

Utjecaj implementacije MES sustava na poboljšanje proizvodnog procesa

Škrobot, Patrik

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:677132>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-25**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Patrik Škrobot

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Dr. sc. Hrvoje Cajner, dipl. ing.

Student:

Patrik Škrobot

Zagreb, 2024.

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

Zahvaljujem se svome mentoru Dr. sc. Hrvoje Cajner, dipl. ing. na prenesenom znanju, savjetima i pomoći pri izradi ovog završnog rada.

Zahvaljujem se i poduzeću Vanado osobito direktoru Davidu Burcaru, na prihvaćanju na praksu i svoj pomoći koju si mi dali pri izradi ovog završnog rada.

Zahvaljujem se i poduzećima Letina-VEM i Izvor-KA na davanju suglasnosti da koristim njihove podatke u izradi ovog rada.

Zahvaljujem se i svojim roditeljima, obitelji i prijateljima na neizmjenoj podršci tijekom svih godina studija.

Patrik Škrobot



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

| | |
|--|--------|
| Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje | |
| Datum | Prilog |
| Klasa: 602 – 04 / 24 – 06 / 1 | |
| Ur.broj: 15 – 24 – | |

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Patrik Škrobot** JMBAG: **0035231402**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Utjecaj implementacije MES sustava na poboljšanje proizvodnog procesa**

Naslov rada na engleskom jeziku: **The impact of implementing MES systems on enhancing the production process**

Opis zadatka:

MES je softverski alat koji omogućuje planiranje, praćenje i kontrolu proizvodnih procesa u tvornicama u svrhu poboljšanja učinkovitost i kvalitete, a posljedično i smanjenja troškova. MES sustavi osmišljeni su za upravljanje i nadzor proizvodnje u stvarnom vremenu, a razvijali su se tijekom vremena prilagođavajući se zahtjevima industrije i tehnologije. Bitna značajka MES sustava jest planiranje i izvršavanje narudžbi te dostupnost povratnih informacija o mogućnostima poboljšanja performansi procesa i to u realnom vremenu. Direktno koristi implementiranog MES sustava očitavaju se u: dostupnosti informacija, smanjenju troškova eliminirajući kašnjenja i greške, standardizaciji operacija, poboljšanju učinkovitosti opreme i ljudi, mogućnosti provođenja prediktivnog održavanja i sl. Na dostupnom primjeru iz realnog sustava potrebno je dati presjek procesa implementacije konkretnog MES sustava te analizirati postignuta poboljšanja. Za potrebe analize poboljšanja koristiti ključne proizvodne i financijske pokazatelje.

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

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

24. 4. 2024.

2. rok (izvanredni): 11. 7. 2024.
3. rok: 19. i 20. 9. 2024.

2. rok (izvanredni): 15. 7. 2024.
3. rok: 23. 9. – 27. 9. 2024.

Zadatak zadao:

izv. prof. dr. sc. Hrvoje Cajner

Predsjednik Povjerenstva:

prof. dr. sc. Damir Godec

SADRŽAJ

| | |
|--|------------|
| POPIS SLIKA..... | III |
| POPIS TABLICA | IV |
| POPIS KRATICA..... | V |
| SAŽETAK..... | VI |
| SUMMARY | VII |
| 1. UVOD | 1 |
| 2. UVOD U MES SUSTAVE [1], [2], [3]..... | 2 |
| 2.1 Razvoj MES sustava kroz povijest..... | 3 |
| 2.2 Primjeri korištenja MES sustava [1]..... | 5 |
| 2.3 Podjela unutar sustava..... | 6 |
| 3. IZBOR MES SUSTAVA..... | 8 |
| 3.1 Implementacija, analiza i optimiziranje MES sustava [7]..... | 10 |
| 4. IZAZOVI KOD IMPLEMENTACIJE MES SUSTAVA..... | 12 |
| 5. PREDNOSTI MES SUSTAVA | 14 |
| 6. VANADO [10] | 17 |
| 6.1 PAUK MES | 18 |
| 7. ŽIVOTNI CIKLUS PROIZVODA U SUSTAVU PAUK MES..... | 20 |
| 7.1 Kreiranje artikala..... | 20 |
| 7.2 Izrada normativa | 21 |
| 7.3 Izrada ponude | 23 |
| 7.4 Izrada upita prema dobavljaču | 25 |
| 7.5 Izrada radnog naloga..... | 26 |
| 7.6 Izrada primke iz proizvodnje i otpremnice | 28 |
| 8. IMPLEMENTACIJA SUSTAVA PAUK MES [11]..... | 31 |
| 9. IMPLEMENTACIJA REALNOG SUSTAVA | 33 |
| 9.1 Izvor-KA..... | 33 |
| 9.1.1 Tijek implementacije..... | 33 |
| 9.2 Letina VEM | 35 |
| 9.2.1 Implementacija senzora..... | 36 |
| 10. ANALIZA POBOLJŠANJA REALNOG SUSTAVA..... | 39 |
| 11. ZAKLJUČAK | 43 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| LITERATURA | 44 |
| PRILOZI..... | 45 |

POPIS SLIKA

| | | |
|-----------|---|----|
| Slika 1. | Koraci odabira i implementacije MES sustava [7] | 9 |
| Slika 2. | Povezivanje raznih sustava pomoću MES sustava [8] | 10 |
| Slika 3. | Problemi kod implementacije MES sustava [7]..... | 13 |
| Slika 4. | Prednosti implementacije MES sustava [9] | 16 |
| Slika 5. | Logo poduzeća Vanado [6]..... | 17 |
| Slika 6. | Korisničko sučelje MES sustava PAUK | 18 |
| Slika 7. | Kreiranje artikla u MES sustavu PAUK..... | 20 |
| Slika 8. | Kalkulator za obračun materijala MES sustava PAUK..... | 21 |
| Slika 9. | Izrada normativa u MES sustavu PAUK..... | 22 |
| Slika 10. | Izrada ponude u MES sustavu PAUK | 23 |
| Slika 11. | Izrada upita prema dobavljaču u MES sustavu PAUK | 25 |
| Slika 12. | Izrada radnog naloga u MES sustavu PAUK..... | 26 |
| Slika 13. | Izgled Radne stanice u MES sustavu PAUK..... | 27 |
| Slika 14. | Izrada primke iz proizvodnje u MES sustavu PAUK | 28 |
| Slika 15. | Izrada otpremnice u MES sustavu PAUK | 29 |
| Slika 16. | Uređaj za mjerenje stanja procesa poduzeća Vanado [11]..... | 31 |
| Slika 17. | Glodalica za izradu provrta..... | 36 |
| Slika 18. | Uređaj za praćenje rada strojeva poduzeća Vanado bez kućišta..... | 37 |
| Slika 19. | Graf proizvedenih proizvoda u jednom ciklusu izrađen pomoću MES sustava PAUK | 38 |
| Slika 20. | Postavljeni uređaj za praćenje rada strojeva poduzeća Vanado..... | 38 |
| Slika 21. | Očekivane promjene u poduzeću nakon korištenja sustava PAUK [6]..... | 39 |
| Slika 22. | Kreditni rejting poduzeća Izvor-KA [15] | 40 |
| Slika 23. | Sažetak ekonomskih informacije o poduzeću Izvor-KA [15] | 41 |
| Slika 24. | Kretanje ukupnih prihoda u poduzeću Izvor-KA..... | 41 |

POPIS TABLICA

Tablica 1. Hodogram implementacije MES sustava PAUK u poduzeću Izvor-KA34

POPIS KRATICA

MES – Manufacturing Execution System

MRP – Material Requirements Planning

CIM – Computer Integrated Manufacturing

MESA – Manufacturing Enterprise Solutions Association

PLM – Product Lifecycle Management

SCM – Supply Chain Management

ERP – Enterprise Resource Planning

OEE – Overall Equipment Effectiveness

PLC – Programmable Logic Controller

BI – Business Intelligence

WMS – Warehouse Management System

AI – Artificial Intelligence

IoT – Internet of Things

ML – Machine Learning

NRG – Numerical Renormalization Group

OS – Operating System

PDM – Product Data Management

QR – Quick Response

HRMS – Human Resource Management System

CMMS – Computerized Maintenance Management System

WIP – Work In Process

SAŽETAK

U ovom završnom radu provedena je detaljna analiza MES sustava, načina korištenja ovih sustava i načina implementacije ovih sustava. U uvodnom djelu završnog rada bilo je govora o razvoju samih MES sustav kroz njihovu povijest i primjeni ovih sustava. Kada je razrađena primjena ovih sustava prelazi se na svojevrsni vodič kako odabrati MES sustav koji korisniku najbolje odgovara, a uz to objasnile su se razni izazovi kod implementacije MES sustave jednako kao i prednosti implementacije MES sustava. Nakon toga, prelazi se na analizu konkretnog MES sustava i načina na koji ovi sustavi rade u stvarnosti. MES sustav koji se analizirao zove se PAUK MES i proizvod je poduzeća Vanado. Kroz analizu ovog sustava prikazan je životni ciklus proizvoda kroz ovakav sustav jednako kao i način implementacije MES sustava na primjeru dva stvarna poduzeća. Poduzeća koja su se analizirala su Letina-VEM i Izvor-KA. Na samom kraju rada analizirani su ključni pokazatelji uspješnosti rada MES sustava i prikazan je rast u razini poslovanja uzrokovan implementacijom MES sustava.

Ključne riječi: MES sustavi, unaprjeđenje proizvodnih sustava, sustavi upravljanja proizvodnjom, pametna proizvodnja

SUMMARY

In this thesis, a detailed analysis of MES systems, their usage, and implementation methods was conducted. The introductory part of the thesis discusses the development of MES systems through their history and application. Once the application of these systems is elaborated, a guide on how to choose the MES system that best suits the user is presented, along with an explanation of various challenges and advantages of MES system implementation. Following this, the thesis moves on to the analysis of a specific MES system and how these systems work in reality. The MES system analyzed is called PAUK MES, a product of the company Vanado. Through the analysis of this system, the product lifecycle is shown, as well as the implementation process of the MES system using examples from two real companies. The companies analyzed are Letina-VEM and Izvor-KA. At the very end of the thesis, key performance indicators of MES system operation are analyzed, and the growth in business level caused by the implementation of MES systems is presented.

Keywords: MES systems, improvement of production systems, production management systems, smart manufacturing.

1. UVOD

U današnjem dinamičnom i konkurentnom svijetu, promjene se odvijaju sve brže i poduzeća kako bi preživjela moraju brzo i efikasno odgovarati na sve moguće izazove koji se pred njih stave. Kada se govori o proizvodnim poduzećima ona se najčešće suočavaju s izazovima kao što su: optimizacija procesa, smanjenje troškova, povećanje efikasnosti i održavanje opreme.

Kako bi poduzeća što bolje odgovarala i rješavala postavljene probleme počeli su se razvijati informacijski sustavi čiji je zadatak bio unaprijediti i kontrolirati sve dijelove proizvodnog lanca koje proizvod mora proći od sirovog materijala do gotovog proizvoda. Sustavi koji su nastali iz ove potrebe nazvani su MES sustavima i postaju ključan alat pri postizanju zadanih ciljeva. MES sustavi povezuju različite aspekte proizvodnje, uključujući planiranje proizvodnje, kontrolu kvalitete proizvoda, upravljanje skladištima, upravljanje resursima i održavanje opreme. MES sustavi jednako tako povezuju fizički dio proizvodnje to jest obradu samih proizvoda i upravu koja izrađuje radne naloge koji se kasnije šalju u proizvodnju. Ovim povezivanjem MES sustava olakšavaju kontrolu i koordinaciju proizvodnih operacija i omogućavaju odgovor na moguće izazove u stvarnom vremenu. Zbog ovih, ali i raznih drugih prednosti MES sustavi postali su neizostavan dio modernih proizvodnih poduzeća.

Cilj ovog završnog rada je analizirati moguće funkcionalni MES sustava, posebno istražiti prednosti i mane do kojih dolazi kod implementacije ovakvog sustava u poduzeću korisnika. Jednako tako analizirat će se i kako MES sustavi rade u stvarnoj industriji. U ovom radu poseban naglasak će biti na sustavu PAUK koji je razvijen od strane poduzeća Vanado. Sustav PAUK će se detaljno analizirati i uz njegovu pomoć bit će prikazano kako ovakvi sustavi rade u stvarnoj industriji.

2. UVOD U MES SUSTAVE [1], [2], [3]

Manufacturing execution system, odnosno MES je softversko rješenje koje se koristi u proizvodnji kako bi se promatrao i kontrolirao proizvodni sustav u stvarnom vremenu. Sam MES sustav služi kao poveznica između planiranja i kontroliranja proizvodnog sustava, kao na primjer poveznica između ERP sustava i samih radnji u proizvodnji. MES sustavi prate i dokumentiraju put proizvoda kroz njegov cijeli životni ciklus. Od sirovca to jest početnog materijala, pa sve do gotovog proizvoda. MES sustav preuzima podatke o proizvodu iz raznih izvora od kojih je potrebno izdvojiti:

- Strojeve
- Senzore
- Operatere

Pomoću dobivenih podataka sustav daje točnu i trenutnu informaciju o stanju proizvodnih radnji. Životni ciklus proizvoda počinje kada se od proizvođača naruči potrebni materijal, a tada počinje i njegov životni ciklus u MES sustavu. Ovi sustavi su se razvili kao ključni faktori Industrije 4.0 kako bi se proces mogao što bolje pratiti i kako bi se prepoznalo i izbacilo što je više moguće gubitaka iz sustava. Vidljivo je da su MES sustavi ključni alati u lean načinu razmišljanja. Kako bi se MES sustav kvalitetno koristio prvo se moraju kvalitetno skupiti podatci koji će se kasnije analizirati. Skupljanje podataka se najčešće odvija na lokaciji same proizvodnje koju je potrebno analizirati. Podatci koje je potrebno sakupiti moraju ukazivati na stanje procesa. Primjer se može vidjeti mjerenjem trajanja određenog procesa. Vrijeme se u proizvodnji dijeli na:

- Pripremno vrijeme
- Tehnološko vrijeme
- Pomoćno vrijeme
- Završno vrijeme
- Dodatno vrijeme

