IMPLEMENTACIJA PROCESNOG NADZORA U INDUSTRIJI PUTEM IZVRŠNOG SUSTAVA PROIZVODNJE

Uzelac, Marinko

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Algebra University College / Visoko učilište Algebra**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:225:706659

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

Algebra Univerity College - Repository of Algebra Univerity College





VISOKO UČILIŠTE ALGEBRA

ZAVRŠNI RAD

IMPLEMENTACIJA PROCESNOG NADZORA U INDUSTRIJI PUTEM IZVRŠNOG SUSTAVA PROIZVODNJE

Marinko Uzelac

Zagreb, lipanj 2019.

Student vlastoručno potpisuje Završni rad na prvoj stranici ispred Predgovora s datumom i oznakom mjesta završetka rada te naznakom:

„Pod punom odgovornošću pismeno potvrđujem da je ovo moj autorski rad čiji niti jedan dio nije nastao kopiranjem ili plagiranjem tuđeg sadržaja. Prilikom izrade rada koristio sam tuđe materijale navedene u popisu literature, ali nisam kopirao niti jedan njihov dio, osim citata za koje sam naveo autora i izvor te ih jasno označio znakovima navodnika. U slučaju da se u bilo kojem trenutku dokaže suprotno, spreman sam snositi sve posljedice uključujući i poništenje javne isprave stečene dijelom i na temelju ovoga rada.“

U Zagrebu, datum.

Ime Prezime

Predgovor

U ovom radu u IT industriji nisam naišao na nikad veći izazov dok nisam dobio direktorov zadatak poboljšati procese u proizvodnji. Sve je počelo sa zamjenom „hrpe papira“ nečim boljim. Mislio sam da to neće biti problem i nisam ni slutio kroz što ću sve proći, s kakvim znanjem ću na kraju završiti i da ću voditi projekt implementacije izvršnog sustava kao prvi u cijeloj grupi međunarodne korporacije.

Tako je počeo moj put, od ureda do ureda, od jednog radnog mjesta do drugog u proizvodnji, skupljajući podatke što se događa s tim papirima. Na kraju to više nisu bili obični papiri, oni su bili rezultat nečega puno većeg, a to su bili proizvodni procesi povezani s cijelim lancem poslovanja. Oni su samo vrh sante leda, a ja sam polako počeo roniti kako bih mogao vidjeti koliko je taj led velik. Tako sam se počeo gušiti u šumi informacija. Poprilično je nevjerojatno da običan broj, interna serija sirovine, ima tako opširnu priču u pozadini?

SAP ERP, koji sam malo koristio i mislio da je jednostavan, postao je prava noćna mora. Bio sam prisiljen početi shvaćati kako funkcionira taj cijeli sustav da bih mogao voditi implementaciju bilo kakvog rješenja. Nakon raznih analiza i razgovora s lokalnim partnerima, došao je trenutak za suradnju s međunarodnom kompanijom i odlukom o implementaciji SAP MII sustava. Imenovan sam kao voditelj projekta i postao sam odgovoran za unapređenje IT infrastrukture kako bi bila podobna za MII opremu.

Nešto prije toga, počeo sam pohađati diplomski studij sistemskog inženjerstva u Algebri. Mislio sam kako neće biti problem. No česta službena putovanja u drugu državu i pohađanje nastave, postala su mi nova noćna mora. Nekako je to funkcioniralo i mislio sam da mi više ništa ne može oduzeti vrijeme, uspjet ću položiti ispite i SAP MII projekt. Međutim, kada je krenula pilot produkcija u proizvodnji, kada sam trebao završiti studij, došla je beba i morao sam kupiti kuću jer više nije bilo prostora za nas četvero u malom stanu.

Stalni pozivi iz proizvodnje od 0 sati do 24 sata, 7 dana u tjednu, selidba u novu kuću, završetak studija… Ne želim se niti prisjetiti. Nažalost, morao sam odgoditi

studij jer sam jedva preživljavao. Znao sam sanjati da spavam koliko sam bio željan sna. Sve je to prošlo, nadnaravno gorivo koje me je svaki dan punilo bila je moja obitelj, moja supruga Štefica, kćerke Anita i Jana, stoga im odajem posebnu zahvalu. Jedna faza implementacije je završila i nova dolazi, vjerojatno neće biti kraja.

S ciljem transformiranja obične proizvodnje u pametnu, otvorena je pandorina kutija. I upravo dok pišem ovaj rad, radim na novom projektu i pokušavam biti otac i suprug. Sve to nije lagano. Stečenim iskustvom i stalnim radom u okruženju problematike proizvodnih procesa izmijenio sam profesionalnu percepciju. Zato želim zahvaliti svome mentoru Silviu Papiću na podršci, razumijevanju i strpljenju. Zahvaljujem svima u Algebri i nadam se da ću jednog dana ići i dalje s vama, bile to obične edukacije ili tko zna, doktorat. Zahvala i mome direktoru, koji me uvijek poticao u napretku i omogućio mi školovanje u Algebri.

Prilikom uvezivanja rada, Umjesto ove stranice ne zaboravite umetnuti original potvrde o prihvaćanju teme završnog rada kojeg ste preuzeli u studentskoj referadi

Sažetak

Izvršne aktivnosti u proizvodnim procesima moraju biti nadzirane i umrežene s poslovanjem kako bi na efikasan način osigurale kvalitetan i siguran proizvod. Ovaj rad opisuje implementaciju potrebne infrastrukture kako bi se ti zahtjevi mogli ispuniti. Umrežavanje poslovanja i izvršnih aktivnosti rješava se povezivanjem proizvodnih procesa na izvršni sustav proizvodnje gdje izvršitelji zadataka imaju jasan i jednostavan prikaz što moraju napraviti i na koji način, a voditelji mogu u realnom vremenu nadzirati te procese. Za razliku od prijenosa i obrade podataka iz poslovnog sustava na razne paralelne sustave poput papira, Excel tablica, baza podataka i elektroničke pošte, izvršni sustav nudi direktan prijenos i obradu u oba smjera. Iskustva mnogih industrija, pa i ove u kojoj autor radi, pokazuju velik pomak u transparentnosti, sigurnosti i kvaliteti rada nakon implementacije.

Ključne riječi: poslovanje, industrija, izvršni sustav, infrastruktura.

Summary

Execution activities in production processes needs to be monitored and networked with business to efficiently secure a quality and safe product. This paper describes the implementation of the required infrastructure to meet these requirements. Networking of business and executive activities is solved by linking manufacturing processes to the manufacturing executiong system where task executives have a clear and simple view of what they have to do and in what way, and managers can monitor these processes in real time. Unlike transferring and processing data from a business system to various parallel systems such as paper, Excel tables, databases and e-mail, the execution system offers direct transfer and processing in both directions. The experience of many industries and even the author's work shows a great deal of change in transparency, security and quality of work after implementation.

Key words: business, industry, execution system, infrastructure.

Sadržaj

1. Uvod ... 1
2. Uvod u industriju i povijest automatiziranja ... 2
3. Pregled tvrtke i njenog poslovanja ... 5
4. Standardi i tehnologije korišteni u procesnoj industriji ... 9
5. Povezivanje strojeva i industrijskih procesa na izvršni sustav proizvodnje ... 10
6. Analitika u industriji u svrhu povećanja efikasnosti i kapaciteta proizvodnje: najbolje prakse i iskustva iz industrije ... 12
7. Implementacija izvršnog sustava u praksi ... 13

7.1. Analiza stanja prije implementacije ... 13

7.1.1. Odluka o odabiru rješenja ... 17

7.2. Analiza IT infrastrukture prije implementacije ... 18
7.3. Glavni razlozi unapređenja procesne industrije ... 20
7.4. Očekivana korisnost za proizvodni proces ... 21
7.5. Dizajn rješenja ... 21
7.6. Plan implementacije ... 22
7.7. Implementacija ... 25

7.7.1. Proširenje lokalne računalne mreže i WiFi-a u proizvodnji ... 25
7.7.2. Instalacija novog Firewall-a i osiguranje veze ... 29
7.7.3. Nabava servera i Instalacija VMwareESXi rješenja ... 30
7.7.4. Instalacija i konfiguracija produkcijskog MII servera ... 30
7.7.5. Nabava i instalacija opreme ... 32
7.7.6. Integracija opreme sa MII serverom ... 34
7.7.7. Dizajn i prilagodba baze podataka za MII ... 36
7.7.8. Integracija opreme s procesima ... 38
7.7.9. Priprema dashboard-a za nadzor proizvodnih procesa ... 40

7.8. Testiranje i provjere nakon implementacije ... 41
7.9. Puštanje u rad ... 42
7.10. Analiza implementiranog rješenja s poslovnog aspekta ... 43
7.11. Potencijalni izazovi u budućnosti ... 47

Zaključak ... 50
Popis kratica ... 52
Popis slika ... 53
Popis tablica ... 54
Literatura ... 55
Prilog ... 56

1. Uvod

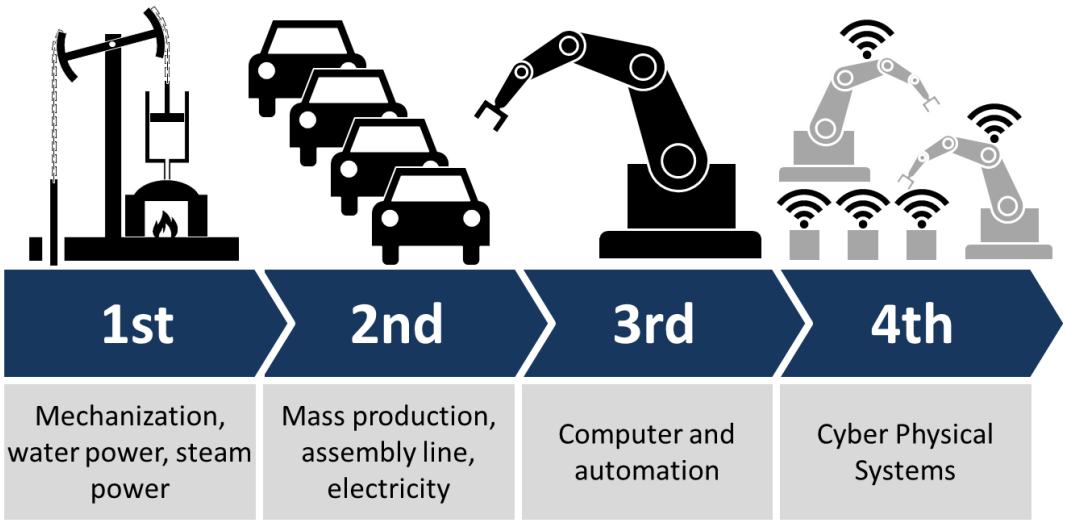
Izvršne aktivnosti u proizvodnim procesima, koje su popraćene radom ljudi, uređaja i strojeva, izvršavaju se uz pomoć informacija koje dolaze od poslovanja. Kada su aktivnosti izvršene, one se moraju proslijediti poslovanju na daljnju obradu i analizu. Nadzor procesa se odvija kako bi se osigurao kvalitetan i siguran proizvod te se smanjile pogreške. Cijeli ovaj ciklus prijenosa i obrade informacija odvija se na spor način, uz pomoć zastarjelih metoda putem različitih medija te on kao takav ne osigurava efikasnu proizvodnju koja osigurava kvalitetan i siguran proizvod. Iz tog razloga potrebno je povezati poslovni sustav s operativom u proizvodnji uz pomoć tehnologije koja će omogućiti direktan, automatiziran i brz prijenos informacija.

Voditelji koji nadziru procese moraju imati uvid u sve aktivnosti na jednom mjestu, kako bi znali što se događa i mogli brzo reagirati. Stoga je potrebno umrežiti proizvodne procese i poslovanje u jedan kompaktni sustav. Taj problem se rješava kroz nekoliko nivoa implementacije tehnologije. Prvi nivo zahtijeva povezivanje svih lokacija s ljudima i uređajima u računalnu mrežu i integraciju adekvatne opreme koja će automatizirati procese, poput printera, skenera i terminala. Drugi nivo zahtijeva implementaciju izvršnog sustava koji će se povezati s opremom i njome upravljati te dobivati i primati potrebne informacije. Izvršni sustav prosljeđuje informacije izvršiteljima, poslovnom sustavu i voditeljima na brz i efikasan način. Prijenos informacija iz poslovnog sustava, koji se odvija uz pomoć papira, Excel tablica, baza podataka i elektroničke pošte, zahtijeva dodatnu obradu i ručni rad, dok izvršni sustav navedeno radi automatski zahvaljujući njegovoj umreženosti s ljudima i uređajima uz pomoć računalnih mreža i povezanih servera poslovnog sustava. Analizom dobivenih podataka, nakon samo nekoliko odrađenih radnih naloga, mogu se uvidjeti rezultati, što govore iskustva iz industrije i osobno iskustvo autora.

2. Uvod u industriju i povijest automatiziranja

Industriju označava poljoprivredna revolucija koja je započela prije otprilike 10.000 godina kada je pripitomljavanje životinja rezultiralo ljudskom tranzicijom iz lovca u uzgajivača. Osim životinja, tu je bio i uzgoj biljaka koji je omogućio prehranu za čovjeka i životinje koje je čovjek pripitomio. Ta poljoprivredna revolucija omogućila je veću proizvodnju hrane i širenje ljudske populacije te izradu većih naselja koja su prerasla u gradove. Razvoj tehnologije je dugo stagnirao nakon poljoprivredne revolucije te tek značajnija promjena u tehnologiji koja će pokrenuti Prvu industrijsku revoluciju dogodila se u 18. stoljeću u Velikoj Britaniji. Prva industrijska revolucija označava tranziciju s ljudske snage na snagu strojeva i tu počinje automatizacija. Izumom parnog stroja i izgradnjom željezničkih pruga, uvela je mehaničku proizvodnju i promijenila svijet zauvijek.

Dolaskom struje, korištenjem telegrafa i željezničkog transporta krajem 19. stoljeća započinje Druga industrijska revolucija. U tom periodu velik značaj ima uloga elektromotora kao temelj automatizacije proizvodnih linija. Zbog nove tehnologije u drugoj industrijskoj revoluciji započinje doba masovne proizvodnje. Šezdesetih godina 20. stoljeća počinje treća industrijska revolucija zahvaljujući otkriću tranzistora 1947. godine koji je napravio velik pomak u razvoju modernih računala i elektronike. Naziva se i digitalna revolucija jer je tehnologija bazirana na tranzistoru ušla u sva područja industrije, od poslovanja na računalima do elektronike koja upravlja strojevima i robotima.



Slika 2.1 Ilustracija industrijskih revolucija[1]

Dolaskom Interneta, tj. velike globalne mreže, počinje novo doba za razvoj IT tehnologije u svim područjima. Međutim, sam Internet nije započeo novu industrijsku revoluciju, već niz novih tehnologija i općenito inovacija koje su dobile vjetar u leđa zbog mogućnosti brzog slanja, obrade i pohrane podataka. Smanjivanje tranzistora na nanometre omogućava korištenje mobilnih uređaja i njihovu povezanost s podacima na bilo kojem mjestu. Tipičan primjer je danas telefon, koji omogućava brzo slanje, obradu i primanje podataka. Smanjivanje raznih senzora i uređaja u proizvodnji te povezanost s lokalnim bežičnim mrežama omogućava „mrežu svih stvari“. Uz umrežavanje kompletne opreme u proizvodnji te razvoj umjetne inteligencije i strojnog učenja, omogućava se velik pomak u automatizaciji i pretvaranju „obične proizvodnje“ u „pametnu proizvodnju“.

Termin „Industrija 4.0“ počeo se koristiti u Njemačkoj na sajmu u Hannoveru 2011. godine i potiče od projekta njemačke vlade koji promovira informatizaciju proizvodnje. Uvođenjem „pametnih proizvodnja“ četvrta industrijska revolucija stvara svijet gdje virtualni i fizički sustavi usko surađuju jedno s drugim na fleksibilan način, a što omogućava brzu prilagodbu proizvoda potrebama tržišta. Valja napomenuti da je opseg četvrte industrijske revolucije mnogo širi od same povezanosti pametnih strojeva i poslovnih informacijskih sustava. On uključuje i nano tehnologiju, biotehnologiju te ostale tehnologije koje tek dolaze.

[1] Izvor: https://www.nordson.com/en/divisions/dage/about/blog/industry-4-and-its-relevance-to-inspections-solutions , Christoph Roser, 28.2.2019.

U 4. industrijskoj revoluciji svoje mjesto pokušava pronaći i tvrtka Bio Hrana, koja zbog sve većih zahtijeva tržišta mora pronaći adekvatnu tehnologiju kojom će povećati efikasnost i kvalitetu.

3. Pregled tvrtke i njenog poslovanja

Tvrtka Bio Hrana smještena je u Hrvatskoj, u okolici grada Siska. Posluje na ovom području 25 godina. U vlasništvu je tvrtke Bio sa sjedištem u Francuskoj. Njezina glavna djelatnost je proizvodnja suhih dječjih kašica. Tvrtka je u stranom vlasništvu i svoje proizvode plasira na strana tržišta. Tržišta su uglavnom europska i azijska. U posljednje vrijeme sve više proizvodi za kinesko i rusko tržište koje je vrlo zahtjevno po pitanju uvoza hrane, prije svega zbog političke zaštite svojeg domaćeg tržišta. Ta strana tržišta daju vrlo visoke zahtjeve kada je u pitanju hrana te se moraju ispuniti svi uvjeti kako bi se s njima moglo poslovati. Uvjeti se prije svega fokusiraju na vrlo visoku kvalitetu proizvoda, što pokriva razna područja:

- Izvor sirovine koja se koristi za proizvodnju
- Poslovanje i tretiranje sirovina samih dobavljača
- Transport sirovina do proizvodnje
- Skladištenje sirovina po visokim standardima
- Obrada sirovina po standardima sigurnosti i kvalitete prehrane
- Skladištenje gotovih proizvoda
- Transport gotovih proizvoda prema kupcima

Gotovi proizvodi zapravo su skup obrađenih sirovina koje na kraju konzumiraju kupci. Zbog toga je izrazito važno osigurati kvalitetan izvor sirovina jer na kraju, tržišta poput Kine, šalju svoju inspekciju koja provjerava izvore sirovina. Ne samo da provjeravaju izvor sirovina od dobavljača, već i njezin transport te obradu u proizvodnji tvrtke Bio Hrana.

Vrlo je visok izazov za tvrtku pronaći kvalitetne dobavljače sirovina jer oni moraju ispunjavati mnoge uvjete, neki od njih su: bio certifikacija od svjetski poznatih certifikacijskih kuća. Bio certifikacija zahtijeva tretiranje sirovina pod određenim uvjetima. Tipičan primjer sirovine je pšenica koja raste na polju. Tlo na kojem raste ne smije biti kontaminirano bilo kakvim zagađenjem iz šireg područja te se samo tlo ne smije tretirati umjetnim gnojivima. Žetva, pohrana i transport pšenice također zahtijeva da se ista ne zagadi raznim kontaminantima. Dobavljači sirovine također moraju ispuniti uvjete da se svaka sirovina označi jedinstvenim serijskim brojem koji govori nešto o sirovini: s kojeg područja potječe, koja je žetva te gdje se skladišti.

