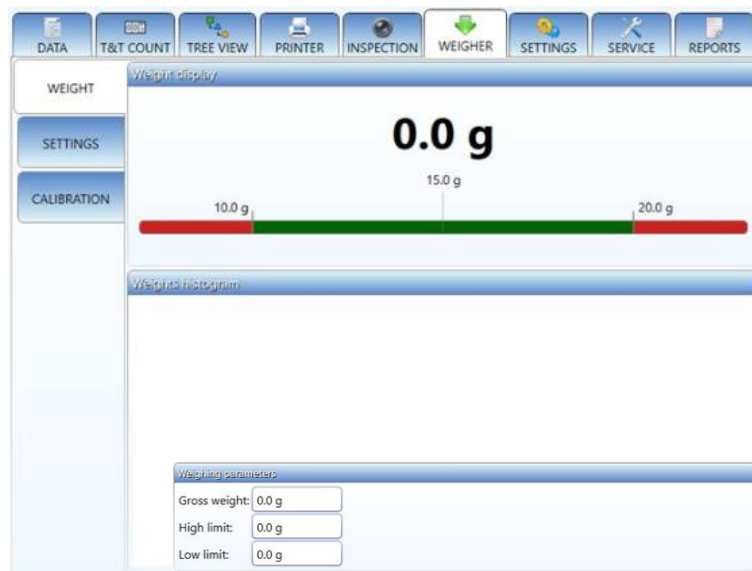


Na slici 12. vidimo ekran računala na kojem postavljamo parametre vaganja (tara, gornji donji limit i dr.), prilikom rada nakon određenog broja uzoraka dobijemo i grafički prikaz srednje vrijednosti vaganja za bolju kontrolu srednje težine proizvoda.

Naravno zbog propisa koji se kontroliraju od strane sustava kontrole kvalitete prije početka ciklusa proizvodnje, a zatim vremenskim razmacima sustav vaganja potrebno je kalibrirati što je moguće unutar menija vaganja.

Slika 12.

Prikaz vaganja na PC-u stroja



4.1.3 Ispis

Koristeći industrijski pisač Wolke m600 OEM (SL sa tehnologijom ink-jet), a s mogućnošću ispisa na lakirane i nelakirane površine (matirane) (Slika 13.), stroj obilježava složive kutije varijabilnim podacima koji variraju za svako tržište i proizvod posebno. Maksimalan izlazni kapacitet ispisa je 210 om/min što ostavlja sustavu prostora za buduće nadogradnje na veće brzine ako bude potrebno. Princip funkcioniranja ispisa je sljedeći, naravno vođenje kutije kroz stroj je praćeno sustavom senzora, tako da u trenutku kada kutija prođe mimo senzora (optička tehnologija) okida se programski kod koji nakon određenog vremena-koje je podesivo od strane

operatera, ispisuje varijabilne podatke na poklopac složive kutije. U prilog ovome ide i ugrađena najnovija tehnologija praćenja brzine transportne trake koja je omogućena putem inkrementalno digitalnog encoder-a, koji omogućava trenutno sinkroniziranje brzine ispisa sa brzinom transportne trake, te tako osigurava pozicioniranje ispisa na kutiji svaki puta točno na istom mjestu, što je vrlo važno za sljedeći korak verifikacije, s obzorom da kamera toga sustava je nepomična. Ovaj sustav ima (2) glave za ispis koje omogućavaju istovremeno ispis na više razina teksta, a tekst i simboli koji se mogu printati su od 2d, 3d, QR kodova njihovih inačica u brojevnom obliku poput GTIN-koda, serijskih brojeva i dr. naravno sve verzije ispisa, kao i verzije kvalitete ispisa varijabilnih podataka su podesive u izborniku kroz formatni pristup, dakle svaki proizvod ima svoj format već predinstaliran od strane INEL-a, a naravno mogu se dodavati i novi u suradnji sa IT-jem.

Slika 13.

