

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Žiga Jelen

Predlog rešitve za informatizacijo procesa vodenja  
proizvodnje premaznih sredstev

DIPLOMSKO DELO  
NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJU

Mentor: izr. prof. dr. Marjan Krisper

Ljubljana, 2012

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavlanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.



Št. naloge: 01808/2012

Datum: 15.03.2012

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **ŽIGA JELEN**

Naslov: **PREDLOG REŠITVE ZA INFORMATIZACIJO PROCESA VODENJA  
PROIZVODNJE PREMAZNIH SREDSTEV  
INFORMATIZATION PROPOSAL OF CLEAR COATINGS  
MANUFACTURING MANAGEMENT PROCESS**

Vrsta naloge: Diplomsko delo univerzitetnega študija

Tematika naloge:

V diplomski nalogi analizirajte proizvodni proces v proizvodnem obratu za premaze na vodni osnovi in proučite možnosti njegove informatizacije. Uvodoma predstavite strateške usmeritve podjetja, ki so podlaga za informatizacijo proizvodnega procesa ter ključne značilnosti proizvodnih sistemov in procesov, kakor tudi planiranja, vodenja in nadzora proizvodnje.

V nadaljevanju predstavite natančen posnetek aktualnega poslovnega procesa v obratu, vključno z opisi delovne dokumentacije in delovnih mest v obratu ter predlog informatizacije proizvodnega procesa. Opišite arhitekturo poslovnega sistema s predstavitevijo treh plasti: poslovne, aplikacijske in tehnološke. Ponujena rešitev naj ustreza vsem postavljenim zahtevam. V zaključku ocenite prednosti in tveganja pri implementaciji predlaganega informacijskega sistema.

Mentor:

prof. dr. Marjan Krisper

Dekan:

prof. dr. Nikolaj Zimic



# IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisani Žiga Jelen, z vpisno številko 63040058, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

**Predlog rešitve za informatizacijo procesa vodenja proizvodnje premaznih sredstev.**

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal/-a samostojno pod mentorstvomizr. prof. dr. Marjana Krisperja,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki »Dela FRI«.

V Ljubljani, dne \_\_\_\_\_ Podpis avtorja: \_\_\_\_\_

## Zahvala

Za strokovno pomoč in mentorstvo se zahvaljujem izr. prof. dr. Marjanu Krisperju. Za spodbujanje, ostalo podporo in razumevanje med pripravljanjem diplomskega dela pa sem posebej hvaležen staršema in bratu. Za lektoriranje dela se zahvaljujem mag. Vladki Tucovič, asistentki za področje književnosti in lektorici slovenskega jezika na Fakulteti za humanistične študije Univerze na Primorskem. Hvaležen sem tudi Georgini, ker mi je prijazno pomagala pri prevajanju povzetka v angleški jezik.

# Kazalo strani

1	Uvod.....	3
2	Predstavitev podjetja in proizvodnega obrata ter informacijske zahteve.....	5
2.1	Helios TBLUS, d. o. o.....	5
2.2	Proizvodni obrat za premaze na vodni osnovi.....	5
2.3	Opredelitev in predstavitev zahtev po informatizaciji procesa proizvodnje .....	6
3	Teoretične in znanstvene podlage za oblikovanje rešitve.....	7
3.1	Proizvodni sistemi in proizvodni procesi .....	7
3.1.1	Transformacijski sistem .....	8
3.2	Klasifikacija bazičnih dejavnosti.....	9
3.2.1	Proizvodne dejavnosti .....	9
3.2.2	Projektne dejavnosti .....	11
3.2.3	Storitvene in druge dejavnosti.....	11
3.3	Proces planiranja in vodenja proizvodnje .....	11
3.3.1	Vsebina planiranja in vodenja proizvodnje.....	11
3.3.2	Naloge planiranja in vodenja proizvodnje .....	12
3.3.3	Funkcije spremljanja, nadzora in vodenja.....	13
3.4	Nadzor in vodenje proizvodnje .....	14
3.4.1	Proces vodenja proizvodnje .....	14
3.4.2	Nadzor vodenja in izdelave – zajemanje in zbiranje podatkov o realizaciji .....	16
3.5	Informacijska podpora v proizvodnih sistemih.....	17
3.5.1	Integriran poslovni informacijski sistem.....	18
3.5.2	Sistemi MES .....	21
3.5.3	Procesni nadzor .....	22
3.6	Poslovno modeliranje .....	22
3.6.1	Uvod v poslovno arhitekturo in poslovno modeliranje.....	22

3.6.2	Poslovni model .....	25
3.6.3	Funkcijsko modeliranje .....	26
3.6.4	Podatkovno modeliranje .....	26
3.6.5	Poslovno procesno modeliranje .....	27
4	Posnetek poslovnega procesa v proizvodnem obratu za premaze na vodni osnovi .....	30
4.1	Proces vodenja proizvodnje .....	32
4.1.1	Opis izvajanja procesa po tehnološki recepturi .....	32
4.1.2	Delo s posodami .....	35
4.1.3	Doziranje materialov in količin zunaj tehnološke recepture .....	36
4.2	Delovna dokumentacija .....	37
4.3	Delovna mesta in kapacitete obrata .....	38
4.3.1	Disolverji .....	39
4.3.2	Rezervoarji .....	39
4.3.3	Mlini .....	39
4.3.4	Doziranje topil .....	39
4.3.5	Doziranje vode in veziv .....	39
4.3.6	Polnilna linija .....	40
4.3.7	Posode .....	40
5	Predlog informatizacije procesa vodenja izdelave .....	41
5.1	Arhitektura poslovnega modela .....	41
5.2	Poslovna plast .....	42
5.3	Aplikacijska plast .....	43
5.3.1	Aplikacijska arhitektura .....	43
5.3.2	Implementacija aplikacijske arhitekture sistema za sledenje proizvodnji .....	45
5.3.3	Izvedba in izbira programskega okolja in ogrodja .....	48
5.3.4	Relacijski model – entitete v proizvodnem procesu .....	48
5.3.5	Funkcionalnost sistema in modulov .....	51
5.3.6	Modul Delovodja .....	53
5.4	Pregled funkcionalnosti aplikacije – predlog .....	53
5.4.1	Delovno mesto – Dlančnik .....	53
5.5	Tehnološka plast .....	65
5.5.1	OPC v Heliosu .....	66
6	Sklepne ugotovitve .....	67

Kazalo slik.....	70
Literatura.....	71



## Povzetek

Podjetje Helios v svojem proizvodnem obratu za premaze na vodni osnovi v Domžalah izdeluje tekoče barve in lake. Cilj diplomskega dela je optimizirati proizvodni proces v tem obratu z njegovo informatizacijo. Vodstvo podjetja je že postavilo konkretne zahteve – podcilje, ki jih mora vključevati oblikovana rešitev oziroma predlog informatizacije procesa vodenja izdelave v obratu.

V začetku vsebinskega dela sta predstavljeni skupina Helios in podjetje Helios, TBLUS, s svojim proizvodnim obratom, skupaj z zahtevami glede informacijske podpore. Sledijo teoretične in znanstvene podlage, na katere se opirajo predlagane rešitve. Pojasnjeni so proizvodni sistemi in procesi, planiranje ter vodenje in nadzor proizvodnje. Glavni poudarek v tem delu pa je na informacijski podpori in integriranem poslovnoinformacijskem sistemu ter poslovnem modeliranju.

Praktični oziroma aplikativni del diplomskega dela predstavljata dva sklopa: (1) natančen posnetek aktualnega poslovnega procesa v obratu, vključno z opisi delovne dokumentacije in delovnih mest v obratu, in (2) predlog informatizacije proizvodnega procesa, ki predstavlja jedro diplomskega dela.

V predlogu je opisana arhitektura poslovnega modela s predstavitvijo treh plasti: poslovne, aplikacijske in tehnološke. Podrobneje je predstavljena aplikacijska plast, ki ponuja tudi podlage za implementacijo, funkcionalnosti in module.

Sklepna ugotovitev je, da rešitev odgovarja vsem postavljenim zahtevam in s tem izpolnjuje glavni cilj in podcilje. V sklepnem delu so tudi ocene prednosti, morebitnih šibkih točk ter tveganj, na katera moramo računati pri implementaciji predlaganega informacijskega sistema.

**Ključne besede:** proizvodni proces, poslovni proces, poslovno modeliranje, poslovni informacijski sistem, arhitektura poslovnega modela.

## Abstract

Helios is a water-based coatings production company, located in Domžale. This thesis is related to Helios's production unit in terms of optimizing the production process of the plant by applying means of informatization to several procedures. The company's management sets the list of requirements to be satisfied, such as sub goals to be included in the solution proposed, or present management execution system information that will support the plant's manufacturing process.

Firstly, group Helios and company Helios, TBLUS are presented along with their manufacturing facility and IT support requirements. Further on, the theoretical and scientific concepts on which the practical part relies on will be described. In this part, planning, controlling and managing of production systems and processes are defined, mainly focusing on the IT support and management systems and enterprise modeling.

The practical part of the thesis consists of two parts: (1) an exact replica of current business processes in the plant, including the description of working documentation and work places and (2) a suggested model of informatizing the manufacturing process, a procedure that represents the core of this thesis.

In the proposal part the three-layered enterprise architecture model is analyzed including: business, application and technological layer. The application layer is described in detail, being the basis for implementation, functionalities and application modules.

Concluding, it is argued that the solution proposed meets all expectations set and therefore fulfills the main objective and targets. Finally, in a closing section will be displayed advantages, potential vulnerabilities and risks that can occur throughout the implementation procedure of the proposed information system.

**Keywords:** manufacturing process, business proces, enterprise modelling, enterprise resource planning, enterprise model architecture.

# 1 Uvod

V globaliziranem gospodarstvu preživijo le najbolj konkurenčni, kar pa so lahko le tisti, ki so dovolj inovativni, produktivni in učinkoviti. Eden pomembnih vzvodov za zagotavljanje teh zahtev, ki se postavljajo managementu v gospodarskih družbah, je stalno izboljševanje poslovnih procesov. Vse bolj ključno vlogo pri tem imajo informacijske tehnologije (IT), ki se prav zaradi naraščanja potreb zelo hitro razvijajo. Ponudba standardiziranih rešitev IT na trgu se naglo širi, raste pa tudi povpraševanje po specifičnih rešitvah, prirejenih za konkretna delovna okolja in poslovne procese.

Finančna in gospodarska kriza, ki ji v Sloveniji še ni videti konca, zahteve še zaostreje, pa drugi strani pa terja tudi odločno klestenje stroškov, pri čemer niso izvzete niti investicije v IT-podporo. Uspešen manager se vlaganju v informatizacijo procesov ne bo povsem odrekel, saj se lahko takšno varčevanje na koncu izkaže v slabši učinkovitosti in uspešnosti zaradi neustrezne informacijske podpore. Ključno je, da ob pomoči strokovnjakov najde čim boljše in obenem stroškovno vzdržne rešitve.

Tega, da bodo svojo poslovno vizijo – uvrstiti se želijo v skupino desetih najpomembnejših izdelovalcev barv in lakov v Evropi – lahko dosegli le s stalnim izboljševanjem poslovnih procesov, se zavedajo tudi v skupini Helios. V ta namen so leta 2010 uvedli informacijski sistem SAP in nanj prenesli glavnino poslovnoproizvodnih procesov.

Lani je Helios na Količevem pri Domžalah odprl proizvodni obrat za premaze na vodni osnovi. Proizvodni proces je stekel, zdaj pa je prišla na vrsto naloga, da se proces optimizira z ustrežno informatizacijo. Vodstvo je oblikovalo zahteve, ki naj bi jih zagotavljal nov sistem spremljanja proizvodnega procesa v tem obratu.

V diplomski nalogi želim oblikovati takšen model informacijske podpore, ki bo v čim večji meri ustrezal postavljenim zahtevam. To je tudi osnovni cilj naloge. Po uvodni predstavitvi skupine in družbe Helios ter njenega obrata bom podal zahteve vodstva, ki jih mora izpolnjevati rešitev. To so podcilji v nalogi.

Iskanja rešitev se bom lotil z opisom teoretičnih in znanstvenih podlag, v nadaljevanju bom izdelal posnetek obstoječega proizvodnega procesa v Heliosovem obratu. Namen naloge ni, da posega v spreminjanje proizvodnega procesa, je pa poznavanje procesa nujno za izgradnjo rešitve informacijskega sistema za podporo procesu.

Jedro naloge je predlog izboljšave, to je, informatizacije procesa vodenja izdelave v obravnavanem obratu. Na koncu bom skušal rešitve oceniti z vidika, koliko ustrezajo zahtevam vodstva ter z vidika prednosti in morebitnih slabosti, ki jih rešitev prinaša.

## **2 Predstavitev podjetja in proizvodnega obrata ter informacijske zahteve**

### **2.1 Helios TBLUS, d. o. o.**

Družba HELIOS, Tovarna barv, lakov in umetnih smol Količevo, d. o. o. (v nadaljevanju Helios TBLUS), je največje podjetje Skupine Helios (*Helios Group*), ki je vodilni proizvajalec premazov v jugovzhodni Evropi ter v skupini 15 vodilnih v Evropi.

Krovna oziroma obvladujoča družba Skupine Helios je družba HELIOS, sestavljeno podjetje za kapitalske naložbe in razvoj, d. d. (skrajšan naziv: HELIOS Domžale, d. d.). Skupina ima skoraj 3.000 zaposlenih v preko 30 podjetjih v 14 državah. Osnovni kapital skupine znaša 11.694.732 evrov, ki je razdeljen na 278.446 navadnih imenskih delnic z nominalno vrednostjo 42 evrov. Vizija Skupine je, da se uvrsti med prvih deset vodilnih izdelovalcev barv in lakov v Evropi. [1]

Helios TBLUS je v 100-odstotni lasti Skupine Helios. Osnovna dejavnost podjetja je proizvodnja kritnih barv, lakov in umetnih smol. Zaposluje 857 delavcev [2]. Podjetje ima dolgoletno tradicijo. Korenine segajo v leto 1924, ko je bila ustanovljena delniška družba Ljudevit Marx, Tovarna lakov Domžale. Po letu 1945 je bila tovarna podržavljena in je doživela nekaj statusnih sprememb, ime Helios pa je dobila leta 1954. Kot družba z omejeno odgovornostjo je registrirana od leta 1998. Leta 1990 se je organizacijsko preoblikovala skladno z Zakonom o podjetjih.