Nakon što završi s brigom oko dobavljača, tvrtka mora osigurati pouzdan transport do svoje proizvodnje. Transportni prijevoznici moraju ispunjavati uvjete da bi osigurali kvalitetu sirovine koju voze za tvrtku. Neki od uvjeta su: odgovarajući kamioni sa zadovoljenim higijenskim uvjetima, sigurnim rashladnim uređajima (ako se prevozi sirovina koja mora biti na određenim minimalnim temperaturnim uvjetima), vozači imaju zadovoljen higijenski minimum kako ne bi kontaminirali sirovinu koju prevoze. Kada se doveze sirovina do same tvrtke, tada tvrtka preuzima odgovornost i brigu oko kvalitete te sirovine. Govori se svakako o skladištenju tih sirovina. Proces skladištenja sastoji se od nekoliko podprocesa:

- Istovar sirovina iz kamiona na odgovarajućem mjestu
- Pregled sirovina od strane osoblja kontrole kvalitete
- Označavanje sirovina posebnim internim serijskim brojem
- Transport i skladištenje sirovina unutar tvrtke

Ovdje su vidljivi brojni izazovi, tvrtka mora dokazati inspekciji da je cijeli postupak skladištenja odrađen onako kako treba. Izazov je prije svega označavanje s internim serijskim brojem pristigle sirovine. Tvrtka tada mora dokazati jednu od najbitnijih stvari za inspekciju: da je označena sirovina sljediva. Od samog ulaza gdje kontrola kvalitete uzima uzorke sirovine, šalje ju na daljnji pregled i analizu, transporta viličarem i njenim skladištenjem te prolaskom kroz obradu u procesu proizvodnje. Na kraju se mora dokazati da je u proizvodu zbilja ona sirovina za koju se tvrdi da je.

Ovo daje uvid koliko je potrebno prikupiti informacija na samom početku skladištenja sirovine te njenom daljnjom obradom. Kada su se ispunili svi zahtjevi skladištenja sirovina, na red dolazi sama obrada ili proizvodnja. Ovdje se tek stvari kompliciraju jer je proces proizvodnje po visokim standardima kvalitete vrlo zahtijevan za tvrtku Bio Hrana. Sljedivost sirovina koje se ugrađuju u gotov proizvod još je teže pratiti jer prolaze kroz čitav niz procesa:

1. Izbor odgovarajućih sirovina koje zadovoljavaju kvalitetu za određeno tržište
2. Priprema sirovina za proizvodnju
3. Obrada sirovina kroz jedan ili više strojeva u poluproizvod
4. Skladištenje poluproizvoda u spremnike ili silose
5. Pražnjenje silosa ili spremnika u strojeve za daljnju obradu
6. Pakiranje obrađenih sirovina, tj. gotovog proizvoda

Kao što je navedeno, tržišta poput Kine i Rusije zahtijevaju veću kvalitetu proizvoda nego neka europska tržišta. Kvalitetu proizvoda određuje kvaliteta sirovine koja mora ispunjavati određene granice tvari koje sadrže u sebi. Prema planu proizvodnje određuju se količine koje je potrebno proizvesti, a time i količina sirovina koje se moraju potrošiti. Unaprijed se rezerviraju sirovine iz skladišta koje zadovoljavaju kriterije i potom se šalje nalog skladištu koje izdaje sirovine u proizvodnju. Skladište mora odabrati točno definirane sirovine koje su označene internim serijskim brojem te ih isporučiti u proizvodno skladište. Ovaj proces uključuje i odjel kontrole kvalitete koje odabire za specifično tržište sirovine označene internim serijskim brojem.

Sirovine u proizvodnom skladištu sada su spremne za pripremu od djelatnika proizvodnje. Djelatnici proizvodnje izuzimaju iz proizvodnog skladišta palete sirovina te ih otvaraju i pripremaju materijal kako bi bio spreman za obradu u strojevima. Kako su sirovine pakirane u vrećama, njih je također potrebno označiti internim serijskim brojem zbog sljedivosti. U ovim procesima pripreme nužno je osigurati dokaz o njenoj kvaliteti što zahtjeva dodatno skupljanje informacija za certifikacijske kuće i inspekciju. Nakon pripreme, sirovina je spremna za obradu. Za primjer, dat će se kratki prikaz kako tvrtka Bio Hrana obrađuje sirovinu za gotov proizvod „Bio rižina kašica“ jer se sastoji od riže kao baze za kašicu te nekoliko vitamina.

Pripremljena riža prvo se obrađuje u stroju za miješanje koji miješa rižu i vitamine s vodom. Taj proces zove se homogenizacija. Nakon homogenizacije sirovina, one se moraju osušiti na stroju za sušenje – parnom valjku. Homogenizacija i sušenje riže zahtijeva puno popratnih informacija kako bi se kasnije one mogle obrađivati u slučaju da nešto nije u redu s proizvodom te isto tako kao dokaz o zadovoljenim kriterijima obrade koje traže certifikacijske kuće i inspekcija – u konačnici, krajnji kupac.

Pri završetku sušenja, poluproizvod bio rižine kašice se transportira u spremnike: kontejnere i/ili silose. Skladištenje tog poluproizvoda i dalje mora biti sljedivo, tj. mora se znati koje su obrađene sirovine s internim serijskim brojem otišle u koji broj silosa i koji broj kontejnera. Ovo također zahtijeva bilježenje informacija kao i njihovo vođenje. Ovisno o planu proizvodnje, ponekad se skladišteni poluproizvod u silosima i kontejnerima prazni gotovo odmah, a nekad kroz nekoliko dana. Poluproizvod bio rižine kašice sada je spreman za pražnjenje i miješanje s dodatnim sirovinama koje su pripremljene na drugom dijelu proizvodnje.

Dodatne sirovine koje se spajaju s rižom ispod silosa su razni minerali, vitamini i po potrebi arome. Kod ovog spajanja sada treba pratiti i sve ostale sirovine koje su došle iz dijela proizvodnje specijaliziranog za vaganje i homogenizaciju sitnih sirovina. Pri završetku miješanja svih sirovina, nastaje proizvod „bio rižina kašica“. Sada je taj proizvod spreman za pražnjenje iz spremnika na liniju pakiranja.

Linija pakiranja kreće od strojeva za pakiranje kašice u vrećice, nakon čega se dalje transportira na pakiranje u jedinične kutije. Te jedinične kutije se potom šalju dalje na stroj koji ih pakira u transportnu kutiju koja se u konačnici slaže na paletu. Proces proizvodnje je sada gotov te se iz proizvodnje izdaje nalog skladištu za transport. Gotov proizvod sada ima svoj jedinstveni serijski broj koji je povezan sa svim serijama sirovina koje u ugrađene u njega. Ovi podaci moraju se čuvati kako bi postojao dokaz te kako bi se u slučaju reklamacije moglo otkriti koje serije sirovina od kojeg dobavljača su ugrađene u proizvod.

Nakon što zadovolji sve uvjete proizvodnje, sada tvrtka mora osigurati njeno skladištenje i transport prema kupcu tj. distributeru. Uz sve navedeno, tvrtka zbog svog kvalitetnog rada ima i visoku potražnju koja raste na stranim tržištima. Potražnja kupca koja se ne zadovolji ostavlja prostor konkurenciji da preuzme tržište i kupce. Kako bi zadovoljila tu potražnju i uklonila rizik od konkurencije, mora konstantno raditi na poboljšanju svojih poslovnih procesa. Ta poboljšanja uključuju: efikasnost proizvodnje, kontrole kvalitete, logistike te ostalih odjela.

Izazovi tvrtke Bio Hrana mogu se sumirati na sljedeća područja:

- Visoki zahtjevi u području upravljanja sirovinama
- Kompleksno osiguranje kvalitete i sljedivosti sirovina kroz proces proizvodnje
- Efikasnost proizvodnje i ostalih odjela koji ju služe

Međutim, nešto nedostaje kako bi tvrtka bila efikasna. Postoji ta praznina između poslovanja i izvršnih aktivnosti koja se popunjava raznim metodama koje nisu efikasne. Korištenjem paralelnih sustava razmjene informacija poput elektroničke pošte, Office aplikacija i običnog papira, ne može se ubrzati i osigurati kvalitetan i efikasan rad.

4. Standardi i tehnologije korišteni u procesnoj industriji

Siemens, Rockwell, Schneider, Omron, Beckhoff… Samo su neke od kompanija koja nude svoja rješenja u procesnoj industriji. Svi oni imaju zajednički cilj, omogućiti putem svojih PLC (Programmable Logic Controller) uređaja i aplikacija automatizirano upravljanje strojevima. Oni također nude svoje standarde u području komunikacije sa strojevima, računalima i ostalim uređajima za upravljanje. PLC je industrijsko računalo koje ima posebne ulaze i izlaze na koje se spajaju razni senzori, sklopke i drugi uređaji.

Tvrtka Bio Hrana ne odskače u odnosu na druge industrije jer koristi poznate tehnologije Siemensa i Beckhoff-a. Koristi Siemensov WinCCSCADA (Supervisory Controland Data Acquisition), sustav kojim se upravlja procesima proizvodnje u silosu, a koristi i Beckhoffov Twincat HMI (Human-Machine Interface) za upravljanje strojevima za sušenje materijala.

Što je HMI? Ništa drugo nego standardni naziv u procesnoj industriji za korisničko sučelje koje se nalazi neposredno uz stroj ili više njih, kakvi god oni bili. Na tom sučelju daje se prikaz stanja stroja te se preko njega on pokreće, gasi i podešava. HMI je zapravo lokalni nadzor i upravljanje. Centralni nadzor i upravljanje omogućava SCADA sustav koji je najčešće smješten u kontrolnoj sobi i često je povezan s cijelim postrojenjem ili s nekoliko strojeva koji odrađuju jedan procesni posao. HMI i SCADA su povezani s PLC uređajimana strojevima. Ta povezanost ostvaruje se uz pomoć industrijskog Ethernet-a, Siemens-ovog PROFINET i Beckhoff-ovog EtherCAT protokola. I tu nastaje problem, ti protokoli ne mogu slati podatke na standardnu lokalnu računalnu mrežu jer svaki ima svoj format. Stoga je došlo do standardiziranja slanja podataka sa strojeva uz pomoć OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) standarda. U programskom kodu PLC-a varijable se označavaju tzv. tagovima te ih OPC UA server objavljuje na lokalnu računalnu mrežu. Na OPC UA server spajaju se klijenti koji te podatke dalje prosljeđuju sustavima za obradu podataka. Je li dovoljno skupljati te podatke samo za lokalnu analizu ili ih se želi obraditi na smislen način kroz cijelo poslovanje te dobiti širu sliku?

Odgovor na to pitanje daju izvršni sustavi proizvodnje (eng.Manufacturing Execution Systems), skraćeno MES.

5. Povezivanje strojeva i industrijskih procesa na izvršni sustav proizvodnje

Korak prema povezivanju poslovanja sa strojevima i industrijskim procesima omogućavaju izvršni sustavi. Oni pune prazninu između izvršavanja zadataka na najnižem nivou i poslovanja na najvišem nivou. Jedan od njih je i SAP (Systems Applicationsand Products) MII (Manufacturing Integrationand Intelligence) čija je implementacija tema ovog rada. Kada je riječ o implementaciji izvršnog sustava s poslovanjem, tj. ERP (Enterprise Resource Planning) sustavom, onda je cilj pronaći rješenje istoga proizvođača. Za razliku od Hydra i Paper-Less sustava, MII je rješenje tvrtke SAP, kao i njen ERP sustav koji je idealan za integraciju u poslovni sustav tvrtki koje već posluju u SAP ERP sustavu.

Kako je navedeno, tvrtka Bio Hrana dio je mega korporacije Bio koja kompletno poslovanje vodi u SAP ERP sustavu. Glavni razlog korištenja SAP sustava je njegova sveobuhvatnost u svim područjima, od sustava poslovne inteligencije, sustava odnosa s kupcima, ljudskih resursa i materijalnog poslovanja pa sve do proizvodnje. Postoje i izvršni sustavi čiji dobavljači također pružaju ERP sustav, poput Oracle-a, no prebacivanje na drugi sustav poslovanja zbog izvršnog sustava nema smisla.



Slika 5.1 Izvršni sustav u odnosu na ERP i proizvodne procese[2]

Na izvršni sustav spajaju se procesi koje odrađuju strojevi i/ili ljudi. Kod MII sustava ljudi se spajaju putem EWI (Electronic Work Instruction) sučelja, a strojevi putem SAP PCo (Plant Connectivity) aplikacije. SAP PCo nudi mogućnost spajanja na razne protokole, od OPC UA pa sve do klasičnog socket spajanja putem TCP/IP protokola. Što znači da se može spojiti na svaki uređaj koji nešto šalje na TCP/IP mrežu, poput vaga. MII se sastoji od 2 dijela: NWDI (NetWeaver Development Infrastructure) i XMII komponente.

NWDI je platforma bazirana na java okruženju na koju se osim XMII komponente instaliraju druga SAP rješenja, poput CRM (Customerrelationship management), BW (Business Warehouse) i ERP sustava.

[2] Izvor: https://www.computer-automation.de/unternehmensebene/produktionssoftware/artikel/98744/ , Ulf Kotting, 1.3.2019.

6. Analitika u industriji u svrhu povećanja efikasnosti i kapaciteta proizvodnje: najbolje prakse i iskustva iz industrije

Osnovno mjerenje efikasnosti proizvodnje svodi se na izračun proizvedene količine u odnosu na vrijeme. Međutim, to nije dovoljno jer što znači biti efikasan? Znači li biti brz isto što i biti efikasan? Ako se poveća brzina pakiranja nekoga stroja sa 100 na 150 kutija po minuti, a pritom se svaka deseta kutija zbog brzine ošteti, tada se narušava efikasnost jer je cijena potrganih kutija i ponovnog pakiranja proizvoda skuplja nego sporije pakiranje. Tu dolazi zlatni standard mjerenja efikasnosti u industriji – OEE (Overall Equipment Effectiveness). OEE standard pokazao se kao najbolja praksa za utvrđivanje gubitka, napretka i poboljšanja efikasnosti proizvodne opreme i operacija. OEE se izražava u postotcima te bi se njegova vrijednost od 100% jedino postigla kada bi se proizvodili samo dobri proizvodi, najbrže moguće i bez zastoja. Stoga je maksimalna vrijednost od 100% efikasnosti kroz duže vrijeme nedostižna, no njoj se uvijek teži. OEE se računa uz pomoć tri faktora na sljedeći način:

OEE = A x P x Q

Gdje je A (Availability) raspoloživost, P (Performance) performansa i Q (Quality) kvaliteta.

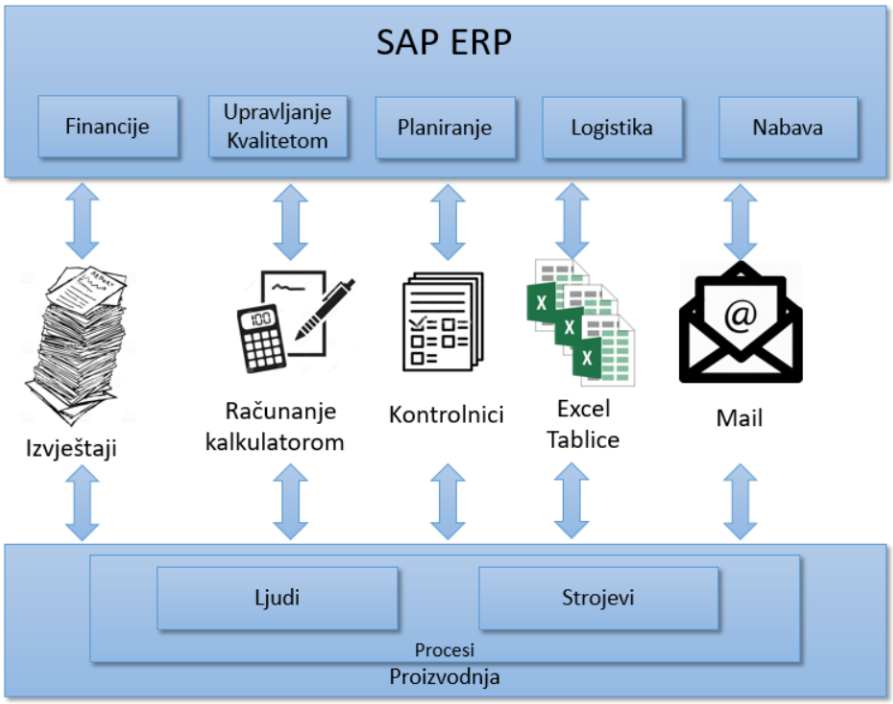
Raspoloživost je odnos vremena koje je stroj proveo u radu i planiranog vremena rada. Ostvareno vrijeme je manje od planiranog za zbroj svih zastoja, prebacivanja na drugi proizvod itd. Performansa je odnos svih proizvedenih komada, idealnog vremena i ostvarenog vremena rada. Kvaliteta je odnos broja dobrih komada i ukupnog broja komada. Vrijednosti OEE-a nisu vrlo visoke. Za primjer se mogu uzeti takozvane svjetske klase koje imaju cilj dosegnuti i do 85% OEE-a. Prosječna OEE vrijednost proizvodnih kompanija je oko 60%. I ovdje tvrtka Bio Hrana ne odstupa od standarda za mjerenje efikasnosti. No nije stvar u tome koristi li se OEE mjerenje, nego kako. Želi li se i dalje ručno zbrajati na liniji pakiranja koliko stroj brzo pakira proizvod? Ili se treba ostvariti preduvjet za budućnost kako bi se navedeno automatski u realnom vremenu i postiglo?

7. Implementacija izvršnog sustava u praksi

7.1. Analiza stanja prije implementacije

U pregledu poslovanja tvrtke Bio Hrana mogu se uočiti općeniti izazovi i problemi s kojima se nosi. Ovaj dio odnosi se na analizu problema unutar procesa proizvodnje i upravljanja sirovinama, koji su na kraju rezultirali odlukom o implementaciji SAP MII sustava. Prije svega govori se o efikasnosti poslovanja i osiguravanju kvalitete proizvoda.