WOLKE sustav ispisa

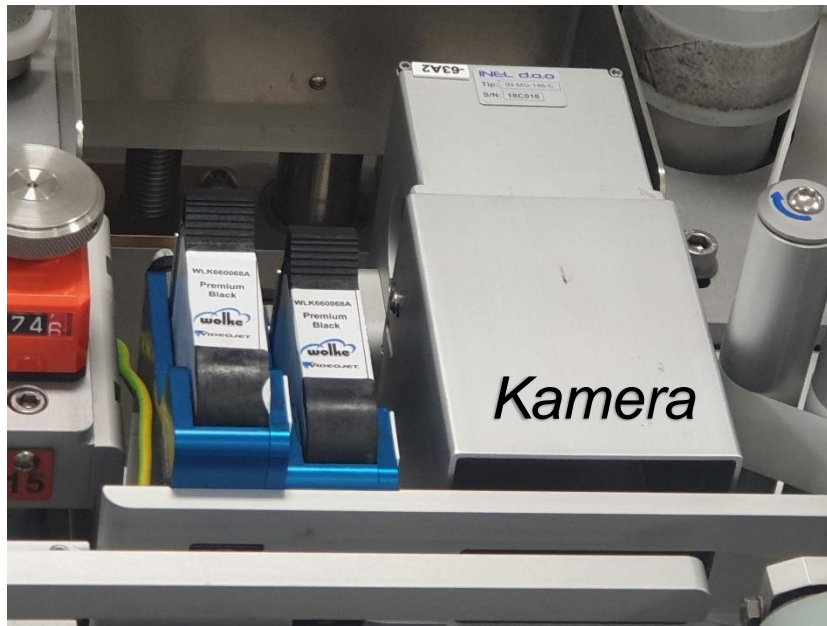


4.1.4 Verifikacija ispisa

Sustav verifikacije ispisa sastoji se od kamere sustava tvrtke COGNEX d.o.o. te pratećeg programskog paketa (slika 14.).

Slika 14.

COGNEX sustav kamere



Programski paket omogućava sve trenutno aktualne mogućnosti prepoznavanja varijabilnih podataka kao što su OCR/OCV/1D/2D itd. prednost korištenja, a ujedno ovdje vidimo i povezanost sa principom integracije (Industrija 4.0) jeste integriranost cjelokupnog sustava verifikacije u već postojeći sustav stroja, dakle nema dodatnih monitora niti posebnog operativnog sistema, sve je tu na dohvat ruke.

Kao i ranije navedeno i ovdje se koristi formatni pristup no ovdje je povezanost još veća dakle prilikom odabira proizvoda koji će se ispisivati i verificirati stroj sam u bazi podataka aktivira i potprogram verifikacije za sustav kamere, što dodatno integrira i olakšava rad stroja.

Kao još jedna vidljiva „pametna“ funkcija stroja, a proizašla je iz principa pametnih tvornica jeste ta da stroj može sam „učiti“ slova i brojeve (slika 14.) koje ispisuje te kao takve ih pohranjivati u svoju memoriju i s njima raditi u budućnosti stavljajući ih u razrede kvalitete koji su poznati u svim takvim sustavima i koriste se globalno – sistem gradacije je definiran normom ISO/IEC 15415 i simbolima (A), 2,5 (B), 1,5 (C), 0,5 (D), 0 (F), gdje je A najbolja kvaliteta, a F najlošija, a što je interesantno za istaknuti u farmaceutskoj industriji minimum zadovoljene kvalitete mora biti barem (C).

4.1.5 Tamper evident

„Tamper evident“ je sustav lijepljenja transparentnih naljepnica kako bi se osiguralo da kutija sa proizvodom zaista dođe do kupca, a da nikada prije nije bila otvorena. Ovaj zahtjev je generiran od strane nekih velikih tržišta kao što su Ruska Federacija koja na ovaj način pokušava dodatno zaštititi kupce svojih proizvoda tj. proizvoda koje stavlja na tržište.

Sama „tamper evident“ naljepnica je prozirne boje te je namjerno perforirana na način da jednom kada se zalijepi na kutiju ju je nemoguće skinuti bez da se prije toga ne pocijepa što ujedno daje do znanja eventualnom kupcu da je netko pokušao otvoriti kutiju prije njega.

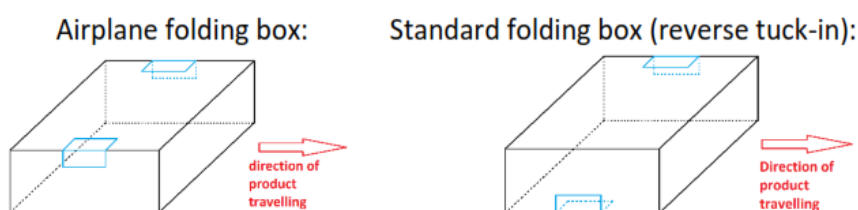
Sustav tamper evident-a također je praćen sensorima i lijepljenje naljepnica na kutiju je određeno putem programa unutar cjelokupnog programskog paketa stroja. Dakle bira se pozicija definirana u mm, a također kontrolira se i prisutnost same naljepnice, putem optičkih senzora posebne vrste koji su u stanju monitorirati spektar UV da bi mogli procijeniti čak i transparentnu naljepnicu na bijeloj pozadini, što je priličan izazov čak i za današnje moderne strojeve u industriji.