Sva ova vremena potrebno je mjeriti kako bi se kvalitetno opisao proces i kako bi se znalo kolika bi se trebala očekivati norma za izradu određenog proizvoda. Norma označava prosječno vrijeme obučenom radniku da napravi jedan komad određenog proizvoda. Izmjerom ovih vremena točno se može vidjeti u kojem dijelu procesa postoji problem, a zatim se može razmišljati o načinu rješavanja problema. Vrlo je bitno dobiti podatke o svemu u što poduzeće

mora uložiti kapital. Kada su dobiveni svi potrebni elementi oni se mogu unijeti u MES sustav koji zatim analizira zadane podatke. Analizom podataka vidi se jeli sustav na razini koja se očekuje od njega i može se vidjeti gdje može doći do unaprjeđenja. Jednako tako može se u stvarnom vremenu vidjeti gdje se nalaze uska grla proizvodnje to jest radnje najduljeg trajanja i pomoću ove informacije MES sustav može odrediti najbrži put do gotovog proizvoda. Kada se naprave izmjene preporučene putem MES sustava osigurava se efikasniji prijenos resursa, bolje balansirano radno opterećenje i vrlo visok postotak isporučenja naloga na vrijeme. Sve ovo dovodi do povećanja profitabilnosti i proizvodnosti. Unaprijeđeni sustav se može pratiti pomoću MES sustava pomoću kojeg se jasno vidi jeli promjena koja je napravljena bila uspješna. Jednako tako, jasno se vidi ako je nešto pošlo po krivu u sustavu i točno se zna u kojem dijelu sustava je došlo do greške. Ovo je vrlo bitna informacija kako bi operater mogao obratiti pozornost na dio u kvaru i po potrebi servisirati ga. U industrijama sa striktnim regulacijama ovo je izrazito bitna informacija, pogotovo u prehrambenoj industriji iz razloga što ako nešto pođe po krivu može se vrlo brzo i efikasno doći do izvora nastalog problema. Jedna od bitnijih uloga ovakvih sustava je i kontrola i osiguranje kvalitete, koje se postižu uvođenjem procedura kontrole kvalitete, praćenjem izmjerenih podataka i prikupljanjem i praćenjem podataka u stvarnom vremenu. MES sustavi su jako bitni kod optimiziranja skladišnih prostora i minimiziranja zastoja u proizvodnji. U području skladišta postižu se uspjesi pošto MES sustavi imaju mogućnost praćenja stanja zaliha i praćenja kretanja materijala. Trenutni MES sustavi imaju mogućnost i da sami donose odluke što uvelike pomaže procesu. Primjer ovakvog rada može biti situacija u kojoj postoji radni nalog za kojeg je potreban određen materijal, a željenog materijala nema na skladištu. MES sustav uočava predstavljeni problem i u mogućnosti je samostalno poslati dobavljaču materijala upit za dostavu potrebnog materijala.

2.1 Razvoj MES sustava kroz povijest

Proizvodnja je došla daleko od ranih dana industrijske revolucije kada je bila rađena samo ručno i oslanjala se na jednostavne alate, strojeve i vještine individualnih radnika kako bi se došlo do gotovog proizvoda. S vremenom proces proizvodnje postajao je sve sofisticiraniji no do dolaska MES sustava nije bio dobro povezan i nedostajali su načini praćenja i kontrole u stvarnom vremenu što je dovelo do sporog i neefikasnog procesa. Problem je jednako tako bio u tome što se kontrola kvalitete najčešće radila samo vizualnim pregledom, a ne detaljnom analizom i automatizacijom kao danas. [4]

MES sustavi nastaju iz potrebe za praćenjem konkurencije i kako bi se povezao proces proizvodnje i dobio način praćenja i kontrole sustava u stvarnom vremenu. Sustavi pomoću kojih se upravlja proizvodnjom počeli su se primjenjivati u velikim kompanijama dolaskom prvih računala. Vrlo brzo su i manje kompanije prihvatile ovaj novi trend i krenule primjenjivati neki od oblika ovakvih sustava. Prvo se razvijao ERP model pomoću kojeg se prati računovodstvo kompanije budući da je to jednostavniji model i kod svakog poduzeća je sličan te ga ne treba puno mijenjati kako bi bio pogodan za drugo poduzeće. Do toga dolazi zato što računovodstveni dio najviše ovisi o zakonima u državi u kojoj se poduzeće nalazi. Jedan od prvih sustava koji je nastao od potrebe za digitalizacijom procesa je MRP sustav. Ovo je bio program koji je od plana proizvodnje razvio popis koji govori koliko je proizvodnji potrebno nekog određenog materijala. Iz MRP-a se razvija njegova druga verzija zvana MRP II koja je proširila svoje funkcionalnosti i uklopila neke nove značajke kao što su na primjer:

- Praćenje ljudskih resursa
- Praćenje stanja opreme
- Praćenje utroška energije
- Financijski čimbenici

Ovaj sustav se kasnije počeo služiti i opće je prihvaćen pod imenom CIM. Iz CIM-a se rađa sustav ERP koji se i danas koristi kako bi pripomogao računovodstvu od malih do najvećih poduzeća. Jednako tako, iz CIM-a se rađa i prvi MES sustav koji je i tema ovog završnog rada. MES omogućuje planiranje u stvarnom vremenu to jest dok se sam proces odvija, kontroliranjem procesa u njegovim raznim granama i fazama. Pomoću MES sustava može se vidjeti cijeli životni ciklus proizvoda od samih nabavki materijala do njegove izrade i skladištenja, pa sve do prodaje gotovog proizvoda. MES sustav sadrži sve značajke koje su sadržavali sustavi MRP i MRP II i to na način da sve potrebne informacije za planiranje proizvodnog procesa i kontrolu procesa dobiva putem interneta to jest raznih servera. Sve potrebne podatke MES sustav dobiva izravno sa strojeva raznim načinima. Uvijek se koriste podatci koji se događaju u stvarnom vremenu. Ime MES prvi put je iskoristila kompanija AMR Research 1990. godine i 1992. godine razni specijalisti korištenja i implementacije MES sustava su se udružili i osnovali organizaciju MESA. Ova organizacija je definirala jedanaest funkcionalnosti koje svaka MES aplikacija mora imati kako bi zadobila klasifikaciju MESA model. Ovaj podatak vrlo je bitan za svaku aplikaciju kako bi pokazala svoju kvalitetu. Od 2000. godine do danas vrlo se intenzivno radi na normiranju MES sustava i došlo je do

eksplozivnog unaprjeđenja sustava. Uvođenje MES sustava revolucionariziralo je proizvodnu industriju i omogućilo proizvođačima da prate i optimiziraju proces u stvarnom vremenu kako bi postigli maksimalnu moguću efikasnost. MES je sustav koji kontrolira operacije svih odjela, kao što su na primjer: vremensko planiranje, proizvodnja, logistika, kontrola kvalitete, održavanje i menadžment. Ovaj način u kojem svi odjeli koriste jednu aplikaciju ima mnoge prednosti, a najizraženije je to što informacija dolazi s jednog mjesta i time smanjuje vjerojatnost pojave nesporazuma među odjelima. Tržište MES softverima trenutno proživljava masovan rast kojeg pokreću značajna ulaganja u digitalnu transformaciju, automatizaciju i pametne tvornice. Ovaj rast na tržištu MES sustava vidljiv je i u Hrvatskoj. Predvodnik ovakvih sustava za hrvatsko tržište je tvrtka Vanado i njihov sustav PAUK. Proizvodnja je došla izrazito daleko u zadnjih nekoliko godina. Rast je brz i kako se trenutno čini nastaviti će se ovim trendom. MES će nastaviti gurati granice budućih tehnologija korištenjem raznih novih tehnologija od kojih treba izdvojiti AI, ML i IoT. Na tržištu se i danas nalazi jako puno zastarjelih rješenja i zastarjelih tehnologija što zasigurno znači da postoji jako veliko tržište kojem su potrebni MES sustavi i osigurava daljnji razvoj ovih sustava. [5]

2.2 Primjeri korištenja MES sustava [1]

MES rješenja mogu se implementirati i prilagoditi kako bi odgovarala različitim zahtjevima raznih industrija. Jezgra MES sustava ostaje ista od industrije do industrije, no kako se koriste razne specifične značajke često variraju. Poduzeća koja nude MES sustave najčešće nude i implementaciju i prilagodbu programa kako bi on najbolje odgovarao zahtjevima korisnika. U nastavku će biti dani primjeri industrija u kojima se koriste MES sustavi. Jedna od glavnih industrija koju treba spomenuti je zasigurno automobilska industrija. U ovoj industriji MES sustavi igraju bitnu ulogu kod koordiniranju vrlo kompleksnih montažnih linija. MES sustav u ovom primjeru pomaže na razne načine od kojih je potrebno izdvojiti: praćenje napretka vozila kroz montažnu liniju, praćenje stanje na zalihama različitih dijelova koji su potrebni u proizvodnji, te sinkronizacija operacija koje se odvijaju na raznim radnim stanicama. Vrlo je bitan alat i kod kontrole kvalitete, upravljanja opozivima vozila i praćenja sukladnosti s industrijskim normama. Sljedeća industrija o kojoj će se govoriti je prehrambena industrija. U prehrambenoj industriji, MES sustav pomaže kontrolirati kompleksnosti do kojih dolazi kod upravljanja raznim receptima, formulacijama i osiguravanjima sukladnosti s normama prehrambene industrije. Neizmjenljivo bitna informacija u prehrambenoj industriji je kontrola kvalitete. Potrebno je pomno praćenje kvalitete kako ni u kojem slučaju ne bi došlo do greške

koja korisnicima može donijeti ozbiljne zdravstvene probleme. MES sustavi vrlo su bitni i industriji robe široke potrošnje. U ovoj industriji MES sustavi pomažu pri upravljanju proizvodnje razne robe. Njihov najvažniji zadatak je optimizirati efikasnost procesa, upravljati pakiranjem samih proizvoda i koordinirati više proizvodnih linija. Sustavi daju točne podatke i u stvarnom vremenu o stopi proizvodnje, parametrima kvalitete i stanjima na zalihama. Vidljivo je da je primjerna MES sustava moguća u velikoj većini industrija i dovodi do poboljšanja proizvodnog sustava. Posebno su vidljiva poboljšanja u stupnju proizvodnosti procesa i samoj profitabilnosti procesa.

2.3 Podjela unutar sustava

Sustav se većinski dijeli u pet kategorija:

- Šifrnica
- Prodaja
- Nabava
- Proizvodnja
- Skladištenje

Svaka kategorija odnosi se na jedan dio životnog ciklusa proizvoda. Šifrnica drži informacije o šiframa svih dijelova, partnera i lokacija u sustavu. Kada se proizvod unosi u sustav kreće se od početnog sirovca svakog pojedinog dijela proizvoda, ako se on izrađuje u samom poduzeću. Prvotno operater u sustavu navodi koji proizvod ili poluproizvod je potrebno izraditi. Za zadani proizvod ili poluproizvod zatim se navode svi potrebni podatci za tehnološku obradu. Podatci na primjer mogu biti: materijal, način obrade, potrebni stroj, vrijeme trajanja obrada, kooperacije i slično. U programu nakon upisa podataka program prikazuje koliko materijala je dostupno na skladištu, jednako kao i koji materijal je potrebno naručiti prije same obrade. Naručivanje se ukoliko je potrebno može napraviti pomoću kategorije nabava koja daje mogućnost slanja upita dobavljaču za željeni proizvod to jest u ovom slučaju materijal. Jednako tako, narudžbe u kategoriji nabave prikazuju svoj status, bilo da su stigle na skladište, još u tranzitu ili ih dobavljač još nije poslao. Kada narudžba dođe do poduzeća ona se može vidjeti u kategoriji skladišta jednako kao i gotovi proizvodi koji čekaju odlazak kupcu. U ovoj kategoriji moguće je vidjeti i stanje samog skladišta to jest koliko je mjesta preostalo u skladištu i moguće je vidjeti postoji li potreba za povećanjem skladišta. Ako nije moguće povećanje

prostora potrebno je tražiti način da proizvodi provode manje vremena u skladištu i na taj način uštedjeti na prostoru. Kada je proizvod zadan izdaje se radni nalog koji točno operateru koji ga izrađuje govori koje korake treba napraviti kako bi došao do željenog rezultata. Ovom jasnom uputom se izbjegavaju greške do kojih bi moglo doći ako operater sam odlučuje kojim redom bi radio obradu. Kada operater završi svoj zadatak onda zatvara radni nalog i time šalje poruku sustavu da je proizvod gotov i dostupan na skladištu što bi značilo da je spreman za prodaju i put do kupca.

3. IZBOR MES SUSTAVA

Kako bi korisnik imao koristi od MES sustava prvo moraju proći tri koraka kako bi se pravilno postavio, a zatim i pratio sustav. Ti koraci su redom:

- Implementacija
- Analiza
- Optimiziranje [6]

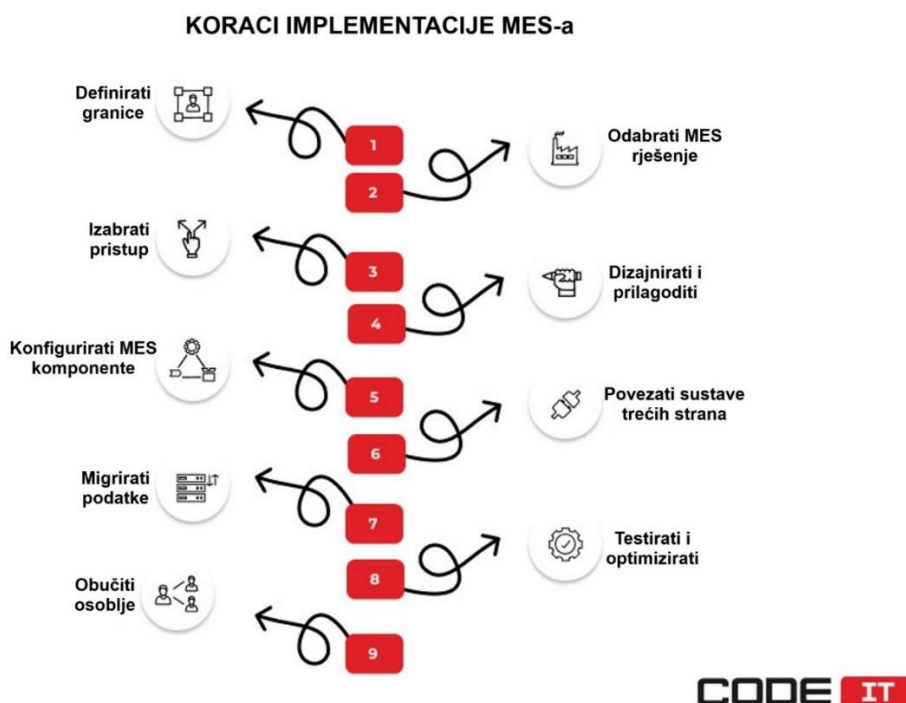
Prvi korak implementacija to jest postavljanje samog sustava vrlo je bitan korak pošto ako se on nezadovoljavajuće napravi doći će do greške u mjerenju stanja sustava i ta greška će se zatim povlačiti po svim ostalim koracima postavljanja sustava. Prije same implementaciju važno postaviti realan cilj i definirati postojeće probleme u poduzeću. Potrebno je i odrediti osnovne podatke potrebne za rad sustava. Ti podatci odnose se na određivanje šifri i naziva elemenata u sustava. Potrebno je i definirati tehnološke postupke koji su mogući u sustavu to jest tehnološka ograničenja i funkcionalne prepreke postojećih strojeva u sustavu, jednako tako potrebno je definirati i koji su strojevi ne zamjenjivi u sustavu. Vrlo bitan korak je pripremiti imena i prezimena djelatnika koji će raditi u sustavu jednako kao i njihove uloge to jest razinu njihovih prava. Prava je nužno zadati kako bi radnik imao pristup samo svojoj radnoj stanici, time se smanjuje mogućnost greške do koje je moguće da dođe ako bi radnik greškom krenuo raditi tuđi radni nalog. Potrebno je i pripremiti početna stanja skladišta kao i popis organizacijskih jedinica. Za sve elemente koji su potrebni, potrebna je i tehnička dokumentacija to jest specifikacije strojeva i opreme, upute za rad i razni nacrti potrebni za pravilno odvijanje proizvodnje.