Bio Hrana je međunarodna tvrtka u sklopu veće mega korporacije „Bio“ sa sjedištem u Francuskoj. Iz tog razloga njen poslovni sustav SAP ERP nalazi se u sjedištu te je centraliziran što znači da se poslovanje odvija na jednom mjestu. To olakšava poslovanje zbog povezanosti financija, sirovina i ostalih materijala koje tvrtka Bio Hrana razmjenjuje sa svojom matičnom tvrtkom. Također, smanjuju se troškovi jer pri implementaciji jednog rješenja u jednoj od proizvodnih kompanija mogu se koristiti i u ostalim kompanijama. Primjer je implementacija aplikacije na ručnim terminalima (skenerima) kompatibilne sa SAP sustavom koja se koristi za potrebe upravljanja skladištem. SAP ERP se koristi u svim područjima poslovanja.



Slika 7.1 Način prijenosa informacija između proizvodnje i poslovanja[3]

Slika 7.1 daje grubi uvid u način prijenosa i obrade informacija između poslovanja i operative u proizvodnji. Nakon analize procesa po operacijama u proizvodnji dolazi se do sljedećeg zaključka:

Priprema sirovina za proizvodnju:

- Visok rizik pogreške kod manipuliranja sirovinama jer se serije sirovine prepisuju i čitaju ručno kod svake pripreme
- Djelatnici proizvodnje troše puno vremena na ručno prepisivanje i čitanje serija sirovina umjesto da je fokus na samu pripremu i proizvodni proces
- Ručno računanje prema recepturi na papiru koliko se čega mora vagati i pripremiti za proces homogenizacije, što uzima puno vremena i predstavlja rizik kod izračunate količine materijala
- Djelatnici troše puno vremena na upisivanje podataka u papirnate kontrolnike i Excel tablice gdje postoji visok rizik pogreške i vjerodostojnosti podataka
- Podaci o vaganju, vremenima i utrošenim materijalima se arhiviraju na različite medije poput papira i Excel tablica te ih je kasnije gotovo nemoguće analizirati
- Sljedivost internih serija sirovina teško čitljiva i upitna je njena vjerodostojnost

[3] Vlastiti rad autora

Homogenizacija sirovina:

- Ručno čitanje i zapisivanje podataka u papirnati kontrolnik od strane operatera stroja što dovodi u pitanje vjerodostojnost podataka
- Točno vrijeme početka i kraja homogenizacije sirovina je upitno i jer je na papiru ne postoji mogućnost napredne analitike što je izrazito važno jer se radi o osjetljivom procesu gdje se sirovine moraju kvalitetno miješati sa vodom
- Sljedivost internih serija sirovina teško čitljiva i upitna je njena vjerodostojnost

Sušenje sirovina:

- Sušenjem homogeniziranih sirovina nastaje poluproizvod, proces je izrazito bitan za dobivanje kvalitetnog gotovog proizvoda. Ovdje se upisuju mnogi podaci o tom procesu, poput parametara samog stroja te početka i kraja procesa sušenja na papirnatom kontrolniku.
- Upitna točnost podataka poput početka i kraja procesa sušenja te parametara
- Sušenje traje do 1 sat, operater zapisuje podatke na papir o parametrima samo jednom unutar tih sat vremena što ne daje dovoljno informacija o tome kako se stroj ponašao. Primjer: U periodu od jednog sata moglo se dogoditi puno varijacija temperature površine parnog valjka, je li temperatura bila stabilna ili se dogodilo povećanje u roku od nekoliko minuta koje je spalilo dio materijala, nemoguće je znati. Kada kontrola kvalitete provjeri da je materijal pregorio, tada je kasno i šteta je napravljena.
- Sljedivost internih serija sirovina teško čitljiva i upitna je njena vjerodostojnost

Obrada poluproizvoda:

- Kao i kod ostalih dijelova proizvodnje, upitna je vjerodostojnost podataka na papirnatim kontrolnicima
- Postoje 2 paralelna sustava za radne naloge i recepture: SAP ERP i sustav za upravljanje silosima. Ovo povećava rizik kod prepisivanja receptura i naloga iz ERP sustava u sustav za upravljanje silosima.
- Operater na silosu troši puno vremena na prepisivanje radnih naloga i receptura u sustav za upravljanje silosima
- Sljedivost internih serija sirovina teško čitljiva i upitna je njena vjerodostojnost

Administrativni poslovi u proizvodnji:

- Ručno vođenje stanja proizvodnog skladišta
- Prepisivanje i kontrola podataka u uredu proizvodnje sa papirnatih kontrolnika zahtijeva puno vremena i djelatnici se ne mogu fokusirati na svoj rad
- Planiranje proizvodnje dodatno mora provjeriti i ručno knjižiti utroške materijala, vremena i proizvedene količine
- U ERP sustavu ne postoje svi podaci o procesu proizvodnje te se kasnije ne mogu raditi analize za poboljšanje proizvodnih procesa
- Distribucija informacija od planiranja i kontrole kvalitete prema djelatnicima u proizvodnji je spora i troši se puno vremena na računanje i prijenos informacija putem papira i Excel tablica

Upravljanje kvalitetom sirovina:

- Postoji rizik od korištenja blokirane sirovine
- Postoji rizik kod računanja utroška serija sirovina po postotcima
- Postoji rizik kod korištenja krive serije sirovine

Povrat i inventura sirovina:

- Visok rizik pogreške kod manipuliranja sirovinama jer se serije sirovine prepisuju i čitaju ručno kod svakog povrata
- Ne postoji stanje proizvodnog skladišta u realnom vremenu tako da djelatnici ne mogu provjeriti koliko je materijala ostalo i koje moraju vratiti skladištu
- Ručna inventura na papiru te kasnija provjera stanja u ERP sustavu i Excel tablicama oduzima puno vremena i uključuje mogućnost pogreške kod inventure

Nakon analize procesa, radi se mjerenje vremena i grešaka po radnim mjestima, što nije lako jer se postavlja pitanje kako uopće izračunati broj pogrešaka i utrošak vremena ako treba uzeti u obzir niz godina koje obuhvaćaju na desetke tisuća papira i tisuće ostalih podataka iz raznih Excel tablica. Stoga se odlučuje na dvije metode:

1. Intervju sa zaposlenicima
2. Praćenje rada na radnom mjestu

Intervju obuhvaća razgovor s djelatnicima iz područja planiranja proizvodnje, voditelja proizvodnih procesa, operatera u proizvodnji, kontrole kvalitete i skladišta.

Svatko od djelatnika lakše raspolaže sa znanjem i podacima u svom području, tako djelatnici iz kontrole kvalitete znaju s kakvim se pogreškama najčešće suočavaju i gdje u području kvalitete. Planiranje proizvodnje zna gdje su zagušenja u proizvodnim procesima kada je u pitanju izrada plana i ostvarivanje tih planova. Ako naprave planirane naloge i određeni dio u određenom dijelu proizvodnje često kasni sa izradom, onda se u grubo zna u kojem području proizvodnje je problem. Voditelji proizvodnih procesa znaju na kojim točno radnim mjestima i za kojim strojevima imaju učestale pogreške i zagušenje u vremenu. Dok sami operateri točno znaju što im na njihovom radnom mjestu najviše uzima vremena i odvraća pozornost. Voditelji i djelatnici skladišta znaju s kojih proizvodnih linija im se najčešće vraćaju kriva stanja sirovina.

Praćenje rada na radnom mjestu zahtijeva doslovno gledanje što djelatnik radi i kako. Iako je ovo možda kontroverzno jer ispada kao da se djelatnik špijunira, djelatnicima nikako ne smeta jer očekuju korist jer nitko ne želi trošiti puno vremena na „nebitne stvari“ poput papirologije i evidencije. Osim toga, djelatnici su svjesni da mogu pogriješiti, a to nitko ne želi jer zahtijeva dodatno vrijeme i trošak. Osim što se gleda što djelatnik radi, s njima se istovremeno razgovara i bilježe se njihova iskustva s vremenima i problemima. Također, prati se i bilježi koliko djelatnici gube vremena na prepisivanje, pisanje, čitanje i računanje podataka. Došlo se do zaključka da se u prosjeku gubi i do 15% vremena po radnom mjestu, a na specifičnom radnom mjestu pripreme sirovina za homogenizaciju i do 30% vremena. Kontrola kvalitete, planiranje proizvodnje i skladište je također potvrdilo da dosta pogrešaka dolazi iz područja pripreme i vaganja materijala.

Stoga je odlučeno je da će se 1. faza implementacija raditi na području proizvodnje cerealne baze. Sada se mora odabrati adekvatno rješenje kako bi se ispunili ciljevi.

7.1.1. Odluka o odabiru rješenja

Tvrtka Bio Hrana počinje raspravu s mogućim lokalnim partnerima koji se bave implementacijom naprednih rješenja za vaganje i upravljanje materijalima. Osim lokalnih partnera, kontaktira se i matična tvrtka u Francuskoj jer se centralni SAP ERP sustav nalazi kod njih te postoji mogućnost da već imaju određena rješenja za te probleme. Iako matična tvrtka ima polovično riješen problem, oni su već u procesu traženja novog potencijalnog

partnera za sveobuhvatno rješenje koje će pokrivati sva područja proizvodnje, a ne samo vaganje. Tvrtka iz francuske „ZIG“ koja je specijalizirana za SAP, proizvodnju i logistiku daje prijedlog implementacije izvršnog sustava SAP MII.

Održava se sastanak tvrtke Bio Hrana, njene matične tvrtke „Bio“ i potencijalnog partnera „ZIG“ na lokaciji u Hrvatskoj gdje se nalazi proizvodnja. Obilaskom kroz proizvodnju te poslovne procese tvrtke Bio Hrana, tvrtka „ZIG“ daje primjere iz prakse i postojećih partnera kod kojih je riješila problematiku. Za razliku od rješenja lokalnih partnera, SAP MII nudi daleko više mogućnosti za tvrtku Bio Hrana, ali i za ostale proizvodne pogone matične tvrtke. Prije svega treba naglasiti da tvrtka posluje u SAP ERP sustavu. To znači da se svi materijali, recepture, radni nalozi i ostali resursi nalaze na jednom mjestu. Ako bi se išlo s implementacijom drugog sustava, tada bi se većina tih resursa morala voditi zasebno u drugoj bazi podataka.

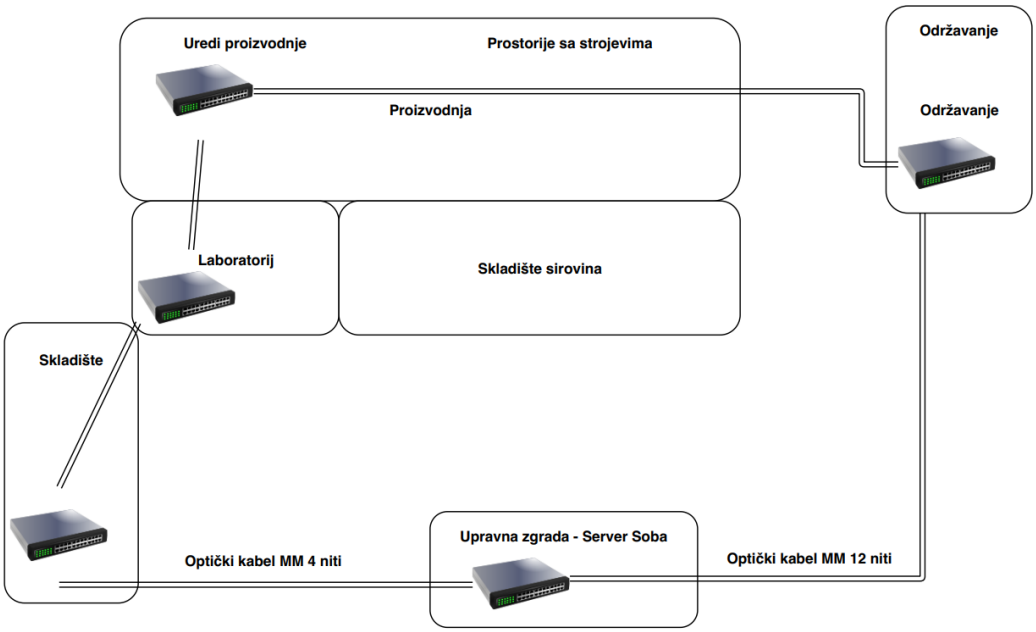
Tu je i problem povezivanja i prilagodbe sučelja ERP sustava s drugima za razmjenu informacija o materijalima, nalozima , recepturama i stanju skladišta. Jedan vrlo bitan faktor je taj što nema sustava koji toliko pokriva kao SAP MII koji je proširiv, nadogradiv i kompatibilan sa gotovo svim industrijskim protokolima, te u konačnici: kompatibilan sa ERP sustavom. U sklopu pokretanja projekta na nivou grupe koja uključuje sve proizvodnje, drastično se smanjuju troškovi i vrijeme. U konačnici SAP MII je za poslovanje kao produljena ruka poslovnog ERP sustava koja dopire do najnižeg operativnog nivoa poslovanja. Iz svih tih razloga odlučuje se za SAP MII rješenje.

7.2. Analiza IT infrastrukture prije implementacije

Tijekom analize procesa i odlukom o implementaciji MII sustava utvrđeno je da se mora provjeriti stanje lokalne IT infrastrukture, koja je glavni preduvjet za integraciju opreme.

Na lokaciji proizvodnje, koja uključuje sve okolne zgrade, koristi se prstenasta topologija. Preklopnici HP 2620 serije povezani su Multi Mode optičkim kablovima u prsten. U upravnoj zgradi, gdje se nalazi server soba, sve je započelo s ugradnjom komunikacijskog ormara sa jednim Alcatel LS-6248 preklopnikom. Kako bi se tijekom početka poslovanja moglo povezati računala u upravnoj zgradi sa SAP ERP sustavom u matičnoj firmi putem Frame Relay veze. Dolaskom sve veće potrebe za korištenjem mail i ERP sustava, tako su se dodavali komunikacijski ormari upravne zgrade, skladišta,

laboratorija i na kraju same proizvodnje. Svi preklopnici bili su spojeni u seriju i do njih je dolazio Multi Mode optički kabel od 4 niti. Zgrada održavanja imala je jedno računalo koje nije bilo direktno spojeno na lokalnu mrežu, već se povezalo na preklopnike preko SHDSL (Single-PairHigh-Speed Digital Subscriber Line) modema koji je bio spojen na stare telefonske parice. Brzina te veze bila je oko 4Mbit/s te se nije mogla povezati s više računala na lokalnu mrežu. Zbog toga je uslijedila instalacija optike iz smjera server sobe prema zgradi održavanja te je od komunikacijskog ormara nastavljala put prema zgradi proizvodnje. Proveden je optički kabel MM s 12 niti kako bi se ostavilo prostora za daljnje širenje.



Slika 7.2 Prstenasta topologija preklopnika na lokaciji tvrtke Bio Hrana[4]

Budući da je Alcatel u to vrijeme gubio podršku u Hrvatskoj, odlučilo se za HP preklopnike serije 2620 zbog pristupačne cijene, jednostavne konfiguracije i potrebnih funkcionalnosti koje uključuju VLAN i statičko usmjeravanje. Zbog visokih troškova provlačenja dodatne optike i kupovanja novih core preklopnika, nije se mogla implementirati zvjezdasta topologija. Dio proizvodnje, gdje se nalaze radna mjesta i strojevi, nemaju svoj komunikacijski ormar s preklopnikom. Stara Frame Relay veza prema matičnoj tvrtki Bio zamijenjena je MPLS (Multiprotocol Label Switching) vezom brzine od 4Mbit/s, koja nema kapaciteta za bilo kakvo dodatno proširenje komunikacije između Bio i Bio Hrana tvrtki. U server sobi smješten je Firewall Watchguard XTM 505 serije. Na njemu je izlaz na Internet

[4] Vlastiti rad autora

putem javne IP adrese brzine od 20Mbit/s te ima mogućnost povezivanja sa matičnom tvrtkom preko IPsec protokola. Problem je što dolazi do promjene Firewall-a u matičnoj tvrtki, prelaze na Palo Alto modele te je upitna povezivost IPsec protokolom u slučaju ispada MPLS veze. Tu dolazi i problem kod proširenja, počnu li se povezivati strojevi i industrijska računala na mrežu, nema komunikacijskog ormara s preklopnikom i provedenim kablovima do potrebnih mjesta.

U server sobi osim navedene opreme nalaze se i sljedeći serveri:

- HP DL 380 G8 – Hyper-V
- HP DL 380 G8 – Hyper-V Replica
- HP DL 380 G7 – Domenski kontroler
- HP DL 380 G7 – Microsoft TMG
- HP DL 380 G7 – Podatkovni server

Na Hyper-V serveru nalaze se virtualne mašine poput podatkovnog servera, domenskog kontrolera, baze podataka za proizvodnju, arhivskog SAP ERP sustava. Njegov kapacitet je ispunjen, od radne memorije koje ima 128GB, dostupno je samo 5GB. Također, nema dovoljno diskovnog prostora. Hyper-V Replica server koristi se za replikaciju virtualnih mašina s Hyper-V servera. Domenski kontroler je dio pod domene „bio-hrana.bio.local“. Microsoft TMG (Threat Management Gateway) je zastario i nema podrške. Koristi se jedino zbog filtriranja web stranica jer to nije moguće na starom Watchguard firewall uređaju. Podatkovni server koristi se za razmjenu Office dokumenata. Proizvodnja pohranjuje Excel tablice i skenirane papire koji sadrže informacije o procesima proizvodnje što zauzima puno prostora.

7.3. Glavni razlozi unapređenja procesne industrije

Bio Hrana prima sve više narudžbi stranih tržišta, stoga mora povećati svoje kapacitete i optimizirati procese. Također, širenjem na zahtjevna tržišta poput Kine mora dokazati svoj kvalitetan rad. Tijekom analize uočili su se nedostaci koji se sve većim širenjem novih proizvodnih linija povećavaju. Nadzor postaje nemoguć. Potrebno je zaposliti nove zaposlenike, a ne zna se koliko ih točno treba na novim proizvodnim linijama jer ne postoji detaljna analiza utrošenih vremena po pojedinim aktivnostima. Potrebno je

ostvariti i preduvjete za napredno mjerenje OEE efikasnosti na linijama pakiranja proizvoda. Navedene nedostatke i rizike u analizi stanja treba minimizirati.

Sve su to razlozi koji opravdavaju implementaciju MII sustava koji će donijeti tvrtkama Bio i Bio Hrana visoku korist.

IT infrastruktura je neadekvatna za implementaciju MII sustava, stoga se ona mora proširiti i poboljšati kako bi omogućila poboljšanje proizvodnih procesa.