Januarja 2010 so v Heliosu glavnino poslovno-proizvodnih procesov prenesli na nov informacijski sistem SAP. Posodobitev informacijskega sistema je predstavljala največji delež investicij v letu 2010. Del investicijskih sredstev pa je bil namenjen nakupu raziskovalne opreme – sofinanciranju v okviru skupnih razvojnih projektov [1].

### **2.2 Proizvodni obrat za premaze na vodni osnovi**

Na Količevem pri Domžalah je Helios TBLUS 19. 1. 2011 uradno odprl Proizvodni obrat za premaze na vodni osnovi. Investicija je znašala 7,5 milijona evrov. Osrednji del obrata predstavlja tehnološki del z mešalnico, mlevnim prostorom, izdelovalnico in polnilnico ter obsega 3.500 kvadratnih metrov neto uporabnih površin [2].

## 2.3 Opredelitev in predstavitev zahtev po informatizaciji procesa proizvodnje

Podjetje Helios v proizvodnem obratu za premaze na vodni osnovi izdeluje tekoče barve in lake. Vodstvo želi optimizirati proces z njegovo informatizacijo – vpeljavo sistema spremljanja procesa proizvodnje (cilj diplomskega dela). Spodaj v alinejah se nahajajo želje naročnika in funkcionalnosti, ki naj bi jih ponudila uvedba informacijskega sistema za sledenje proizvodnemu procesu (podcilji):

- spremljanje proizvodnje, to je:
  - spremljanje časa izvajanja posamezne operacije na delovnem mestu;
  - identifikacija delavca z magnetno kartico pri vstopu/izstopu;
  - prebiranje proizvodne dokumentacije, delovnih nalogov s črtno kodo, vnos zastojev itd.);
  - sistem kontrole izvajanja procesa izdelave na osnovi tehnoloških receptur;
  - sledenje resursom (zasedenost strojev, materiali v resursu);
- sprotno beleženje porabe surovin med proizvodnim procesom (doziranje barv v posamezni fazi, ročni vnos količin ali avtomatski zajem iz obstoječega sistema za avtomatsko krmiljenje proizvodnje;
- odprava napak zaradi ročnega vnosa podatkov;
- proženje doziranja cisternskih surovin iz sistema informacijskega sistema;
- beleženje procesnih podatkov iz strojev (temperature, obodne hitrosti mešal disolverjev in rezervoarjev);
- planska tabla za pregled procesa v izvajanju in pregled tehnoloških podatkov iz resursov (pregled lansiranih delovnih nalogov, status delovnih nalogov, spremljanje dogajanja na delovnem nalogu – operacij in faz – v realnem času);
- poročilni sistem iz pridobljenih podatkov;
- na podlagi pridobljenih podatkov omogočiti nadaljnjo analizo za učinkovito izvajanje procesa planiranja.

## 3 Teoretične in znanstvene podlage za oblikovanje rešitve

### 3.1 Proizvodni sistemi in proizvodni procesi

Sheikh opredeljuje pojem proizvodnje takole [3]:

*»Proizvodnja je zavestno dejanje proizvodjanja nečesa koristnega, kar poimenujemo proizvod. Le-ta je lahko materialni izdelek ali pa nematerialni, ki mu pravimo storitev«* (prevedel avtor).

Proizvodni proces je proces izdelave proizvodov, sistem, v katerem se proizvodni sistem odvija, pa je proizvodni sistem. V diplomskem delu se ukvarjam s proizvodnim sistemom, zato se bom v nadaljevanju omejil na proizvodne sisteme in proizvodne procese izdelave izdelkov.

Proizvodnja je ena bolj osnovnih in pomembnih funkcij človekove aktivnosti v moderni industrijski družbi in jo pojmuje kot kulturno dejavnost [4].

Izdelava (*ang. manufacturing*) je proizvodnja neopredmetenih dobrin (izdelkov), to je bazični zgodovinski proces, ki se izvaja že več tisoč let. Proizvedene dobrine (*angl. manufacturing matters*) so v tem primeru temeljna sredstva človekove eksistence, ustvarjajo bogastvo narodov ter prispevajo k človeški sreči in svetovnemu miru [3].

Po Ljubiču [5] teorija sistemov najširše opredeljuje sistem kot skupino komponent (funkcij, ljudi, aktivnosti, dogodkov itd.) v medsebojnih interakcijah, ki temeljijo na nekih zakonitostih ali načelih za doseganje predhodno definiranih ciljev. Vsak sistem ima v danem trenutku svoje stanje. Statični sistemi so mirujoči, njihovo stanje pa se s časom ne spreminja in je vse čas enako. Nasprotno pa dinamični sistem svoje stanje ves čas spreminja, v njem pa se dogaja določen proces, to je transformacija vhodne množice v množico izhodov. Ciljno usmerjen sistem je dinamični sistem, ki ima nek smoter. Spremembe stanja v takem sistemu pa so hotene in zavestne; tak sistem je vodljiv. Če sistem prepustimo samemu sebi, se njegovo stanje (praviloma) spreminja na slabše, kar poveča nedoločenost (entropijo) sistema, kar v skrajnem primeru privede do njegovega razpada.

Tudi proizvodni sistemi sodijo v razred dinamičnih, ciljno usmerjenih in vodljivih sistemov. Temeljni proces proizvodnega sistema lahko predstavimo s tako imenovanim trojčkom:

$$T = (TR, TU, TI)$$

Komponente trojčka predstavljajo temeljni transformacijski sistem (*TR*), regulacijski ali upravljalski sistem (*TU*) ter informacijski podsistem (*TI*):

- v transformacijskem (pod)sistemu proizvodnje se dogaja fizična transformacija vložka (*input*), to je: materiala, energije in informacij v izhod (*output*), torej: izdelke, storitve ter informacije;
- v regulacijskem ali upravljalnem (pod)sistemu teče proces vodenja in upravljanja, ki izvaja upravljalne ukrepe in vpliva na temeljni transformacijski proces;
- v informacijskem (pod)sistemu se izvaja informacijski proces, sestavljen iz podprocesa planiranja, nadzora in analize, ki zajema podatke o dogajanju v procesu (o njegovih inputih in outputih), podatke o ciljnih procesa in podatke iz okolja, jih obdeluje ter zagotavlja informacije za vodenje regulacijskega sistema.

### 3.1.1 Transformacijski sistem

V proizvodnem procesu se transformacija vložka v izhode običajno izvede v več korakih. Proizvodni proces na ta način lahko definiramo kot zaporedje (sekvenco) med seboj povezanih opravil ali delovnih operacij. To zaporedje imenujemo proizvodni tok. Delovne operacije se opravljajo na delovnih mestih, pri čemer delovno mesto razumemo kot funkcionalno povezavo delavcev (enega ali več) in delovnih sredstev (prostora, strojev, orodij in naprav) na določeni lokaciji. V praksi po navadi delovno mesto enačimo s strojem.

Na enem delovnem mestu je načeloma možen en način preoblikovanja vložka – obdelava, ena obdelava pa se lahko izvaja v različnih operacijah na različnih vložkih. Delovno operacijo lahko definiramo tudi kot opravilo, ki ga je potrebno opraviti, da se nek predmet dela – obdelovanec – preoblikuje z določeno obdelavo.

Delovne operacije lahko ločimo na:

- tehnološke delovne operacije: proizvodne delovne operacije, ki se izvajajo v okviru proizvodnega procesa;
- kontrolne delovne operacije, kjer se meri in nadzira stanje obdelovancev;
- transportne delovne operacije, s katerimi se spreminja lokacija obdelovancev v prostoru ter
- skladiščne delovne operacije, s katerimi se obdelovance zadržuje na nekem mestu procesa.

Različne delovne operacije se lahko izvajajo na različnih delovnih mestih oziroma strojih. Te lahko na prostoru izvajanja razdelimo na različne možne načine:



- delavniški raspored, če so stroji na istem prostoru oziroma oddelku razporejeni po neki značilnosti oziroma tipu opravila, ki ga opravljajo (delavnica stružnic, delavnica mlevnih strojev in podobno). V vsakem oddelku se izvaja ena tehnološka operacija, obdelovanci pa se med delavnicami prenašajo z enostavnimi transportnimi sredstvi (viličarji, posode, vozički in podobno). Čas prehoda med oddelki je sorazmerno dolg, materialni tok pa je diskontinuiran, saj obdelovanci med posameznimi obdelavami lahko čakajo, obdelovalni časi tehnoloških operacij pa niso usklajeni. Tak način razporejanja operacij je značilen tudi za proces proizvodnje v obravnavanem Heliosovem obratu;
- linijski raspored opreme, če so stroji razporejeni v takem zaporedju, kot teče proizvodni tok oziroma kot si sledijo tehnološke operacije. Stroji so med seboj povezani s specializiranimi prevoznimi sredstvi, ki tečejo kontinuirano (tekoči trak). Materialni tok je sicer diskontinuiran, čas prehoda med delovnimi mesti pa je praktično zanemarljiv. Zaporedje operacij je časovno usklajeno, operacije si sledijo nepretrgoma;
- proizvodne celice, kjer stroje razmestimo po oddelkih, vendar med seboj niso povezani s transportnimi sredstvi za kontinuiran prevoz obdelovancev in
- procesni raspored opreme, pri katerem je vsa oprema (stroji in transportna sredstva) združena v zaprt sistem, skozi katerega nepretrgoma teče tok obdelovancev; proizvodni proces je časovno usklajen, materialni tok pa kontinuiran.

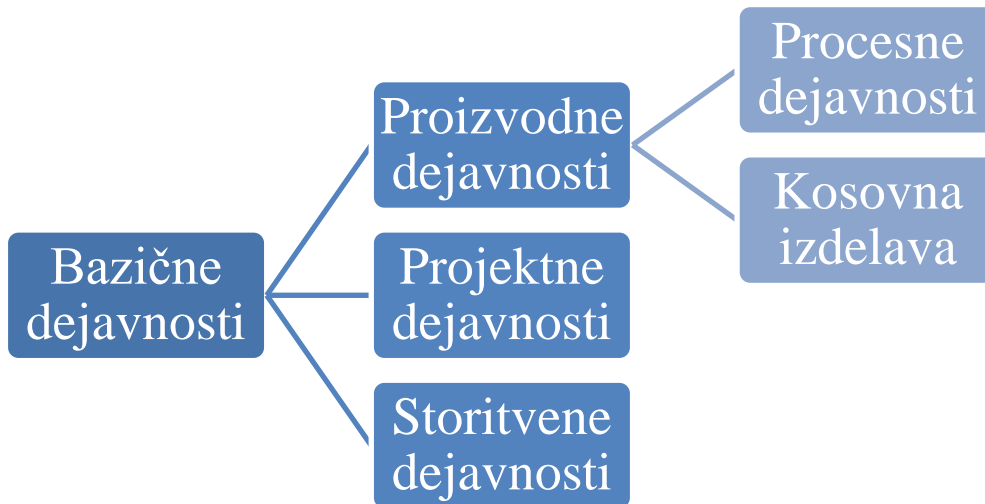
Povezovanje proizvodnih procesov ima lahko različne oblike. Povezava med procesi je analitična, kadar je izhod enega procesa obenem vhod v več procesov, ali pa sintetična, če je izhod iz več procesov hkrati vhod v en sam proces. Heliosovi proizvodni procesi si sledijo na način, da izhod enega procesa predstavlja vhod v en sam sledeč proces – proizvodna veriga oziroma veriga ustvarjanja nove vrednosti (angl. *supply chain* oziroma *add-on value chain*). S horizontalno delitvijo proizvodnje se srečamo takrat, kadar zaradi prevelike količine enakih izdelkov obsežen proces razbijemo na več enakih manjših proizvodnih procesov, v katerih se izdelujejo manjše količine izdelkov [5].

## 3.2 Klasifikacija bazičnih dejavnosti

Obstaja širok spekter bazičnih dejavnosti, ki vključuje poleg proizvodnje in izdelave tudi ostale oblike. Bazične industrije lahko klasificiramo na različne kategorije, tako kot prikazuje slika na naslednji strani.

### 3.2.1 Proizvodne dejavnosti

Proizvodne dejavnosti so vključene v proizvodnjo končnih produktov, ki imajo lastno vrednost na tržišču. Te dejavnosti nadalje ločimo v dve podkategoriji:



Slika 1: Shema delitve bazičnih dejavnosti

### 3.2.1.1 Procesne dejavnosti

Procesna izdelava, kot jo definira APICS Dictionary, je izdelava, ki ustvarja dodano vrednost z mešanjem, razdruževanjem, formiranjem in/ali izvajanjem kemijskih reakcij [6].

Te dejavnosti proizvajajo visoko standardizirane produkte v izjemno velikih količinah z uporabo kontinuiranega procesa. Značilnost procesa take izdelave je suhi ali mokri izdelavni tok, ki se ga lahko meri v teži ali volumnu, majhnem številu nedokončanih izdelkov v procesu (angl. *work-in-process*) in kratkem času od pričetka do izvršitve procesa (angl. *short lead time*). Značilnost take vrste proizvodnje je, da je komponente ali sestavine končnega izdelka zelo težko identificirati, produkta pa se ne da razstaviti na sestavne dele. V večini primerov so izdelki takih panog ali dejavnosti razsuti tovari. V nekaterih primerih so izdelki standardizirani do te meje, da se produkti različnih proizvajalcev med seboj sploh ne razlikujejo. Jeklo, tkanina, farmacevtski izdelki, barve, cement, naftni derivati, guma in papir so tipični izdelki procesne proizvodnje.

Procesna dejavnost razvija obsežne dolgoročne plane potreb virov. Ker so procesne dejavnosti kapitalsko intenzivnejše v primerjavi z izdelavnimi in montažnimi dejavnostmi, imajo finančne proračunske odločitve večji vpliv na finančne učinke v procesnih dejavnostih. Kapaciteta obrata in lokacija, dolgoročni plani materiala, osebja, energije in odlaganja odpadkov so pomembni vidiki procesnih dejavnosti. Izredno pomembno je tudi planiranje vzdrževanja v kontinuirani proizvodni, kakršna je tudi procesna dejavnost, saj okvara pomeni takojšnjo zaustavitev celotne linije.