Dakako, kao i svi strojevi u farmaceutskoj procesnoj industriji tako i tamper evident naljepnica neće biti zalijepljena na kutiju ako prije toga sve točke nisu zadovoljene (poglavlje 4.2, 4.3, 4.4.), a time se omogućava smanjenje škarta ambalaže u procesu što doprinosi znatnom smanjenju troškova proizvodnje, a naravno ima i svoj ekološki aspekt zbrinjavanja.

Na slici 15. prikazan je fizički prolazak kutije kroz stroj te pozicije lijepljenja kutije, ispravno ispisane, verificirane i odgovarajuće težine.

Slika 15.

Apliciranje tamper evidentna



4.1.6 Sistem izbacivanja

Sistem izbacivanja neispravnih kutija se vrši pomoću pneumatskog cilindra tvrtke FESTO na samom početku i na kraju procesa vaganja, ispisa, verifikacije i tamper evidentiranja. Dakle već nakon separacije proizvoda dolazi do kontrole težine istog te ako nije u zadanim parametrima aktivira se izbacivanje koje na taj način omogućava štednju tinte ispisa i tamper evident naljepnica i unošenje servisnog broja kutije u sustav agregacije i serijalizacije koji nakon toga onda mora tražiti dodatne postupke da bi ista kutija bila poništena. Također kao sigurnosna mjera cijeli sustav staje ako se bilo koja greška pa i izbacivanje, pojave za redom više od 3 puta.

Sam sustav se može regulirati pomoću sučelja unutar programa PC stroja - slika 16.

Slika 16.

Podешavanje sustava vaganja

FUNCTIONS	General parameters	
	Weighing position:	280 mm
HARDWARE PARAMETERS	Weighing eject position:	445 mm
	Print position:	155 mm
PRINTER	Print inspection right - position:	250 mm
ADMINISTRATION	Tamper evident left position:	384 mm
	Tamper evident right position:	382 mm
ADDITIONAL SETTINGS	Tamper evident inspection position:	415 mm
SETTINGS LISTS	Eject position:	645 mm
	Exit control position:	790 mm
	Eject duration:	200 ms
	Weighing eject duration:	50 ms

4.2 Serijalizacija

Stroj PV-1800 omogućava serijalizaciju po principu da dobije serijske brojeve na poziv sa servera zajedno sa podacima i sadržajem ispisa, a svi su povezani sa radnim nalogom. Ono što je vrlo važno za napomenuti jeste da sadržaj ispisa se ne može mijenjati dakle on je automatski generiran od strane servera kako je navedeno, te svaki

sljedeći poziv broja između proizvodnji je automatski čim se pređe prag od min. 10% brojeva.

Kao što vidimo ovdje tehnologija djeluje i razmišlja za nas, što i je ključ implementacije Industrije 4.0 u proizvodnji današnjice.

Sustav agregacije posjeduje više vrsta brojača proizvoda, a sam tim i tretiranja istih, kao što je prikazano na slici 17.

Slika 17.

Brojači



DATA	T&T COUNT	TREE VIEW	PRINTER	INSPECTION	WEIGHER	SETTINGS	SERVICE	REPORTS
Items serial numbers:			Cuse serial numbers:			Pallet serial numbers:		
All:	404	All:	101	All:	101			
Assigned:	404	Assigned:	101	Assigned:	101			
Commissioned:	0	Commissioned:	0	Commissioned:	0			
Decommissioned:	0	Decommissioned:	0	Decommissioned:	0			
- used:	0	- used:	0	- used:	0			
- samples:	0	- samples:	0	- samples:	0			
- destroyed:	0	- destroyed:	0	- destroyed:	0			
- destroyed manually:	0							

Dodjeljeno (*eng. assigned*): serijski brojevi koji su preuzeti sa severa i čekaju na iskorištenje.

Komisionirano (*eng. commissioned*): serijski brojevi koji su ispisan i verificirani kao „dobri“, tj. svi proizvodi koji napuste stroj imaju tu oznaku što je prikazano na slici 18.