7.4. Očekivana korisnost za proizvodni proces

Bio Hrana očekuje sljedeću korisnost od MII sustava:

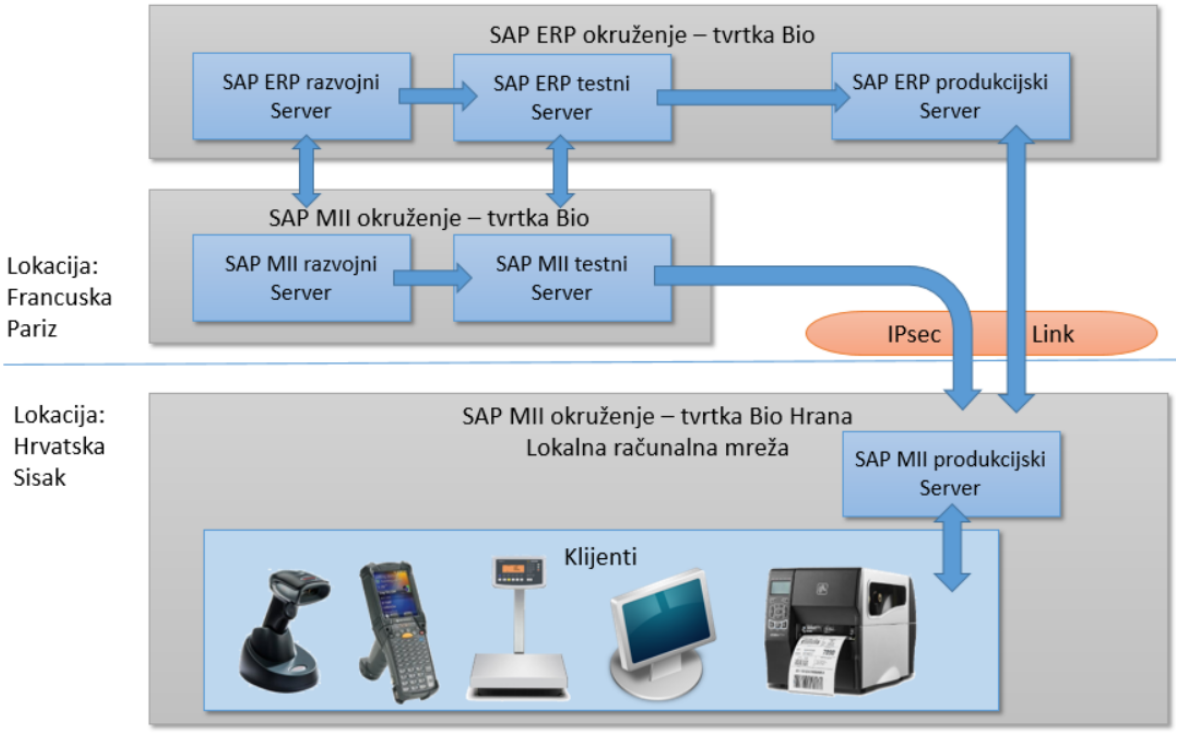
- Ušteda vremena na svim radnim mjestima
- Jedan djelatnik može raditi na više radnih mjesta, manji troškovi novih djelatnika
- Nadzor u realnom vremenu koji omogućava smanjenje pogrešaka
- Fokus djelatnika na proizvodni proces, a ne papire i ručno računanje
- Bolja distribucija informacija od i prema operativi u proizvodnji
- Mogućnost detaljne analize utroška materijala i vremena
- Dokaz o kvalitetnoj proizvodnji i osiguranju sirovina
- Fleksibilnost u nadogradnji za buduće linije proizvodnje
- Povrat investicija u roku od 3 godine

Očekuje se da će neke korisnosti odmah biti vidljive, poput uklanjanja pisanja i čitanja po papiru te računanja količina sirovina na kalkulatoru, dok će neke biti vidljive tek kada dođe inspekcija ili prođe nekoliko mjeseci kako bi se mogla napraviti analiza o utroščima sirovina i vremena. Kad se sve korisnosti stave na hrpu, nakon tri godine znat će se jesu li investicije vraćene ili su barem na dobrom putu.

7.5. Dizajn rješenja

S tvrtkom ZIG radi se na dizajnu procesnog i tehnološkog rješenja. Potrebno je instalirati dva servera na lokaciji Bio kao razvojni i testni te produkcijski na samoj lokaciji tvrtke Bio Hrana. Za to treba osigurati stabilnu vezu, koja će kao noseća biti IPsec koju treba osigurati s instalacijom novog Firewall-a. Za backup koristit će se sporiji MPLS. Potrebno je osigurati i proširiti lokalnu računalnu mrežu i WiFi u proizvodnji koji će omogućiti

komunikaciju klijenata s MII serverom. Moraju se nabaviti novi serveri, industrijski terminali, industrijski printeri, ručni skeneri i ručni terminali koji će se instalirati na lokaciji tvrtke Bio Hrana.



Slika 7.3 Shema implementacije infrastrukture[5]

Nakon tehnološkog dizajna, dogovara se oko koncepta EWI sučelja koje će se prikazivati na terminalima te koncepta novih receptura koje se koriste za radne naloge u MII sustavu. Tehničke i troškovne specifikacije predstavljaju se višem menadžmentu i projekt se odobrava.

7.6. Plan implementacije

Nakon što je projekt odobren, izrađuje se plan s tvrtkama ZIG i Bio. Zbog ograničenja vremena i ljudskih resursa, dogovara se implementacija MII sustava u 3 faze:

1. Implementacija sustava u proizvodnji cerealne baze
2. Implementacija sustava u proizvodnji i obradi poluproizvoda

[5] Vlastiti rad autora

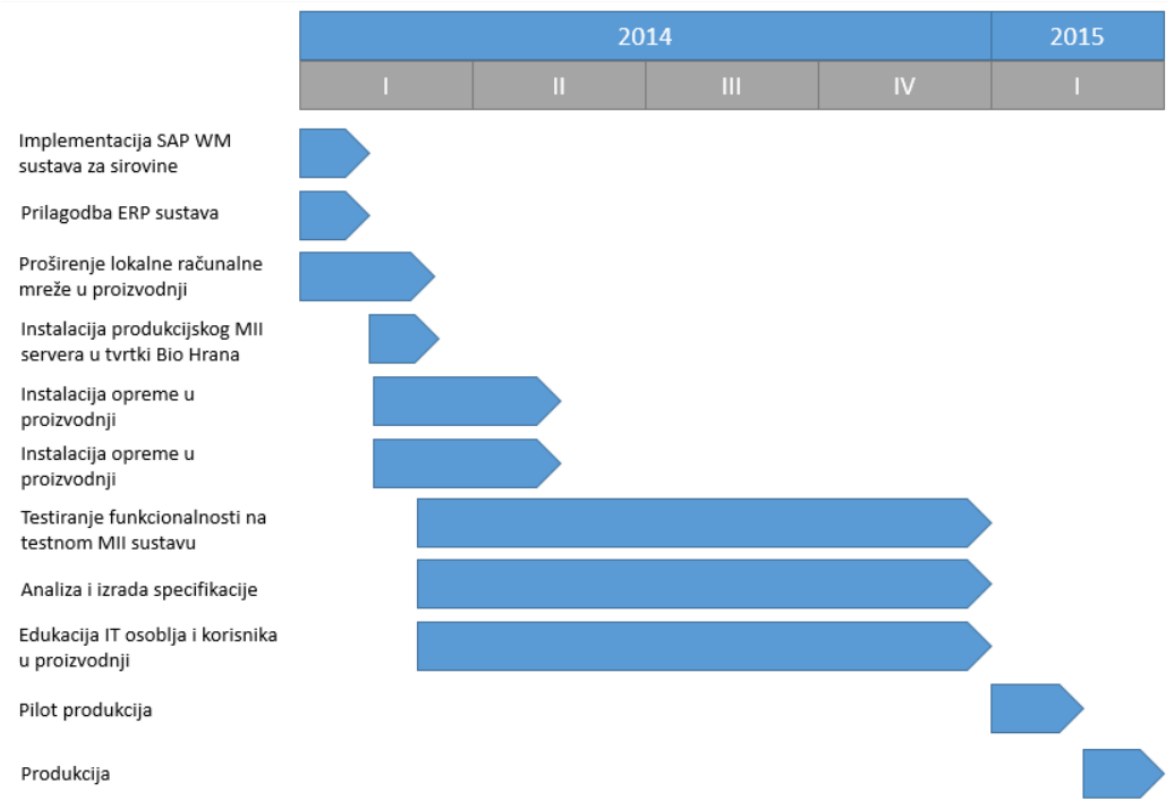
3. Implementacija sustava na liniji pakiranja proizvoda

Prva faza obuhvaća radna mjesta vezana uz proizvodnju cerealne baze. Međutim, nužno je ispuniti preduvjete poput implementacije SAP WM (Warehouse Management) sustava za sirovine kako bi se mogao osigurati rad s MII sustavom. Primjer je priprema materijala gdje se ručno ispisuje naljepnica na paletu bez barkoda, a nužna je ako se želi izbjeći ručno čitanje i prepisivanje interne serije sirovine. Tehnička strana implementacije osigurava kompletnu integraciju MII sustava. Stoga će u prvoj fazi biti ispunjeni preduvjeti i za ostale faze te postavljen temelj za daljnje proširenje. Preduvjeti koji moraju biti ispunjeni u prvoj fazi, a kasnije se koriste i za ostale faze su:

- Proširenje lokalne računalne mreže i WiFi-a u proizvodnji
- Instalacija novog Firewall-a i osiguranje veze
- Nabava servera i Instalacija VMwareESXi rješenja
- Instalacija razvojnog i testnog MII servera u tvrtki Bio
- Instalacija i konfiguracija produkcijskog MII servera
- Nabava i instalacija opreme
- Integracija opreme sa MII serverom
- Dizajn i prilagodba baze podataka za MII
- Integracija opreme sa procesima
- Priprema dashboard-a za nadzor proizvodnih procesa

U drugoj fazi implementira se sustav u proizvodnji i obradi poluproizvoda na tornju i vagoni za pripremu materijala (vitamina, aroma, minerala, mliječnih i voćnih dodataka). Ova faza odgađa se na određeni vremenski period do godine dana iz više razloga. Budući da je ovo prvi susret s MII sustavom u cijeloj grupaciji, postoji rizik zbog manjka iskustva s istim. Stoga se želi dobiti iskustvo i znanje na radu s manjom i jednostavnijom implementacijom te iskustvo prenijeti u drugu fazu kako bi se izbjegle iste pogreške prilikom implementacije u prvoj fazi. Razlog podjela u faze također su troškovi i ograničeno vrijeme. Isto vrijedi i za treću fazu koja će se provesti u određenom vremenskom razmaku nakon završetka druge faze. Treća faza omogućit će i integraciju OEE mjerenja u MII sustav jer će se on tada povezati sa strojevima pakiranja. Ovaj rad obrađuje implementaciju prve faze.

Nakon što su dogovorene faze projekta, kreće se u definiranje aktivnosti i vremenskih okvira u kojemu moraju biti napravljene za prvu fazu. Aktivnosti su sljedeće:



Slika 7.4 Plan implementacije[6]

Tvrtka ZIG radi pripreme, razvoja, testiranja i implementacije mora imati pristup lokalnoj računalnoj mreži tvrtke Bio i Bio Hrana. Prvotno je bitan pristup ERP sustavu, razvojnom i testnom MII sustavu. Kasnije će biti potrebno spajanje i na mrežu tvrtke Bio Hrana zbog produkcijskog sustava na koji će se prebacivati paketi s testnog sustava. Također je bitan pristup zbog podrške. Ova aktivnost je prva na redu za izvršenje te nije ni stavljena u plan jer se mora odraditi u nekoliko dana. Analiza procesa i izrada specifikacije traje skoro cijeli period dok se u paraleli razvija dio po dio sustava. Prilagodba ERP sustava uključuje:

- Redizajn strukture receptura iz kojih se kreira radni nalog
- Prilagodba matičnih podataka
- Podešavanje ulaznih i izlaznih parametara za komunikaciju sa MII sustavom
- Kreiranje resursa odnosno radnih mjesta koji služe kao osnova u recepturi i radnom nalogu kako bi se znalo na kojoj lokaciji se određeni materijali pripremaju i obrađuju

[6] Vlastiti rad autora

ERP sustav mora biti spreman kada započinje testiranje, tako da se ova aktivnost odvija u početku. Ista stvar je sa implementacijom SAP WM sustava za sirovine. Nakon instalacije testnog sučelja i uspješne komunikacije ERP i MII sustava u razmjeni podataka poput radnih naloga i materijala, kreće edukacija. Edukacija se dijeli na 3 grupe: Edukacija za IT, edukacija za napredne korisnike i edukacija djelatnika u proizvodnji.

Edukacija za IT osoblje i napredne korisnike vodi se u matičnoj tvrtki Bio. Nakon što se postavi oprema u pogonu i omogući pristup testnim radnim nalozima, kreće edukacija djelatnika koji će raditi za sustavom. Nakon završetka analize, testiranja i odobravanja funkcionalnosti, planira se rad na produkcijskom sustavu s pravim radnim nalozima – tzv. pilot produkcija. Ovo je izrazito bitan dio projekta jer tek tada dolaze prave povratne informacije o tome kako sustav radi i „što ako se nešto dogodi“. Nemoguće je predvidjeti sve moguće scenarije u proizvodnji prilikom testiranja i analize i zato je potrebno pod dodatnom kontrolom odraditi radni nalog koji u konačnici ima posljedice po poslovni sustav. Plan je da se nakon svakog odrađenog naloga pregledavaju rezultati koji su vidljivi u ERP sustavu, ali i dobije informacija djelatnika te se izmjeri vrijeme utrošeno na određene aktivnosti. S tim se još dodatno može poboljšati sustav kako bi bio što efikasniji i profitabilniji za tvrtku. Ukoliko je sve uspješno i optimizirano, utoliko je plan puštanja u produkciju u mjesecu ožujku iduće godine. Tokom sljedećih nekoliko mjeseci moguće su manje dodatne ispravke i poboljšanja. Nakon puštanja u produkciju prikupljaju se informacije iz samog sustava te djelatnika svih odjela kako bi se što kvalitetnije kasnije krenulo u ostale faze projekta.

7.7. Implementacija

Implementacija se vodi kroz 3 nivoa:

1. Priprema lokalne infrastrukture kao preduvjet za instalaciju MII opreme
2. Instalacija i konfiguracija MII opreme: serveri, terminali, printeri, vage
3. Prilagodba opreme (software, hardware) za procese

7.7.1. Proširenje lokalne računalne mreže i WiFi-a u proizvodnji

Kako je navedeno u analizi, prostorije proizvodnje gdje se nalaze strojevi i radna mjesta nisu pokrivena lokalnom mrežom, kao i WiFi signalom što je neophodno kako bi se

uopće moglo implementirati MII rješenje. Potrebno je ubaciti dodatni komunikacijski ormar s preklopnikom što bliže radnim mjestima koje će koristiti MII sustav. Nabavlja se novi preklopnik HP serije 2620 s 48 priključaka koji će biti dovoljan za priključivanje industrijskih terminala, printera i vaga. On se postavlja i spaja optikom između preklopnika zgrade održavanja i ureda proizvodnje.

Provlače se FTP (Foiled Twisted Pair) kablovi i instaliraju priključci do svakog radnog mjesta gdje će se koristiti MII. Jedan od problema je što se i dalje ne može dizajnirati nova zvjezdasta topologija zbog dodatnih planova proširenja proizvodnje te se mora čekati na taj plan, dok se u isto vrijeme mora omogućiti uređajima iz proizvodnje pristup na mrežu. Svi preklopnici imaju mogućnost kreiranja VLAN mreža, koje su potrebne jer se više ne može koristiti samo jedan subnet. Zbog male količine uređaja na mreži, koristio se samo jedan adresni prostor: 192.168.80.0/24. Da bi sve proizvodne lokacije tvrtke Bio imale zajednički i smisleni adresni prostor, dodjeljuju se adrese u području 172.16.0.0 - 172.30.0.0. Matična tvrtka Bio, koja ima najviše korisnika, tako ima raspon adresa od 172.16.0.0 - 172.20.0.0. Bio Hrana dobiva adresni prostor 172.25.0.0/16. Na HP preklopnicima kreiraju se VLAN mreže i dodjeljuju sljedeće adrese:

VLAN	Adresni prostor	Uređaji
10	172.25.10.0/24	VmWare virtualne mašine
20	172.25.20.0/24	MII industrijski terminali
30	172.25.30.0/24	Industrijski printeri
40	172.25.40.0/24	Industrijski WiFi
50	172.25.50.0/24	Strojevi i uređaji cerealne baze

Tablica 7.1 Implementacija VLAN mreža

Dok se paralelno radi na proširenju mreže, doznaje se da će se MII instalirati na WMwareESXi virtualizacijskom rješenju prema preporukama i najboljim praksama tvrtke ZIG, koja je ujedno i SAP partner. Budući da na starom Hyper-V sustavu nema dovoljno prostora za dodatne virtualne mašine, sve ostale u budućnosti će se također instalirati na VMware sustavu te se iz tog razloga dodjeljuje poseban VLAN za njih. Industrijski terminali, printeri i WiFi pristupne točke stavljaju se u različite VLAN-ove zbog lakše

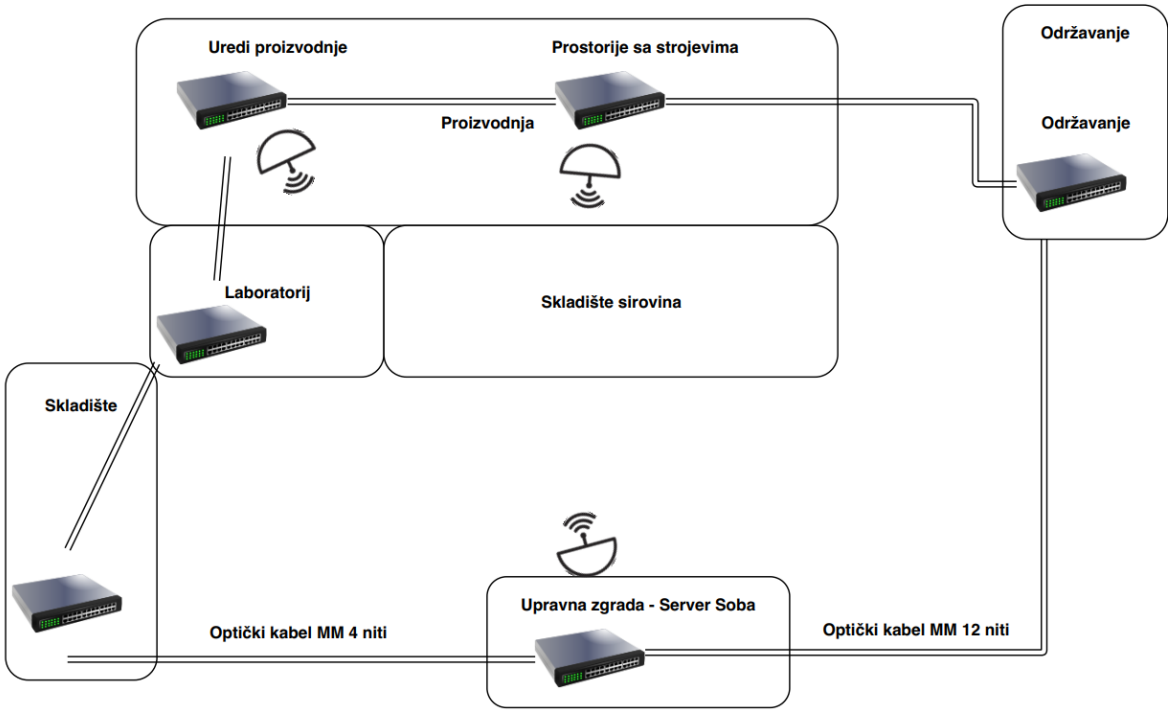
administracije i budućih proširenja. Strojevi i vage koje se nalaze na proizvodnim linijama cerealne baze stavljaju se u zaseban VLAN iz administracijskih i sigurnosnih razloga.