Nekatere značilnosti procesnih dejavnosti so:

- spremenljiva kvaliteta surovine,

- spremenljivi recepti (kosovnica – angl. *Bill Of Materials – BOM*),
- donos produkta lahko zelo variira,
- povpraševanje po sorodnem izdelku mora biti uravnoteženo,
- produkti imajo navadno določen rok trajanja.

### **3.2.1.2 Dejavnosti kosovne proizvodnje**

Za to vrsto dejavnosti je značilno izdelovanje kosovnih in števnih produktov in sestavnih delov. Lastnost te vrste proizvodnje je, da proizvede posamezno komponento ali enoto produkta vsakič, ko se izvede neka operacija. Taki produkti se lahko razstavijo in ponovno sestavijo. Tipični produkti takih dejavnosti so oblačila, avtomobilska industrija, letalska industrija ter oprema in stroji (kmetijski in gradbeni stroji, električne naprave, gospodinjski pripomočki, pisarniška oprema, računalniki, železniška oprema in podobno).

### **3.2.2 Projektne dejavnosti**

Ključna značilnost projektnih dejavnosti je ta, da se materiale, orodja in osebje prenese na lokacijo, kjer se izdelek izdelava. V kontekstu inženirskih dejavnosti je projekt enkratno večje opravilo npr. v gradbeništvu, v ladjedelništvu ali pri postavitvah obratov in oblikovanju novih produktov.

Tak tip proizvodne organizacije temelji na enem izdelku, navadno velikih dimenzij, ki jo angažira nekaj mesecev ali celo več let. Vsak izdelek se potemtakem lahko obravnava kot prototip, ker se njegova struktura spreminja skladno z zahtevami stranke [7].

### **3.2.3 Storitvene in druge dejavnosti**

V ta segment vključujemo dejavnosti, katerih izdelki niso opredmeteni, marveč so to storitve (sem sodijo tudi dejavnosti, ki jih ne moremo vključiti v eno izmed opisanih kategorij). Primeri takih oblik industrij so: oglaševanje, finance, hotelirstvo, zavarovalništvo, naravni viri (premog, gozdovi, nafta) in podobno.

## **3.3 Proces planiranja in vodenja proizvodnje**

### **3.3.1 Vsebina planiranja in vodenja proizvodnje**

Planiranje proizvodnje opredeljujemo kot [5]:

- sistematično iskanje in določanje ciljev proizvodnje in
- ugotavljanje nalog, ki jih je treba realizirati z namenom, da bi dosegli postavljene cilje; potrebnih virov za izvedbo teh nalog, medsebojnih relacij vključenih virov ter poteka transformacijskega procesa.

Vodenje proizvodnje pa zajema:

- lansiranje nalog, ki jih je treba opraviti v danem roku, ter razpisovanje delovne dokumentacije;
- preskrbo delovnih mest z materialom in orodji;
- nadzor (spremljanje in kontrola) izvedbe nalog, ugotavljanje, ali so naloge izvedene, merjenje dosežkov ter zajem in analiza podatkov.

V nadaljevanju me bo zanimalo predvsem zadnje, to je spremljanje proizvodnje s pomočjo informacijske tehnologije. Zato se bom osredotočil le na ta vidik.

### 3.3.2 Naloge planiranja in vodenja proizvodnje

V proizvodnem poslovnem sistemu lahko dejavnosti planiranja in vodenja proizvodnje razdelimo v tri skupine:

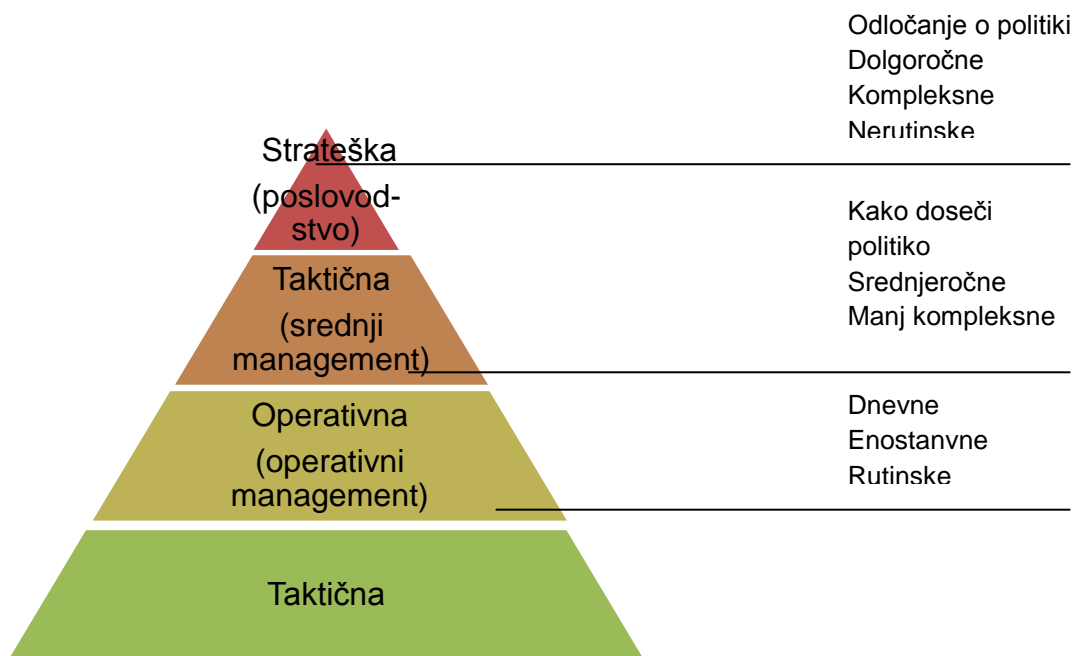
- dolgoročno strateško paniranje proizvodnje,
- srednjeročno taktično planiranje proizvodnje ter
- kratkoročno operativno planiranje, nadzor in vodenje proizvodnje.

Strateško planiranje ima dolgoročen vidik, zanj je pristojna najvišja raven v vodstveni piramidi, se pravi poslovodstvo. Odločitve, ki jih sprejema v povezovanju z ostalimi poslovnimi funkcijami, so, na primer: proizvodni program, katere vrste izdelkov proizvajati, v kakšni količini, kakšnega kakovostnega razreda, s kakšnimi stroški proizvajati, kje namestiti kapacitete obrata oziroma zmogljivosti proizvodnje ali na katerih trgih nastopati. Zraven sodi še dolgoročno dogovarjanje z dobavitelji materiala in električne energije ter zagotavljanje izobraževanje kadra. Strateški plani so zelo zgoščeni (agregirani) in so zaradi dolgega časovnega obdobja, ki ga pokrivajo (običajno dve leti), tudi zelo nezanesljivi.

Taktični plani s planskim obdobjem od šest mesecev do dveh let skrbijo predvsem za učinkovito uporabo obstoječih virov v dani tržni situaciji. Temeljijo na postavkah v strateškem planu glede omejitev fizičnih proizvodnih kapacitet in projekcije povpraševanja trga ter poskušajo razporediti razpoložljive vire na način, ki zagotavlja čim bolj učinkovito in dobičkonosno zadovoljevanje potreb trga. Čeprav so osnovne predpostavke o proizvodnih kapacitetah definirane z dolgoročnimi plani, se proizvodne kapacitete v določeni meri spreminjajo tudi v srednjeročnem obdobju. Lahko se na primer spremeni količina delovne sile (število zaposlenih), velikost zalog, način preskrbe zalog, spremeni se struktura dobaviteljev, ki jih bo podjetje uporabilo, in podobno. Srednjeročni plani zagotavljajo stabilnost za izvajanje na operativnem nivoju, so podrobnejši kot strateški plani in zaradi časovnega okvira planiranja tudi bolj zanesljivi. V njihovo izdelavo se vključuje srednji management in poslovodstvo.

Končno, operativno planiranje, predvideva akcije, ki so potrebne za zadovoljitev potrebe kupcev v okviru usmeritev, ki so jih opredelili agregirani dolgoročnejsi plani na višjih nivojih planiranja. Operativni plani so kratkoročni in prevzemajo naročila neposredno od kupcev ali iz sistema gospodarjenja z materialom (npr. ERP – gl. v poglavju 3.5) in podrobno planirajo, kako in kdaj se bodo izdelki izdelovali v proizvodnji. Najpogosteje ti plani pokrivajo časovno obdobje enega tedna, dneva ali celo ure bodočega delovanja, vsebujejo podatke, na primer o razporejanju izdelkov in delavcev po delovnih mestih, toku delovnih nalogov skozi proizvodnjo, navodilih za dopolnjevanje količin po skladiščnih lokacijah in podobno. Operativni plani so zelo zanesljivi in služijo za nemoteno izvajanje nalog. Izvaja ga operativni management (najnižji nivo vodenja) in neposredni izvajalci delovni nalog.

Spodnja slika prikazuje ravni poslovnega odločanja, povzeto po Krisperju [8] in spletnem viru [9].



Slika 2: Ravni poslovnega odločanja

### 3.3.3 Funkcije spremljanja, nadzora in vodenja

Funkcije planiranja in vodenje proizvodnje na najvišjem nivoju lahko razdelimo na planiranje proizvodnje, ki pokriva [5]:

- proizvodni program,
- vsebino in obseg proizvodnje,
- zagotovitev potrebnih virov in
- časovno dimenzijo proizvodnje,

ter funkcije, ki spadajo v okvir vodenja proizvodnje:

- lansiranje proizvodnje,
- spremljanje, nadzor in vodenje.

Ker se v diplomskem delu ukvarjam s spremljanjem proizvodnje, bom v nadaljevanju namenil večji poudarek tej temi.

Funkcije spremljanja, nadzora in vodenja proizvodnje (angl. *Production Activity Control – PAC* in *Shop Floor Control – SFC*) so:

- ugotavljanje in merjenje dosežkov,
- zajemanje podatkov in analiza,
- spremljanje poteka delovnih nalogov.

Načelo zajemanja podatkov o realizaciji proizvodnje je, da po v delovnem dokumentu (delovnem nalogu) predvideni akciji sledi zabeležka dejanskega dosežka.

Iz pridobljenih podatkov o realizaciji je mogoče pregledovati: stanje delovnih nalogov (oziroma stanje naročil kupcev), do katere operacije oziroma faze je napredoval proizvodni proces, koliko materiala so porabili do danega trenutka, koliko izdelkov je bilo zaključenih, podatke o zastojih v proizvodnji in podobno. Iz teh podatkov prav tako lahko pridobimo informacije o zasedenosti proizvodnih kapacitet.

Če ugotovimo, da dejanski dosežki bistveno odstopajo od planiranih, sledi operativno ukrepanje.

V okvir vodenja proizvodnje sodi tudi nadzor in vodenje zalog – proces gospodarjenja z materialom (angl. *Inventory Control*), kjer se izvaja skladiščno poslovanje in optimizacija količin naročanja.

### **3.4 Nadzor in vodenje proizvodnje**

#### **3.4.1 Proces vodenja proizvodnje**

Dejavnosti, ki so bile določene v procesih planiranja, je treba v proizvodnji tudi izvesti. Njihovo izvajanje je potrebno spremljati ter voditi. Proces vodenja vključuje [5]:

- lansiranje – proženje izdelave:
  - priprava delovnih nalogov,
  - razporejanje delovnih nalogov – fino planiranje,
  - razpis delovne dokumentacije,
  - preverjanje razpoložljivosti virov.

- dispečiranje:
  - rezervacija materialnih postavk (materialov, sestavnih delov in gradnikov),
  - razdeljevanje dela in odrejanje izvajanja,
  - preskrba z materialnimi postavkami in orodji,
- nadzor in vodenje izdelave – spremljanje:
  - zajemanje in zbiranje podatkov o realizaciji,
  - spremljanje poteka izdelave in analiza rezultatov,
  - ukrepanje, če je prišlo do odstopanja od planiranih rezultatov,
  - zaključevanje delovnih nalogov ob zaključku izdelave.

V procesih planiranja se za vsak predlog proizvodne akcije določijo proizvodni pogoji (materialne potrebe, roki izdelav in razpoložljivost materialov). Pri lansiranju proizvodnje (angl. *order release*) se za proizvodne akcije oblikuje delovni nalog, ki ima dvojni namen:

- ukaz oziroma navodilo proizvodnji, da se v določenem časovnem okviru izdela določeno količino izdelkov ali sestavnih delov;
- analitični konto, na katerega se knjižijo vsi stroški izdelave.

Če to ni bilo storjeno prej, sledi še fino planiranje – razporejanje operacij, kjer se na dan in uro natančno določi časovni potek operacij po delovnih nalogih.

Za sprožene delovne naloge je potrebno razpisati delovno dokumentacijo, v kateri so zabeležene vse potrebne informacije in je osnova za razdeljevanje dela in ukaz za izvedbo neke akcije.

Pred začetkom izdelave je potrebno za vse razpisane delovne naloge preveriti razpoložljivost vseh virov, ki so potrebni za realizacijo proizvodnega procesa: Treba je preveriti razpoložljiv material in sestavne dele ali so vsi stroji na razpolago ali bodo delavci usposobljeni za izvedbo in podobno. Če je vse zahtevano zagotovljeno, se delovni nalog preda v izvajanje (sprosti), če ne, gre na čakanje. Za sproščene delovne naloge se izvede rezervacija materialnih postavk, ki je lahko le formalna oziroma dokumentacijska, lahko pa se materialne postavke fizično pripravi na delovnih mestih.

Razdeljevanje dela je odrejanje, ki ga navadno opravlja delovodja. Ta določi, kateri izvajalec (delavec) bo izvedel neko operacijo po delovnem nalogu. O razdeljenem delu se običajno vodi evidenca v obliki planskih tabel.