Kada su svi ovi podatci definirani kreće se u odabir MES rješenja. Odabir najboljeg MES sustava za pojedino poduzeće radi se pomoću istraživanja uz razmatranje sljedećih faktora:

- Skalabilnost i fleksibilnost
- Izgled korisničkog sučelja
- Mobilnost pristupa
- Mogućnost integracije softvera drugih kompanija
- Poslovna inteligencija sustava
- Kompatibilnost i sigurnosne karakteristike sustava
- Cijena sustava

- Ocjene korisnika i preporuke
- Korisnička podrška

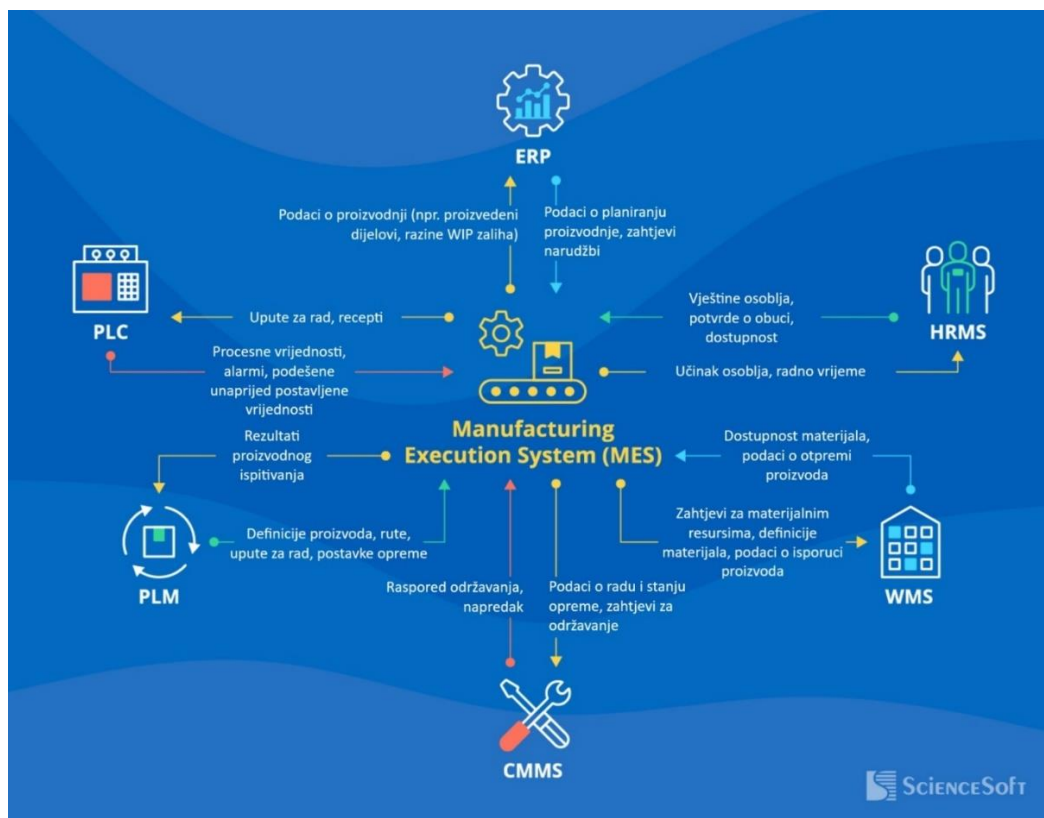
Pomoću prikazanih faktora odabire se najbolji sustav za određenu proizvodnju i svaka proizvodnja zasebno za sebe odlučuje koji dio sustava im je bitniji kod izbora sustava. Nakon odabira sustava potrebno je odrediti na koji način se pristupa implementaciji. Postoje dvije mogućnosti. Prva mogućnost je zapošljavanje pružatelja usluge implementacije MES sustava. Često poduzeća koja nude MES sustave nude i implementaciju samih sustava. Poduzeća koja nude ovakvu uslugu nude visoka znanja iz područja MES sustava i vješt tim profesionalaca. Oni rade zasebno od primarnog poduzeća i kao takvima nije im potrebno nadgledanje ili menadžment. U ovom načinu poduzeće koje pruža uslugu implementacije preuzima potpuni rizik i dostavlja finalni proizvod koji na kraju poduzeće koje je zatražilo uslugu testira i odlučuje je li proizvod zadovoljavajući. Drugi pristup je izrada odjela unutar poduzeća i zapošljavanje MES stručnjaka koji će biti zadužen za implementaciju sustava. U ovom načinu poduzeće mora napraviti detaljan plan provođenja implementacije, pratiti napredak i zadati zadatke koje je potrebno ispuniti. U ovom slučaju sav rizik preuzima poduzeće no dobiva i uvijek dostupan MES tim. Nakon što je izabrana odgovarajuća opcija kreće se u implementaciju. [7]



Slika 1. Koraci odabira i implementacije MES sustava [7]

3.1 Implementacija, analiza i optimiziranje MES sustava [7]

Implementacija MES sustava započinje dizajniranjem i prilagodbom MES sustava željama korisnika. U ovom djelu implementacije tim MES stručnjaka dolazi u proizvodnju i prati što bi poduzeću moglo biti potrebno za pravilno praćenje proizvodnje. Nakon analize i praćenja sustava stručnjaci izrađuju prvu okvirnu verziju MES sustava. Okvirna verzija se nakon detaljne kontrole i testiranja poboljšava i izrađuje se verzija koja je spremna za implementaciju u proizvodnji. Kada je MES sustav konfiguriran može se ići i u odabir infrastrukture koja se bira po potrebama i zahtjevima projekta. Infrastruktura može biti bazirana na cloudu, u samom poduzeću ili oboje. Odabirom infrastrukture može se ići u implementaciju raznih potrebnih senzora, aktuatora, robota i slično kako bi se proizvodnja što bolje pratila to jest unaprijedila. Izrađeni se MES sustav zatim instalirava na uređaje koji se koriste u proizvodnji, a to su najčešće računala ili u naprednijim poduzećima tableti. Kada je sve instalirano radnicima se daju prava na njihovim radnim stanicama kako bi mogli pristupiti radnim nalogima. Vrlo bitan korak je povezati MES sustav s drugim sustavima koje poduzeće koristi kako bi upravljalo poslovanjem. Ti sustavi mogu biti ERP sustavi, BI sustavi, WMS sustavi i svi ostali koji se koriste za upravljanje poduzećem. Povezivanje sustava pomoću MES sustava prikazano je na slici 2.



Slika 2. Povezivanje raznih sustava pomoću MES sustava [8]

Povezivanjem i postavljanjem svih komponenata bitnih za rad sustava može se krenuti u prebacivanje potrebnih podataka u sustav. Ako su podatci već prije pripremljeni ovo je vrlo brz korak no ako ih je potrebno pojedinačno tražiti može oduzeti puno vremena. Kod prebacivanja podataka postoje dva načina, a to su potpuno prebacivanje podataka i prebacivanje podataka dio po dio. Prebacivanje dio po dio se koristi kako bi se sustav mogao testirati i dodatno unaprijediti prije potpunog prebacivanja. Nakon obavljanja svih potrebnih koraka kreće se u testiranje sustava. Testiranje se odvija pomoću testova od kojih je najbitnije izdvojiti:

- Testiranje jedinica
- Testiranje integracije
- Testiranje izvođenja

Provedbom svih testova vidi se jeli prvotni cilj ostvaren i primjećuju se moguća područja u kojima je potrebna dorada kako bi se dostigao cilj. Zadnji korak implementacije MES sustava je obuka zaposlenika kako bi se znali pravilno koristiti sustavom, a to se radi pomoću prezentacija kako bi se sustav približio radnicima, a zatim i posebnim instrukcijama i dodjelom korisničkih priručnika. Nakon upoznavanja radnika sa sustavom sustav je spreman za početak rada u poduzeću.

4. IZAZOVI KOD IMPLEMENTACIJE MES SUSTAVA

Implementacija MES sustava vrlo je korisna i zasigurno će dovesti do povećanje efikasnosti procesa, a time i do veće profitabilnost, no implementacija ovakvog sustava nije jednostavna i dolazi uz određene rizike. Implementacija sustava vrlo je kompleksna i traži temeljito planiranje načina na koji će se postojeći sustav konfigurirati kako bi implementacija bila moguća. Za vrijeme u kojem se odvija implementacija sustava, može doći do kašnjenja u procesu, proizvodnje manje količine proizvoda i prekoračenja budžeta. Kada se sustav implementira on će kroz određeno vrijeme vratiti uloženi novac i trud no tranzicijski period potrebno je uzeti u obzir. MESA nudi pomoć poduzećima u ovom tranzicijskom periodu. Jedan od većih problema kod implementacije je integracija podataka između MES sustava i drugih sustava koje poduzeće koristi, kao što su na primjer ERP, PLM ili SCM. Integracija podataka između ovakvih sustava može tražiti ekstenzivnu prilagodbu. Ovaj dio implementacije se mora vrlo dobro napraviti pošto ako tu dođe do greške, greška će se vući kroz cijeli proces. Problem do kojeg često dolazi kada dolazi do velikih promjena u poduzeću je otpor promjenama od strane zaposlenika. Ovaj problem moraju rješavati menadžeri dobrom komunikacijom sa zaposlenicima, bitno je da se projekt kvalitetno predstavi zaposlenicima i da se poslušaju njihova mišljenja i stvari koje ih zabrinjavaju. Možda i najveći izazov kod implementacije MES sustava je sigurnost podataka koji se unose u sustav. U MES sustave unose se vrlo vrijedni podatci za koje se ne želi da dođu do javnosti. Oni sačinjavaju osjetljive podatke o proizvodnji, parametre proces, informacije o kvaliteti i slično. Ako bi ovakvi podatci izašli u javnost šteta bi bila vrlo velika zato što bi konkurencija mogla koristiti ove podatke i unaprijediti svoj sustav i osvojiti dio tržišta koji je prije bio pod poduzećima od koga su došle povjerljive informacije. Da bi se poduzeća osigurala od ovog problema koriste se snažne mjere zaštite kao što su na primjer enkripcija podataka i kontrola pristupa korisnika. [1]

Osim navedenih izazova postoje i drugi izazovi od kojih su neki prikazani na slici 3. i kod instalacije MES sustava ovi problemi se moraju imati na umu kako bi se što bolje i efikasnije implementirao MES sustav i time unaprijedio proizvodni proces i donijela veća profitabilnost. Pravim pristupom ovi se izazovi mogu savladati. [7]

Izazovi kod implementacije MES sustava



Integracija postojećih sustava



Izbor MES sustava



Obuka korisnika



Upravljanje promjenama



Tehnička i industrijska stručnost

CODE IT

Slika 3. Problemi kod implementacije MES sustava [7]

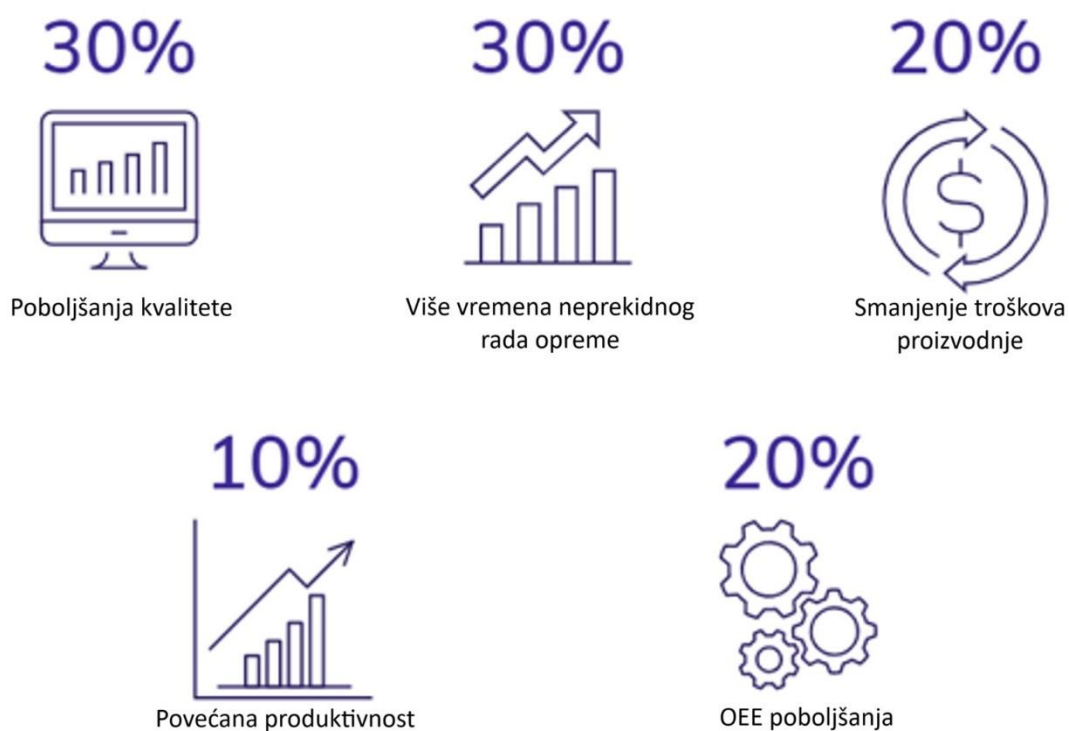
5. PREDNOSTI MES SUSTAVA

MES sustavi omogućavaju pregled cijelog procesa i omogućavaju proces automatizacije procesa. Prednosti MES sustava su brojne, MES sustav utječe na proizvođačevu mogućnost da unaprijedi proizvodni sustav i izradi nove značajke proizvodnog sustava. Pomoću MES-a česti problemi u proizvodnji mogu se jednostavnije savladati. Najčešće prednosti MES sustava su navedene u nastavku:

- Centralizirana dostupnost podataka – Implementacijom praćenja proizvodnje u realnom vremenu omogućuje se centraliziranost podataka iz proizvodnje. Jednako tako moguće je postaviti dovode informacija u kojima zaposlenici dobivaju samo one informacije koje su potrebne za njihovu radnu stanicu. Pomoću ovog načina moguće je samo u nekoliko klikova pratiti, pauzirati ili zaustaviti proizvodnju.
- Unaprijeđena kontrola kvalitete – MES daje podatke koji su prijeko potrebni kod povećanja efikasnosti strojeva i pronalaženja izvora gubitaka
- Povećana produktivnost i vidljivost – MES sustav pruža nadzornu ploču bitnih informacija u realnom vremenu o onome što se upravo događa. Ovo je vrlo korisna informacija pomoću koje se mogu prepoznati problemi u ranoj fazi nastajanja i može se brzo reagirati na nastale probleme te tako zagarantirati kretanje operacija po planu. Time se povećava produktivnost koja bi se definitivno smanjila kada bi došlo do većeg kvara pošto nije bio uočen u ranijem periodu. Automatizacija koja se postiže pomoću MES sustava pomaže pri smanjenju jednostavnih repetitivnih zadataka koji traže manualno unošenje. Pomoću ove funkcionalnosti smanjuju se greške do kojih dolazi kod prepisivanja. Jednako tako program može optimizirati proizvodni raspored i prepoznati operacije uskog grla i slično.
- Povećanje efikasnosti opreme (OEE) – Pomoću MES sustava povećava se efikasnost opreme pošto je moguće lakše pratiti stanje opreme, definirati termine održavanja, bolje definirati radne sate opreme i slično.

- Integrirane operacije – Funkcionalnost MES-a se može dodatno unaprijediti integriranjem rješenja drugih poduzeća. Moguće je omogućiti dijeljenje podataka između različitih sistem. Ova mogućnost pomaže kod suradnje između različitih odjela.
- Donošenje odluka vođeno podacima – Svi podatci skupljaju se na jednom mjestu i postaju jedini, a jednako tako i pravi izvor informacija. Korištenjem raznih naprednih tehnologija sustav može iz mora informacija izvući samo one najbitnije, na primjer pomoću ovakvih sustava mogu se prepoznati skriveni uzorci koji mogu pomoći kod održavanja sustava.
- Manji troškovi – MES sustavi postižu direktne uštede smanjenjem vremena potrebnog za proizvodnju.
- Povećana agilnost – Implementacijom MES sustava omogućuje se pristup proizvodnom sustavu u pogonu i eliminira se vremenski odmak. Pomoću ove mogućnosti istog se trena mogu otkriti problemi ili kvarovi na strojevima. Kvarovi se najčešće javljaju pomoću raznih alarma kako bi se što prije primijetili. Jednako tako moguće je s udaljene lokacije kontrolirati opremu i prilagoditi je potrebama sustava.

Prednosti MES sustava su razne i značajne, a dani primjeri prikazuju samo dio mogućih prednosti koje poduzeću donosi MES sustav. [1], [7]



Slika 4. Prednosti implementacije MES sustava [9]

Prednosti MES sustava vidljive su i u samim ključnim pokazateljima uspješnosti. Donose povećanu kvalitetu, povećanje u vremenu rada, smanjenje troškova proizvodnje, povećanu produktivnost, povećanu efikasnost opreme i mnoge druge pozitivne promjene. Na slici 4. vidljivo je kolika se poboljšanja u sustavu očekuju ostvariti korištenjem MES sustava u zadanim kategorijama. [9]

6. VANADO [10]

Vanado je hrvatsko poduzeće koje se bavi pametnim upravljanjem proizvodnjom i MES sustavi su im glavni proizvod s kojim pristupaju tržištu. U sklopu istraživanja za završni rad u ovom poduzeću je odrađena praksa kako bi se što bolje proučio MES sustav i njegove primjene u hrvatskoj industriji. Vanado se nalazi na adresi Radnička cesta 47. Poduzeće je osnovano 2012. godine od strane Davida Bucnara koji je i danas direktor. Prvo su radili aplikaciju za prijavu kvarova, evidenciju utroška rezervnih dijelova i preventivnih pregleda strojeva. Zatim je 2015. nastao PAUK MES softver za proizvodnju koji je i danas glavni proizvod poduzeća. Godine 2016. poduzeće se razvija i prema hardware smjeru i razvija uređaj za praćenje rada stroja u realnom vremenu. Na zahtjev korisnika 2018. godine razvija se i računovodstveni softver PAUK ERP. Godine 2019. poduzeće izlazi na europsko tržište i izlazi engleska verzija PAUK softvera. Vanado je danas osim ERP i MES sustava razvio i nudi i NRG i OS sustave, a trenutno se razvija i PDM sustav koji uz pomoć umjetne inteligencije može pročitati određen nacrt proizvoda koji je potrebno izraditi. Zatim program izvlači sve potrebne podatke koji se mogu vidjeti u tehničkoj dokumentaciji i automatski ih unosi u sustav kako bi se uštedjelo na vremenu koje bi bilo potrebno za ručno upisivanje svih ovih bitnih podataka. Vanado je uspješno integrirao svoje sustave u preko trideset poduzeća.

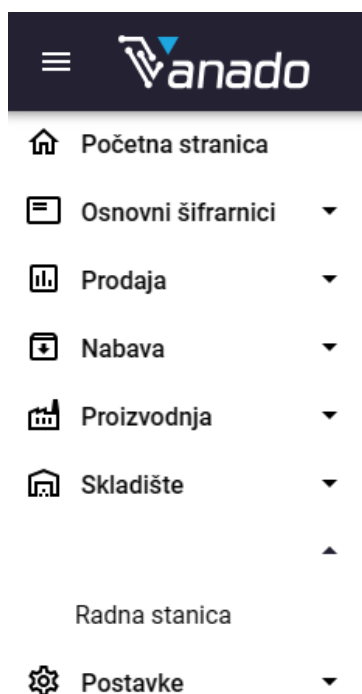


Slika 5. Logo poduzeća Vanado [6]

6.1 PAUK MES

PAUK je MES sustav kojeg je razvilo poduzeće Vanado. Sustav obuhvaća cjelokupno praćenje proizvodnje u realnom vremenu te vezu s radnim stanicama u proizvodnji i skladištem materijala. Sustav PAUK sastoji se od 6 kategorija, a to su:

- Osnovni šifrnici
- Prodaja
- Nabava
- Proizvodnja
- Skladišta
- Radna stanica



Slika 6. Korisničko sučelje MES sustava PAUK

U kategoriji osnovni šifrnici nalaze se sve informacije koje bi mogle biti potrebne za poslovanje poduzeća. Ovdje se nalaze sve potrebne informacije o artiklima poduzeća, uključujući detalje o specifičnom artiklu. Kao što su na primjer: šifra artikla, mjerna jedinica, kategorija, svojstva artikla, pravila oporezivanja artikla i slično. U šifrarniku se jednako tako nalaze sve potrebne informacije koje pomažu poduzeću kako bi moglo ne ometano poslovati s partnerima poduzeća. To se odnosi na primjer na: naziv partnera, državu podrijetla, djelatnost, tip partnera (kupac, dobavljač, kupac/dobavljač) i slično. U šifrarniku se ujedno nalaze i informacije o lokacijama potrebnim za poslovanje, paritetima, organizacijskim jedinicama,

poreznim oslobođenjima i tečajima valuta. U kategoriji prodaja nalazi se sve informacije povezane uz ostvarivanje kapitala. U ovoj kategoriji mogu se vidjeti sve ponude koje je poduzeće zaprimilo jednako kao i sve potvrđene narudžbe. Za narudžbe je moguće dodatno specificirati ako je za određene artikle potrebna grupna narudžba. Potvrdom narudžbe istovremeno se kreiraju i nalozi za otpremu koji su ujedno vidljivi u ovoj kategoriji. Ovdje se pohranjuju i cjenici koje je poduzeće postavilo kao i računi do kojih je došlo uspješnom prodajom. Računi su vrlo bitan podatak za ERP sustav to jest računovodstvo poduzeća. U kategoriji nabava nalaze se informacije koje bi mogle biti potrebne kada poduzeće kupuje proizvod to jest materijal za svoju proizvodnju. Ovdje se nalaze svi upiti poslani dobavljačima jednako kao i ostvarene narudžbe. U sustavu ove kategorije razrađen je i cijeli plan nabave i mogu se vidjeti svi potrebni cjenici dobavljača, jednako kao i cjenici energenata koji se koriste u proizvodnji. Vanado je razvio hardverska rješenja koja se mogu priključiti na stroj koji se želi pratiti i dati informaciji o tome koliko energenata taj stroj troši. Pomoću te informacije i cjenika energenata dobiva se koliko kapitala stroj troši na energente. Sljedeća kategorija je proizvodnja, ovo je možda i najbitnija kategorija u MES sustavu. U ovoj kategoriji nalaze se svi upiti kao i status upita. Ovdje se nalaze i svi normativi koje je poduzeće zadalo. Pomoću normativa izrađuju se radni nalozi koji se jednako tako nalaze u ovoj kategoriji. Uz radne naloge ovdje se nalaze i sve potrebne informacije o svim dostupnim strojevima. Strojevi i sama proizvodnja koriste razne senzore kako bi se pratilo stanje sustava i rad sustava. Informacije o sensorima i izmjerenim vrijednostima pomoću senzora se jednako tako nalaze u ovoj kategoriji. Zadnja potkategorija koja se nalazi u kategoriji proizvodnja odnosi se na ostale troškove proizvodnje i vrste tih troškova. Skladište je kategorija u kojoj se nalaze sve informacije o životnom ciklusu proizvoda između proizvodnje samog proizvoda i transporta do kupca. U ovoj kategoriji nalaze se razne primke što od dobavljača što iz proizvodnje, ali i primke iz kooperacije. Ovdje se može vidjeti stanje skladišta i izvještaji iz skladišta kao i sva potrebna dokumentacija kao izdatnice, otpremnice i međuskladišnice, ali i šifarnik svih proizvoda na skladištu i inventure proizvoda. Zadnja kategorija u ovom sustavu je radna stanica. Ovoj kategoriji pristupa radnik na svojoj radnoj stanici i točno može vidjeti koji tehnološki postupak mora napraviti kako bi izvršio svoj zadatak i pomaknuo proizvod jedan korak bliže gotovom proizvodu. Ovdje radnik i označava kada je završio svoju operaciju tako da se može pratiti stanje procesa, jednako tako može i prijaviti bilo kakav problem kako bi se on mogao što jednostavnije i brže riješiti.

7. ŽIVOTNI CIKLUS PROIZVODA U SUSTAVU PAUK MES

U sljedećim točkama bit će opisan cjelovit životni ciklus proizvoda kroz sustav PAUK MES. Ovaj ciklus započinje od samog definiranja artikala, a završava izradom otpremnice za gotovi proizvod.

7.1 Kreiranje artikala

Životni ciklus proizvoda u MES sustavu počinje kada se proizvod izradi kao artikl. Operater odlazi na izbornik i izabire šifranik artikala. Kada je u tom prozoru izabire tipku na kojoj piše kreiraj novi artikl. MES sustav otvara novi prozor u kojem je moguće definirati potrebne informacije o novom artiklu. Informacije koje je potrebno unijeti mogu se vidjeti na slici 7.

Slika 7. Kreiranje artikla u MES sustavu PAUK

Kao što je vidljivo na slici postoji puno načina i mogućnosti kako opisati proizvod. Za neke proizvode neće biti potrebno ispuniti sva prazna mjesta kako bi se kvalitetno opisao proizvod. Polja označena zvjezdicom uvijek se moraju popuniti pošto bez njih nije kvalitetno opisan artikl. U ovom korisničkom sučelju postoji i kalkulator prikazan na slici 8. Kalkulator služi kao pomoć pri izračunu konverzijskog faktora koji daje informaciju o masi artikla po metru kvadratnom artikla što je vrlo bitna informacija kod transporta i skladištenja.