Da bi se osigurao prijenos podataka od server sobe do proizvodnje, potrebno je riješiti problem prstenaste topologije na što jeftiniji način, dok ne dođe vrijeme za implementaciju zvjezdaste topologije. Dva su problema kod prstenaste topologije:

1. Prijenos podataka od server sobe do proizvodnje prolazi kroz više preklopnika i nepotrebno ih opterećuje
2. Prekid komunikacije između server sobe i proizvodnje zbog kvara preklopnika, nestanka struje ili kvara na kablu ugrožava proizvodne procese

Istraživanjem recenzija na internetu i kontaktiranjem više dobavljača mrežne opreme, dolazi se do zaključka da se problem može riješiti povoljno s MikroTikRBSXTG-5HPacD-SApristupnom točkom. Usmjerena antena pokriva spektar od 90° što je dovoljno za jednu antenu na upravnoj zgradi i dvije na lokaciji proizvodnje. Potrebno je osigurati konstantni rad mreže prije svega za proizvodnju, gdje se nalaze preklopnici na lokaciji ureda proizvodnje i proizvodnih linija. Postavljaju se MikroTik pristupne točke na pozicijama najbližim za povezivanje preklopnika sa FTP kablovima. MikroTik pristupne točke postavljaju se u Bridge način rada. U tom načinu rada preklopnici su sada direktno spojeni, isto kao i s FTP kablom ili optikom. Spaja se na preklopnike te se provjeravaju RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) postavke. Priključci na kojima je spojen MikroTik su blokirani od RSTP protokola.

Kreće provjera funkcionalnosti i mjerenje koliko je potrebno da se prebaci veza na preklopniku s optike na bežični prijenos. Provjera se vrši tako da se laptop spaja direktno ethernet kablom na preklopnike u proizvodnji. Pokreće se naredba ping prema jednom od postojećih servera, nakon čega se iskapčaju oba optička kabla iz preklopnika. Gubi se samo jedan paket u ping komandi i RSTP je odradio svoje. Prebacivanje je trajalo nešto manje od 10 sekundi. Odaziv je također dobar, oko 10ms. Spaja se na podatkovni server te se kopira folder s većim podacima na laptop, brzina je gotovo 100Mbit/s jer su priključci na preklopnicima te brzine. Sada je povećana sigurnost prijenosa podataka prema proizvodnji i kreće se na implementaciju WiFi-a u proizvodnji i skladištu sirovina.



Slika 7.5 Topologija nakon proširenja mreže[7]

Prostor skladišta i dijela proizvodnje oko ureda su već pokriveni WiFi mrežom zbog WM sustava za gotov proizvod gdje se koriste stariji skeneri Motorola MC92G i pristupne točke Motorola AP5131. Sada je potrebno proširiti WiFi mrežu u skladištu sirovina i dijela proizvodnje sa strojevima. Ista vrsta opreme koristi se i u ostalim proizvodnim pogonima matične tvrtke Bio zbog korištenja mobilne aplikacije na skenerima koja je posebno izrađena za rad sa SAP WM sustavom. Zbog toga će se nabaviti oprema u tom rangu.

Prije nabave svih pristupnih točaka, kupuje se samo jedna jer se ne zna koliko će ih biti potrebno. Nabavlja se Symbol AP6521. Sada se u dogovoru s održavanjem privremeno postavlja ta pristupna točka na različita mjesta i mjeri se jačina signala. Jačina se mjeri preko NetSpot aplikacije koja na laptopu daje prikaz jačine signala u obliku boja na tlocrtu zgrade. U hladnjači, gdje se nalaze duboki metalni regali, dolazi do problema sa signalom. Zbog toga se u toj prostoriji mora postaviti minimalno 4 pristupne točke kako ne bi bilo problema sa skeniranjem paleta koje se nalaze duboko u regalima. Ostale lokacije nemaju problema sa signalom te ne treba gusto postavljati pristupne točke. Sveukupno, u skladište sirovina, uključujući i hladnjaču, postavlja se 8 Symbol AP6521 pristupnih točaka, a u proizvodnji 2.

[7] Vlastiti rad autora

Spajaju se na preklopnike, konfiguriraju te stavljaju u VLAN 40. Postojeći skeneri se također prebacuju u VLAN 40. Sada se još jednom prolazi s laptopom i rade mjerenja kako bi bilo sigurno da sve funkcionira. Nakon mjerenja nabavlja se dodatnih 5 skenera Symbol MC92G koji će se koristiti za upravljanje skladištem sirovina te ih se konfigurira i instalira aplikacija za SAP WM. Ovime je ostvaren preduvjet za implementaciju WM sustava za sirovine i korištenje ručnih terminala u MII-u za pregled stanja proizvodnog skladišta.

7.7.2. Instalacija novog Firewall-a i osiguranje veze

Zbog ograničenih mogućnosti i upitne kompatibilnosti s Palo Altofirewall-ima u matičnoj tvrtki, potrebno je zamijeniti stari Watchguardfirewall. Kako je navedeno, koristi se MPLS veza od 4Mbit/s koja je vrlo skupa za povećanje brzine. Također, mora se osigurati i backup veza prema matičnoj tvrtki. Dosadašnjim iskustvom, na temelju količine računala, servera i poznate potrošnje propusnosti između SAP MII i SAP ERP sustava, nabavlja se Palo Alto Pa-220 model. Pregledavaju se sigurnosne politike i postavke na postojećem firewall-u te se konfiguriraju na novom. Radi se o postojećim rutama i osnovnim dozvolama.

Konfiguriraju se nove funkcionalnosti poput HTTPS duboke inspekcije i web filtriranja kako bi se mogao ugasiti TMG server. U dogovoru s kolegama iz matične tvrtke, konfiguriraju se postavke IPsec protokola koji će se koristiti kao glavna veza između lokacije tvrtke Bio i Bio Hrana. Backup veza bit će sporiji MPLS. U međuvremenu se povećava brzina Internet veze sa 20/20 Mbit/s na 50/50 Mbit/s za ne tako visoku cijenu kao što bi to bilo kod MPLS-a. Konfigurira se „Path Monitoring“ funkcionalnost kako bi se u slučaju pada IPsec-a automatski prebacilo na MPLS te prilikom povrata IPsec veze vratilo na istu. Slijedi testiranje postavki Palo Altofirewall-a i puštanje u funkcionalnost. Watchguard služi kao gateway za sva računala i servere. Njegova IP adresa je 192.168.80.254 te se Palo Alto-u dodjeljuje privremena adresa 192.168.80.253 kako bi se mogao spojiti na mrežu i testirati. Nakon spajanja, testiraju se opće postavke i ispravljaju uočene greške. Kablovi s Watchguard-a se prespajaju na Palo Alto i mijenja se njegova adresa u 192.168.80.254. Uspostavlja se IPsec tunel. Testira se „path monitoring“ funkcionalnost na način da se fizički iskopča internetski kabel. Ping, na računalu s kojeg se testira, gubi 4 paketa što je prekid veze oko 16 sekundi. Naredbom „tracert“ provjerava se putanja koja sada prolazi preko MPLS-a. Spaja se kabel od interneta te se nakon 1 do 2 minute ruta vraća na IPsec tunel.

Ovim rješenjem povećala se sigurnost i brzina veze između lokacije gdje se nalazi SAP ERP, razvojni SAP MII, testni SAP MII i lokacije gdje će se nalaziti produkcijski SAP MII sustav.

7.7.3. Nabava servera i Instalacija VMwareESXi rješenja

Najbolje prakse tvrtke SAP i iskustva tvrtke ZIG nalažu instalaciju SAP MII servera na VMwareESXi virtualizaciji. Isto vrijedi i za fizičke servere i storage koji se nabavlja centralno za sve proizvodnje. Postavljaju se dva fizička servera Lenovo X3650 M5 u server sobu. Osnovna konfiguracija svakog servera sadrži 2 Intel Xeon E5-2630 procesora, 256GB RAM memorije i 4 mrežne kartice. Storage EMC VNX5200 ima ukupno 25 diskova veličine 600GB. Storage i Lenovo serveri spajaju se na HP 3500 koji ima funkciju SAN preklopnika. Koristi se iSCSI (internet Small Computer System Interface) protokol za povezivanje Lenovo servera na diskovni sustav VNX storage-a.

Nakon spajanja kablova instalira se i konfigurira VMwareESXi virtualizacijsko rješenje. Centralno upravljanje svih ESXi servera obavlja se u matičnoj tvrtki Bio putem vCenterservera te IT osoblje iz tvrtke Bio Hrana dobiva pristup i dozvole za novo kreirani datacentar „BioHrana“. Tu se kreira novi cluster u koji se dodaju i konfiguriraju ESXi serveri. U Datastore-u se svakom dodjeljuju LUN (Logical Unit Number) logički diskovi sa VNX storage-a. Na VNX storage-u su 2 kontrolera, na svakom od njih su kreirana 2 LUN diska po 8TB. Ovime je osigurana redudancija kod pohrane podataka. Backup virtualnih mašina vrši se putem veeam servera koji se nalazi u matičnoj tvrtki.

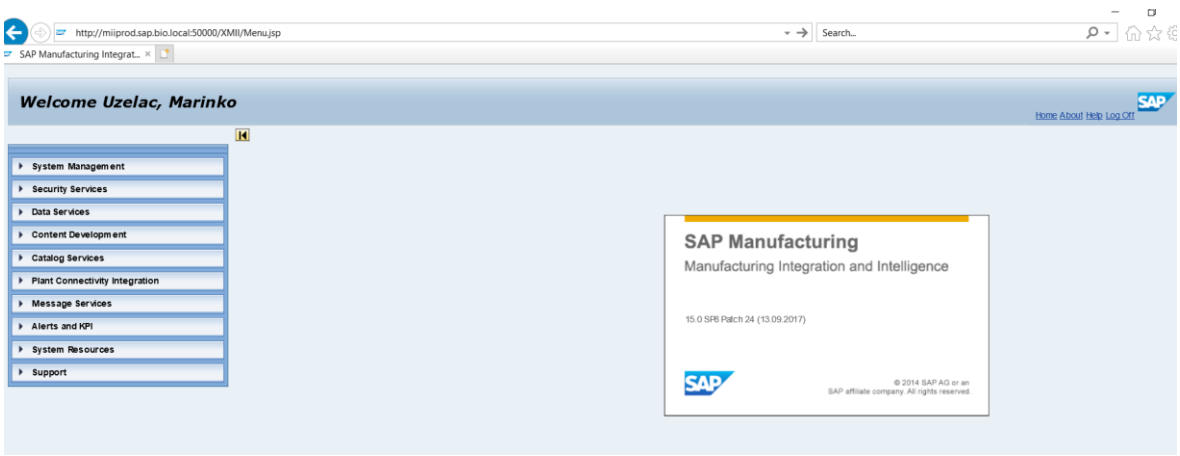
Nakon instalacije VMware-a ostvario se preduvjet za instalaciju SAP MII servera koji će imati dovoljno resursa za siguran i stabilan rad te u slučaju pada jednog od fizičkih servera, osigurana je kontinuiranost rada. Sada se također može virtualizirati i WinCC SCADA sustav za upravljanje silosom koji je na fizičkom računalu te je podložan kvarovima zbog visoke razine prašine u pogonu.

7.7.4. Instalacija i konfiguracija produkcijskog MII servera

Dobivaju se upute tvrtke ZIG koje se moraju slijediti pri instalaciji i konfiguraciji MII servera. U VMware-u se kreira nova virtualna mašina s 8 virtualnih procesora, 32GB RAM te 2 diska od 150GB i 500GB prostora. Na njoj se instalira Windows Server 2012 R2.

Budući da je prva virtualna mašina u nizu, dodaje joj se IP adresa 172.25.10.1. Tvrtka Bio ima posebnu Windows pod domenu kojoj dodjeljuje SAP servere: sap.bio.local.
Tako se server imenuje „miiprod“, nakon dodjeljivanja u domenu njegov FQDN (Fully Qualified Domain Name) je: miiprod.sap.bio.local.

Preduvjet za instalaciju MII komponente je NWDI komponenta koja se skida sa SAP-ovih stranica i instalira. U instalacijskom paketu nalazi se i Microsoft SQL baza podataka koja je temelj za pohranu iz MII sustava. Razlog zašto se sve zajedno instalira je zbog specifičnih postavki u samoj SQL bazi koju instalacijski paket konfigurira automatski. Nakon NWDI-a se instalira takozvana XMII komponenta. Cijeli proces instalacije NWDI i XMII komponente je potpomognut SAP stručnjacima tvrtke ZIG. Pri završetku instalacije može se spojiti preko web preglednika na početni ekran za konfiguraciju putem link-a: http://miiprod.sap.bio.local:50000/XMII/Menu.jsp



Slika 7.6 Početni MII izbornik za konfiguraciju[8]

Ovdje se konfiguriraju postavke poput povezivanja s ostalim serverima i bazama podataka te SAP PCo aplikacijom koja se spaja na razne sustave u proizvodnji. Tu se također dodaju tzv. job-ovi koji svakih X vremena komuniciraju s ERP sustavom te skidaju i šalju potrebne podatke poput radnih naloga, materijala i ostalih matičnih podataka. Većinu tih postavki će raditi SAP stručnjaci, dok će lokalni IT ovdje administrirati UME (User Management Engine) bazu podataka gdje se kreiraju role i korisnici.

[8] Vlastiti rad autora, uzet iz SAP MII izbornika

XMII komponenta je prazna školjka na kojoj se razvijaju aplikacije, dalje se na nju instalira postojeće rješenje SAP-ovih partnera te razvija sučelje po zahtjevu korisnika. Sučelje koje koristi radnik u proizvodnji naziva se EWI i vrti se na Internet pregledniku, kao i sučelje za administraciju.

U međuvremenu IT iz matične tvrtke instalira razvojni i testni MII sustav. Nakon instalacije i konfiguracije tvrtka ZIG ima preduvjete za razvoj, testiranje i prijenos rješenja na produkciju.

7.7.5. Nabava i instalacija opreme

Sljedeća oprema se nabavlja za radna mjesta u proizvodnji:

Oprema	Model	Količina
Industrijski terminal	NoaxS19-N11C	9 kom
Industrijski printer	Zebra TT ZT410, 300dpi	7 kom
Ručni skener	Voyager 1452G	6 kom
Ručni terminal	Zebra TC70	3 kom

Tablica 7.2 Oprema potrebna za rad sa MII sustavom

Više je izazova kod nabave i instalacije odgovarajuće opreme jer mora raditi dan i noć u nepovoljnim uvjetima. Osim prašine i vlage, treba paziti da se oprema ne ošteti u radnim zonama. Terminali će stajati u pripremi materijala gdje je visoka razina prašine. Na homogenizaciji materijala također ima prašine kada se materijal usipava u posudu, a tijekom samog rada stroja za homogenizaciju radnik mora otvoriti posudu i vizualno pogledati je li sve u redu, tada pak šprica mokri materijal. Kod parnog valjka je visoka razina vlage. Još jedan problem je čišćenje u proizvodnji, tada se prostorije i strojevi na određenim dijelovima čiste miniwash-om.

To znači da se mora tražiti terminal sa IP (Ingress Protection) zaštitom. IP iza sebe ima dva broja, prvi broj se odnosi na tvrde objekte, a drugi broj na tekućine. Tako IP65 zaštita znači da je uređaj potpuno zaštićen od prašine i od laganog špricanja vodom.
Razmatra se nekoliko opcija industrijskih terminala, u užem izboru su NoaxS19-N11C, Colormetrics P400 i Beckhoff. Beckhoff ne nudi sve u jednom rješenje, već se mora kupovati odvojeno industrijsko računalo, ekran na dodir i ostale komponente. Beckhoff nudi IPC (Industrial PC) C6905-0010 i ekran na dodir CP3719-0010 koji bi bili najisplativiji za uvjete u proizvodnji. Međutim, tu dolazi do problema jer se za njihov IPC mora odvojeno kupiti

procesor (jer integrirani Intel Atom nije dovoljan za potrebe MII-a), memorija i Windows IoT (Internet of Things), uz to ga je potrebno i povezati s ekranom na dodir s posebnim kablovima i konektorima IP65 zaštite što drastično povećava cijenu i komplicira postavljanje u proizvodnji. Druga opcija industrijskog računala je Colormetrics P400, cjenovno je povoljan, međutim ima IP64 zaštitu samo s prednje strane tako da se od njega odustaje. NoaxS19-N11C je cjenovno izjednačen s Beckhoff-ovom opcijom, međutim to je sve u jednom rješenje, nema dodatnih spajanja. Nudi IP69k zaštitu, što znači da je potpuno otporan na prašinu i na visoke pritiske vruće vode. Tome svjedoči i njegovo inox kućište zbog čega je težak 25 kg, što dokazuje robusnost. Uz sve to saznaje se i da ga koristi proizvodna tvrtka u Hrvatskoj koja ima slične uvjete u proizvodnji kao i Bio Hrana. Konfiguracija terminala je sljedeća:

- Procesor: Intel Celeron,
- Memorija: 8GB RAM
- Disk: SSD od 128GB
- Operativni sustav: pred instalirani Windows 7
- Ekran: 19" rezolucije 1280x1024

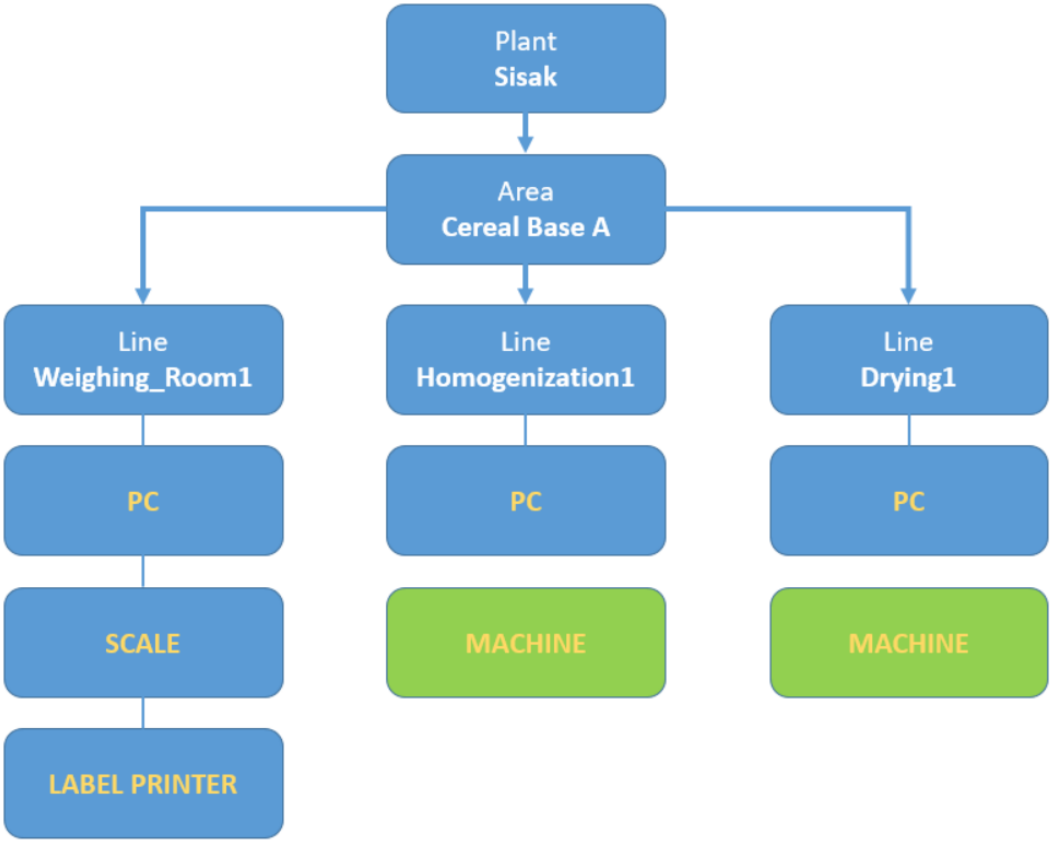
Konfiguracija je dovoljna za pokretanje EWI sučelja u Internet pregledniku, što potvrđuje i tvrtka ZIG. Svi ti razlozi su dovoljni da se nabavi Noax terminal. Devet komada terminala postavit će se na tri proizvodne linije cerealne baze koje imaju po tri radne zone. Zebra TT ZT410 se već pokazao kao vrlo kvalitetan printer jer ga Bio Hrana već koristi, tako da se uzima sedam komada. Dva su za radno mjesto skladišta sirovina, dva za proizvodno skladište te jedan na svakoj od tri radne zone pripreme materijala.