Preskrba z materiali se navadno izvede tako, da si delavec sam priskrbi postavke ali pa za to poskrbijo pristojne službe. V tem primeru je za preskrbo z materialnimi postavkami zadolženo skladišče, ki na podlagi delovne dokumentacije pripravi zahtevane materiale, nato pa jih služba notranjega transporta dostavi na ustrezna delovna mesta. Za serijsko in masovno proizvodnjo je primeren le ta način.

V okviru nadzora in vodenja proizvodnje se izvaja zajemanje in zbiranje podatkov o realizaciji nalog v proizvodnji. Podporni sistemi, ki se v ta namen najpogosteje uporabljajo, so: SCADA, PAC in MES (več o tem v poglavju 3.5. in naslednjih).

Ideja zajemanja podatkov o realizaciji je, da se vsak dejanski dosežek delovne postavke na delovnem nalogu zabeleži. Tehnike zajemanja so pri tem lahko različne, od povsem ročnega beleženja do neposrednega merjenja in zajemanja parametrov procesa. Nadzira se predvsem izhod iz procesa in obremenitev kapacitet. Kadar zaznamo veliko odstopanje od predvidenih dosežkov, je potrebno operativno ukrepanje. Poleg izhoda je potrebno nadzirati tudi vhod v proces, saj je do odstopanj v izhodu mogoče prišlo zaradi napačnega vhoda (količin in kvalitete). Ko je bila na nekem delovnem mestu opravljena zadnja operacija in je celotna količina predana v medfazno skladišče, je delovni nalog zaključen. Takrat se pregleda, ali je bila izkoriščena in oddana vsa delovna dokumentacija, in se izvede materialni obračun stroškov in stroškov dela, kar nam prinese lastno ceno izdelka.

### **3.4.2 Nadzor vodenja in izdelave – zajemanje in zbiranje podatkov o realizaciji**

Zajemanje podatkov o proizvodnji naj bi potekalo v realnem času. Torej bi se morali takoj evidentirati naslednji dogodki:

- material za nek delovni nalog je izdan iz skladišča,
- sprožen in dokončan je transport materiala,
- orodja so prevzeta iz skladišča,
- začela in zaključila se je priprava delovnega mesta,
- začela in zaključila se je obdelava (procesiranje),
- izdelanih je bilo:
  - količina dobrih,
  - količina slabih izdelkov – izmet,
- zastoji in vzroki za zastoj:
  - okvara stroja ali orodja,
  - materiala oziroma orodja ni na razpolago,
  - odmor in odsotnost delavca,
  - izpad energije,
- poraba materiala pri izdelavi,
- procesni podatki iz strojev oziroma orodij in drugo.

Nekateri od teh dogodkov oziroma transakcij se beležijo na delovno dokumentacijo ročno (porabljen čas na operaciji, porabljen material), drugi pa na razne načine (procesni podatki iz krmilnikov, masa iz masnih števec in tehtnic in podobno).

Klasično ročno zajemanje podatkov je počasno in nezanesljivo, pogosta so podvajanja pri zapisovanju. Problematične so tudi zakasnitve, saj se celotna dokumentacija vrne šele, ko je

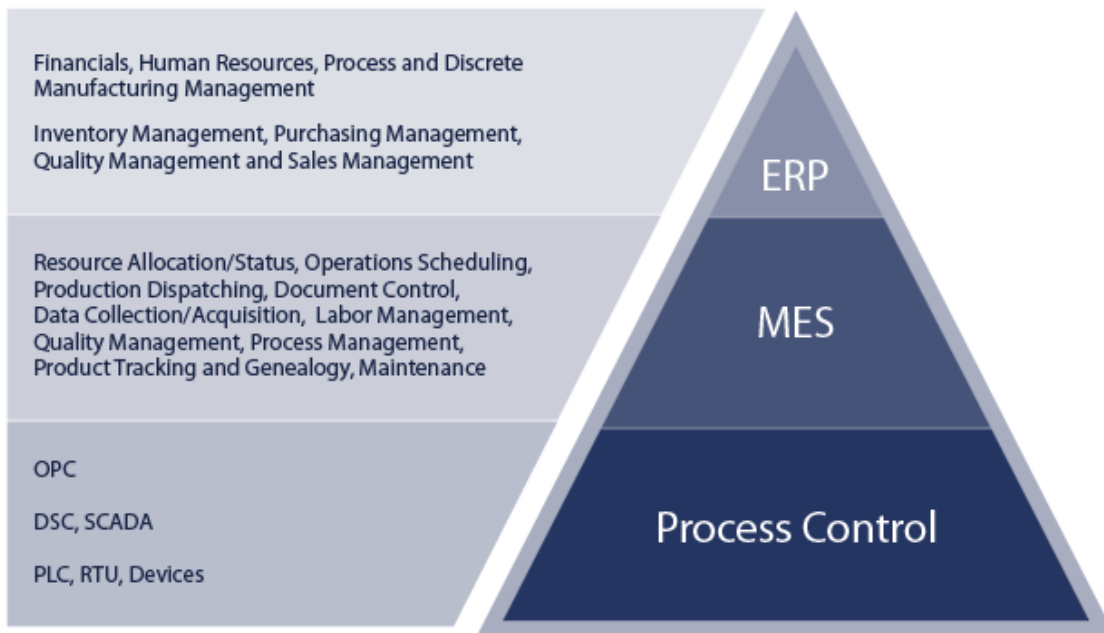


delovni nalog zaključen. To za seboj potegne velike zakasnitve pri računovodskih izračunih, poleg tega pa so pridobljene informacije o dogajanju v proizvodnji neažurne in manj vredne, izdelava poročil iz teh podatkov je zelo otežena (rešitev tega problema v konkretnem primeru je eden ključnih ciljev diplomske naloge). Zato se v sodobnih sistemih nadzora uveljavlja avtomatizacija zajemanja podatkov, ki se je pričela z uvedbo mehanizacije (mehanske ure, mehanski števcji in podobno), danes pa se v ta namen uporablja računalniška tehnologija neposredno v delovnem okolju.

Prednosti te tehnologije v primerjavi z ročnim vnašanjem podatkov je precej: zajemanje podatkov je ažurno, ker je možno nekatere vnaprej znane podatke (na primer identifikacija delovnega naloga, identifikacija materialov in podobno) na različne načine (črtna koda, magnetni zapis in podobno) priklicati iz pomnilnika. Možne so tudi sprotne kontrole zajetih podatkov, s čimer se zmanjša možnost napake; obsežno delovno dokumentacijo na veliko listih lahko nadomestijo sumarni zbirniki, ki so lahko realizirani kot računalniška aplikacija. Pri tem je treba upoštevati, da je potrebno uporabiti opremo, ki deluje dobro tudi v slabih delovnih razmerah.

### **3.5 Informacijska podpora v proizvodnih sistemih**

Informacijska podpora se lahko realizira na več ravneh upravljanja in vodenja. Običajno predstavlja informacijsko podporo na najvišji ravni integriran poslovni informacijski sistem – ERP (angl. kratica za *Enterprise Resource Planning*). Na nižji ravni pa se navadno uporabljajo sistemi MES (angl. *Manufacturing Execution System*), ki so najbolj kompleksni, saj običajno niso načrtovani za medsebojno integracijo in komunikacijo. Na najnižji ravni so sistemi za upravljanje in nadzor procesov, ki jih sestavljajo strojna in druga oprema za avtomatizacijo in aplikacije sistema SCADA (angl. *Supervisory Control and Data Acquisition*).



Slika 3: Ravni informacijske podpore v proizvodnih sistemih

Vir: [10]

### 3.5.1 Integriran poslovni informacijski sistem

Slovar APICS definira integriran poslovni informacijski sistem, v tuji literaturi znan pod kratico ERP (angl. *Enterprise Resource Planning*), kot računovodsko orientiran (angl. *accounting oriented*) informacijski sistem za identifikacijo in planiranje poslovnih virov, ki so potrebni za sprejem, izvršitev, pošiljanje in upoštevanje strankinih naročil [6].

Sistem ERP upravlja poslovne procese, ki so vključeni, da se lahko izpolni naročilo stranke, in je zmožen oceniti vpliv izvršitve naročila na zalogah ali proizvodnji. Sistem ERP podjetju omogoča uravnovežiti potrebe strank, ki so odvisne od več medsebojno povezanih elementov in več lokacij obratov.

Lastnosti sistema ERP lahko zajamemo v naslednjih točkah:

- uporabniku ponuja grafični vmesnik s konsistentno uporabniško izkušnjo v vseh modulih;
- temelji na skupni relacijski podatkovni bazi;
- uporablja programske jezike 4. generacije (4GL) in orodja CASE (angl. *Computer-Assisted Software Engineering*);
- temelji na arhitekturi tipa odjemalec/strežnik;
- je celovito ogrodje za planiranje in obvladovanje, ki se razvija že 30 let;

- je paketna programska oprema (nespecifična, unikatna rešitev, pisana na kožo stranke), ki obravnava poslovne potrebe organizacije s tesno integracijo različnih funkcij organizacije z uporabo procesnega pogleda na organizacijo (za razliko od funkcijskega pogleda). Specifične potrebe nekega podjetja so zadovoljene preko procesa prilagoditve stranki [11];
- je računalniško voden sistem, ki ga uporabljajo proizvodne industrije z namenom zagotoviti konkurenčne prednosti v proizvodnji, distribuciji in financah;
- sistem ERP zagotavlja pomembne, pravočasne in točne proizvodno orientirane informacije za operativno planiranje in nadzor. Zmožnost zbiranja, primerjave, analiziranja in predstavitve visoko kakovostnih podatkov omogoča boljše sprejemanje odločitev;
- integrirana večfunkcijska programska oprema, ki s prenovo proizvodnih, razpečevalskih (distribucijskih), finančnih, kadrovskih in drugih osnovnih poslovnih procesov omogoča večjo učinkovitost, prilagodljivost in donosnost podjetja.

Sistem ERP je integrirana večfunkcijska programska oprema za podporo finančni funkciji, verigi dobav in distribucije ter potrebam planiranja na več lokacijah. Omogoča inteligentno planiranje potreb v hitro spreminjajočih omejitvah, kot so: razpoložljivost materialov, pripravljenost trga, kapacitete obratov, kvalificiranost osebja ter poslovni stroški na lokacijo. Ko so operacije transakcij računalniško obdelane, se te posredujejo neposredno računovodskemu in finančnemu sistemu, kar pomeni, da morajo biti transakcije vnesene in zabeležene v monetarni obliki. Sistem ERP poleg tega sledi transakcijam od njihovega izvora pri stranki, od vnosa naročila, preko operacij in računovodstva, dokler transakcija ni zaključena. Poleg tega se skozi sistem ERP vse sprejete odločitve v eni funkciji odražajo tudi v drugih funkcijah. Na kratko, sistem ERP omogoča nosilec odločanja še bolj inteligenten, agil in odziven sistem na globalnem tržišču.

V modernih proizvodnih operacijah se podatki ustvarjajo na vrhu in na dnu istočasno. Podatki izvirajo na strojih, procesih in delavcih in se jih zajame s senzorji, krmilniki in operaterji. Označujejo, kaj se trenutno dela, kako in kje, kdaj bo delo zaključeno oziroma zakaj ne bo opravljeno pravočasno.

Podatkovni tok skozi ERP, ki v sistem vstopi, je na voljo povsod, vendar pred uporabo še ne predstavlja informacije. Ko se podatek prikliče, aplikacija ustvari informacijo iz prejetega podatka in jo prikaže v najboljšem možnem načinu za uporabnike: operaterja, vzdrževalca, systemskega analitika ali kogarkoli drugega ali za opremo: stroj, krmilnik, monitor, senzorje, računalnike, sisteme EDI (elektronska izmenjava podatkov, angl. *Electronic Data Interchange*) ali karkoli drugega.

### **3.5.1.1 Potrebe za uvedbo sistema ERP**

#### **a. Pravočasen dostop do informacij in integracija več funkcij**

V današnjih tekmovalnih okoljih morajo organizacije uvajati nove izdelke z izredno dinamiko, če hočejo preživeti na trgu. To pa zahteva stalno izboljševanje načrtovanja, prožne proizvodne sisteme, hitre in učinkovite operacije, notranjo logistiko in zunanjo logistiko ter učinkovit management celotne verige dobav. To kliče po pravočasnem dostopu do točnih informacij o vseh notranjih funkcijah organizacije. Sistem ERP s svojo centralizirano podatkovno bazo ponuja tesno integracijo različnih funkcij, kot so finance, računovodstvo, marketing, proizvodnja in distribucija, ne da bi pri tem trpela fleksibilnost.

#### **b. Doseganje izboljšav poslovnih zmogljivosti**

Sistem ERP skrajša čas proizvodnega cikla, zmanjšuje zaloge in istočasno izboljšuje storitve za stranke, omogoča hitrejši odziv na strankine zahteve, obvladovanje več lokacij, valut in jezikov in ponuja fleksibilno in integrirano podporo odločanju v realnem času.

#### **c. Alternativa lastnemu razvoju upravljaljskega informacijskega sistema (MIS – Management Information System)**

Namestitev komercialnega »zapečenega« (angl. *off-the-shelf*) programskega paketa ERP s strani tretje stranke namesto lastnega razvoja sistema ponuja naslednje prednosti:

- lasten razvoj zahteva izobražen kader in dolgotrajno razvijanje, testiranje in razhroščevanje v primerjavi z razmeroma enostavno in hitro implementacijo paketa ERP;
- ERP uporablja najboljše poslovne prakse, ki so v rabi v nekaterih najuspešnejših podjetjih;
- izobraževanje kadra o uporabi standardnega sistema ERP je lažje kot pri lastni rešitvi.

Vendar ima namestitev komercialnega sistema ERP tudi svoje slabosti. Od organizacije zahteva, da prilagodi ali celo spremeni obstoječe poslovne procese in ustaljene prakse, da tako ustreže aplikacijskim omejitvam. Posledično lahko ta sprememba povzroči izgubo konkurenčnosti in/ali preusmeritev pozornosti od drugih kritičnih dejavnosti. ERP lahko po uvedbi v začetku povzroči povečanje stroškov. Prilagoditev sistema ERP strankinim potrebam je dokaj težavna. Naposled, visoki stroški, povezani s preходом na sistem ERP, povečajo pogajalsko moč prodajalca, kar posledično pomeni višje stroške za dodatno podporo, vzdrževanje in posodobitve.