Kalkulator ×

Lim

Vrsta materijala ▼

Kubna gustoća
0

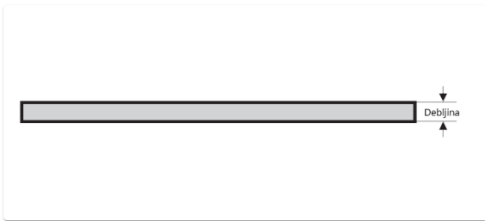
kg/m³ ▼

Debljina
0 ^
v

mm ▼

IZRAČUNAJ

Konverzijski faktor
0



LIM

PLOSNATI PROFIL (FLAH)

KVADRATNA ŠIPKA

OKRUGLA ŠIPKA

ŠESTEROKUTNA ŠIPKA

PRAVOKUTNA CIJEV

KVADRATNA CIJEV

OKRUGLA CIJEV

L PROFIL

U PROFIL

I PROFIL

T PROFIL

ZATVORI

Slika 8. Kalkulator za obračun materijala MES sustava PAUK

7.2 Izrada normativa

Nakon što se izradi artikl moguće je za izrađeni artikl napraviti normativ. Normativ označuje utvrđenu količinu vremena, radne snage, materijala, stroja, pogonske energije i sličnog potrebnog za proizvodnju jedinice nekog proizvoda ili za izvršenje određenog posla. Pomoću slike 9. može se vidjeti kako izgleda korisničko sučelje izrade normativa u sustavu PAUK.

| | |
|---|--|
| Naziv normativa | Tečaj valuta* EUR, Bank: HNB, Middle rate: 1, Date: 09. 05. 2024. × |
| Vrsta normativa Jedan izlazni proizvod | <input checked="" type="checkbox"/> Računanje s udjelima deaktivirano |
| Partner | <input checked="" type="checkbox"/> Kalkulator materijala aktiviran |
| Status normativa Nedefinirano | |
| Ukupna količina 0 | |
| Potrebno popuniti za setove | |
| Koverzjski faktor artikla 1 | |
| Potrebno popuniti za setove | |

| | |
|---|--------------------------------|
| Proizvod | ▼ |
| Materijal | ▼ |
| Ostala roba | ▼ |
| Poluproizvodi, sklopovi i pozicije | ▼ |
| Tehnološki postupci | GRUPIRAJ TEHNOLOŠKE POSTUPKE ▼ |
| Vanjske usluge | ▼ |
| Ostali troškovi proizvodnje | ▼ |
| Fiksni i varijabilni troškovi tehnoloških postupaka | ▼ |
| Ukupni troškovi | ▼ |

| | |
|---------------------------------|---|
| Datoteke | ^ |
| Ne postoje datoteke | |
| Učitaj Datoteke | |

Slika 9. Izrada normativa u MES sustavu PAUK

Kako bi se kvalitetno definirao normativ potrebno je definirati za koji artikl radimo normativ i zatim za taj artikl definirati razne informacije o artiklu. Tehnički podatci koji se moraju definirati uključuju materijal od kojeg se izrađuje proizvod, postoje li drugi artikli to jest poluproizvodi, sklopovi i pozicije koji su potrebni za izradu proizvoda jednako kao i tehnološki postupci pomoću kojih se izrađuje proizvod. Jednako tako dostupna je informacija o dostupnosti potrebnih materijala to jest poluproizvoda na skladištu, ako nisu dostupni potrebno ih je naručiti, no to se radi nakon što je odobrena ponuda kod većine poduzeća. Kod serijske proizvodnje naručuje se i prije odobrene ponude kako bi proizvodnja bila brža. Od ekonomskih podataka mora se definirati cijena vanjske usluge koje se odrađuju u kooperaciji i troškovi izrade proizvoda. Ukupni troškovi uključuju sve troškove koji su potrebni kako bi se proizvod napravio, a to su fiksni, varijabilni i ostali. Troškovi do kojih dolazi kod definiranja tehnoloških

postupaka ovisi o vremenu koliko se stroj koristi. Operater ne može točno znati koliko će vremena biti potrebno nego iskustveno daje pretpostavku kako bi mogao dati ponudu kupcu prije same proizvodnje. Ovdje proizvođač preuzima rizik i ako se dogodi da je operater dao krivu pretpostavku proizvodnja može biti skuplja od očekivane i moguće je da proizvođač bude u gubitku, no zato postoji marža tako da se ovako nešto rijetko događa. Nakon što je MES sustav zbrojio sve troškove proizvodnje na njih se dodaje marža i eventualni popust. Tek tada je moguće poslati ponudu kupcu.

7.3 Izrada ponude

Za izradu ponude, potrebno je otići u izbornik prodaja i odabrati potkategoriju ponuda. Sve što je potrebno unijeti kako bi se napravila ponuda vidljivo je na slici 10.

← Izrada ponude Spremi

| | | | | | |
|--|--|------------------|---------------------|-------------------|---|
| Datum izrade 10.05.2024. | Partner* <small>Partner nije u bazi podataka VIÉS</small> | Kontakt osoba | Adresa* | Paritet* | Tečaj valuta* EUR, Bank: HNB, Middle ... |
| Naslov | Upit | Broj upita kupca | Vrijedi do | Ponuda poslana na | Ponuda prihvaćena na |
| <input type="checkbox"/> Ponuda odbijena | Rok plaćanja | Uvjeti plaćanja | Vrijedi do napomena | Rok isporuke | Rok isporuke napomena |
| Generalni popust [%]* 0 % | Opis | Napomena | | | |

| Naziv artikla | Šifra artikla | Jedinica mjere | Količina | Ukupni iznos |
|---------------|---------------|----------------|----------|--------------|
| | | | 0,00 | 0,00 EUR |

| | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Ukupni iznos 0 EUR | Iznos popusta po stavkama 0 EUR | Iznos generalnog popusta 0 EUR | Ukupni iznos popusta 0 EUR | Iznos nakon svih popusta 0 EUR | Iznos poreza 0 EUR | Konačan iznos 0 EUR |
|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|

Stavka #1

| | | |
|--------------|--------------------|----------------------------------|
| Artikl* | Proizvod normativa | Porezno oslobođenje* |
| Rok isporuke | Količina* | Jedinična cijena u odabranoj ... |
| | 0 | 0 EUR |
| Napomena | Opis | Popust [%]* |
| | | 0 % |
| | | Iznos nakon generalnog pop... |
| | | 0,00 EUR |
| | | Stanje skladišta |
| | | 0 |

+ Dodaj Stavku

Datoteke

Ne postoje datoteke

Učitaj Datoteke

Slika 10. Izrada ponude u MES sustavu PAUK

Polja koja se moraju ispuniti i u ovom izborniku su označene zvjezdicom. Kada se popune sva potrebna polja softver automatski povlači cijenu proizvoda iz normativa i računa koliko je njegov iznos za zadanu količinu. Zajedno s cijenom proizvoda program računa porez kao i eventualni popust. Kada je sve definirano softver izrađuje ponudu koja se može prikazati u pdf ili xlsx obliku i moguće je izabrati jeli potrebno da ponuda bude na hrvatskom ili engleskom jeziku. Primjer ponude može se vidjeti u prilogu.

7.4 Izrada upita prema dobavljaču

U trenutku kada je ponuda prihvaćena izdaje se radni nalog. No prvo je potrebno naručiti potrebne materijale to jest poluproizvode koji su potrebni za izradu proizvoda ako oni nisu dostupni na skladištu. Ovaj dio procesa radi se pomoću upita prema dobavljaču. Izrada upita prema dobavljaču izrađuje se u izborniku za nabavu to jest potkategoriji upit prema nabavljaču. Izgled korisničkog sučelja može se vidjeti na slici 11.

Izrada upita prema dobavljaču

Datum izrade
10.05.2024.

Partner* Paritet*

Partner nije u bazi podataka VIES

Tečaj valuta*

Naslov

Opis

Napomena

Generalni popust [%]*
0

Radni nalozi

Vrijedi do
10.05.2024.

Rok plaćanja
10.05.2024.

Rok isporuke
10.05.2024.

Ponuda poslana na

Ponuda prihvaćena na

Vrijedi do napomena

Rok isporuke napomena

Uvjeti plaćanja

| Naziv artikla | Šifra artikla | Jedinica mjere | Količina | Ukupni iznos |
|---------------|---------------|----------------|----------|--------------|
| | | | 0,00 | 0,00 |

Ukupni iznos
0

Iznos popusta po stavkama
0

Iznos generalnog popusta
0

Ukupni iznos popusta
0

Iznos nakon svih popusta
0

Iznos poreza
0

Konačan iznos
0

Stavka #1 ⊕ ⊖ 📄

Artikli/usluga*

Vešana stavka upita / narudžbe Radni nalog Porezno oslobođenje* Količina* 0

| | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---|---|---------------------------------------|
| Rok isporuke <input type="text"/> | Jedinična cijena <input type="text"/> | Popust [%]* <input type="text"/> | Generalni popust [%] <input type="text"/> | Iznos nakon generalnog popusta <input type="text"/> | Stanje skladišta <input type="text"/> |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Opis Napomena

⊕ Dodaj Stavku

Slika 11. Izrada upita prema dobavljaču u MES sustavu PAUK

Jednako kao i kod izrade ponude nakon pravilno ispunjenih potrebnih polja automatski se generira upit prema dobavljaču čiji primjer se može vidjeti u prilogu. Kada su svi potrebni proizvodi naručeni i dospjeli u poduzeće kreće se s proizvodnjom proizvoda. Proizvodnja se pokreće izradom radnog naloga.

7.5 Izrada radnog naloga

Radni nalog se izrađuje pomoću kategorije proizvodnje i potkategorije radni nalozi. Potrebne informacije za izradu radnog naloga mogu se vidjeti na slici 12.

Izrada radnog naloga

Obvezno prijavljivanje po redu (radna stanica)
 Izradi više radnih naloga

Rok isporuke: 10.05.2024.

 Planirani početak proizvodnje:

Kategorija RN*: Normalni
 Broj stavki na jednom RN: 1

00:00

Datum početka:

Rok isporuke napomena:

Opis:

Poveznica na datoteke sa lokalnog servera:

Napomena:

Partner:

Stavke

Dodaj stavke sa potvrde narudžbe

Dodaj stavke s grupe narudžbe

Rekapitulacija stavki

| Naziv artikla | Šifra artikla | Jedinica mjere | Količina |
|---------------|---------------|----------------|----------|
| | | | 0,00 |

Stavka #1

Artikl*:

Normativ*:
 Rok isporuke:

 Planirani početak proizvodnje:

 Količina*: 0

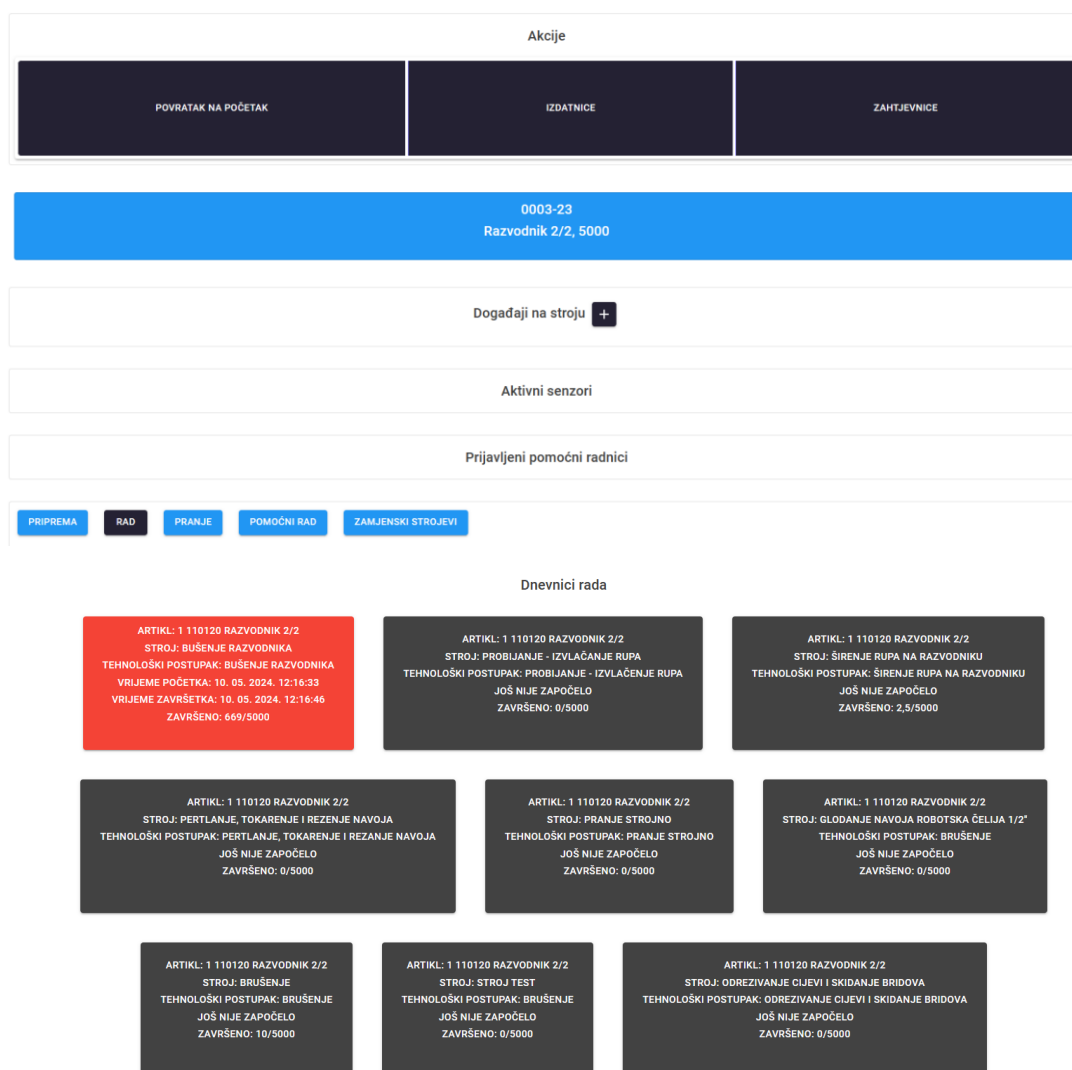
Starje skladišta: 0
 Serijski broj:
 GENERATELOTNUMBERS
 Opis:
 Napomena:

Dodaj Stavku

Slika 12. Izrada radnog naloga u MES sustavu PAUK

Softver nakon pravilno unesenih podataka izrađuje radni nalog koji se može vidjeti u prilogu. Kako se može vidjeti softver izrađuje dvije verzije jedna je QR kod, a druga je fizička to jest u

papirnatom obliku. Poduzeće može birati koji oblik želi izraditi ili moguće je napraviti i oba oblika. Pomoću fizičkog oblika operater čita što treba napraviti kako bi izradio proizvod. Noviji i bolji oblik je QR kod kojeg operater skenira i QR kod ga vodi na stranicu na kojoj mu točno piše što i kako treba napraviti i vidljiv mu je samo njegov zadatak kako ne bi slučajno krenuo raditi tuđi zadatak. Skeniranjem QR koda radnik dolazi na korisničko sučelje kao što je prikazano na slici 13.



Slika 13. Izgled Radne stanice u MES sustavu PAUK

Radnik ovdje može vidjeti na kojem stroju i kako treba izvršiti zadatak. Započinje zadatak klikom na operaciju iz dnevnika rada i zatim odabirom opcije stvaranje dnevnika rada. Kada radnik odabirom na zaslonu započne radnju počinje se mjeriti vrijeme potrebno da se operacija izvede kako bi se kasnije mogla izračunati cijena obrade. Završetkom zadatka radnik zatvara dnevnik radnog naloga. U ovom sučelju radnik može dati svoj komentar na izvršen zadatak, na

primjer kolika je odrađena količina, koliko je bilo škarta, koliko količine je potrebno doraditi ili ako je došlo do kvara radnik sve ovdje može upisati i dati do znanja poduzeću o stanju procesa. Završetkom radnog naloga proizvod je izrađen i spreman za transport do kupca ili ako nema kupca za spremanje na skladištu sve dok se ne proda.