Ručni skener za skeniranje barkoda sirovina Voyager 1452G i ručni terminal Zebra TC70 za pregled stanja skladišta su preporuka od tvrtke ZIG, budući da njeni klijenti koriste iste i imaju pozitivna iskustva. Noax terminalima, printerima i WiFi ručnim terminalima postavljaju se IP adrese i dodaje u VLAN-ove prema tablici 2.1. Podešava se automatsko prijavljivanje u Windows sustav pomoću skripte, svi terminali imaju isti korisnički račun – „BioDummy“. Kako će se koristiti samo EWI sučelje, postavlja se skripta koja pri podizanju Windowsa otvara Internet Explorer u punom ekranu. Prijava korisnika se odvija u EWI sučelju. Vage su od istog dobavljača Sartorius, što bi trebalo olakšati povezivanje na SAP PCo aplikaciju, no na jednoj liniji proizvodnje dvije vage nemaju Ethernet priključak, već serijski RS232. Stoga se prema preporuci nabavlja MoxaNPort 5110konverter koji omogućuje povezivanje na mrežu. Postavke u konverteru moraju biti iste kao i u vagi, kako

bi uspješno primao podatke vage. Postavljaju se IP, Baud rate, Data Bits, Stop bits i Parity postavke. Nakon postavljenog, radi se testiranje i provjera vaga naredbom „Telnet“ u Comand Prompt programu na Windowsima. Stavljaju se predmeti različitih težina na vage i na telnet-u se vidi isto što i na vagi što znači da komunikacija funkcionira. Sada je sva oprema spremna za integraciju sa MII serverom.

7.7.6. Integracija opreme sa MII serverom

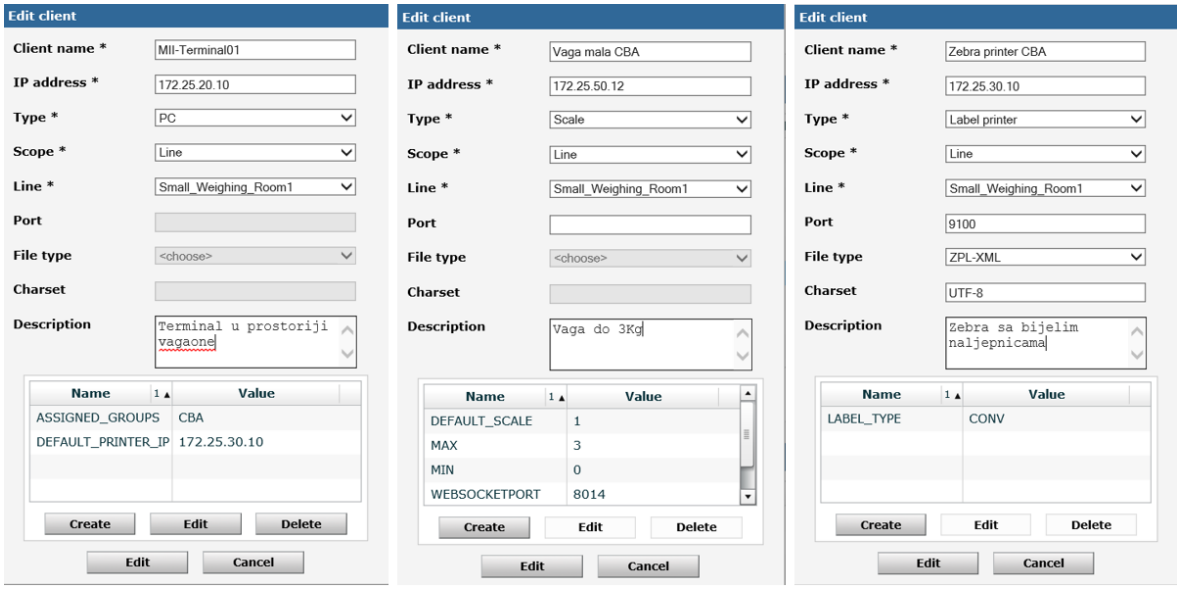
Kako osigurati da na svakom radnom mjestu ne dođe do greške prilikom krivog odabira radnog naloga? Kako će se osigurati ispravno ispisivanje naljepnica kako se ne bi nalijepile na krivu sirovinu? Kako izbjeći krivo učitavanje količine s drugih vaga na mreži? Tu dolazi podešavanje hijerarhije s linijama te nakon toga povezivanje tih linija s MII klijentima kojima se konfigurira IP adresa. Na slici je izgled hijerarhije s MII klijentima na jednoj proizvodnoj liniji:



Slika 7.7 Hijerarhija postavljenih MII klijenata po dijelovima proizvodnje[9]

[9] Vlastiti rad autora

U hijerarhiji se svi nazivi uređaja i linija postavljaju na engleskom jeziku zbog lakše podrške tvrtke ZIG. Iako se neće u prvoj fazi projekta implementirati strojevi u MII zbog njihove različitosti i visoke cijene, pripremljeni su u hijerarhiji te nakon povezivanja OPC UA servera sa SAP PCo aplikacijom, lako se dodaju kao klijenti i dodijele liniji. Kreiranje hijerarhije radi se u „Plant Information Catalog“ sučelju gdje se prvo kreira „Plant“ Sisak, u njemu se dodaju područja, u područja se dodaju linije, a unutar njih radna mjesta. Kada je to napravljeno, počinje se s kreiranjem klijenata, dodjelom IP adrese i linije. Terminal, vaga i printer se postavljaju na sljedeći način:



Slika 7.8 Kreiranje i konfiguracija klijenata[10]

Svaki korisnik koji se želi spojiti na MII mora imati kreiranog klijenta s njegovom IP adresom i tipom „PC“. Pod opcijom „Scope“ ,industrijskim terminalima postavlja se „Line“ tip te se dodjeljuje linija gdje je smješten. Za ostale korisnike koji nadziru procese i moraju pregledati sve linije i radna mjesta, njima se postavlja „Scope“ u „Plant“ te se bira „Sisak“. U parametar „ASSIGNED_GROUPS“ se dodaje grupa kojoj liniji proizvodnje on pripada, u ovom slučaju to je Cerealna Baza A. Dodaju li se dvije grupe, npr. CBA i CBB, tada u slučaju kvara terminala ili opreme na CBB liniji djelatnici mogu raditi pripremu materijala na liniji CBA za liniju CBB.„DEFAULT_PRINTER_IP“ je zaslužan za ispis naljepnica na odgovarajućem printeru koji je uz terminal. Slična stvar je i s vagom kod dodjele, osim parametara. „DEFAULT_SCALE“ vrijednost 1 znači da je zadana vaga te se na izborniku vaganja prva pojavljuje, ako se radi o vaganju materijala od 1 kg do 3 kg.

[10] Vlastiti rad autora, uzet iz SAP MII aplikacije

„MIN“ i „MAX“ govore koliko se kilograma može vagati na vagi te se pomoću tog parametra automatski izabire vaga na ekranu nakon što djelatnik izabere materijal te mu se izračuna koju količinu treba vagati. „WEBSOCKETPORT“ govori MII-u na kojem portu mora slušati i primati podatke s vage. Budući da postoje dvije vrste ispisa: zelene (bio) i bijele (konvencionalne) naljepnice, u parametru „LABEL_TYPE“ dodaje se vrijednost koja govori što se smije ispisivati. Vrijednost „CONV“ zabranjuje ispis bio sirovina jer se u printeru nalaze bijele naljepnice te se time sprječava rizik od krivog označavanja sirovina.

Zebra TC70 ručni terminali i njihove priključne stanice se postavljaju kraj terminala, gdje će djelatnik nakon što dođe na radno mjesto moći provjeriti plan proizvodnje i dostupnost dozvoljenih sirovina za korištenje. Zahvaljujući postavljenoj WiFi mreži, sada je omogućena mobilnost. Zebra koristi Android i koristi se Chrome preglednik. Sučelje na terminalu je SAPUI5, bazirano na HTML5 standardu, što znači da olakšava korištenje na raznim uređajima i jednostavno ga je za koristiti. Postavlja se početna strana (link prema MII serveru) na pregledniku koja će dati prikaz plana radnih naloga i stanja sirovina. Skener Voyager1452G je bežičan i ima priključnu stanicu koja se spaja USB-om na Noax terminal. Ponaša se kao tipkovnica, tako da ne treba instalirati dodatni softver ni postavljati u MII-u. Sada je postavljen temelj za integraciju MII rješenja.

7.7.7. Dizajn i prilagodba baze podataka za MII

Što ako je ERP sustav neko vrijeme nedostupan? Gdje se čuvaju podaci koji su primljeni od ERP-a i gdje se čuvaju podaci koji se trebaju poslati u ERP sustav? Za sve to mora postojati „buffer zona“, a ona će biti u SQL bazi podataka koja se nalazi na istom serveru gdje i MII. Ne čuvaju se samo podaci koji se šalju i primaju, već i oni koji su specifični i nema ih u ERP-u. Primjer su specifični zahtjevi korisnika koji nije standard i nema ga smisla čuvati u ERP-u, kao razna vremena o procesima obrade materijala, zapisima koje vode djelatnici tijekom rada itd. Svaki input korisnika na EWI sučelju mora biti upisan u bazu, čak i ako se ne zatvori ispravno dio radnog naloga (nestanak struje, kvar terminala…). S instalacijom NWDI platforme instalira se automatski i SQL server 2012. Na njemu se dodaje nova baza podataka „BioMII“ gdje se dodaju tablice i grupiraju po namjeni:

- Bio_basic_x – ove tablice spremaju podatke vezane uz osnovne postavke i administraciju, umjesto x se dodaje naziv „userlog“, „localization“…

- Bio_EWI_x – spremaju se svi podaci vezani uz aktivnosti djelatnika na EWI sučelju kako bi se spriječio gubitak podataka u slučaju nestanka struje ili kvara i omogućila analiza radnog mjesta, umjesto x dodaju se nazivi „container_content“, „user_input“, „used_materials“, „times“…
- Bio_Master_Data_MII_x – podaci o radnim mjestima, klijentima, tipovima klijenata i predlošci naljepnica nalaze se ovdje, umjesto x dodaju se nazivi „plant“, „printer“, „shift“, „machine“, „label“…
- Bio_Master_Data_ERP_x– dolazni podaci od ERP-a se spremaju ovdje, umjesto x dodaju se nazivi „material“, „order“, „bill_or_material“, „material_status“…

Gotovo u svakoj tablici koja sadrži podatke o aktivnostima u proizvodnji, poput utroška materijala, vremena i podataka sa strojeva, nalaze se stupci „Order_ID“, „Instruction_ID“, „Batch_ID“. Dakle broj radnog naloga, instrukcije i šarže su podaci koji se mogu povezati za analizu efikasnosti do najmanjeg detalja. Sljedeća tablica daje prikaz ID-a instrukcija koje govore koja aktivnost se na kojem radnom mjestu odvija.

Instrukcija	Radno mjesto	Aktivnosti na radnom mjestu
100	prostorija za pripremu	priprema vreća i vaganje
110	prostorija za pripremu	Kontrola radnog mjesta
200	Homogenizacija	priprema materijala
210	Homogenizacija	homogenizacija materijala
220	Homogenizacija	kontrola radnog mjesta
300	Sušenje	Proces sušenja na stroju
310	Sušenje	Kontrola materijala
320	Sušenje	Kontrola radnog mjesta

Tablica 7.3 Prikaz analize po radnom mjestu i aktivnostima

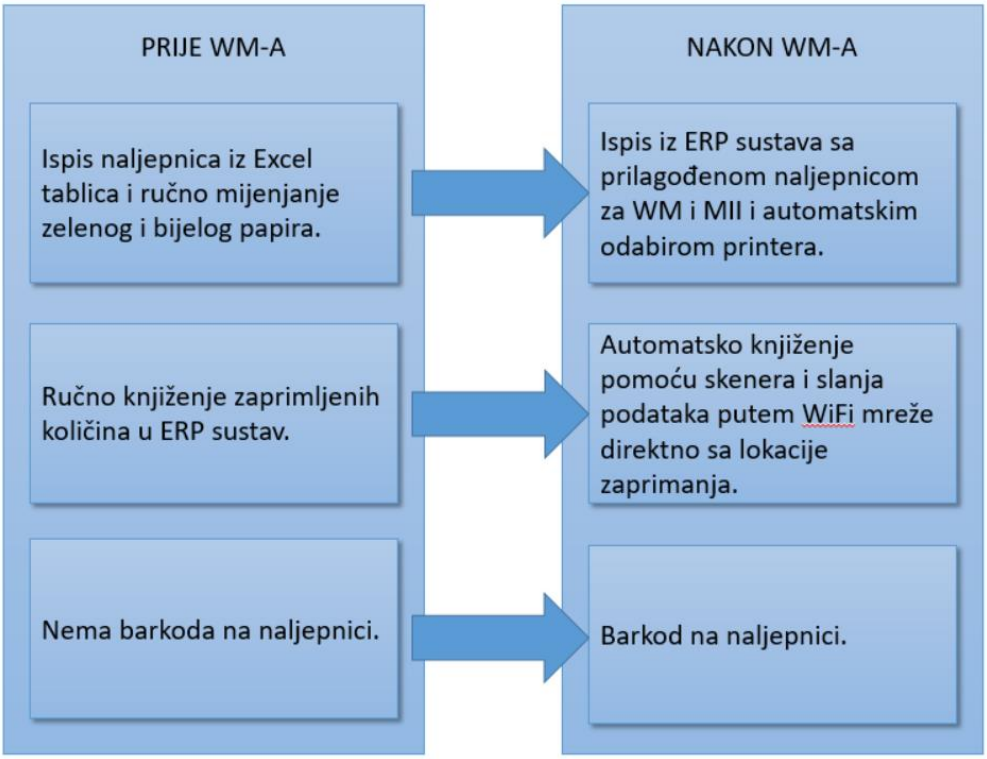
Želi li se na primjer analizirati koliko je zadnjih mjesec dana bila efikasna aktivnost „priprema vreća i vaganje“ u odnosu na vrijeme i utrošene materijale, tada se šalje upit koji ima poveznicu na instrukciju 100. Želi li se pak analizirati cijelo radno mjesto i vremena na njemu, tada se šalje upit na samo prvi broj instrukcije. Sljedeći primjer je SQL upit za povlačenje svih vremena za radno mjesto homogenizacije:

```
SELECT * FROM Bio_EWI_times
WHERE Instruction LIKE '2%';
```

Ovime se postavio temelj za čuvanje svih podataka i buduću analizu efikasnosti.

7.7.8. Integracija opreme s procesima

Preduvjet za korištenje MII sustava u proizvodnji je WM sustav za sirovine, prije svega naljepnice ispisane iz WM-a s barkodom interne serije sirovine kako bi se kasnije mogle skenirati u proizvodnji. Symbol MC92G ručni terminal koristi se za postojeći WM skladišta gotove robe, tako da se zahvaljujući WiFi-u sada može koristiti i u skladištu sirovina. Na njemu je instalirana aplikacija mobisys koja se spaja na ERP sustav i knjiži prijavljene količine automatski. Do sad su se količine pisale na papir koji se nosio u ured skladišta te su se ručno knjižile u ERP sustavu. Postavlja se laptop s 2 Zebra TT ZT410 printera na dogovoreno mjesto koje se nalazi u skladištu sirovina. Zebra printer ima ugrađeni WiFi te se spaja zajedno s laptopom na WiFi koji je nedavno postavljen. Ovime se omogućuje mobilnost te se lako može premjestiti oprema bude li potrebe. Dva printera osiguravaju ispis na zelenoj i bijeloj naljepnici kako bi se izbjegao rizik krivog označavanja sirovina. Printeri su postavljeni u ERP-u na način da se na IP adresu i ime printera dodaje oznaka „bio“ ili „conv“, tako da naljepnice idu na odgovarajući printer. Ovime se dobilo sljedeće:



Slika 7.9 Usporedba prije i nakon implementacije WM skladišta sirovina[11]

[11] Vlastiti rad autora

U radnoj zoni pripreme materijala djelatnik prilikom dolaska na svoje radno mjesto uzima ručni terminal Zebra TC70 gdje mu se daje prikaz rasporeda radnih naloga i potrebnih količina sirovina. Ručni terminal je spojen na WiFi mrežu te je sada djelatnik mobilan u provjeri fizičkog stanja i stanja u ERP sustavu. Također, na licu mjesta može vidjeti jesu li određene sirovine blokirane i smiju li se koristiti. Početkom aktivnosti pripreme djelatnik otvara EWI sučelje na terminalu koje mu govori što i kako treba raditi. Dodjelom terminala u grupu koja prikazuje samo radne naloge za to radno mjesto, nema više trošenja vremena na pregled plana proizvodnje na papirima te se uklanja rizik pokretanja pogrešnog radnog naloga. Umreženim vagama i njihovom konfiguracijom u MII-u sada ne mora razmišljati o zapisivanju podataka na papir i točnim količinama, već samo mora pratiti instrukcije na ekranu. Uz pomoć Voyager 1452G skenera koji je spojen na terminal ne mora više ručno čitati i pisati podatke s naljepnice na paleti te dodatno provjeravati je li sirovina blokirana tijekom samoga rada. Na terminalu se vidi jasna vizualizacija napretka vaganja u boji što znači da djelatnik mora pratiti traku napretka dok ne dođe u zeleno polje, nema više potrebe za usporedbom u obliku brojeva je li u toleranciji.