### 3.5.1.2 Arhitektura ERP SAP

ERP SAP je integriran programski sistem ERP, ki ga razvija nemška družba SAP AG in se osredotoča na poslovno programske zahteve srednjih in velikih organizacij v katerikoli dejavnosti ali panogi. SAP je leta 1972 osnovalo pet nekdanjih nemških inženirjev družbe IBM. Ime sistema je sprva predstavljalo kratico za sistemsko analizo in programski razvoj (nem. *Systemanalyse und Programmentwicklung*), kasneje pa je blagovna znamka SAP pomenila kratico za sisteme, aplikacije in produkte v procesiranju podatkov (nem. *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*). ERP SAP uporablja koncept modulov (to je samostojnih programov, ki se lahko kupijo, namestijo in izvajajo samostojno, pri čemer vsak modul uporablja skupno podatkovno bazo).

SAP-ova rešitev ERP vključuje številne module, ki podpirajo ključna funkcionalna področja, kot so denimo:

- SAP SCM (kratica za angl. »*Supply Chain Management*« – upravljanje oskrbovalne verige),
- SAP Mobile (mobilne platforme in aplikacije),
- SAP Financials (upravljanje s financami),
- SAP CRM (angl. *Customer Relationship Management* – upravljanje odnosov s strankami) in druge.

Prva različica SAP ERP je bila izdana leta 2003 in je združevala pred tem ločene produkte, vključujoč SAP R/3 Enterprise (ki je jedro ERP), SAP Strategic Enterprise Management ter razširitve. Celovita prenova arhitekture se je zgodila leta 2004, s predstavitvijo nove izdaje SAP ERP. R/3 Enterprise je nadomestil ERP Central Component (SAP ECC – centralna komponenta). Vir [12] in [3].

### 3.5.2 Sistemi MES

Sistemi, kot je MES (angl. *Manufacturing Execution System*), ali sistemi za izvajanje izdelave zbirajo podatke in ustvarjajo informacije ter jih posredujejo po verigi planerjem in razvijalcem produkta. Tu se ti podatki združijo z ostalimi naprednimi sistemi za razvrščanje in planiranje ter ustvarjajo poročila in napovedi.

Online medij za IT iz ZDA, TechTarget [13], definira MES kot krmilni sistem za upravljanje in monitoring izvajanja procesa v tovarniških okoljih. MES vodi evidenco o vseh proizvodnih informacijah v realnem času in pridobiva tekoče podatke robotov, strojev in delavcev. Čeprav so se doslej sistemi MES izvajali kot samostojne enote, se danes vedno pogosteje povezujejo s programskimi rešitvami ERP. Cilj sistema MES je povišati produktivnost in zmanjšati čas izdelavnega cikla (angl. *cycle time*) ter zmanjšati skupen čas za izvedbo naročila. Z integracijo sistemov MES in ERP lahko ravnatelji (managerji) proaktivno zagotavljajo pravočasno in stroškovno učinkovito dobavo kakovostnih izdelkov.

### 3.5.3 Procesni nadzor

Procesni nadzor se široko uporablja v industriji in omogoča masovno proizvodnjo kontinuiranih procesov, ki so značilni v procesnih dejavnostih. Ta omogoča avtomatizacijo, s čimer dosežemo, da majhno število delavcev lahko izvaja kompleksne procese znotraj kontrolne sobe. Najpogosteje uporabljena naprava za procesni nadzor je programabilni logični krmilnik (angl. *Programmable logic controller – PLC*), ki se ga uporablja za branje množic digitalnih in analognih vhodov, za izvajanje logičnih izjav ter tvorjenje množic analognih in digitalnih izhodov.

Kot primer za ponazoritev procesnega nadzora v proizvodnem obratu Heliosa, ki je predmet tega diplomskega dela, lahko vzamemo nastavljanje temperature v rezervoarjih. V tem primeru gre za proces, ki ima specifičen predvideni rezultat, ki ga želimo doseči in ohranjati. Temperatura je v tem primeru kontrolna in obenem vhodna spremenljivka, ki se meri s termometrom in na podlagi katere se odloča, ali je potrebno ogrevanje ali ne. Določena temperatura, ki jo želimo doseči, se imenuje točka stanja, stanje grelca v rezervoarju pa označujemo kot upravljalna spremenljivka (angl. *manipulated variable*), saj je predmet akcij krmilnika.

Za PLC je temperatura v rezervoarju vhod. Logične izjave bi primerjale točko stanja z vhodno temperaturo in določile, ali je potrebno več ali manj ogrevanja za ohranjanje enake temperature. Izhod PLC bi nato na primer zapiral ali odpiral ventile, ki ogrevajo rezervoarje.

Na tem nivoju se pogosto srečamo s pojmom OPC, to je z objektnim povezovanjem za krmiljenje procesov (OPC je kratica za angl. *OLE [Object Linking and Embedding] for Process Control*), kar je prvotno ime za specifikacijo standarda, ki je bila razvita leta 1996. Standard določa komunikacijo realno-časovnih podatkov med krmilnimi napravami, kot je na primer že omenjeni PLC različnih proizvajalcev. OPC, ki danes temelji na tehnologiji operacijskega sistema Microsoft Windows, je poznan kot »odprto krmiljenje procesov« (angl. *Open Process Control*). Naprave za zajem podatkov, ki ustrezajo standardu OPC, se lahko poljubno uporabljajo s poljubno programsko opremo, ki podpira ta standard. Na ta način lahko enostavno povezujemo naprave različnih proizvajalcev v celovit sistem, ne da bi se pri tem soočali s težavami integracije [14].

## 3.6 Poslovno modeliranje

### 3.6.1 Uvod v poslovno arhitekturo in poslovno modeliranje

Poslovna arhitektura služi kot vmesnik med potrebami podjetja, ki se odražajo pri njegovem delovanju, in IT rešitvami, ki olajšujejo poslovanje. Poslovni procesi so podlaga številnim pomembnim arhitekturnim odločitvam v informacijski arhitekturi, pri čemer: »*poslovna arhitektura opisuje strategijo izdelkov in/ali storitev ter organizacijske, funkcijske, procesne, informacijske in geografske vidike poslovnega okolja.*« [15]

Eden uveljavljenih arhitekturnih standardov je TOGAF, ki ponuja ogrodje, se pravi podrobne metode in množico podpornih orodij za razvoj poslovne arhitekture. Uporabnikom ni treba plačati nadomestila za uporabo standarda za razvoj poslovne arhitekture znotraj podjetja.

TOGAF razvijajo člani organizacije The Open Group (globalni konzorcij, ki zagotavlja doseganje poslovnih ciljev s pomočjo standardov na področju IT), ki se vključujejo v forum arhitektov (*Architecture Forum*). Prva različica dokumenta je nastala leta 1995 in temelji na standardu *Architecture Framework for Information Management* (TAFIM), ki ga je z večmilijonskimi proračunskimi sredstvi nekaj let razvijalo ameriško obrambno ministrstvo. Le-to je organizaciji The Open Group dovolilo uporabo in jo spodbudilo k oblikovanju novega standarda TOGAF na osnovi standarda TAFIM.

TOGAF standardizira metodo razvoja arhitekture ADM (angl. *Architecture Development Method*). TOGAF ADM je rezultat neprestanega sodelovanja velikega števila praktikov s področja poslovne arhitekture. Opisuje metodo za razvoj in upravljanje življenjskega cikla poslovne arhitekture ter predstavlja jedro standarda TOGAF. ADM je interaktiven skozi celoten proces, tako med fazami kot znotraj njih.

Namen arhitekture poslovne informacijske tehnologije je izboljšati koordinacijo razvoja IT na takšen način, da bodo cilji podjetja bolje podprti.

Poslovna arhitektura zajema poslovne prakse podjetja kot primarni nabor zahtev, ki jih informacijska arhitektura mora podpirati. Predstavlja najpomembnejše aktivnosti in dobrine podjetja. Poslovna arhitektura izhaja iz opazovanja in analize delovanja podjetja. Predstavlja trenutno stanje podjetja, v nekaterih primerih pa lahko odraža prihodnje plane. [16]

Poslovno modeliranje je abstrakten prikaz, opis in definicija strukture, procesov, podatkov in resursov podjetja ali velike organizacije. Sooča se s procesom razumevanja poslovne dejavnosti in poskuša izboljšati performanse z izdelavo poslovnih modelov. Vključuje modeliranje pomembnih poslovnih domen, poslovnih procesov in informacijske tehnologije. Temelji na poznavanju podjetja, prejšnjih modelov ali referenčnih modelov ter poznavanju domene z uporabo jezikov za modeliranje procesov.

Termin »poslovni model« se v industriji uporablja za predstavitev različnih poslovnih predstavitev, ki se ne držijo standardiziranih definicij. Zaradi kompleksnosti poslovnih organizacij se je izoblikovalo veliko pristopov modeliranja, tako v industriji kot v akademskem svetu. Koncepti poslovnega modeliranja se osredotočajo bodisi na proizvodne ali na poslovne operacije, pri čemer pa jim je skupna rdeča nit povezanost informacijske tehnologije. Dober primer, kako informacijska tehnologija koordinira operacije proizvodnje znotraj podjetja, je uporaba omrežnega računalnika za sprožitev oddaje naročila v sistemu preskrbovalne verige dobav.

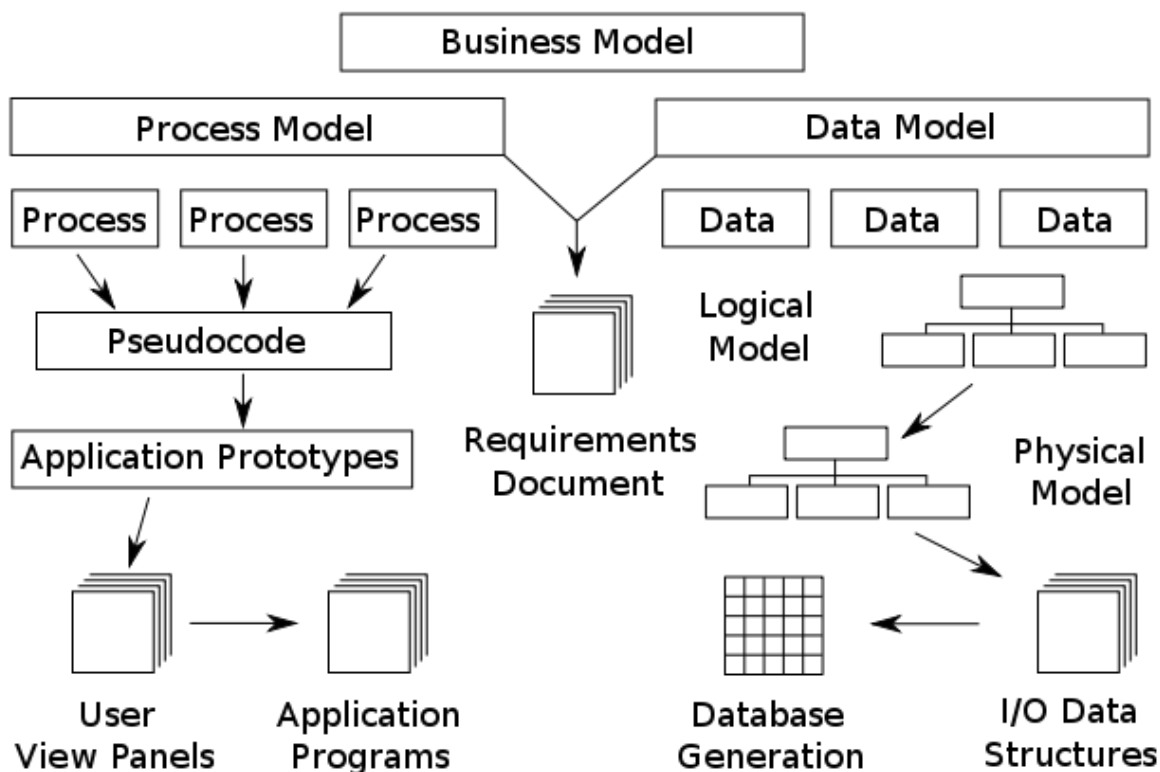
Kot pravi Ulrich Frank [17], je osnovna zamisel poslovnega modeliranja, kako ponuditi različne poglede na podjetje, pri čemer je treba zagotoviti medij za spodbujanje dialoga med

različnimi interesnimi skupinami, tako v akademskih krogih kot v praksi. Za ta namen vključujejo abstrakcijo za strateško planiranje in organizacijsko oblikovanje (angl. *organisational design*). Pogledi se morajo medsebojno dopolnjevati, morajo pa tudi spodbujati boljše razumevanje kompleksih sistemov s pomočjo sistematične abstrakcije. Pogledi naj bi bili generični v smislu, da se lahko aplicirajo na vsako podjetje. Hkrati bi morali ponuditi abstrakcije, ki bi pomagale pri oblikovanju informacijskih sistemov, ki so dobro integrirani z dolgoročno strategijo in organizacijo podjetja. Zato lahko poslovne modele obravnavamo kot konceptualno infrastrukturo, ki podpira visoko stopnjo integracije. [18] Nadalje dobra poslovna arhitektura omogoča, da dosežemo pravo razmerje med učinkovitostjo IT in poslovno inovacijo, kar v svojem bistvu pomeni uravnoteženje IT s poslovanjem. Nekatere tehnične prednosti, ki izhajajo iz dobre poslovne arhitekture, prispevajo pomembne poslovne koristi [19], kot so:

- večja učinkovitost izvajanja IT:
  - nižji stroški razvoja, podpore in vzdrževanja programske opreme,
  - večja prenosljivost aplikacij,
  - povečana interoperabilnost in lažje sistemsko ter omrežno upravljanje,
  - lažja nadgradnja in izmenjava sistemskih komponent;
- višji donosi investicij, znižano tveganje za prihodnje investicije:
  - nižja kompleksnost infrastrukture IT,
  - maksimiran donos investicij v obstoječo infrastrukturo IT,
  - nižje splošno tveganje za nove investicije in nižji stroški lastništva IT;
- hitrejša, enostavnejša in cenejša preskrba:
  - proces preskrbe je hitrejši – maksimiranje hitrosti preskrbe in fleksibilnosti, ne da bi s tem ogrozili skladnost arhitekture.