7.6 Izrada primke iz proizvodnje i otpremnice

U slučaju da je potrebno skladištiti proizvod potrebno je izraditi primku iz proizvodnje, a ako se proizvod transportira do kupca potrebno je napraviti otpremnicu. Izrada oba dokumenta odvija se pod kategorijom skladište. Korisničko sučelje primke iz proizvodnje može se vidjeti pomoću slike 14.

← Izrada primke iz proizvodnje Spremi

Datum zaprimanja
10.05.2024. 📅

12:35 🕒

Radni nalog* ▼

Skladište ulaza* ▼

Izrada izdatnice

| Naziv artikla | Šifra artikla | Jedinica mjere | Količina | Ukupni iznos |
|---------------|---------------|----------------|----------|--------------|
| | | | 0,00 | 0,00 EUR |

Stavka #1 🔍 🗑️ 📄

Stavka radnog naloga* ▼

| Skladište | Količina* | Količina u pakiranju* | Interni lot broj |
|-----------|-----------|-----------------------|------------------|
| | 0 | 0 | |

Slika 14. Izrada primke iz proizvodnje u MES sustavu PAUK

Ispunom izrade primke iz proizvodnje softver izrađuje primku iz proizvodnje koja se može vidjeti u prilogu. Kao što se može vidjeti primka iz proizvodnje je QR kod koji se lijepi na gotov proizvod. Skeniranjem koda operator točno zna gdje se nalazi proizvod i pomoću QR koda može se naznačiti kada proizvod napušta skladište kako bi se vršila evidencija. Kada dolazi do napuštanja skladišta mora se jednako kao i kod napuštanja izlaza iz proizvodnje raditi otpremnica. Otpremnica se radi pomoću korisničkog sučelja koje je prikazano na slici 15.

← Izrada otpremnice Spremi

Datum izdavanja
10.05.2024. 📅

12:56 🕒

Datum završetka 📅

Kupac* ⌵

Kontakt ⌵

Prijevoznik ⌵

Mjesto isporuke ⌵

Adresa ⌵

Paritet* ⌵

Dodaj stavke sa potvrdi narudžbi ⌵

Referentna potvrda narudžbe

Nalog za otpremu ⌵

Skladište izlaza* ⌵

Napomena

Napomena za skladište

Izdano od _____ Izdano na _____ ✕ 📅

Kontakt _____ Vozač _____

Registarska tablica _____ Informacije o paketu _____

Broj za praćenje pošiljke _____ Preuzeto od _____

Roba preuzeta od datuma vozača ✕ 📅

Učitaj stavke proizvedene nakon zadnje isporuke za odabranog kupca

Stavke

Povrat postojeće otpremnice ⌵

Rekapitulacija stavki

| Naziv artikla | Sifra artikla | Neto masa | Bruto masa | Jedinica mjere | Količina | Ukupni iznos |
|---------------|---------------|-----------|------------|----------------|----------|--------------|
| | | 0 | 0 | | 0 | 0,00 EUR |

Stavka #1 🔍 🗑️ 🔗

Artikli* ⌵

Stavka narudžbe* ⌵ Skladište izlaza ⌵ Stavka naloga za otpremu ⌵ Interni lot broj ⌵ Količina* 0 Bruto masa 0

VIŠE LOT-OVA

Stavka izlaza 0

➕ Dodaj Stavku

Pakiranje

Stavka #1 🔍 🗑️ 🔗

Vrsta pakiranja* ⌵ Za stavku otpremnice ⌵

Količina* 0 Masa po komadu 0 [kg] Ukupna masa 0 [kg]

➕ Dodaj Stavku

Ukupna količina pakiranja: 0 [Komad]

Ukupna masa pakiranja: 0 [kg]

Slika 15. Izrada otpremnice u MES sustavu PAUK

Može se vidjeti kako je proces vrlo opsežan no ovo je nužno kako bi se osiguralo da se proizvod sigurno i na vrijeme transportira do kupca. Primjer otpremnice koju softver generira moguće je vidjeti u prilogu. Dokumentom otpremnica završava se životni ciklus proizvoda u softveru PAUK i označava uspješno završen i prodan proizvod.

8. IMPLEMENTACIJA SUSTAVA PAUK MES [11]

Implementacija sustava PAUK MES odvija se u pet faza od kojih je nulta faza definiranje uloga u projektu. To bi značilo da se prije početka implementacije u poduzeću treba odrediti odgovorna osoba koja će osigurati kvalitetnu komunikaciju s poslužiteljom usluge PAUK MES to jest poduzećem Vanado, te voditi projekt. Kada se odredi ovaj korak kreće se u prvu fazu, a to je snimanje stanja u trenutnom procesu. Snimanjem stanja upoznaje se s postojećim načinom rada te nedostacima koji iz njega proizlaze. Ovaj proces traje otprilike 3 dana kako bi se kvalitetno napravio. Vanado nudi i hardverski uređaj koji se postavlja na radne stanice koje je potrebno pratiti kako bi se dobili što točniji podatci, kako bi se kvalitetno moglo krenuti u drugu fazu. Uređaj je moguće bežično povezati sa strojem, ali i žičano ako je to potrebno. Uređaj može povlačiti podatke izravno s PLC-a ili senzora koji se postavljaju na željeno mjesto na stroju to jest na radnom mjestu. Prednost ovakvih uređaja je upravo to što se mogu postaviti na stroj bez obzira na datum proizvodnje stroja. Pomoću ovakvog uređaja može se analizirati početno stanje stroja jednako kao i stanje stroja kroz proizvodnju kako bi se vidjelo jeli stroj radi kako bi trebao, a najčešće se prati: radi li stroj, broj proizvedenih komada, te brzina rada. Uređaj za mjerenja stanja procesa prikazan je na slici 16.



Slika 16. Uređaj za mjerenje stanja procesa poduzeća Vanado [11]

Druga faza je definiranje projektnog zadatka. Na temelju snimljenog stanja donosi se strategija implementacije i definira projektni zadatak. Ovaj proces jednako tako traje otprilike 3 dana. Prema definiranom projektnom zadatku radi se prilagodba postojećeg MES sustava to jest osnovnog programa potrebama postojeće proizvodnje i postavljaju se prve online verzije sustava. Ovo je treća faza procesa koja je ujedno i najduža i najkompliciranija faza procesa i traje do 60 dana. Nakon što je sustav prilagođen proizvodnji i objavljena je prva verzija kreće testiranje sustava i obuka samih zaposlenika za rad sa sustavom. Ovo je četvrta faza i traje otprilike 5 dana. Zadnja faza odnosi se na sve ostale prilagodbe koje bi mogle biti potrebne kako bi sustav bio što efikasniji. Potrebne prilagodbe primjećuju se kroz korisnikov rad u samom sustavu i vrše se prilagodbe po zahtjevu samog korisnika. Ova završna faza procesa traje oko 30 dana i nakon nje poduzeće ima sustav koji će zasigurno osigurati učinkovitiju proizvodnju.

9. IMPLEMENTACIJA REALNOG SUSTAVA

Implementacija sustava PAUK u realnom sustavu bit će prikazana pomoću primjera iz poduzeća Izvor-KA i Letina VEM. Koriste se dva poduzeća pošto jedno poduzeće zasebno ne koristi sve mogućnosti sustava. Kod poduzeća Izvor-KA opisan će se potpuni proces implementacije i benefiti implementacije, a pošto ne koriste senzore na strojevima proces implementacije senzora bit će opisan pomoću primjera iz poduzeća Letina VEM.

9.1 Izvor-KA

Izvor-KA je poduzeće osnovano 1999. godine i nalazi se u Zlatar Bistrici. Specijalizirali su se za proizvodnju spremišta za kante i kontejnere za smeće te vrtnih kućica. Svojim proizvodima opremili su brojne javne površine i privatne posjede, a njihova rješenja posebno su popularna na obali i otocima Jadrana. Pirovac, Krk, Zadar, Opatija, Hvar, Vis i Pašman samo su neka od mjesta na kojima je moguće vidjeti njihova spremišta. Osim na Jadranu vrlo su prisutni i u Zagrebu gdje izrađuju tipske boksove to jest spremišta koje sufinancira grad Zagreb. [12]

Do odluke za kupnjom MES sustava PAUK došlo je zbog želje za podizanjem konkurentnosti na tržištu. Projekt su nazvali: „Podizanje konkurentnosti kroz uvođenje složenih digitalnih rješenja,„ i projekt se sastoji od dvije osnovne komponente, a to su:

1. Nabavka i implementacija sustava za upravljanje proizvodnjom
2. Edukacija

Cilj je da se pomoću ovog projekta poveća konkurentnost poduzeća, poboljšanjem organizacijske prakse te unaprjeđenjem značajnog broja poslovnih procesa pomoću MES sustava PAUK. [13]

9.1.1 Tijek implementacije

Tijek implementacije MES sustava u poduzeću Izvor-KA može se vidjeti pomoću hodograma prikazanom u nastavku.

Tablica 1. Hodogram implementacije MES sustava PAUK u poduzeću Izvor-KA

| | | | | |
|------------|---|---|------------|------------|
| MES | 1 | Kategorizacija artikala: podjela, strukturiranje i šifriranje proizvoda, materijala i ostale robe | 18.12.2023 | 31.1.2024 |
| | 2 | Unos artikala: Gotovi proizvodi, materijali, ostala roba, vanjske usluge itd. | 18.12.2023 | 31.1.2024 |
| | 3 | Unos partnera (kupci, dobavljači) | 18.12.2023 | 29.12.2023 |
| | 4 | Definiranje organizacijskih jedinica (skladišta), definiranje tijeka dokumenata. Unos inventurne liste. | 18.12.2023 | 31.1.2024 |
| | 5 | Definiranje radnih mjesta u proizvodnji - tehnološki postupci, strojevi (gruba podjela) | 2.1.2024 | 29.2.2024 |
| | 6 | Unos tehnoloških postupaka i strojeva (gruba podjela) | 2.1.2024 | 29.2.2024 |
| | 7 | Izrada normativa za radne naloge - definiranje razine pregleda i razrade proizvoda | 1.2.2024 | 29.5.2024 |
| | 8 | Lansiranje radnih naloga, odvajanje ovisno o dubini i kompleksnosti proizvoda | 1.2.2024 | 30.5.2024 |
| | 9 | Obuka planiranja proizvodnje | 1.10.2024 | 29.11.2024 |

| | | | |
|----|--|-----------|------------|
| 10 | Obuka za rad s dokumentima Prodaje (Upiti kupaca, Ponude, Potvrde narudžbi, Nalozi za otpremu, Računi) | 1.2.2024 | 28.6.2024 |
| 11 | Obuka za rad s dokumentima Nabave (Upiti prema dobavljačima, Narudžbe prema dobavljačima) | 1.2.2024 | 30.5.2024 |
| 12 | Obuka planiranja nabave | 1.7.2024 | 30.9.2024 |
| 13 | Obuka za rad s dokumentima skladišta (Primke, Međuskladišnice, Kooperacije, Izdatnice/povratnice, Inventura, Otpremnice) | 1.2.2024 | 29.3.2024 |
| 14 | Obuka za rad na radnim stanicama | 1.2.2024 | 30.4.2024 |
| 15 | Obračun troškova proizvodnje | 1.10.2024 | 29.11.2024 |

9.2 Letina VEM

Poduzeće Letina nastalo je 1963. godine i započeo ga je pokojni gospodin Ivan Letina. Bila je to samostalna radnja za proizvodnju poljoprivrednih strojeva. Godine 1990. proizvode prvi spremnik od nehrđajućeg čelika. Godine 1996. g. Ivan Letina odlazi u mirovinu, a poduzeće preuzima njegov sin g. Mladen Letina, osnivajući tvrtku Letina INOX. Godine 2005. proizvedeni su prvi razdjelnici od nehrđajućeg čelika. Godine 2014. osnovana je Letina grupa, a grupu čine tri poduzeća: Letina INOX, Letina INTECH i Letina VEM. Letina VEM s generalnim direktorom gospodinom Sašom Letinom nastavila je s proizvodnjom inox razdjelnika. Uz razdjelnike za razvod grijanja nude i industrijske razdjelnike. Razdjelnici koje proizvodi poduzeće Letina VEM koriste se za razne namjene uključujući radijatorsko, podno i stropno grijanje i hlađenje. [14]

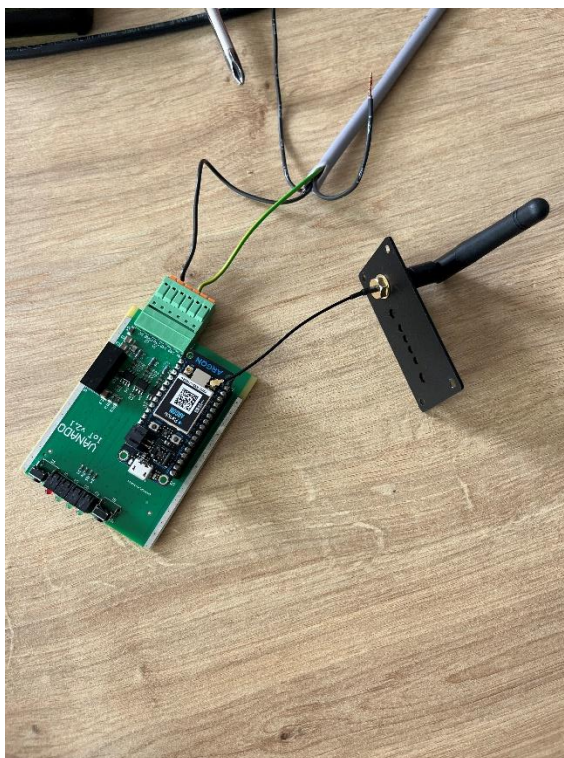
9.2.1 Implementacija senzora

U poduzeću Letina VEM implementirani su senzori na strojevima. Zadatak senzora bio je praćenje broja proizvedenih dijelova na određenom stroju. U svrhu objašnjavanja procesa implementacije senzora kao primjer stroja na kojem se vršila implementacija koristit će se glodalica za izradu provrta prikazana pomoću slike 17.