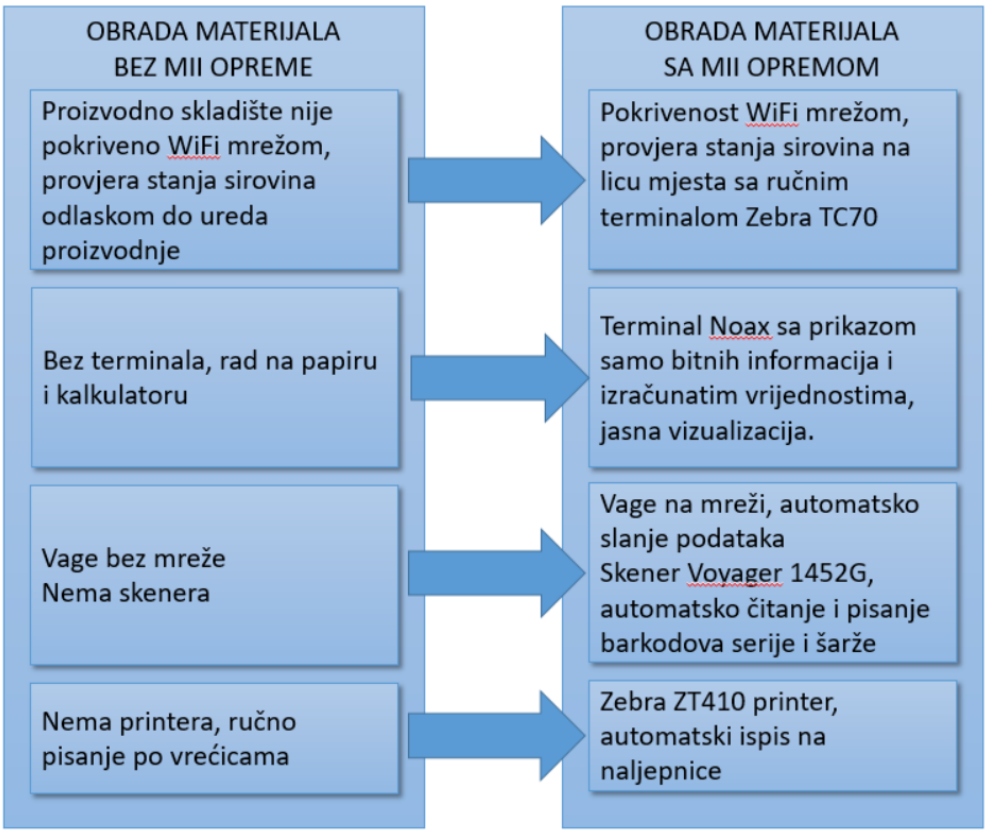


Slika 7.10 Vizualizacija vaganja s ukupnim napretkom i rasponom tolerancija[12]

Pri završetku vaganja vrši se automatski ispis naljepnice na Zebra TT ZT410 printer sa svim potrebnim informacijama za daljnju obradu šarže. Na homogenizaciji materijala vidljiva je samo pripremljena šarža na terminalu te se ispisana naljepnica skenira uz pomoć Voyager 1452G skenera. EWI sučelje ne dopušta djelatniku obradu krive šarže. Kod sušenja materijala napravljena je priprema za buduću implementaciju OPC UA servera, kako bi se podaci stroja automatski slali u MII sustav. Trenutno djelatnik ručno upisuje parametre parnog valjka, no uz bitnu razliku. Sada EWI sučelje vizualizira u crvenoj i zelenoj boji ima

[12] Vlastiti rad autora, uzet iz SAP MII aplikacije

li odstupanja. Ti se podaci ne moraju nositi na daljnju obradu, već se mogu vidjeti i analizirati u realnom vremenu. Putem lokalne mreže šalju se podaci o vremenima, vrijednostima i knjiženju materijala od terminala do MII servera te od MII servera do ERP servera putem IPsec veze. Podaci su XML (EXtensible Markup Language) datoteke.



Slika 7.11 Usporedba prije i nakon integracije opreme s procesom obrade materijala[13]

7.7.9. Priprema dashboard-a za nadzor proizvodnih procesa

Nadzor se omogućava pomoću pristupa dashboard-u i EWI sučelju putem web preglednika.

Dashboard se radi pomoću dvije aplikacije dostupne na MII serveru. Prvo se mora kreirati upit na SQL bazu u Workbench java aplikaciji, a nakon toga taj upit postaviti u SSCE (Self Service Composition Environment) aplikaciji za dizajn dashboard-a. SSCE je web aplikacija. Za početak se dodaju grupe tablica „Bio_EWI_x“ koje će dati jasan uvid

[13] Vlastiti rad autora

voditeljima procesa što rade njihovi djelatnici. Prilikom postavljanja upita umjesto same vrijednosti postavljaju se tzv. parametri. Sljedeći primjer pojašnjava upite i parametre:

```
SELECT * FROM Bio_EWI_times
WHERE Material = [Param.1]
```

Prilikom selekcije svih stupaca iz tablice „Bio_EWI_times“, traži se vrijednost materijala. No tu vrijednost tražit će voditelji u SSCE dashboard-u zato se postavljaju „Param.x“ kod svih mjesta gdje bi trebala biti neka vrijednost. Nakon što su se kreirali upiti na SQL bazu u workbench-u, kreće se s dizajnom dashboard-a kod kojeg se učitavaju kreirani upiti i dodaju polja unosa s dodijeljenim param.x vrijednostima. Za prikaz dobivenih upita iz baze dodaju se grafički ili tablični prikazi. Pristupom na EWI sučelje voditelji vide isto što i djelatnici na radnim mjestima i time imaju detaljan uvid u svaku aktivnost. Za to se kreira posebna rola u UME bazi podataka koja se dodjeljuje korisničkim računima. Pristup dashboard-u i EWI sučelju omogućava voditeljima analizu u realnom vremenu i bržu reakciju u slučaju otkrivanja problema.

7.8. Testiranje i provjere nakon implementacije

Tijekom same implementacije neka od rješenja su testirana, međutim iskustva govore da je pravo testiranje tek kada sve zajedno krene u produkciju i dođe do realnih scenarija. Zbog toga se pokreće pilot produkcija na manjem radnom nalogu gdje se radi paralelno, na stari i novi način. Prvo se prati rad WiFi skenera i ručnih terminala na način da se pusti naredba ping s jednog od servera prema IP adresi WiFi uređaja. Nakon toga se prati kretanje djelatnika po proizvodnji i skladištu sirovina. U prostorijama proizvodnje latencija je oko 30ms blizu radnih mjesta te 100ms na najudaljenijoj točki kretanja. U hladnjači dolazi do puno većeg odaziva kada se skenerom zavuče u duboke metalne regale, tada odaziv varira između 200ms i 1000ms. Iako je veći odaziv, mobisys aplikacija nakon skeniranja barkoda javlja da je paleta uspješno knjižena s nešto manjim kašnjenjem od onoga u normalnim uvjetima. Na MII serveru nema previše opterećenja jer je sustav prazan, svega nekoliko posto procesora zauzima SQL server i jstart (Java Startup Framework) servis. Radnu memoriju više opterećuju ta dva servisa zbog alokacije, no sveukupno je zauzeće memorije ispod 50%. U jednom danu MII server prosječno šalje oko 1500 XML datoteka prema ERP sustavu. Jedna datoteka je veličine oko 5KB do 15KB jer sadrži samo osnovne informacije o knjiženju materijala (šifra, serija, količina, skladišna lokacija…) i potvrdama radnih

naloga, stoga promet prema ERP serveru kroz IPsec ne prelazi više od 30MB. Ono što više opterećuje IPsec promet je konstantno primanje XML datoteka od ERP sustava jer se stalno moraju ažurirati klasifikacijski podaci o materijalima. Prosječni promet na MII serveru je između 400kbit/s do 2Mbit/s. Diskovi ne pokazuju veće opterećenje, prosječno čitanje i pisanje je oko 2-3MB/s. U nekoliko navrata SQL servis pisajući i čitajući po mdf i ndf datotekama poveća opterećenje diskova između 5MB/s do 10MB/s.

Nakon provjere rada MII servera prati se opterećenje procesora Noax terminala pri otvaranju EWI sučelja. Jedini skok u opterećenju je učitavanje liste radnih naloga zbog uključenih filtera gdje skripta provjerava svaki radni nalog i svaku šaržu te serije sirovina unutar šarži. Ovo može predstavljati problem kod većih radnih naloga s puno alociranih serija sirovina. Tijekom početka vaganja nema problema sa slanjem podataka s vaga, međutim nakon pauziranja od nekoliko sati i ponovnog starta vizualizacije, vage više ne šalju podatke. Otkriveno je da vage odu u „standby“ mod sa slanjem podataka ako se ne mijenja vrijednost na njima nakon nekog vremena. SAP PCo ima predefinirane postavke od maksimalna 3 pokušaja povezivanja s uređajima u razmaku od 30 sekundi, nakon čega više ne uspostavlja vezu. Stoga se broj pokušaja prema iskustvu tvrtke ZIG postavlja na 100.000 u razmaku od 10 sekundi, što znači da će se pokušavati spojiti nešto više od 11 dana. To je dovoljno jer nema veće pauze u proizvodnji od 10 dana. Nakon tehničke provjere, provjeravaju se funkcionalnosti integriranih procesa i dokumentiraju uočeni nedostaci. Nedostaci se ispravljaju i transportiraju s testnog na produkcijski MII server.

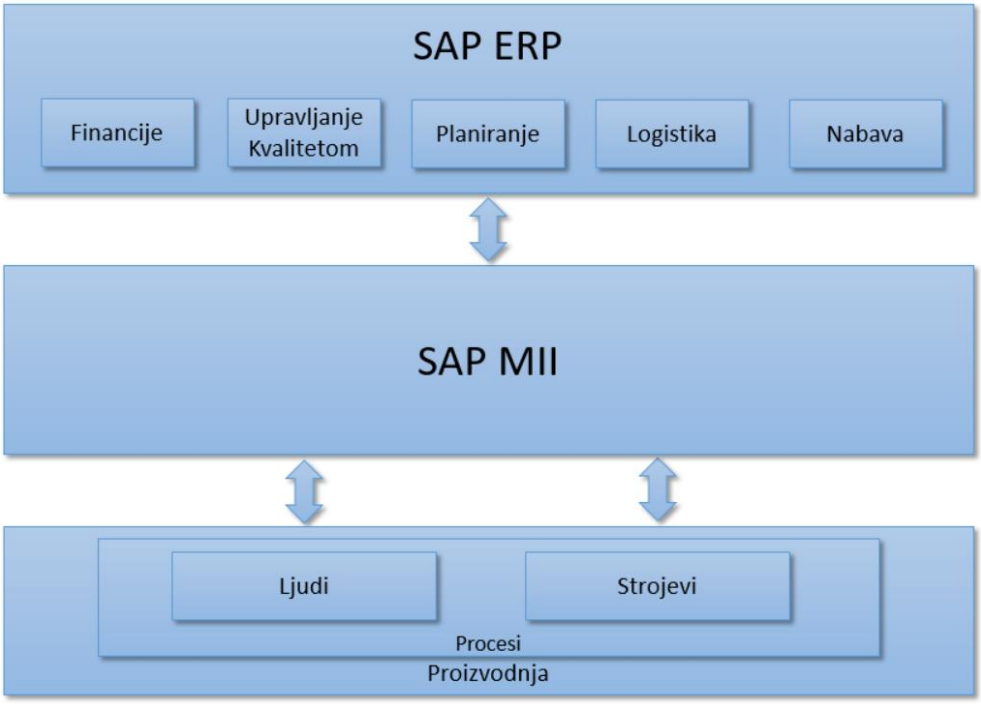
7.9. Puštanje u rad

Uz sve moguće ispravljene pogreške te predviđene scenarije, višem menadžmentu se prezentira stanje nakon pilot produkcije te uočeni nedostatci i prednosti prilikom korištenja sustava. Puštanje u rad je odobreno te se dogovaraju termini s planiranjem proizvodnje. Dogovara se i raspored i dežurstvo lokalne podrške IT odjela i odjela proizvodnje. Pripreme se vrše i rade se radne upute u slučaju da jedna od funkcionalnosti ne radi. Na svim radnim mjestima i dalje ostaju kontrolnici u papirnatom obliku u slučaju da dođe do problema. Nekoliko dana prije pokretanja radnog naloga još jednom se u proizvodnji prolazi s korisnicima obuka kroz testni sustav te se ostavlja prostora za dodatne nejasnoće i upite.

Izabran je radni nalog koji nema puno materijala kako bi se lakše moglo pratiti njihovo kretanje. Voditelji procesa proizvodnje imaju u svojim prostorijama rezervne skenere, printere i terminal koji mogu zamijeniti u slučaju problema te se uz njih nalaze upute. Budući da se radi u tri smjene, obučeni su i napredni korisnici koji će pomoći u slučaju poteškoća i koji će dodatno obučavati djelatnike uz sam rad bude li potrebe. Za vrijeme radnog dana u prvoj smjeni, kada su ljudi iz svih odjela prisutni, pokreće se radni nalog. U početku je za rad sa sustavom potrebno nešto više vremena jer su i korisnici oprezni i još uvijek postoji strah od promjene i novog sustava. Nakon mjesec dana rada, organizira se radionica s tvrtkom ZIG i Bio na lokaciji tvrtke Bio Hrana kako bi se napravila analiza. Dogovaraju se manje izmjene u samim funkcionalnostima. Sljedećih šest mjeseci, jednom mjesečno, održavat će se video konferencije kako bi se prošlo kroz naučene lekcije i dodatno poboljšao sustav i način rada. Sve se dokumentira i dobivenim iskustvom se priprema za sljedeće faze implementacije MII sustava u ostalim dijelovima proizvodnje.

7.10. Analiza implementiranog rješenja s poslovnog aspekta

Pregledom poslovanja tvrtke Bio Hrana zaključuje se da je njena filozofija osigurati visoko kvalitetan proizvod po najvišim standardima i konkurirati na najzahtjevnijim tržištima. Taj proces osiguranja kvalitete proizvoda obuhvaća sva područja, od samog početka nabave sirovina, pa sve do njenog transporta, skladištenja i obrade u gotov proizvod. Osiguranjem kvalitete osigurava se potražnja, koja je u stalnom porastu. To zahtijeva povećanje efikasnosti proizvodnje uz očuvanje kvalitete. Tako implementacija MII sustava ima bitan značaj kako bi se dokazao kvalitetan rad i osigurala kvaliteta i sigurnost proizvoda. Dokaz o kvalitetnom radu nije jedini koji je MII sustav omogućio, on je popunio onu prazninu između poslovnog svijeta i stvarnih aktivnosti koje se izvršavaju kao posljedica poslovanja. Riječ je o povezivanju ostalih odjela tvrtke poput planiranja, nabave, kontrole kvalitete, financija i logistike sa samim proizvodnim procesima na najnižem nivou poslovanja.



Slika 7.12 Način prijenosa informacija između proizvodnje i poslovanja nakon MII implementacije[14]

Certifikacijske kuće i inspekcije iz stranih tržišta zahtijevaju redovan pregled procesa osiguranja kvalitete i potvrdu da se zbilja radi na način koji ispunjava njihove kriterije. Osim kontrole porijekla sirovina, sama jezgra kontrole je obilazak i pregled obrade sirovina u proizvodnji svim radnim mjestima. Međutim, nije dovoljno imati uredno predstavljen način rada tijekom posjete inspekcija, potrebno je dokazati da se radi u skladu sa standardima čitavo vrijeme. To naravno zahtijeva čuvanje i prikaz dokumentiranih procedura. Primjer dokumentirane procedure je kontrolnik koji djelatnici ispunjavaju tijekom pripreme materijala. Uz potpis djelatnika na kontrolnim papirima, potrebno je dokazati da se i te procedure nadziru nadređeni. To naravno zahtijeva dodatnu dokumentaciju kroz koju voditelji vode zapise o nadzoru jer je i sama inspekcija svjesna o upitnoj vjerodostojnosti podataka na papiru. U konačnici, „papir svašta trpi“. Situacija se mijenja kada nema prostora za manipulaciju podacima, kada MII sustav sam za sebe postaje kontrola bez mogućnosti manipulacije podacima poput zapisa vremena i količine sirovine koja je vagana. Tu je i vrlo važan dokaz o sljedivosti sirovina, koja je sada transparentna i lako vidljiva kroz sustav.

[14] Vlastiti rad autora

Nakon obilaska proizvodnje, inspektori bio certifikacijskih kuća i inspektori za strana tržišta bilježe napredak o osiguranju kvalitete procesa proizvodnje cerealne baze i upravljanjem sirovinama, što ima bitan značaj za postizanje visokih ocjena inspekcije. Na kraju, visoke ocjene osiguravaju siguran plasman proizvoda i na ona najzahtjevnija tržišta, poput Kine i Rusije.

Zahvaljujući korištenju MII sustava u srcu proizvodnih procesa i njenih aktivnosti, ostvaruje se visoka razina transparentnosti. Dogodi li se problem tijekom proizvodnje, voditelji mogu reagirati puno brže te spriječiti daljnju štetu koja bi bila puno veća kada bi se radila ručna analiza kroz papire i Excel tablice. Također, može se vrlo brzo doći do podataka o točnom vremenu aktivnosti i tko ju je radio, tako se izbjegava igra detektiva prilikom istrage ako dođe do problema. Nadzor potrošnje sirovina u realnom vremenu omogućava bržu reakciju i organizaciju osoblja u slučaju da se ista prije vremena potroši. Odjeli istraživanja i razvoja, planiranja proizvodnje i kontrole kvalitete sada imaju pristup nadzoru te mogu vrlo brzo reagirati ako vide bilo kakva odstupanja u proizvodnim aktivnostima i utrošcima sirovina.