## Business Model Integration



Slika 4: Shema integracije poslovnega modela

Vir: [20]

### 3.6.2 Poslovni model

Poslovni model je prikaz strukture aktivnosti, procesov, informacij, virov, ljudi, vedenja, ciljev in poslovnih omejitev vladnih ali drugih organizacij. Thomas Naylor je definiral model kot »poskus opisa medsebojne povezave financ, marketinga in proizvodne dejavnosti v zvezi z množico matematičnih in logičnih povezav, ki so sprogramirane v računalniku« [21]. »Z vidika poslovanja mora biti poslovni model zmožen predstaviti, kaj se načrtuje, kaj se lahko zgodi in kaj se je zgodilo. Ponuditi mora informacije in znanje, potrebno za podporo operacijam podjetja, ne glede na to, ali jih opravlja stroj ali človeška sila.« [22]

Poslovni model je z vidika njegovega modeliranja ogrodje za ustvarjanje ekonomskih, socialnih in drugih oblik vrednosti. Termin »poslovni model« se potemtakem uporablja za širok spekter informacijskih in formalnih opisov za prikaz temeljnih vidikov poslovanja, vključno z namenom ponudb, strategij, infrastrukture, organizacijskih struktur, trgovinskih praks in operativnih procesov ter politik. V osnovnem pomenu besede je poslovni model način opravljanja poslovanja, s katerim se podjetje lahko vzdržuje samo, to je, z ustvarjanjem

prihodka. Poslovni model govori, kako podjetje ustvarja denar s pozicioniranjem v verigi vrednosti. [23]

### 3.6.3 Funkcijsko modeliranje

Funkcijsko modeliranje v sistemskem inženiringu je strukturiran prikaz funkcij, aktivnosti ali procesov v modeliranem sistemu [24]. S funkcijskim modelom, pogosto poimenovanim tudi model aktivnosti ali procesni model, razumemo grafično predstavitev poslovnih funkcij (npr. diagram funkcionalne dekompozicije) znotraj definirane področja. Nameni modeliranja poslovnih funkcij so: opis funkcij in procesov, pomoč pri raziskovanju informacijskih potreb, pomoč pri prepoznavanju priložnosti in oblikovanju podlag za določitev stroškov proizvodov in storitev. Funkcionalno modeliranje je osredotočeno na opisovanje dinamičnega procesa. Poglavitni koncept tega pristopa je proces, ki je lahko funkcija, transformacija, aktivnost, akcija in podobno. Primeri modeliranja z uporabo opisanega koncepta so dekompozicijski diagrami in diagrami podatkovnih tokov (angl. *Data Flow Diagram – DFD*). Osnovni gradniki diagrama DFD so:

- Procesi – ti pretvarjajo vhodne podatkovne tokove v izhodne,
- skladišča podatkov – zbirka podatkov,
- zunanji izvori in ponori podatkov/zunanji podatkovni viri – ti niso del sistema, so pa zato v interakciji z njim in
- tok podatkov – gibanje podatkov ali materialov skozi proces.

### 3.6.4 Podatkovno modeliranje

Podatkovno modeliranje je proces ustvarjanja podatkovnega modela za informacijski sistem z aplikacijo formalnih tehnik za podatkovno modeliranje. Je tudi proces za definiranje in analizo podatkov, ki so potrebni za podporo poslovnim procesom v okviru ustreznih informacijskih sistemov v organizacijah.

Obstajajo trije različni tipi podatkovnih modelov: konceptualni, logični in fizični model, ki nastopijo na poti od zajema zahtev do dejanske podatkovne baze, ki se uporablja v informacijskem sistemu.

Zahteve za podatke so v prvem koraku shranjene kot konceptualni model, ki je neodvisen od množice tehnoloških specifikacij o podatkih in se uporablja za razpravo o začetnih zahtevah interesnih skupin. Konceptualno načrtovanje je opredelitev podatkovnih potreb oziroma zahtev poslovne domene s pomočjo konceptualnega modela. Konceptualno načrtovanje preko konceptualnega modela poskrbi za opis pomena podatkov, potrebnih za poslovno domeno. Model je poenostavitev realnosti, pri čemer je abstrakcija realnosti poljubno natančna. Pomembno je, da model obravnava pomembne elemente in izpušča tiste, ki nas ne zanimajo.

Logično modeliranje podatkovne baze nastopi za konceptualnim modeliranjem. Osnova logičnega modela je jezik, ki je razumljiv ciljnemu sistemu za upravljanje s podatkovnimi bazami. Logični model dokumentira strukturo podatkov, ki bodo implementirani v podatkovni bazi.

Zadnji korak v podatkovnem modeliranju je transformacija logičnega modela v fizični model, ki organizira podatke v tabele in uporabniške račune. Model opisuje osnovne relacije, datotečno organizacijo, indekse za doseg učinkovitega dostopa do podatkov, povezane omejitve in varnostne mehanizme.

Tehnike podatkovnega modeliranja in metodologije se uporablja za modeliranje podatkov v standardnem, konsistentnem in predvidljivem načinu. Uporaba standardov podatkovnega modeliranja je priporočljiva za vse projekte, ki zahtevajo standardno sredstvo za opredelitev in analizo podatkov znotraj organizacije. [25]

### **3.6.5 Poslovno procesno modeliranje**

Poslovno procesno modeliranje (angl. *Business Process Modelling – BPM*) v sistemskem inženiringu je aktivnost za predstavitev procesa podjetja na način, ki omogoča analizirati in izboljšati aktualni proces. Procesno modeliranje po navadi opravljajo poslovni analitiki in ravnatelji, ki skušajo povečati učinkovitost procesov in njihovo kakovost. Izboljšanje procesov, ki jih definira BPM, lahko zahteva vključitev informacijske tehnologije ali pa tudi ne.

#### **3.6.5.1 Programski jeziki in orodja za procesno modeliranje**

Orodja za modeliranje poslovnih procesov omogočajo poslovnim uporabnikom modelirati poslovni proces, implementirati in poganjati te modele in izboljšati modele na podlagi podatkov iz opravljene implementacije modela. Zagotovijo lahko tudi transparentnost poslovnih procesov in izvedbo meritev. [26]

Modeliranje in simulacija omogočata predizvedbeno *kaj če* (angl. *what if*) modeliranje in simulacijo. Že dolgo poznane diagramске tehnike so:

- tako imenovani diagrami *Use Case* (razvil jih je Ivar Jacobson leta 1992), ki so integrirani v modelirni jezik UML (angl. *Unified Modelling Language*);
- diagrami aktivnosti, tudi del UML.

Programska oprema za procesno modeliranje ponuja programske vmesnike, spletne storitve, in aplikacijske programske vmesnike (angl. *Application Programming Interface*), ki omogočajo poslovnim aplikacijam, da so narejene tako, da ustrezajo jedru BPM.

### 3.6.5.2 Programski jezik ArchiMate

ArchiMate [19] je odprt in neodvisen jezik za modeliranje poslovne arhitekture za podporo opisu, analizi in vizualizaciji arhitekture znotraj poslovnih domen in med njimi na nedvoumen način. ArchiMate je tehnični standard in blagovna znamka že omenjene organizacije The Open Group in temelji na konceptih standarda IEEE 1471. Ta je podprt z različnimi prodajalci orodja in svetovalnimi podjetji.

Jezik Archimate je lahek in skalabilen v več pogledih:

- njegovo arhitekturno ogrodje je enostavno in dovolj izčrpno, da zagotavlja dober mehanizem strukturiranja za domene, plasti in vidike arhitekture;
- vključuje sodobno idejo storitveno orientirane paradigme, ki priporoča novo organizacijsko načelo storitev za organizacije (poslovanje, aplikacija in infrastruktura);
- čeprav je namenoma podoben jeziku UML, je ArchiMatova notacija intuitivna in bistveno lažja od tiste, ki jo ponuja UML 2.0. Ne glede na to ima ta jezik takšno izrazno moč, da omogoča modeliranje vseh plasti (poslovna, aplikacijska in tehnološka) in vidikov (strukturni, vedenjski in informacijski) organizacije na integriran način;
- oba standarda poslovne arhitekture, kot jo definira organizacija The Open Group (TOGAF in ArchiMate), se med seboj dopolnjujeta in se uspešno uporabljata v medsebojni kombinaciji.

ArchiMate ponuja skupen jezik za opisovanje gradnje in delovanja poslovnih procesov, organizacijske strukture, toka informacij, informacijskih sistemov in tehnične infrastrukture. Ta vpogled pomaga interesnim skupinam pri oblikovanju, oceni in posredovanju posledic odločitev in sprememb znotraj poslovnih področij in med njimi.

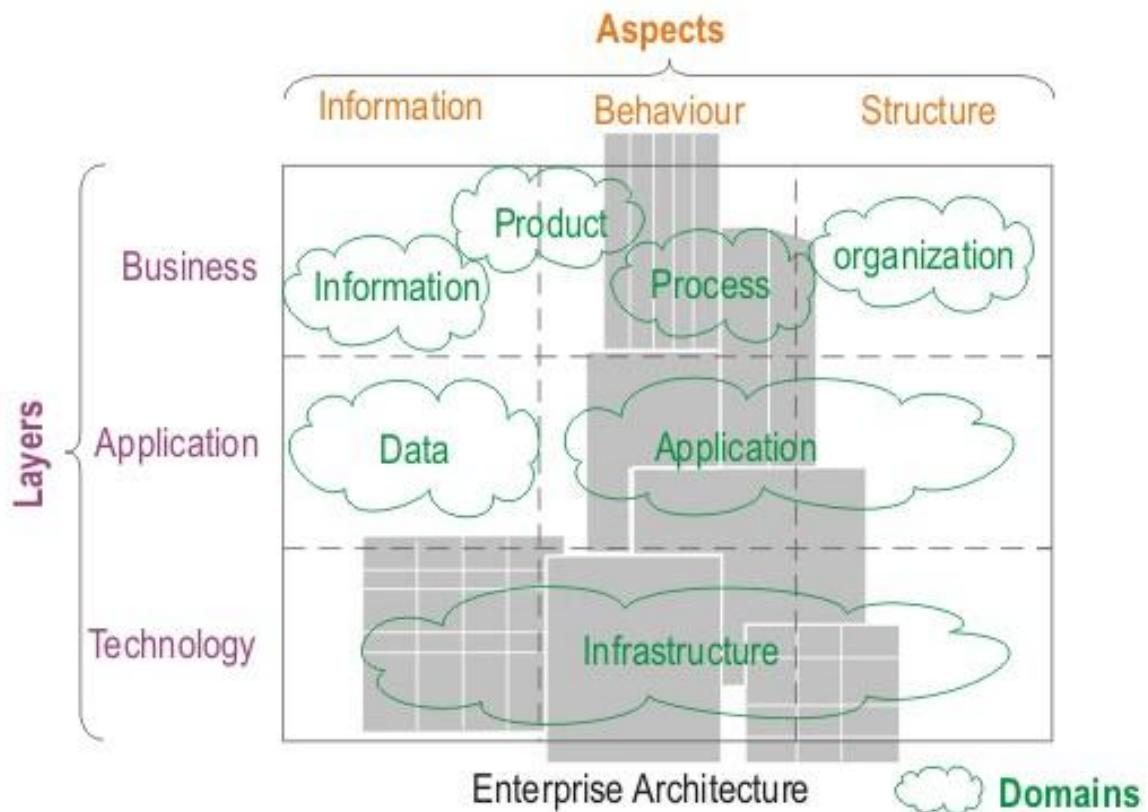
ArchiMate se od drugih jezikov za modeliranje poslovnih procesov, kot so UML in tehnike BPMN (angl. *Business Process Model and Notation* – grafična notacija za modeliranje poslovnih procesov in delovnih tokov), razlikuje s svojim dobro opredeljenim metamodelom in širšim področjem modeliranja podjetja.

Arhitekturni okvir se uporablja za strukturiranje konceptov in povezav jezika ArchiMate. Le-ta deli poslovno arhitekturo v poslovno, aplikacijsko in tehnološko plast. Eden od ciljev jezika je opredeliti odnose med koncepti v različnih domenah arhitekture. Koncept tega jezika se umešča v vmesni prostor med podrobnejšimi koncepti, ki se uporabljajo za modeliranje posameznih domen, na primer UML za modeliranje programske opreme na eni strani in BPMN, ki se uporablja za modeliranje poslovnih procesov, na drugi.

Trinivojski pogled, ki ga ponuja ArchiMate:

- **poslovna plast** opisuje poslovne procese, storitve, funkcije in dogodke poslovne enote. Ta plast ponuja izdelke in storitve za zunanje naročnike, v organizaciji poslovnih procesov, ki jih izvajajo poslovni akterji in vloge;
- **aplikacijska plast** opisuje programske aplikacije, ki podpirajo komponente v poslovnem delu z aplikacijskimi storitvami in
- **tehnološka plast** s strojno in komunikacijsko infrastrukturo podpira aplikacijsko plast. Ta plast ponuja infrastrukturne storitve, potrebne za izvajanje aplikacij, ki so realizirane z računalniško in komunikacijsko strojno opremo in sistemsko programsko opremo.

Vsaka plast zase zagotavlja naraven način predstavitve storitveno orientiranega modela. Vsaka plast je neodvisna, kljub temu, da je sestavni del celovitega modela in skrbi za enega ali več domen poslovne arhitekture.