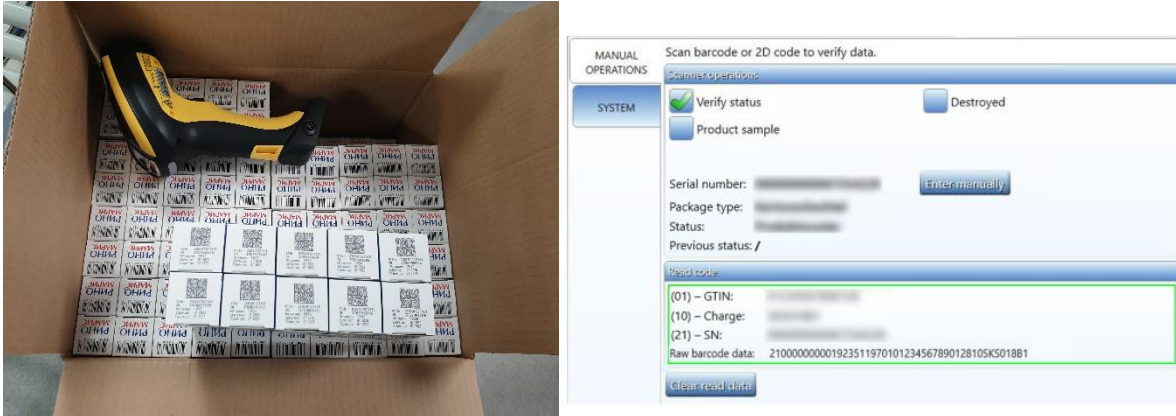
Dekomisionirano (*eng. decommissioned*): ovaj status je podijeljen u nekoliko varijanti; iskorišteno, svaki broj koji je preuzet sa servera ima svoj status tako će i svaki broj dobiti ovaj status iako je ispisan ili verificiran kao dobar ili loš, ukratko bez obzira na daljnje postupanje sa kutijom proizvoda broj će biti iskorišten, pa čak i onaj koji je izbačen na stanici za izbacivanje, ovo omogućava da kontinuiranu proizvodnju isto kao i kontinuirano praćenje brojeva bez mogućnosti da kasnije u procesu se ne zna gdje je taj određeni broj.

Uzorak - s obzirom na visoke standarde i strogu regulativu farmaceutske industrije vrlo često na proizvodnim linija u već za to određenim ciklusima uzimanja (prema SOP-u i kontroli kvalitete) je potrebno uzimati uzorke proizvoda, odnosno pakiranja. Tako da

ova funkcija uzorak sustav iz sigurnosnih razloga nas forsira da ručno putem skenera na panelu stroja skeniramo kod na proizvodu kojeg želimo uzorkovati i tako unutar meni-a PC odabiremo uzorak, dakako on dobije novi status – komisionirano.

Slika 18.

Ručno unošenje u sustav, potvrda na PC-u



Uništeno (*eng. destroyed*): svi serijski brojevi koji su sustavu dobili negativnu verifikaciju broja/podataka, bez obzira na uzrok (temper evident, loš print i dr.), također bilo koja kutija se transportira iz stroja može biti putem ručnog skenera uništena pa dobije novi status – uništeno ručno. (slika 18.)

4.3 Agregacija

Zahtjevi tržišta i pravna regulativa na kojima posluje trgovačko društvo JGL d.d. konstantno se mijenjaju što zahtjeva brzu i adekvatnu prilagodbu svih sustava na promjene, tako jedna od njih je i agregacija proizvoda nakon serijalizacije.

Agregacijom se postiže dodatna kontrola, slijedljivost proizvoda „track&trace“ nakon što su već ranije otisnuti varijabilni podaci na složivu kutiju proizvoda, te su isti zapakirani u celofan paket po 10 kutija u 2 reda po 5 komada (slika 19.), kao takvi transportiraju se nadalje u stroj za formiranje i pakiranje vanjskih složivih kutija te se na tom stroju (CAM SM 80) provodi agregacija u 3 točke kontrole.

Slika 19.

Prikaz celofaniranih paketa 2 reda x 5 kutija

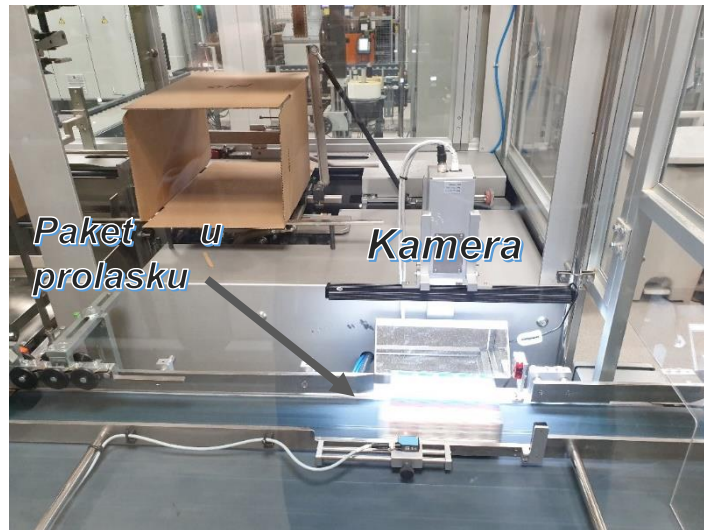


Bitno je napomenuti da sustavi serijalizacije i agregacije neposredno povezani mrežnim sučeljem i serverom bez obzira što se ne nalaze na istom stroju, dakle ovdje vidimo integraciju sustava različitih proizvođača na dislociranim strojevima, što nam daje nove mogućnosti primjene i olakšava manipulativne radnje u samoj proizvodnji.