Slika 17. Glodalica za izradu provrta

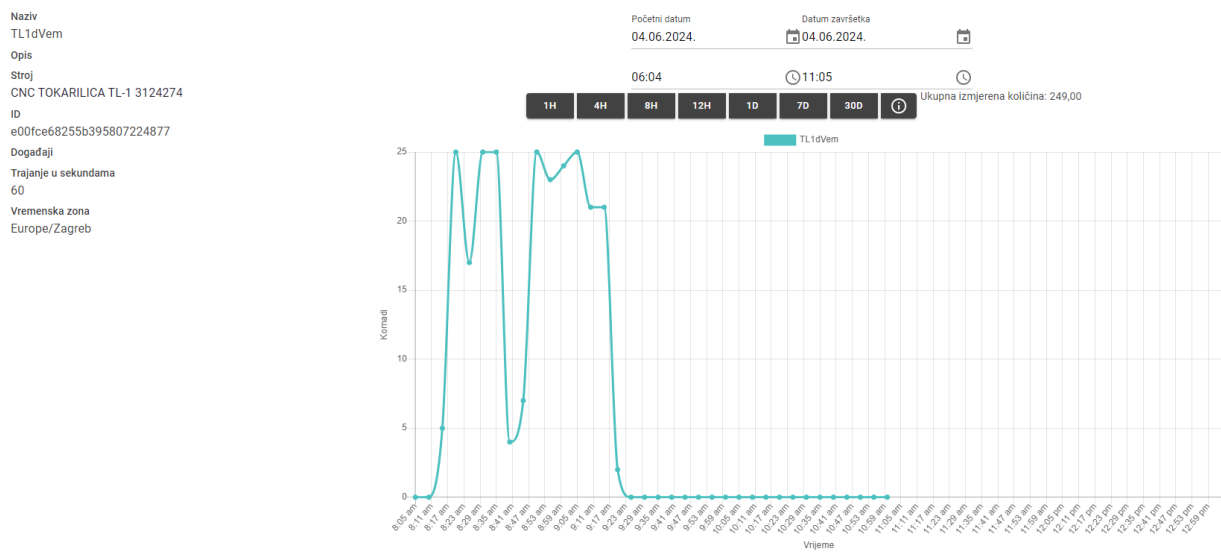
Senzor se ugrađuje u centralnu procesorsku jedinicu stroja i pomoću programa kojeg su izradili programeri poduzeća Vanado mjeri koliko je proizvoda taj stroj proizveo. Program radi tako da čita G-kod koji se u zadanom trenutku izvodi na stroju i kada u G-kodu dođe do funkcije M30 koja označava kraj izrade komada šalje signal koji se u sustavu PAUK pomoću grafa prikazuje kao završetak jednog komada. Ovo je bitna informacija kako bi se mogla pratiti produktivnost radnika i kako bi se moglo pronaći usko grlo u proizvodnji. Senzor se sastoji od četiri dijela, a to su kućište, antena, matična ploča i procesor. Kada se senzor prvi put spaja na stroj, spaja se bez kućišta zato što se na procesoru nalazi QR kod kojeg je potrebno skenirati kako bi se senzor spojio s aplikacijom koja pokreće program mjerenja. Izgled senzora bez kućišta može se vidjeti pomoću slike 18.



Slika 18. Uređaj za praćenje rada strojeva poduzeća Vanado bez kućišta

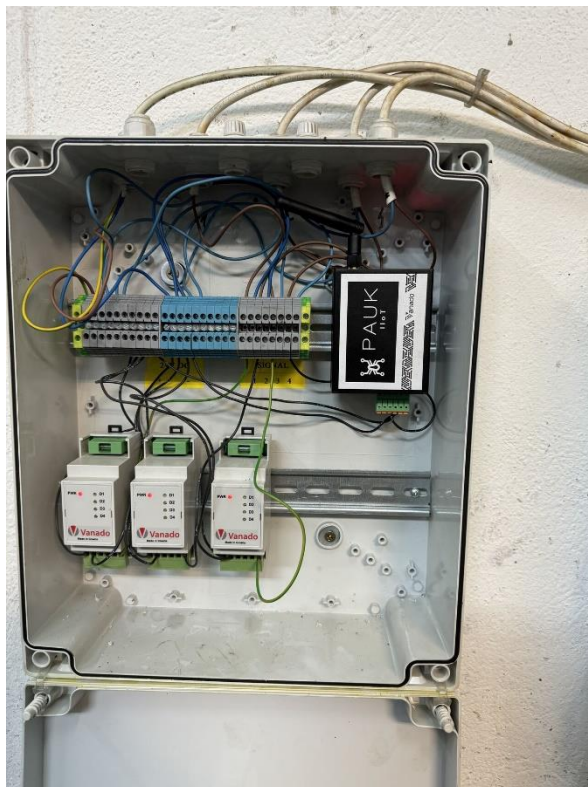
Nakon povezivanja senzora i aplikacije testira se rad senzora. Ako senzor radi u sustavu PAUK se prikazuje graf prikazan slikom 19. pomoću kojeg se može vidjeti koliko se proizvoda proizvelo u zadanom ciklusu na zadanom stroju.

← Senzor TL1dVem - Detalji

[Uredi](#) [Kopiraj](#) [Izbriši](#) [Povijest Revizija](#)


Slika 19. Graf proizvedenih proizvoda u jednom ciklusu izrađen pomoću MES sustava PAUK

Nakon testiranja senzor se zatvara u kućište i postavlja na centralnu procesorsku jedinicu stroja kao što je prikazano na slici 20., nakon čega je senzor spreman za praćenje rada sustava.



Slika 20. Postavljeni uređaj za praćenje rada strojeva poduzeća Vanado

10. ANALIZA POBOLJŠANJA REALNOG SUSTAVA

Poduzeće Izvor-KA je 2023. godine počela implementirati sustav PAUK i ovaj projekt im je pomogao pri:

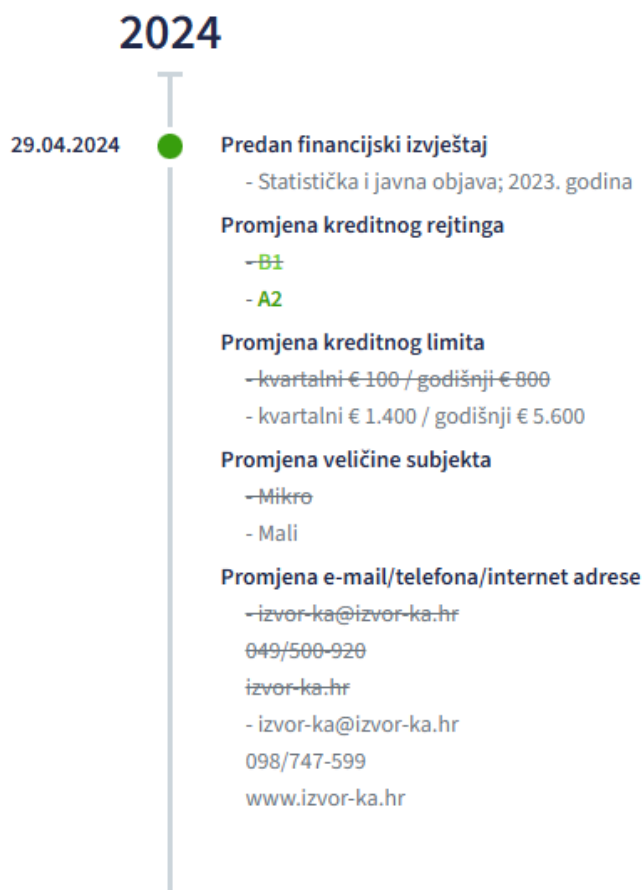
- Povećanju produktivnosti
- Povećanju broja klijenata
- Povećanju prihoda
- Digitalizaciji poslovnih procesa

Povećanjem ovih faktora značajno je poboljšano provođenje organizacijskih praksi te unaprjeđenje značajnog broja poslovnih procesa. Ova poboljšanja su rezultirala povećanju konkurentnost na tržištu. Ukupna vrijednost projekta bila je 18.087,50 eura, ali uspješno im je odobreno sufinanciranje od strane europske unije u iznosu od 7.962,00 eura. Po procjeni poduzeća ova investicija isplatit će se u vrlo kratkom roku. [13]

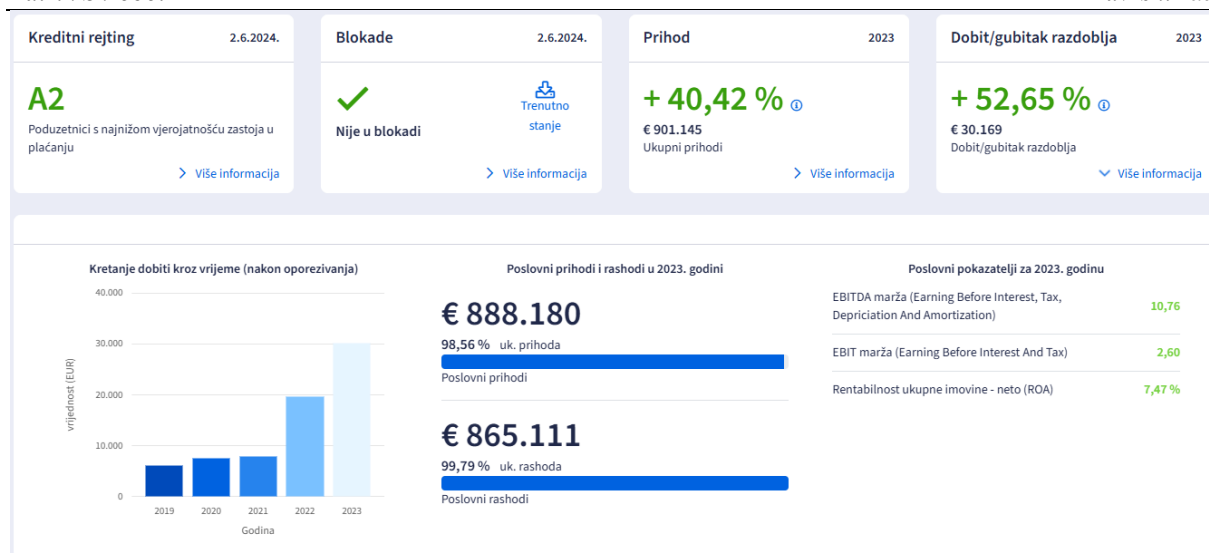


Slika 21. Očekivane promjene u poduzeću nakon korištenja sustava PAUK [6]

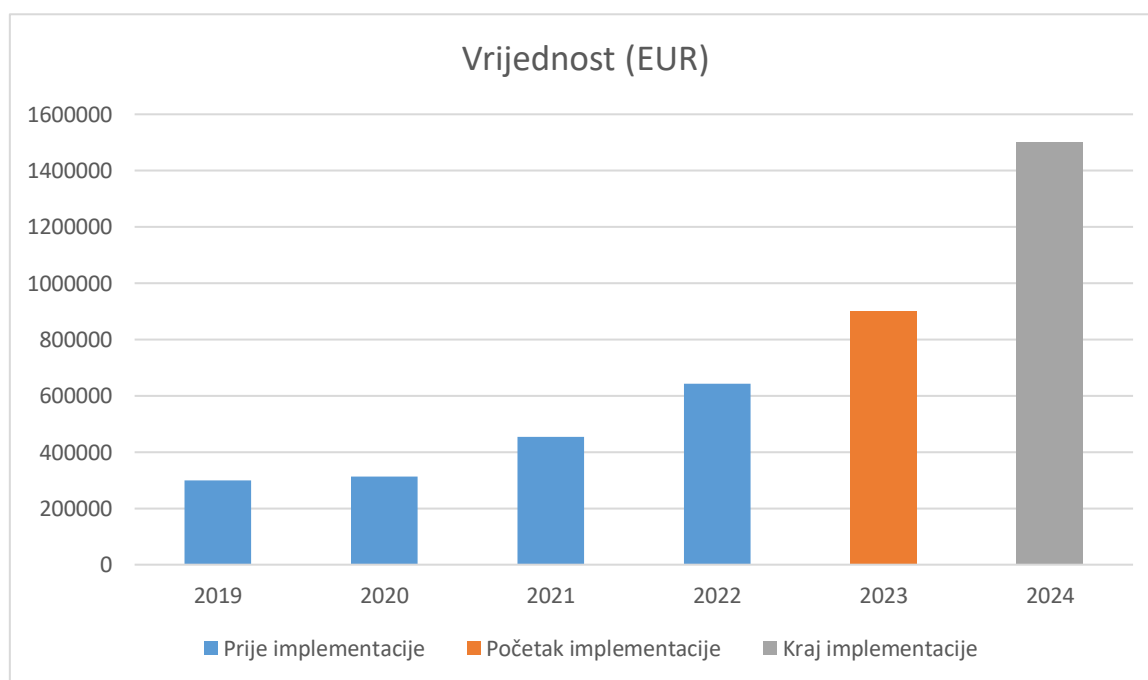
Pomoću slike 21. može se vidjeti da se u poduzeću Izvor-KA može očekivati značajan napredak u povećanju kvalitete proizvoda, smanjenju papirologije, povećanju produktivnosti i smanjenju zastoja strojeva. Ovi napredci već su vidljivi i osjetni unutar poduzeća, što potvrđuje da je MES sustav PAUK zasigurno unaprijedio proizvodni proces poduzeća Izvor-KA.



Slika 22. Kreditni rejting poduzeća Izvor-KA [15]



Slika 23. Sažetak ekonomskih informacije o poduzeću Izvor-KA [15]



Slika 24. Kretanje ukupnih prihoda u poduzeću Izvor-KA

Kao što se može vidjeti u podacima dostupnim na stranicama FINE u poduzeću Izvor-KA vidi se značajan rast. To se jako dobro može vidjeti pomoću slike 22. po tome što je poduzeće Izvor-KA nakon implementacije sustava PAUK skočila iz kreditnog rejtinga B1 u skupinu kreditnog rejtinga A2 koji označava poduzetnike s najnižom vjerojatnošću zastoja u plaćanju. Slika 24. izrađena je uz pomoć podataka dostupnih na stranicama FINE koji daju točan podatak o kretanju ukupnih prihoda u poduzeću Izvor-KA do 2023. godine i izračunate vrijednosti za

2024. godinu. Do izračunate vrijednosti dolazi se uvećanjem vrijednosti ukupnih prihoda koji se očekuju u 2024. za 20%. Podatak o vrijednosti ukupnih prihoda u 2024. godini dobiven je pomoću linije trenda rasta prihoda poduzeća, a uvećan je za 20% pošto se uvođenjem MES sustava očekuje rast u produktivnosti od 20% što je vidljivo na slici 21. Pomoću ovog izračuna vidljivo je da se očekuje značajan rast ukupnih prihoda u iznosu od 66,58 %. Naravno ovaj rast se ne može pripisati samo implementaciji sustava PAUK, ali definitivno je jedan od glavnih faktora rasta.

11. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu predstavljena je ključnost ulaganja u MES sustave u suvremenoj proizvodnji. Cilj rada bio je pokazati da je ulaganje u ovakve sustave značajno unaprjeđuje proizvodni proces, a najbitniji dijelovi koji se trebaju unaprijediti bili su: povećanja fleksibilnosti proizvodnih procesa, poboljšanje kvalitete proizvoda i povećanje učinkovitosti rada.

Istraživanjem iz mnogo različitih izvora, ali i iz same prakse, potvrđena je da početna pretpostavka da ulaganje u MES sustave dovodi do značajnog unaprjeđenja proizvodnog sustava. Neke od ključnih prednosti koje su bile primijećene su: centralizirana dostupnost podataka, unaprjeđenje kontrole kvalitete, povećana produktivnost i vidljivost, manji troškovi, povećana agilnost proizvodnje, ali i mnoge druge prednosti. Također u istraživanju se došlo do spoznaje da prijelaz na MES sustave nije jednostavan i sastoji se od mnogo prepreka i zahtjeva intenzivno planiranje. Moguća su kašnjenja u proizvodnji za vrijeme implementacije sustava, ali naravno možda i najveći problem je otpor od strane zaposlenika prema promjenama. Pokazano je kako se ovi, ali i drugi problemi mogu prebroditi i kako će se investicija u MES sustave na kraju izrazito isplatiti proizvodnim poduzećima.

Zaključno, MES sustavi ključan su alat u suvremenom proizvodnom pogonu i često predstavljaju ključno razliku između prosječnog proizvodnog pogona i izvanrednog proizvodnog pogona. Primjena ovih sustava omogućava konkurentnost na tržištu i mogućnost brzog odgovora na moguće promjene na tržištu, a samim time omogućuju rast poduzeća. Rast poduzeća vidljiv je pomoću ključnih pokazatelja uspješnosti, a najbolje se može primijetiti pomoću ekonomskih ključnih pokazatelja uspješnosti pomoću kojih se vidi značajan rast u profitabilnosti poduzeća.

LITERATURA

- [1] What is a manufacturing execution system (MES)?, <https://www.ibm.com/topics/mes-system>, 7. 5. 2024.
- [2] MES sistem - benefiti implementacije, <https://tipteh.com/ba/industrija-4-0/mes-sistem-za-siguran-poslovni-uspjeh/>, 7. 5. 2024.
- [3] MES (Manufacturing Execution System): Everything you need to know about the MES system, <https://forcam.com/en/blog/mes-importance-and-benefits-manufacturing-execution-system/>, 7. 5. 2024.
- [4] The history of MES and digitalisation in Manufacturing, <https://www.mesmatters.com/post/the-history-of-mes-and-digitalisation-in-manufacturing>, 10. 5. 2024.
- [5] History of MES – Manufacturing execution system, <https://www.empoweredautomation.com/history-of-mes>, 10. 5. 2024.
- [6] Vanado, <https://vanado.hr>, 14. 5. 2024.
- [7] Manufacturing Execution System (MES) implementation, <https://codeit.us/blog/mes-implementation>, 14. 5. 2024.
- [8] Manufacturing Execution System (MES), <https://www.scnsoft.com/manufacturing/execution-system>, 14. 5. 2024.
- [9] ANEVA MES (Manufacturing Execution System), <https://www.solutionspt.com/aveva-manufacturing-execution-system>, 21. 5. 2024.
- [10] Mi smo Vanado, <https://vanado.hr/o-nama>, 23. 5. 2024.
- [11] Tijek implementacije, <https://vanado.hr/rjesenja>, 2. 6. 2024.
- [12] O nama, <https://izvor-ka.hr/hr/o-nama/>, 11. 6. 2024.
- [13] EU projekti, [EU projekti \(izvor-ka.hr\)](https://izvor-ka.hr/hr/eu-projekti/), 11. 6. 2024.
- [14] Letina VEM d.o.o., [O nama - Letina VEM \(letina-vem.com\)](https://izvor-ka.hr/hr/o-nama/), 11. 6. 2024.
- [15] Fina Info.BIZ, [Fina Info.BIZ](https://izvor-ka.hr/hr/o-nama/), 20. 8. 2024.

PRILOZI

- I. PAUK MES (erp-develop.vanado.hr)
- II. Ponuda izrađena pomoću MES sustava PAUK



| | | | |
|-------------------|-----------|----------------|--------------------|
| Datum izdavanja: | 10.5.2024 | Kupac: | TestPartner |
| Valjanost ponude: | | Adresa kupca: | Tiranska ulica 9 |
| Paritet: | DAP | Mjesto: | Tirana |
| Rok plaćanja: | | Pošanski broj: | 23456 |
| Rok isporuke: | | Država: | Albanija |
| Kontakt osoba: | | OIB: | 098 |

Ponuda **0036-24**

| RB | Slika | Proizvod / opis | Šifra | Rok isporuke | J.mj. | Količina | Cijena | Popust | PDV | Iznos |
|----|-------|-------------------|-------|--------------|-------|----------|--------|--------|-----|--------|
| 1 | | Proizvod za probu | Prdpr | | kg | 10 | 55,74 | 10% | 0% | 451,49 |

| | | |
|---------------------|---------------|------------|
| Osnovica | 451,49 | EUR |
| Iznos poreza | 0,00 | EUR |
| UKUPAN IZNOS | 451,49 | EUR |

Napomena:**Napomena o roku isporuke:**Izradio/-la: **Patrik Škrobot**

{članku45.zakonaopdv-(oslobođenjepriizvozu)}

Radnička cesta 47,
10000 Zagreb - HRvanado@vanado.hr
info@vanado.hr

+385 91 2212 542



III. Upit prema dobavljaču izrađen pomoću MES sustava PAUK



Lipovac-metal d.o.o.
Hrvatska, 44000 Sisak, Nikole Tesle 10
Tel/fax: 385 44/540 029
E mail: info@lipovac-metal.hr
OIB: 24647682958
PDV-ID broj: HR24647682958
Žiro račun br: 2484008-1105972574
IBAN: HR0824840081105972574

10.5.2024

Upit 0011-24

Izradio: Patrik Škrobot

Artikli

| RB | Šifra | Naziv | Količina u j. mj. | Količina u dodatnoj j.mj. | Rok isporuke |
|----|-------|------------------|-------------------|---------------------------|--------------|
| 1 | Prf80 | Profil kvadratni | 20 kg | 0,000 | 10.5.2024. |

IV. Radni nalog izrađen pomoću MES sustava PAUK

| | | | |
|--|--------------------|----------|--|
|  | 0078-24 | | |
| | Datum izrade | | |
| 10.5.2024. | | | |
| Šifra artikla | Naziv artikla | | |
| Gotpromm | Gotovi proizvod MM | | |
| Narudžbenica/Grupna narudžbenica | Rok isporuke | Količina | |
| | 10.5.2024. | 1 | |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------|---------------------------------------|------------------|-----------------|---|-------------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------------|
| Produktionsauftrag | OL-0003-23 | Datum | 30. 08. 2023. | |  | | | | | |
| Produkt | Produkt Code | ProductName | Lager | Status | Fallig am | | | | | |
| | G216800001 | Modul LED Strahler Hatesill_187077 | Gotovi proizvodi | Lansirano | 31.8.2023 | | | | | |
| Produktions-Details | Geplante Menge | Fertiggestellte Menge | Fehlmenge | Offene Menge | Kundenauftrag | Kundennummer | Kundenreferenz | Projekt | | |
| | 15,00 | 0,00 | 15,00 | 15,00 | 55555 | Innovative Maschinencom | DE305279772 | (#projekt) | | |
| Bemerkungen | | | | | | | | | | |
| Komponenten | | | | | | | | | | |
| Resource | Artikel | Beschreibung | Lager | Ausgeben | Basis Mge | Geplante Mg | Laufzeit Soll | Laufzeit Ist | Mge LG | Unterschrift |
| 1 | | | | | | | 0,00 | | | |
| 2 | M201NSNS00001 | Boja u prah (jet crna) RAL9005 | | 0,00 | 0,30 | 4,50 | | | 8 | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 3 | M201NSNS00001 | Boja u prah (jet crna) RAL9005 | | 0,00 | 0,10 | 1,50 | | | 8 | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 4 | M1013600002 | Blech AlMg3 3 mm | | 0,00 | 0,88 | 13,16 | | | 5 | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 5 | M1013600001 | Blech AlMg3 5 mm | | 0,00 | 0,14 | 2,05 | | | 1.474 | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 6 | M1013600002 | Blech AlMg3 3 mm | | 0,00 | 0,08 | 1,23 | | | 5 | |

Imaco Systemtechnik doo, Zabljak bb, 74230 Usora, BA

Druck: 17.9.2023. 16:37

Seite: 1/3



| | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------------|--|--|------|------|-------|--|--|---|--|
| 7 | | | | | | | | | | |
| 7 | M1013600003 | Blech AlMg3 2 mm | | 0,00 | 0,05 | 0,82 | | | 0 | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 8 | M1013600003 | Blech AlMg3 2 mm | | 0,00 | 0,05 | 0,82 | | | 0 | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 9 | M1163800001 | RUND 10 (AlMg4.5Mn) AlMg4.5Mn | | 0,00 | 0,22 | 3,36 | | | 0 | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 10 | M1013800003 | FLACH 80x12 (AlMg4.5Mn) AlMg4.5Mn | | 0,00 | 0,25 | 3,68 | | | 0 | |
| 11 | | | | | | | | | | |
| 11 | M1013800002 | FLACH 80x6 (AlMg4.5Mn) AlMg4.5Mn | | 0,00 | 0,25 | 3,75 | | | 0 | |
| 12 | | | | | | | | | | |
| 12 | M113380600002 | Flach AlMg4.5Mn 25 x 12 | | 0,00 | 0,75 | 11,31 | | | 0 | |
| 13 | rezati na duzinu 377mm | | | | | | | | | |
| 13 | M1163800001 | RUND 10 (AlMg4.5Mn) AlMg4.5Mn | | 0,00 | 0,22 | 3,27 | | | 0 | |
| 14 | | | | | | | | | | |
| 14 | M1013800001 | FLACH 75x6 (AlMg4.5Mn) AlMg4.5Mn | | 0,00 | 0,26 | 3,84 | | | 0 | |
| 15 | | | | | | | | | | |
| 15 | M1013800001 | FLACH 75x6 (AlMg4.5Mn) AlMg4.5Mn | | 0,00 | 0,26 | 3,84 | | | 0 | |
| 16 | | | | | | | | | | |
| 16 | M13800001 | VIERKANT 15 (AlMg4.5Mn) AlMg4.5Mn | | 0,00 | 0,75 | 11,31 | | | 0 | |
| 17 | | | | | | | | | | |
| 17 | M1053800001 | Winkel 100x40x6 (AlMg4.5Mn) AlMg4.5Mn | | 0,00 | 0,02 | 0,30 | | | 0 | |
| 18 | | | | | | | | | | |
| 18 | KR10100020 | Vijak Zylinderschrauben ISO4762(ersetzt DIN912) mit Innensechskant-1SS Stahl 8.8.vz.blau-pass.(A2K) M6x40 | | 0,00 | 4,00 | 60,00 | | | 0 | |
| 19 | | | | | | | | | | |
| 19 | M1153800001 | WALZPLATTE 5 (AlMgMn4.5) AlMg4.5Mn | | 0,00 | 0,30 | 4,50 | | | 0 | |

Imaco Systemtechnik doo, Zabljak bb, 74230 Usora, BA

Druck: 17.9.2023. 16:37

Seite: 2/3



| | | | | | | | |
|----|--|---|----------------|------|-------|--------|-----|
| 20 | | | | | | | |
| 2 | Montaža elektro | | | | | 0,00 | |
| 2 | KR2100022 | Aderendhulsen 1,5 ² sw 8mm | Trgovačka rob: | 0,00 | 10,00 | 150,00 | 150 |
| 3 | | | | | | | |
| 3 | Rezanje kablova - Ablängautomat EcoCut 3300 Schleuniger | | | | | 0,00 | |
| 2 | M301S0100001 | TOPSERV® 113 Signalleitung PUR 4G1,5+(2x0,5) orange | | 0,00 | 5,00 | 75,00 | 50 |
| 3 | jedan komad je duzine od 5m | | | | | | |

V. Primka iz proizvodnje izrađena pomoću MES sustava PAUK

| | | |
|----------------------|--------------------------|---|
| Naziv artikla | |  |
| Razdjelnik GOP 7 | | |
| Šifra artikla | Partnerova šifra artikla | |
| RS7-GOP | | |
| Proizvedena količina | Naziv partnera | Broj narudžbe kupca |
| 1 kom | | |
| Količina u paketu | LOT broj | Broj radnog naloga |
| kom | 0075-24 | 0075-24 |

VI. Otpremnica izrađena pomoću MES sustava PAUK



Lipovac metal d.o.o.
Hrvatska, 44000 Sisak, Nikole Tesle 10
Tel/fax: 385 44/540 029
E mail: info@lipovac-metal.hr
OIB: 24647682958
PDV-ID broj: HR24647682958
Žiro račun br. 2484008-1105972574
IBAN: HR0824840081105972574

**Otpremnica br. - Lieferschein
Nr. 0032-24**

Mjesto izdavanja: Sisak
Datum isporuke: 7.5.2024

Izradio:
Mislav Benić
Šifra kupca: 18
PDV-ID broj kupca: 35834866321

Noževi d.o.o.
Dr. Mile Budaka 1
31000 Slavonski Brod
Hrvatska

| RB - Nr. | Šifra artikla - Art.Nr. | Naziv artikla - Artikelbezeichnung | Best Nr. - Abruf aus Grupna nar. - Potvrda narudžbe | J/m Menge-količina | Gew.-težina 1stck / kom(kg) | Gesamt gewicht - ukupna težina (kg) |
|----------|----------------------------|---------------------------------------|---|--------------------|-----------------------------------|---|
| 1 | PO 0506 | Poluosovina | | kom | 1,00 | |

Unknown identifier 'Incoterm'

| | | |
|---|---|-------|
| Ukupna neto masa - Waren gesamt Netto gewicht | | 0,00 |
| Paleta | 1 | 30,00 |
| Ukupna bruto masa - Gesamt Brutto gewicht | | 0,00 |

Direktor: Josip Lipovac