Slika 5: Trinivojska arhitektura jezika ArchiMate

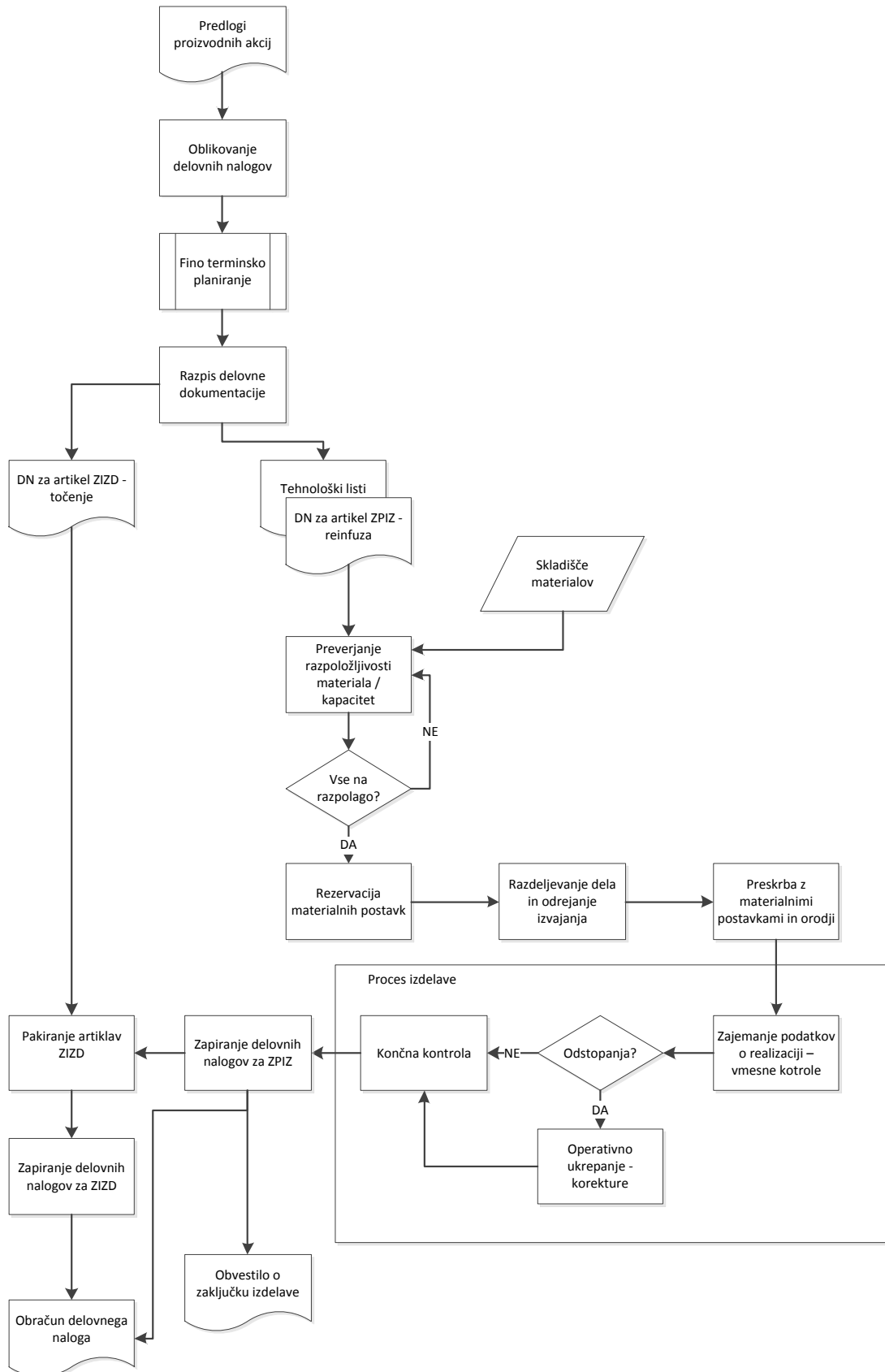
Vir: [27]

## **4 Posnetek poslovnega procesa v proizvodnem obratu za premaze na vodni osnovi**

V tem poglavju je opisan posnetek poslovnega procesa v proizvodnem obratu Heliosa, ki je nastal na podlagi številnih sestankov, intervjujev in ogledov proizvodnega obrata.

Proces se prične z naročilom stranke ali z interno zahtevo za izdelavo polizdelka, to je s predlogom proizvodnih aktivnosti, ki se zabeleži v informacijski sistem ERP SAP. Na podlagi tega se ustvarita dva delovna naloga. Eden je namenjen izdelavi (rinfuzni delovni nalog za izdelavo polizdelka, ki ga označujejo z interno oznako ZPIZ), drugi pa točenju materiala (embalirni delovni nalog za embaliranje polizdelka, s čimer dobimo končni izdelek – ZIZD).

Za pričetek proizvodnega procesa je treba delovni nalog izpisati na liste, ki so hkrati izdelovalni recepti na podlagi tehnološke recepture, ki opisuje postopek izdelave polizdelka. Preden gre delovni nalog v izdelavo (lansiranje procesa), se v sistemu SAP preverijo zaloge potrebnih surovin in opravi naročanje in dobava v primeru, da zaloge surovin niso zadostne. V takšnem primeru delovnega naloga ni moč lansirati v izdelavo. Po izpisu delovnega naloga sledi proces proizvodnje polizdelka, ki ga predstavljajo: priprava sipkih materialov (ta podproces se izpusti, če tehnološka receptura za izdelavo sipkih materialov ne predvideva), doziranje in mešanje ter končna kontrola kvalitete materiala. Sledi še potrjevanje delovnega naloga artikla ZPIZ in proizvodni del procesa se s tem zaključí.



Slika 6: Diagram procesa vodenja proizvodnje v Heliosu

Polizdelek se kot produkt proizvodnje še zapakira skladno z zahtevami razpisanega točilnega delovnega naloga in tako dobimo končni artikel ZIZD. Celoten proces se zaključi z oddajo gotovih izdelkov v skladišče.

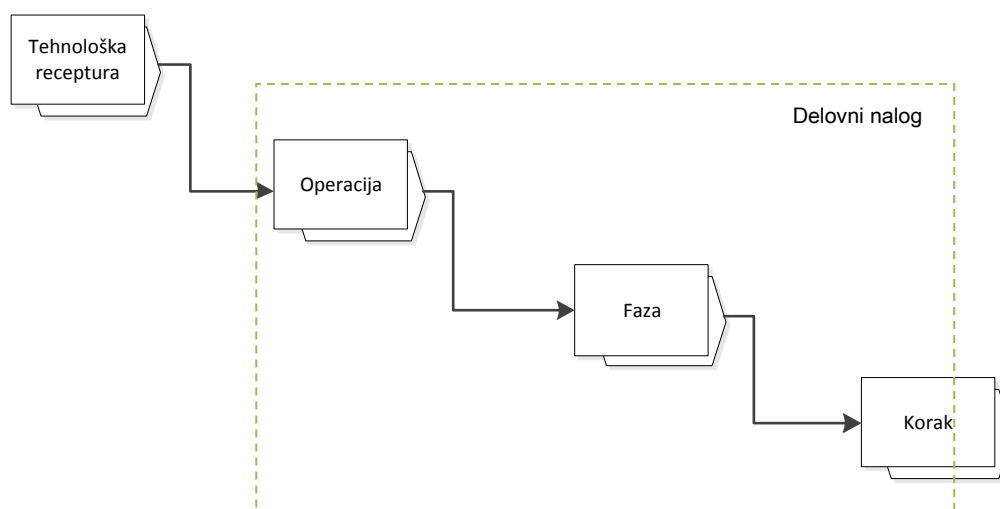
Temeljni proces v Heliosovem obratu od naročanja artikla do skladiščenja prikazuje procesni diagram prehajanja stanj na predhodni strani.

## 4.1 Proces vodenja proizvodnje

### 4.1.1 Opis izvajanja procesa po tehnološki recepturi

Osnova za pričetek proizvodnega procesa je delovni nalog za ZPIZ, ki izhaja iz tehnološke recepture, ta pa opisuje postopek izdelave ZPIZ, ki je predhodno pripravljena s strani tehnologov in se hrani v sistemu SAP. Predvideva izdelavo končnega polizdelka za določeno predvideno količino. Lahko obstaja več receptur za izdelavo istega polizdelka za različne predvidene količine.

Tehnološko recepturo sestavlja hierarhija elementov, kot je prikazano na spodnjem diagramu.



Slika 7: Hierarhija postav Tehnološke recepture

Tehnološka receptura je sestavljena iz operacij (priprava sipkih surovin, dokončevanje in podobno), ki so sestavljene iz ene ali več faz. Na vsako operacijo se veže tip stroja oziroma, kot v družbi to imenujejo, kapaciteta obrata, na kateri se izvaja operacija (npr. rezervoar, disolver ipd.). Kapaciteta obrata je v tehnološki recepturi določena glede na tip stroja, v procesu proizvodnje pa se uporabi stroj oziroma delovno orodje, ki ga tehnolog praviloma predvidi v fazi finega terminskega planiranja. Vsak stroj je enolično označen s črtno kodo.

V tehnološki recepturi je za vsako fazo znotraj operacije v besedilu opisan predviden postopek proizvodnje (mešaj, disolviraj pri določeni temperaturi in hitrosti in podobno) in ena ali več procesnih inštrukcij, ki strukturirano za nek tip resursa opisujejo zahtevane postopke



na fazi. Če je v opisu podana le ena procesna inštrukcija, se le-to pri procesu proizvodnje upošteva, če jih je več, se pa izbere tisto, ki ustreza dejanskemu stroju (kapaciteti obrata), ki se ga uporabi v neki operaciji v procesu proizvodnje. Poleg tega vsaka faza nosi podatek o zaporedni številki faze po tehnološki recepturi, lahko pa faza vsebuje še korake (oziroma materialne postavke), ki so v osnovi materiali, ki se jih uporablja (doda in primeša v posode ali resurse) za končni polizdelek.

Vsaka postavka materiala v fazi je določena z zaporedno številko postavke, šifro artikla in predvideno količino, ki se jo dozira po receptu (masa v kg ali če se dozira sipke surovine, število embaliranih enot). Ko se material v fazi operacije dozira, se v prosto polje na delovnem nalogu pod predvideno količino doziranja ročno vpiše številko šarže materiala oziroma številko delovnega naloga, na katerega se material veže. (Slovar slovenskega knjižnega jezika [28] pojem šarže pojasnjuje tako: »količina materiala, ki se da ob enem polnjenju v plavž, vložek«.)

Materiali, ki so sestavni del končnega produkta in so določeni v kosovnici sistema SAP, so lahko materiali zunanjih dobaviteljev ali lastni polprodukti, ki so bili izdelani v proizvodnem procesu v Heliosu. V primeru, ko je surovina nabavljena s strani dobavitelja, mora slednja pred uporabo opraviti laboratorijske preiskave. Le-ta se po uspešni kontroli opremi s številko šarže, ki se generira v sistemu SAP. Embalažo surovine se opremi z nalepko ustreznosti (glej sliko spodaj).

USTREZA	ŠIFRA: <b>700760</b>		 <small>(240)0700760(17)20804(10)00036943</small>		
	MATERIAL: <b>DIETILENGLIKOL</b>			<b>Pozor</b> H302 - Zdravju škodljivo pri zaužitju. H373 - Lahko škoduje organom pri dolgotrajni ali ponavljajoči se izpostavljenosti. P301+P312 - PRI ZAUŽITJU: ob slabem počutju pokličite CENTER ZA ZASTRUPITVE ali zdravnika. P260 - Ne vdihavati prahu/dima/plina/meglice/hlapov/razpršila. P314 - Ob slabem počutju poiščite zdravniško pomoč/oskrbo. P264 - Po uporabi temeljito umiti...	
	PAKIRANJE:	Dob. šarža:			
	DATUM PREJEMA: <b>04.08.11</b>	UPORABNO DO: <b>04.08.12</b>		 <small>SKL 3</small>	
	ŠARŽA: <b>0000036943</b>				

Slika 8: Nalepka ustreznosti

V primeru, ko je material pridobljen v lastni proizvodnji, je številka šarže številka naloga, po katerem je bil polizdelek narejen. V nekaterih primerih, ko se že v fazi razpisa delovnega naloga planira, katere šarže artiklov se bo uporabilo, je šifra na tehnološkem listu že napisana in obvezujoča.

V Heliosu je vsaka količina materiala, ki prispe ali se jo izdelava znotraj podjetja, določena s številko šarže. Isti material (določen s šifro materiala) se tako lahko nahaja v podjetju pod

različnimi števkami šarž in se ga lahko uporabi kot del izdelovanca različnih polizdelkov ali končnih produktov. Za vsak izdelovanec, za katerega se ugotovi, da ne ustreza tehnološkim specifikacijam zaradi slabe kvalitete dobavljenega materiala, ki se ga uporabi kot sestavni del, lahko dobavljeni material na podlagi številke šarže identificiramo in pridobimo podatke o dobavitelju in druge potrebne podatke o dobavljeni surovini.

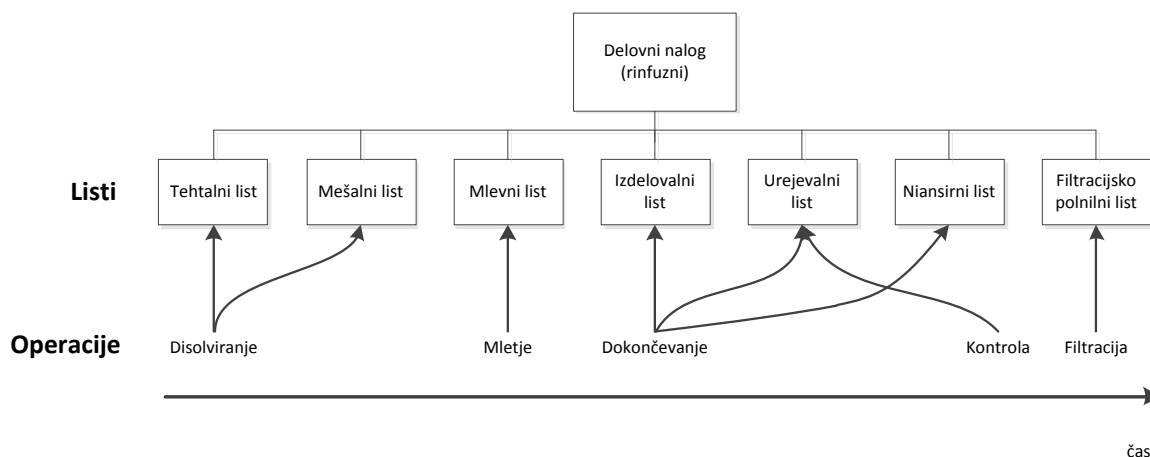
Vsak material v uporabi (izdelan ali nabavljen), ki mora opraviti kontrolo v laboratoriju, dobi nalepko ustreznosti s črtno kodo. Koda pa nosi podatek o šifri materiala, šarži in datumu veljavnosti. Izdelke z nosilno šaržo se lahko uporabi kot sestavni del izdelovancev več delovnih nalogov.