Na slici 20. vidimo (1.) točku kontrole, a ujedno je i to ulazak u sustav agregacije, nakon izlaska iz stroja za celofaniranje putem transportne trake celofan paket se kreće ispred sustava kamere koji fotografira sve kutije u (2) reda te kontrolira serijske brojeve i ostale varijabilne podatke uspoređujući ih sa CAS serverom na koji je kako je ranije navedeno spojen također na stoj INEL PV 1800 koji je i odradio ispis na kutijama.

Slika 20.

Prikaz prolaska paketa pored sustava kamere, prije slaganja u kutiju



Nadalje nakon I. točke kontrole slijedi slaganje kutija u redove i u vanjsku složivu kutiju, kako bi se točno znalo koliko redova ide u svaku kutiju kreirana je točka kontrola br. (2.) kao što je prikazano na slici 21., ovdje sustav kamere fotografira red po red da bi potvrdio slijedljivost kutija po principu serije jedna za drugom.

Slika 21.

Sustav kamere, verifikacija broja redova u kutiji



Sama kontrola i upravljanje sa proizvodima unutar sustava PC ima nekoliko varijanti rezultata koje generira sustav shodno kontroli i uspoređivanju postojećih proizvoda

(složivih kutija) i radnog naloga koji definira sve podatke koji se otiskuju, način na koji su razmješteni na poklopcu kutije, serijalizaciju i agregaciju.

Dodjeljeno (*eng. assigned*) - serijski brojevi koji su unutar sustava i čekaju na iskorištenje

Komisionirano (*eng. commissioned*) - serijski brojevi koji su ispisani na naljepnicu i verificirani kao ispravni

Dekomisionirani (*eng. decommissioned*);

Iskorišteno (*eng. used*) – nakon slanja brojeva sa servera na printer u slučaju da ti isti brojevi nisu ispisani, a nemaju status „dobro“ ili „loše“, tada se brišu iz memorije printera i dobivaju ovaj status

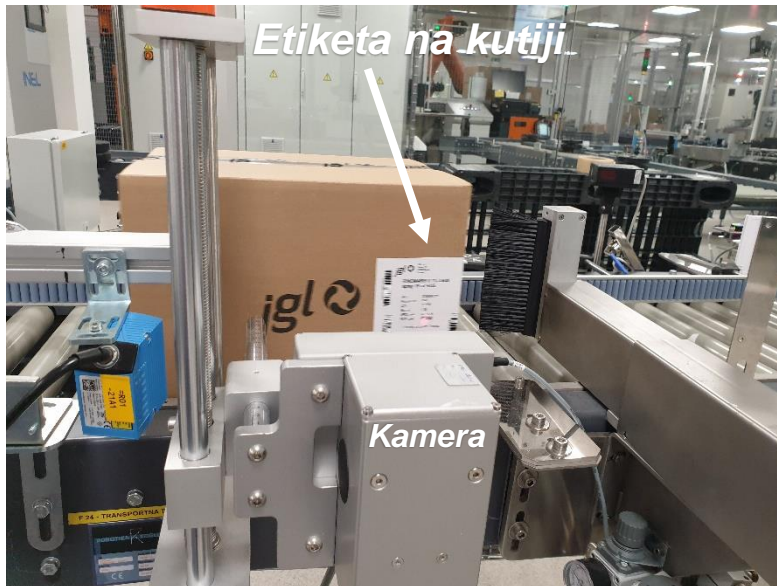
Uzorak (*eng. sample*) – kako je po radnom nalogu zahtijevano uzorkovanje nakon određenog perioda vremena ili novog radnog naloga, ovdje se ručno uzorkuju kutije putem ručnog skenera te se tako ubacuju u sustav kao uzorci

Uništeno (*eng. destroyed*) – sve kutije na kojima je detektirano da su serijski brojevi neispravni (loš ispis, krivi redoslijed i sl.)

Kontrola u točki III. funkcionira po principu provjere ispisa na naljepnici koja se aplicira na vanjsku složivu kutiju, naravno ako su svi prethodni koraci i provjere zadovoljeni (točka I. II.).

Slika 22.