Kako bi zadovoljila potražnju, tvrtka Bio Hrana radi konstantno na povećanju efikasnosti. Vrlo se često može dogoditi da usko grlo određene aktivnosti prođe ispod radara jer se do sad uglavnom mjerio početak i kraj cijelog procesa te je fokus bio na kapacitetu strojeva. Zahvaljujući MII sustavu, sada su dostupni podaci pojedinih aktivnosti koje rade ljudi, poput vaganja materijala. Samo vaganje neće povećati kapacitet stroja, ali će dati informaciju ima li djelatnik nakon vaganja dovoljno vremena da se preusmjeri na druge aktivnosti i može li raditi istovremeno na pripremi materijala za dvije proizvodne linije. Jer, kao što je navedeno u analizi prije implementacije, tvrtka Bio Hrana radi nove proizvodne linije te je ključno imati informaciju koliko je potrebno zaposliti novih djelatnika.

Implementacija MII sustava nije samo informatizacija proizvodnje. Tijekom analize procesa u odjelima kontrole kvalitete, logistike, planiranja proizvodnje, istraživanja i razvoja te same proizvodnje, došlo je do poboljšanja koja nisu direktno vezana uz MII sustav. Kada se razgovara s djelatnicima i analizira što rade, uočili su se mnogi nedostaci u samom načinu rada. Mnoge aktivnosti su se radile duplo ili čak iz nepoznatih razloga jer su se naslijedile tijekom godina od onih ljudi koji su to prije radili i prenijeli novim djelatnicima. Na primjer, došlo se do zaključka da se upisivanje određenih podataka vezanih uz kontrolu kvalitete u Excel tablice te njihovo slanje elektroničkom poštom uopće ne trebaju raditi jer oni već postoje u ERP sustavu, samo ljudi nisu znali kako do tih podataka doći. Stoga je

napravljena edukacija djelatnika i postavljen nov način rada, kako bi se izbjegao utrošak vremena i rizik duplih podataka i njihovih razumijevanja. Kada ljudi iz različitih profesija sjednu za stol i počnu raspravljati o specifičnom problemu u određenom odjelu, uklanja se ograničenost razmišljanja te se dođe do zanimljivog rješenja problema. Nekad je dovoljno postaviti jednostavno pitanje „Zašto se to radi?“ i dođe se do zanimljivih rezultata. Sve je to na kraju rezultiralo optimizacijom procesa unutar više odjela.

Kvalitetne sirovine su vrlo skupe, stoga je iznimno važno znati što se i s financijskog aspekta događa s njima. Sada radni nalog u ERP sustavu nema samo ukupnu količinu utrošenih sirovina, već su u izvještaju vidljivi pojedinačni utrošci po šaržama, kao i odstupanje od planiranih utrošaka u granicama tolerancije. Sve je to u ERP sustavu preračunato u novcu. To daje zanimljiv prikaz koliko se smanjivanjem tolerancija u recepturi može uštedjeti novaca, a da ne utječe na efikasnost rada. Tako se kroz dogovor analiziraju i mijenjaju vrijednosti tolerancija kako bi se uštedjeli novac. Ovdje se vidi pravi učinak izvršnog sustava na poslovni sustav. To je ta povezanost i rupa koja se popunjava između poslovnog svijeta i operative.

Dok se jedni riješe, drugi se stvore i bez njih se ne može. Tako je i s rizicima koji su došli uz MII sustav. Dok je rad na papiru kompliciran, nesiguran i troši puno vremena, s druge strane uvijek je dostupan. Uništi li se papir, jednostavno se zamijeni drugim. Nedostaje li nešto u ispisanom kontrolniku, jednostavno se doda olovkom tijekom rada. S MII sustavom to nije slučaj, on uvijek mora biti dostupan i tijekom rada se ne mogu dodati nove funkcionalnosti. U proizvodne aktivnosti donijeta je tehnologija o kojoj one sada ovise. Hardver koji uključuje opremu na radnom mjestu je osiguran rezervnim i uputama kako ga zamijeniti. Ne bude li i to dovoljno, omogućen je ručni rad, poput upisivanja izvaganih količina uz višu autorizaciju voditelja, u slučaju da dođe do problema s komunikacijom između vaga i MII sustava. Isto vrijedi i za skenere. Tu su i upute te edukacije koje osiguravaju da djelatnici znaju što napraviti u nepredvidivim scenarijima. Na kraju, djelatnici se uvijek u slučaju problema koji nije rješiv u kratkom periodu mogu prebaciti na stari način rada.

Kod analize stanja prije implementacije, proučavalo se koliko se izgubi vremena na ručni rad i gdje se pojavljuju greške. Taj pristup nije bio lagan jer se nije moglo osloniti na bilo kakve vjerodostojne zapise o vremenu, osim onih u ERP sustavu gdje se dobije informacija o početku i kraju radnog naloga. Sada se situacija mijenja, postoje vremenski zapisi svih aktivnosti proizvodnje cerealne baze te se stoga detaljno može analizirati vrijeme.

Budući da se konstantno radi na poboljšanju efikasnosti, sada inženjeri i analitičari raspolažu sa puno više informacija te se postavljaju novi ciljevi i reorganizacija rada.

Pogreške tijekom proizvodnje nije moguće zapisivati zbog njihove prirode. Kada bi djelatnik na radnom mjestu i prijavljivao pogreške, to bi značilo da se mora vraćati u prošlost i otvarati već zatvorene radne naloge. Većina pogrešaka se uoči nakon završetka rada, tj. analizama kontrole kvalitete samog proizvoda i nakon što se napravi inventura. Zbog toga se i dalje komunicira s odjelom kontrole kvalitete, proizvodnje i logistike te se nakon implementacije MII sustava dobivaju podaci o greškama. Nakon nekoliko mjeseci rada u MII sustavu, greške kod povrata sirovina se drastično smanjuju. Kontrola kvalitete također bilježi povećanje sigurnosti potrošnje sirovina i samim time smanjenje grešaka kod analiza. Gledano sa strane utrošenog vremena na radnim mjestima, bilježi se poboljšanje. Na radnom mjestu pripreme materijala trošilo se i do 30% vremena na ručno računanje i zapisivanje informacija, sada se to smanjilo na 10% koje otpada na rad sa MII sustavom. Pristup mjerenju je kao i do sada bio intervju sa zaposlenicima, praćenje rada na radnom mjestu, ali i pregledom dobivenih podataka iz MII sustava. Iako se i dalje prati i analizira vrijeme, već se sada mogu donositi poslovne odluke oko planiranja troškova za nova radna mjesta i nove proizvodne linije.

7.11. Potencijalni izazovi u budućnosti

Proizvodni procesi su vrlo fleksibilni i često se mijenjaju, kako zbog konstantnih internih zahtijeva za poboljšanjem, tako i zbog zahtijeva tržišta. Zbog toga implementirane funkcionalnosti unutar MII sustava nikad nisu konačne i moraju biti promjenjive. To pak zahtijeva otvorenost i prilagodljivost sustava u svim područjima, što nije lako ostvariti. Jedan način kojim se dobilo na fleksibilnosti je taj da se instrukcije u EWI sučelju pozivaju iz receptura koje se nalaze u ERP sustavu. Tako se kroz recepture može modificirati na kojem radnom mjestu i kojim redoslijedom će se pozivati funkcije poput obrade materijala i upisivanja informacija o kontroli i parametrima proizvodnih procesa. Gotovo svi parametri se mogu mijenjati i dodavati u recepturu. Međutim, određeni parametri i kontrole unutar proizvodnje se moraju upisati tek nakon određenog događaja. To znači da oni nisu fiksni i da je okidač nekakav događaj, nakon kojega se mora izvršiti kontrola te upisati vrijednost. Primjer je provjera vaga i njihova kalibracija, zna se da provjera i kalibracija vaga mora biti napravljena barem jednom dnevno, no obavezna je i nakon što se odradi čišćenje u proizvodnji. Taj događaj MII sustav trenutno ne može prepoznati i samim tim ne može

aktivirati upozorenje da je potrebna provjera i kalibracija. Tu su i ostali događaji koji trebaju aktivirati razna upozorenja djelatniku kako bi nešto odradio. Međutim, ti događaji se odvijaju u fizičkom svijetu te ih MII jednostavno ne može detektirati. Stoga je sljedeći izazov definirati kako se ti događaji mogu prikazati u virtualnom svijetu.

Tijekom implementacije nije se riješio problem povezivanja stroja parnog valjka kako bi se automatski upisivale vrijednosti parametara, kao i njihove minimalne i maksimalne vrijednosti tijekom sušenja jedne šarže. Kako je opisano u implementaciji, do problema dolazi zbog različitih strojeva i različitih proizvođača, što zahtijeva pripremu svakog pojedinačnog stroja. Rezultati su visoki troškovi i različiti PLC uređaji koji se moraju objediniti i centralizirati u jedan OPC UA sustav koji će slati podatke u MII. Stoga se ovom problemu može pristupiti na način da se priprema strojeva vrši korak po korak te se manjim i jednostavnijim rješenjem gradi iskustvo i znanje te mjeri dobiveno u odnosu na troškove implementacije.

Tu su i definitivno ostale faze implementacije, koje uključuju integraciju procesa pripreme mikro komponenti (arome, vitamini, minerali, razni dodaci…) i integraciju linije pakiranja proizvoda. Za razliku od količine materijala koji se pripremaju i obrađuju u procesu proizvodnje cerealne baze, kod procesa pripreme mikro komponenti tih materijala ima puno više i zahtijevaju puno više vremena i preciznosti. Tu je također i njihov transport na silos u kontejnerima koji se mora popratiti kroz MII sustav. To u budućnosti zahtijeva integraciju RFID tehnologije na kontejnerima i njihovim stanicama za usipavanje i pražnjenje, što pak zahtijeva implementaciju i umrežavanje RFID čitača skoro po cijeloj proizvodnji. Veliki izazov je i implementacija strojeva za pakiranje u MII sustav. Potrebno je prikupiti sve informacije o njima, kako bi se uopće moglo definirati što se sa time želi. Želi li se analizirati zastoj stroja i proizvodne linije, potrebno je interpretirati sve njegove interne greške koje on generira, a specifične su od proizvođača do proizvođača. Tu opet dolazi do problema s manjkom iskustva i znanja, koje stalno treba povećavati želi li se uspjeti u ostvarenju ciljeva kompletne integracije proizvodnje i svih njenih aktivnosti u izvršni sustav.

Veliki izazov su i ljudski resursi. Implementacija proizvodnje cerealne baze u MII sustav pokazala je da oduzima puno vremena i energije svih zaposlenika koji su uključeni u taj projekt. Oni i dalje moraju izvršavati svoje radne obaveze i raditi na projektu. Nakon nekog vremena dođe do zamora i pada morala zaposlenika. Proizvodnja radi u tri smjene, sedam dana u tjednu i IT osoblje i procesni inženjeri moraju biti stalno dostupni kako bi se

riješili problemi. Doslovno, preko noći odjel IT-a dobio je preko 60 novih korisnika. Stoga je izazov pronaći i osigurati dodatno osoblje koje će se rotirati u podršci. Većina problema nije samo tehničke prirode, stoga nije samo dovoljno IT znanje, već i znanje o procesima proizvodnje, kontrole kvalitete, istraživanja i razvoja te skladišnog poslovanja kako bi se moglo ispravno pristupiti rješavanju problema. Kada se krene s implementacijom ostatka proizvodnje, paralelno će se morati raditi na obučavanju i zapošljavanju novog osoblja kako bi se ispunili sve zahtjevniji ciljevi koji tek dolaze.

Mnogo izazova i problema stoji u budućnosti te čeka u redu za rješavanje, tako da je sve ovo tek mali korak kojim je započela nova industrijska revolucija.

Zaključak

IT tehnologija potaknula je razvoj u svim područjima poslovanja. U posljednje vrijeme se vrlo brzo proširila i na ona područja za koje se mislilo da nikada neće imati računalo i mrežu. Djelatnici koji svaki dan rade šablonski posao teško mogu dobiti predodžbu što to znači prebaciti se na umreženi način rada i biti povezan za cijelim poslovanjem. Tek kada se prebaci na novi sustav, počne se pitati kako se bez toga uopće moglo? Nakon prelaska na bolji način rada, teško se može vratiti na lošiji, neefikasan i spor način rada. Nažalost, jednom se olakša, a drugom oteža rad. Informatizacijom proizvodnje IT je dobio jedan ogroman zadatak i odgovornost kroz implementaciju MII infrastrukture. O svakom detalju se moralo misliti i to od detalja koliko je potrebno mrežnih priključaka po proizvodnji pa sve do osiguranja veze prema matičnoj tvrtki. Tu dolaze i odgovornosti o proizvodnim procesima jer sada IT mora rješavati probleme vezane uz proizvodne procese, poput osiguranja kvalitetnog i sigurnog rada sa sirovinama. Iz svega toga daju se zaključiti prednosti i nedostaci implementacije izvršnog sustava u proizvodnji.

Prednosti:

- Praćenje procesa u realnom vremenu
- Automatizacija i optimizacija procesa
- Povećanje kvalitete i sigurnosti proizvodnje
- Povezanost poslovanja sa izvršnim aktivnostima
- Detaljna analiza proizvodnih aktivnosti

Nedostaci:

- Visoki troškovi
- Nedostatak znanja i iskustva u gotovo svim odjelima
- Fleksibilni proizvodni procesi s raznim scenarijima otežavaju jednostavnost sustava
- Različiti sustavi i strojevi koje treba povezati
- Projekt oduzima puno vremena djelatnicima
- IT infrastruktura se drastično povećava, kao i odgovornost IT osoblja
- Otpor na promjene i spora prilagodba

Uz nedostatke i prednosti implementacije izvršnog sustava, može se zaključiti da je za budućnost svake moderne proizvodnje izvršni sustav neophodan kao dio pametne

proizvodnje. Želi li se udovoljiti kupcu uz što veću kvalitetu i transparentnost proizvoda, nema mjesta starom načinu rada. Oni koji prije krenu s investicijama u budućnost će imati veće šanse za uspjeh jer ponekad je bolje napraviti nešto i lošije, pa kasnije ispravljati, nego ne napraviti ništa.

Popis kratica

SAP	*Systems Applicationsand Products*	sistemske aplikacije i proizvodi
MII	*Manufacturing Integrationand Intelligence*	proizvodna integracija i inteligencija
ERP	*Enterprise Resource Planning*	planiranje resursa poslovanja
ISDN	*Integrated Services Digital Network*	digitalna mreža integriranih usluga
EWI	*Electronic Work Instruction*	elektronska radna instrukcija
PCo	*Plant Connectivity*	povezivanje postrojenja
NWDI	*Net Weaver Development Infrastructure*	Net Weaver razvojna infrastruktura
CRM	*Customer relationship management*	upravljanje odnosom sa kupcima
BW	*Business Warehouse*	poslovno skladište
OEE	*Overall Equipment Effectiveness*	ukupna učinkovitost opreme
SHDSL	*Single-PairHigh-Speed Digital Subscriber Line*	Jednostruka digitalna pretplatnička linija s jednim parom
MPLS	*Multiprotocol Label Switching*	višeprotokolno prebacivanje oznaka
TMG	*Threat Management Gateway*	prolaz za upravljanje prijetnjama
WM	*Warehouse Management*	upravljanje skladištem
FTP	*Foiled Twisted Pair*	omotani upredeni par
RSTP	Rapid Spanning Tree Protocol	brzi protokol razgranatog stabla
UME	*User Management Engine*	pogon za upravljanje korisnicima
IP	*Ingress Protection*	zaštita od ulaska
IPC	*Industrial PC*	industrijsko računalo
IoT	*Internet of Things*	Internet stvari
XML	*EXtensible Markup Language*	produljivi označni jezik
SSCE	*Self Service Composition Environment*	samoposlužno okruženje sastavljanja
jstart	*Java Startup Framework*	okvir za pokretanje Java

Popis slika

Slika 2.1 Ilustracija industrijskih revolucija 3

Slika 5.1 Izvršni sustav u odnosu na ERP i proizvodne procese 11

Slika 7.1 Način prijenosa informacija između proizvodnje i poslovanja 14

Slika 7.2 Prstenasta topologija preklopnika na lokaciji tvrtke Bio Hrana 19

Slika 7.3 Shema implementacije infrastrukture 22

Slika 7.4 Plan implementacije 24

Slika 7.5 Topologija nakon proširenja mreže 28

Slika 7.6 Početni MII izbornik za konfiguraciju 31

Slika 7.7 Hijerarhija postavljenih MII klijenata po dijelovima proizvodnje 34

Slika 7.8 Kreiranje i konfiguracija klijenata 35

Slika 7.9 Usporedba prije i nakon implementacije WM skladišta sirovina 38

Slika 7.10 Vizualizacija vaganja s ukupnim napretkom i rasponom tolerancija 39

Slika 7.11 Usporedba prije i nakon integracije opreme s procesom obrade materijala 40

Slika 7.12 Način prijenosa informacija između proizvodnje i poslovanja nakon MII implementacije 44

Popis tablica

Tablica 3.1 Implementacija VLAN mreža 26

Tablica 3.2 Oprema potrebna za rad sa MII sustavom 32

Tablica 3.3 Prikaz analize po radnom mjestu i aktivnostima 37

Literatura

[1] SAP Press, *Implementing and configuring SAP MII*. Abesh Bhattacharjee, Dipankar Saha, 2009.

[2] MCGRAW-HILL,Manufacturing execution systems: Optimal design, planning and deployment. Meyer Heiko, Franz Fuchs, Klaus Thiel, 2009.

[3] Vlastiti rad autora

Prilog

Završni rad može imati priloge, ali se oni ne prilažu uz pisanu verziju završnog rada, već se mogu priložiti na završnom ispitu ukoliko povjerenstvo na završnom ispitu tako odluči. Važno je čuvati svu poratnu dokumentaciju koja je nastala pri izradi završnog rada.

S unutarnje strane na zadnjim koricama originala, kao i svake kopije završnog rada, pričvršćuje se CD s kompletnim završnim radom u izvornom formatu (npr. doc) i pdf formatu sa svom popratnom dokumentacijom i programima pri čemu je obvezno da na tom CD- u postoji i dokument koji opisuje kako se rezultat njegova diplomskog rada (softver ili hardver) koristi (ili kako se npr. izvode mjerenja koja je opisao u radu). Ako se radi o softveru, nužno je opisati i kako se programska podrška instalira.



Algebra
visoka škola za
primijenjeno računarstvo

NASLOV DIPLOMSKOG RADA

Pristupnik: Marinko Uzelac, JMBAG

Mentor: Prof. dr. sc. Silvio Papić