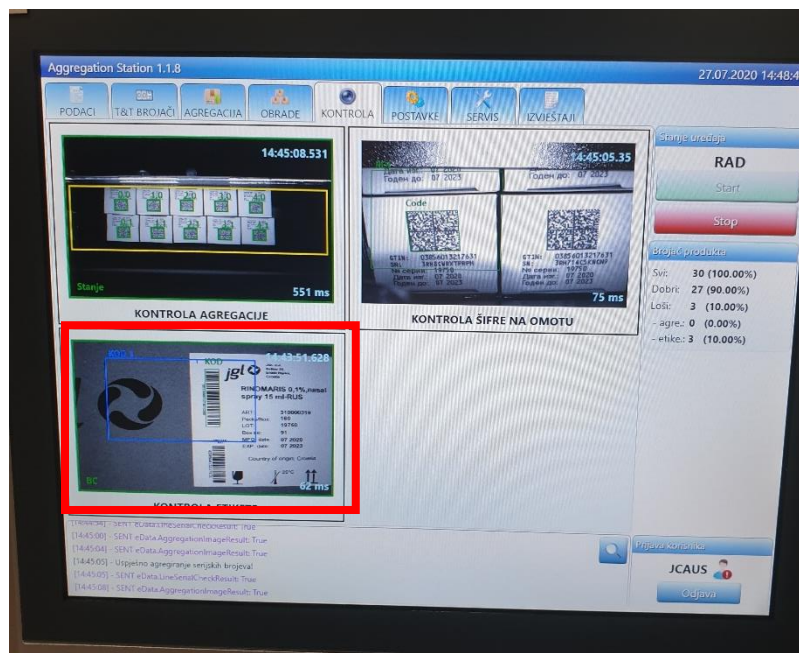
Apliciranje etikete na vanjsku kutiju te verifikacija bar-koda



Na slici 22. je prikazan sustav apliciranja etikete na vanjsku složivu kutiju te sustav kontrole, a rezultati kontrole vide se na slici 23. gdje je prikazana provjera apliciranja i bar koda etikete.

Slika 23.

Verifikacija bar-koda etikete



Nakon izvršenih svih kontrola i cijeli sustav je odobrio sve rezultate provjere kutija nastavlja svoj put prema automatiziranom skladištu gdje ponovno zauzima točno

određeno mjesto na paleti i regalima, što nastavlja proces track&trace i unapređuje cjelokupan proces.

4.4 Benefiti uvođenja koncepta industrije 4.0 na primjeru stroja PV-1800

Kako bi lakše prikazali benefite uvođenja koncepta industrije 4.0 u proizvodnju prikazujemo dva bitna sustava na navedenom stroju, koja doprinose proizvodnom procesu, a značajno utječu na kvalitetu finalnog proizvoda te kontrolu i pronalaženje grešaka i njihovo brže otklanjanje.

Sustav tračne vage te ispisa su najvažniji za kontrolu kvalitete i ispravnosti proizvoda na stroju PV-1800 uz već opisane sustave agregacije i serijalizacije, koji su međutim novi sustavi ugrađeni na stroju i u tvrtki te kao takvi ne mogu se komparirati sa prijašnjim sustavom. Sustav agregacije i serijalizacije nije sustav ugrađen za poboljšavanje efikasnosti i efektivnosti proizvodnog procesa već kako je prije navedeno zbog pravne regulative tržišta na kojim tvrtka JGL d.d. posluje te kao takva ih mora slijediti bez iznimke.

Sustav tračne vage kao novi sustav kontrole mase proizvoda značajno je doprinio ne samo kontroli prisutnosti proizvoda već i kontroli prisutnosti upute u kutiji. Kako bočica za proizvod prolazi dvije kontrole zatvorenosti boce te njene limitirane visine, u taj sustav bilo je potrebno uvesti i preciznu kontrolu mase, koja je u biti druga kontrola mase, jer jedna se odvija u sterilnoj sobi prilikom samog punjenja proizvoda.

Možemo navesti jedan primjer iz prakse, gdje je vidljivo relativno brzo vraćanje ROI (*eng. return of investment*) odnosno povrat sredstava investicije uz dodatne benefite kvalitete i sigurnosti finalnog proizvoda. Imali smo slučaj iz 2015. godine kada je internom kontrolom zamijećeno da je jedna prazna bočica završila u skladištu gotovog proizvoda, što je bio crveni alarm za kontrolu kvalitete. Naravno profesionalno gledano to je bio veliki problem koji je trebalo čim prije otkloniti kako se ne bi više ponavljao te kako bi se kontrolom već u proizvodnom procesu spriječilo da se to ne ponovi.

Kao protumjera ovog propusta i dodatna sigurnost, 2016. godine je instaliran sustav tračne vage koji je detaljno opisan u poglavlju 4.1.2, ta investicija je stajala 10.000

EUR-a. Analizom propusta iz 2015. godine zaključeno je iz sigurnosnih razloga potrebno odbaciti tj. uništiti cjelokupnu seriju proizvoda od 32.000 komada zbog „samo“ jedne bočice. Razlog tome jeste nepostojanje preciznog sustava kontrole te je zaključeno da kontrola od strane operatera, ručno vaganje predstavlja značajan gubitak vremena i veći trošak nego odbacivanje cijele serije. U tablici 1. vidimo analizu potencijalnog gubitka dobiti.

Tablica 1.

Analiza potencijalnog gubitka dobiti

broj neispravnih proizvoda	korektivna mjera	utrošeno vrijeme/kom.	financijski trošak	Σ
32000	fizički pregled, vaganje	2 min /kom = 1066 h	80kn bruto x 8 h x 134 operatera bruto	85.760,00 kn
32000	tračna vaga	0,0067 min/kom = 3,6 h	Instalacija sustava	75.000,00 kn
odbacivanje kom.	dobit	utrošeno vrijeme/kom.	financijski trošak	
32000	7 kn. / kom	-	=>	224.000,00 kn

Slijedom navedenog iz tabelarnog prikaza za zaključiti je da je ugradnja sustava kontrole mase proizvoda na proizvodnu liniju sterilnih kapi opravdana, jer smo potkrijepili 1/3 ulaganja sa samo jednim propustom dakle jednom greškom koja može nastati u procesu te kao takva generirati ogromne troškove, a sve s obzirom na činjenicu maksimalne vremenske iskorištenosti proizvodne linije koja radi 24,0h u sedam (7) dana i proizvodi na milijune komada proizvoda, a greške poput ove su lako moguće.

Dakako u gornjoj analizi troškova nisu uključeni još i troškovi energenata te ambalaže koja je bačena prilikom odbacivanja serije što još dodatno daje na težini u odabiru managera da izabere sigurnost i tehnologiju naspram riskiranja i nesigurnosti koju daje svaka linija koja nije u korak sa vremenom i tehnološkim standardima.

5. ZAKLJUČAK

Ovim završnim radom se pokušalo približiti tematiku Industrije 4.0 kako bi bolje spoznali njezine koncepte i sustave. Sustavi serijalizacije i agregacije kao i sustavi ispisa i verifikacije ispisa su relativno novi sustavi na polju procesne industrije koji se neprestano razvijaju i omogućavaju veliki iskorak u produktivnosti i efikasnosti same proizvodnje.

U završnom dijelu rada pokazan je primjer moguće nesukladnosti odnosno realne greške u proizvodnji koja bi uzrokovala znatne gubitke u potencijalnoj dobiti, ali i gubitke u energentima i ambalaži. Međutim uvođenjem prvenstveno sustava vaganja i sustava verifikacije, serijalizacije, agregacije kao svojevrsnog iskoraka naprijed u Industriju 4.0 pokazalo se da je uloženi iznos u opremu isplativ i što je još važnije, da možemo biti sigurni da su svi proizvodi koji su izašli iz iste proizvodne linije kvalitetni i sukladni postojećim standardima i pravnim regulativama, kako matične tako i države u koju se izvoze.

Industrijska revolucija neprestano se događa pa tako već sada ulazimo u tzv. Industriju 5.0 što dokazuje znatan razvoj industrije kao i svih drugih pratećih grana gospodarstva i razvoja čovječanstva općenito.

LITERATURA

SCHWAB, K. (2017) *The Fourth Industrial Revolution*, Amazon

RAGUŽ, K. (2015) *Industrijska revolucija 4.0 i razvoj android mobilne aplikacije*, Split, Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje

MATEJAK, N. (2017) *Industrija 4.0 – sadašnjost ili budućnost u hrvatskoj*, Varaždin, Sveučilište Sjever

HOHŠTETER, D. (2018) *Vitki pametni proizvod*, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet brodogradnje i strojarstva

Veža Ivan, *Hrvatska industrija na putu prema Industriji 4.0*, https://bib.irb.hr/datoteka/830459.Veza_Industrija_4.pdf (pristupljeno 25.07.2020)

Peko Ivan, Na putu prema četvrtoj industrijskoj revoluciji: analiza stanja hrvatske industrije, <http://insent.fesb.unist.hr/> (pristupljeno 25.07.2020)

Aisha Javed, *Traps To Avoid On the Road To The Industry 4.0*, <https://www.xorlogics.com/2018/11/19/traps-to-avoid-on-the-road-to-the-industry-4-0/> (pristupljeno 25.07.2020)

Hrvatska gospodarska komora, *Industrija 4.0*, <https://www.hgk.hr/documents/hgk-industrija-4058d8c59722f1e.pdf> (pristupljeno 25.07.2020)

Altizon, *Data Analytics: Key to Unlocking the True Power of IoT*, <https://altizon.com/data-analytics-key-unlocking-true-power-iot/> (pristupljeno 27.07.2020.) (pristupljeno 27.07.2020)

Research Gate , *The Role of Internet of Services (IoS) on Industry 4.0 Through the Service Oriented Architecture (SOA)*, https://www.researchgate.net/publication/327203898_The_Role_of_Internet_of_Services_IoS_on_Industry_40_Through_the_Service_Oriented_Architecture_SOA_IFIP_WG_57_International_Conference_APMS_2018_Seoul_Korea_August_26-30_2018_Proceedings_Part_II (pristupljeno 27.07.2020)

Research Gate, *From concept to the introduction of industry 4.0*, https://www.researchgate.net/figure/CPS-Cyber-Physical-Systems-4_fig2_319007861 (pristupljeno 27.07.2020)

Wikipedia, *Cyber-physical system*, https://en.wikipedia.org/wiki/Cyber-physical_system (pristupljeno 27.07.2020)

HAL, *A Review of CPS 5 Components Architecture for Manufacturing Based on Standards*, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01679977/document> (pristupljeno 27.07.2020)

Jay Lee et. al, *A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems*,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221384631400025X>
(pristupljeno 23.07.2020)

Interna dokumentacija, JGL d.d.

Interna dokumentacija, Inel d.o.o.

POPIS SLIKA TABLICA I PRILOGA

Slike:

Slika 1. Faze razvoja industrije	7
Slika 2. 4 osnovne karakteristike Industrije 4.0.....	9
Slika 3. Integracijska matrica	11
Slika 4. IoT.....	12
Slika 5. IOD- Data Analytics	13
Slika 6. SOA- Service Bus.....	16
Slika 7. CPS - Cyber Physical Sytems	17
Slika 8. CPS - 5C arhitektura.....	19
Slika 9. Aplikacije i tehnike pridružene svakom levelu 5C arhitekture	20
Slika 10. INEL PV-1800.....	22
Slika 11. Vaganje kutije sa proizvodom i priloženom uputom	24
Slika 12. Prikaz vaganja na PC-u stroja	25
Slika 13. WOLKE sustav ispisa	26
Slika 14. COGNEX sustav kamere	27
Slika 15. Apliciranje tamper evidentna.....	28
Slika 16. Podešavanje sustava vaganja	29
Slika 17. Brojači.....	30
Slika 18. Ručno unošenje u sustav, potvrda na PC-u.....	31
Slika 19. Prikaz celofaniranih paketa 2 reda x 5 kutija.....	32
Slika 20. Prikaz prolaska paketa pored sustava kamere, prije slaganja u kutiju	33
Slika 21. Sustav kamere, verifikacija broja redova u kutiji	33
Slika 22. Apliciranje etikete na vanjsku kutiju te verifikacija bar-koda.....	35
Slika 23. Verifikacija bar-koda etikete.....	35

Tablice:

Tablica 1. Analiza potencijalnog gubitka dobiti 37

SAŽETAK

Kroz povijest razvoja industrije vidimo njeno strelovito razvijanje od parnog stroja do danas unutar „samo“ 170 godina. U ovom radu prikazan je povijesni presjek industrije kroz stoljeća uz zadržavanje na konceptu Industrije 4.0 koju živimo danas, a ubrzano se krećemo prema Industrij 5.0. Uz kratki prikaz teoretskog dijela i osnovnog koncepta funkcioniranja na kraju rada prikazan je praktični primjer u vidu serijalizacije i agregacije unutar sustava ispisa i verifikacije kutija proizvoda, proizvodne linije sterilnih kapi trgovačkog društva JGL d.d. Rijeka.

KLJUČNE RIJEČI: faze razvoja industrije, industrija 4.0, serijalizacija, agregacija

ABSTRACT

Through the history of industry development we can see rapid development from steam machine to today in not more than 170 years. In this paper we can see history development of industry and we stop at today with more thorough view, no matter we continue to follow that path and move to Industry 5.0. With brief theoretical explanation main concept of functioning at the end we are lead to practical example of serialization and aggregation within printing and verification system of product box, being used on sterile production of nasal drops in production facility JGL d.d. Rijeka.

KEYWORDS: industry development stages, industry 4.0., serialization, aggregation