Delovni nalog, ki se razpiše na podlagi tehnološke recepture, se izpiše na tehnološke liste, ki so glavna delovna dokumentacija in navodilo delavcem v proizvodnji, kako naj izdelek izdelajo. Listi se razlikujejo po zgledu in funkcionalnosti, ki so na njih opredeljene. Različni tehnološki listi, ki se uporabljajo v podjetju, so sledeči:

- embalažni list,
- mešalni evidenčni,
- priprava sipkih surovin,
- mlevni list (ML),
- mešalni list,
- izdelovalni list,
- urejevalni list,
- niansirni list,
- filtracijsko polnilni list.

Tehnolog določi, na katere liste se operacije vežejo, kar je stvar tehnološkega postopka, privzeto pa je vsaka operacija na svojem listu.

Spodnji diagram prikazuje primer delovnega naloga in izpise listov, ki iz njega izhajajo. Spodnji del diagrama prikazuje operacije, ki si kronološko sledijo v procesu proizvodnje.



Slika 9: Prikaz strukture tehnoloških listov delovnega naloga

Vsak proizvodni proces se začne s prvo fazo na začetni operaciji in zaključi, ko se konča zadnja faza zadnje operacije. Materiali, ki se v proizvodnji dozirajo v korakih, se uporabijo v takem zaporedju in količinah, kot je to predvideno po recepturi. Delovni nalog se zaključi po tem, ko se vzorec izdelovanca odnese v laboratorij in se izdelku na podlagi končne kontrole dodeli status (kontrola je opravljena bodisi uspešno ali neuspešno), ki se zabeleži v sistemu SAP. Po zaključku se lahko opravi obračun delovnega naloga.

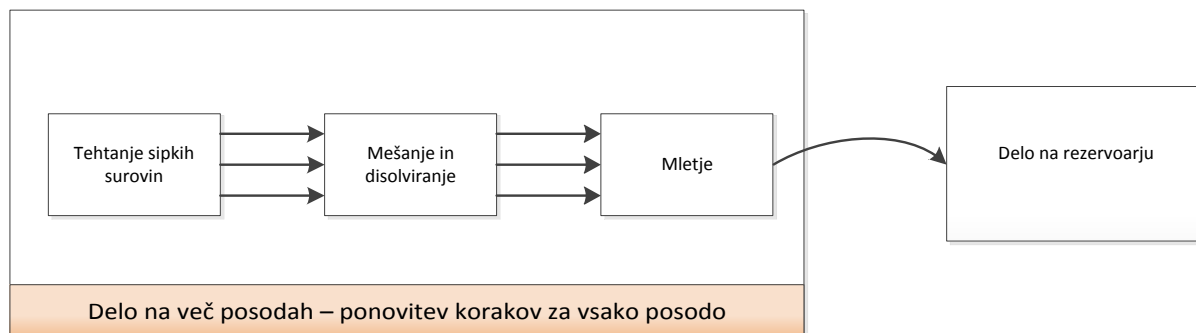
V Heliosu se uporablja delavniški raspored proizvodnje, za katerega je med drugim značilno, da se obdelovanci med tehnološkimi operacijami transportirajo s posebnimi transportnimi sredstvi. V primeru izdelave barv in tekočih materialov kot transportno sredstvo uporabljajo posode. Te poleg funkcije transporta predstavljajo še element, v katerem se izdelovanec nahaja. Opis proizvodnje v posodah sledi v naslednjem poglavju.

#### 4.1.2 Delo s posodami

Proizvodnja izdelka lahko poteka v več posodah. Če je predvidena količina polizdelka za izdelavo večja, je pri proizvodnji potrebno večje število posod. To se na delovnem nalogu označi tako, da se na mesto, ki je namenjeno vnosu števila potrebnih posod pri proizvodnji, izpiše ustrezno število (to je lahko od 1 do 12, kar je največje število posod na en delovni nalog), ki se izračuna po formuli (celoštevilska zaokrožitev navzgor):

$$\text{število posod} = \frac{\text{količina materiala na DN}}{\text{predvidena količina za eno posodo}}$$

V tem primeru, se količine artikla, ki jih je potrebno dozirati v posode, v danem koraku razdeli na enake dele glede na število posod. Poleg tega se vsi koraki znotraj faze ponovijo zaporedno od prvega do zadnjega, za vsako posodo posebej. Ko se del proizvodnje, vezan na posode, zaključi (navadno je to po operaciji mletja), se vsebina vseh posod združi v en sam rezervoar. Spodnja skica opisuje delovni proces z uporabo več posod.



Slika 10: Delovni proces z uporabo več posod

### 4.1.3 Doziranje materialov in količin zunaj tehnološke recepture

Ker v proizvodnji prihaja do odstopanj dejanskih izdelavnih količin od planiranih (npr. manjša količina paste zaradi izgube materiala pri mletju), je potrebno nekatere artikle v fazah dozirati v večjih ali manjših količinah, kot so predvidene v tehnološki recepturi. Scenariji, ko se lahko količine dozirajo v drugačnih količinah kot predvideno, so naslednji:

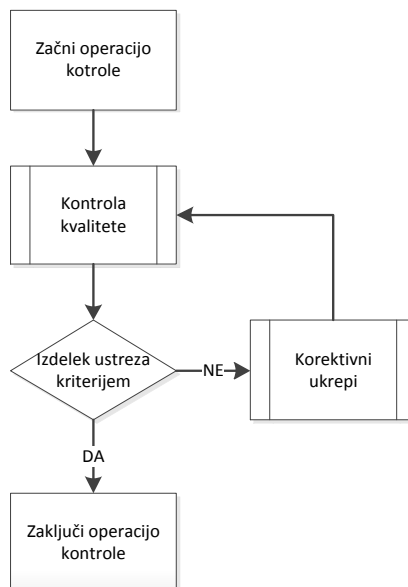
- zaradi premajhne količine paste se ustrezno zmanjša vse količine vnosa materialov za faktor zmanjšanja,
- rezultati medfaznih kontrol zahtevajo korekcijo materiala z dodajanjem večjih količin,
- zahteve po dodatnih mehanskih operacijah v fazi končne kontrole kakovosti.

V prvem primeru, ko je za izdelavo določenega produkta potrebno v neki fazi dozirati neko količino paste (ta je navadno vhodni material v izdelovanec; pasto se namensko izdelava s posebnim delovnim nalogom kot polizdelek za izdelavo končnih produktov), na razpolago pa je manjša količina od planirane, lahko tehnolog izračuna faktor zmanjšanja in v delovnem nalogu temu primerno zmanjša vse ostale količine materialov.

Drugi primer se pojavi pri vmesnih kontrolah polizdelka (vmesne kontrole so predvidene kot faze na delovnem nalogu). Če se v neki fazi v medkontroli ugotovi, da je prišlo do odstopanja materiala, je potrebno operativno ukrepanje. Največkrat je to zahteva za spremembo lastnosti izdelovanca (npr. zvišanje sijaja) z dodajanjem novega materiala ali z zahtevo za dodatne mehanske operacije. Pri dodajanju so to lahko dodatne količine materiala iz nabora surovin, predvidenih za to fazo ali pa povsem drug material, ki ni predviden v tehnološki recepturi in ni del kosovnice. V obeh primerih je akcijo potrebno zabeležiti kot dogodek, ki odstopa od tehnološke recepture in služi za pravilno obračunavanje in beleženje porabe materiala.

Zadnji primer je korekcija materiala, ko se manjši vzorec v fazi končne kontrole kvalitete pošlje v laboratorij na analizo ustreznosti (npr. glede viskoznosti, sijaja in podobno). Tam se material laboratorijsko preveri in oceni, ali so potrebni dodatni posegi, da dosežemo želene lastnosti. V večini primerov, ko se zahteva popravek materiala, se tukaj predvidi strojne

operacije (npr. dodatno mletje), ne pa dodajanje novih količin nekega materiala. Vse korektivne ukrepe nadzira in vodi tehnolog proizvodnje. Kontrola je zaključena, ko se v sistem SAP zabeleži status kontrole in vnese rezultate analize. Takrat se delovni nalog označi kot zaključen. Opis procesa v fazi kontrole na podlagi rezultatov kontrole kakovosti prikazuje spodnji diagram.



Slika 11: Procesni diagram v operaciji kontrole

## 4.2 Delovna dokumentacija

V proizvodnji so osnovni delovni dokumenti spremni listi, to je natisnjena različica delovnega naloga. Predstavljajo navodila delavcem, kje morajo opraviti neko akcijo, kako naj to opravijo in kateri materiali so potrebni za uspešno izvedbo akcij. Poleg tega so izpolnjeni delovni listi tudi delovna evidenca o tem, kaj in kako se je izdelalo, izpolnjeni podatki pa so osnova za računovodstvo, kjer se delovni nalogi knjižijo. Primer in razlago izdelovalnega lista prikazuje spodnja slika.

## IZDELOVALNI LIST

Stran 1  
od 2

Ki DS000 - DISPERGIRNO MEŠALO

Rezervoar

Obrat 1010 Teža paste: 336  
0010 DOKONČEVANJE

Številka naloga 1000000

460392

POSKUSNA PROIZVODNJA

Posod 1

Razpisana 336 KG Dejanska 336 KG

PR: 1000000, 1000000, 1000000, 1000000, 1000000

Tehnolog : Skupni Recept	K03	Izpis	18.05.2011
Skupina receptur	50000140	Začetek	05.05.2011
Števec skupin plana	1	Zaključek	05.05.2011
Alternativna kosovnica	1	Proizvodna verzija:	A001
		Datum dostave	

## Faza: 0020 ..doziranje tekočih surovin

VSE SUROVINE DODAJ MED MEŠANJEMI

Finoča past v rezervoarju		Podpis:		Rezervoar je čist - podpis					
Posod: 00		1	2	3	4	5	6	7	
Pasta datum, ura podpis:		8	9	10	11	12	13	14	
Post.	Artikel Opis	kol./ sarža							
0010	406513 (N6513) VOGA - DISPERGIRANO (100, 100)	184 KG	1	2	3	4	5	6	
0020	706664 (20740) AUFKLEBUNG	4,70 KG	1	2	3	4	5	6	
0030	702111 (622) SILICA - DISPERGIRANO (100, 100)	12,1 KG	1	2	3	4	5	6	
0040	700224 (20558) AUFKLEBUNG	5,04 KG	1	2	3	4	5	6	
0050	701004 (678) SILICA - DISPERGIRANO (100, 100)	4,70 KG	1	2	3	4	5	6	

## Faza: 0030 ..disolviranje

Čas 00:20:00

Slika 12: Primer izpisa dela delovnega naloga na izdelovalni list

## 4.3 Delovna mesta in kapacitete obrata

Proizvodni sistem v obratu je sestavljen iz resursov – delovnih sredstev, ki so vključeni v proces proizvodnje.

Seznam resursov in delovnih mest v proizvodnem objektu obrata je sledeč:

- disolverji in mešala,

- rezervoarji,
- mlini,
- tirna mešala,
- doziranje topil,
- doziranje vode, demi vode in veziv,
- polnilna linija,
- proizvodnja demi vode in
- skladiščni rezervoarji.

#### **4.3.1 Disolverji**

Disolverji so mešalni stroji, na katere se pripne posode s surovinami, ki se mešajo. Disolverji so delno avtomatizirani. Delo na njih poteka ročno, avtomatsko pa se zajemajo podatki o temperaturi in hitrosti vrtenja mešal.

Hitrost mešanja delavec uravnava ročno na panelu, glede na izkušnje ali predpisano po tehnološkem postopku. Hitrosti in časi mešanja, ki so zapisani na delovnem nalogu, so priporočene vrednosti, saj je ob dodajanju materialov (npr. sipkih materialov) potrebno zmanjšati hitrost mešanja.

#### **4.3.2 Rezervoarji**

V objektu se nahaja večje število rezervoarjev, ki se uporabljajo za mešanje materiala.

Delo z rezervoarjem poteka ročno. Hitrost vrtenja mešala operater ročno določi na panelu, s katerim je opremljen vsak rezervoar.

#### **4.3.3 Mlini**

Mlini so stroji, namenjeni finemu mletju materiala za doseganje visokega sijaja. Upravljanje mlinov je ročno.

#### **4.3.4 Doziranje topil**

Delovno mesto doziranje topil sestavljata disolver ter panel z lastnim nadzornim sistemom. Doziranje poteka avtomatsko. Uporabnik v nadzorni sistem vnese šifro topila in želeno količino. Na podlagi vpisane šifre se odpre ustrezni ventil, ki dozira želeno količino v posodo. Informacijski sistem za vodenje proizvodnje bo poskrbel za proženje doziranja.

#### **4.3.5 Doziranje vode in veziv**

To delovno mesto predstavlja panel z nadzornim sistemom. Doziranje poteka avtomatsko. Uporabnik v nadzornem sistemu izbere želeno doziranje, ciljni rezervoar oziroma posodo ter

želeno količino. Informacijski sistem za vodenje proizvodnje bo poskrbel za proženje doziranja.

#### **4.3.6 Polnilna linija**

Na polnilni liniji se izvaja polnjenje produkta v embalažo. Polnilna linija ni povezana z nadzornim sistemom, delo poteka ročno.

#### **4.3.7 Posode**

V proizvodnji se uporabljajo posode različnih velikosti. Uporabljajo se za:

- doziranje večjih količin topil,
- mešanje končnega izdelka ali polizdelka iz delovnega naloga (pod disolverji),
- prevoz surovin do mešalnih rezervoarjev,
- začasna hranjenja pred pakiranjem.

Posode se po uporabi:

- splakne,
- izstavi v pranje.

Pri izdelavi posameznega delovnega naloga se lahko uporablja več različnih posod. Posoda je lahko v nekem trenutku v uporabi le za en delovni nalog.



## 5 Predlog informatizacije procesa vodenja izdelave

### 5.1 Arhitektura poslovnega modela

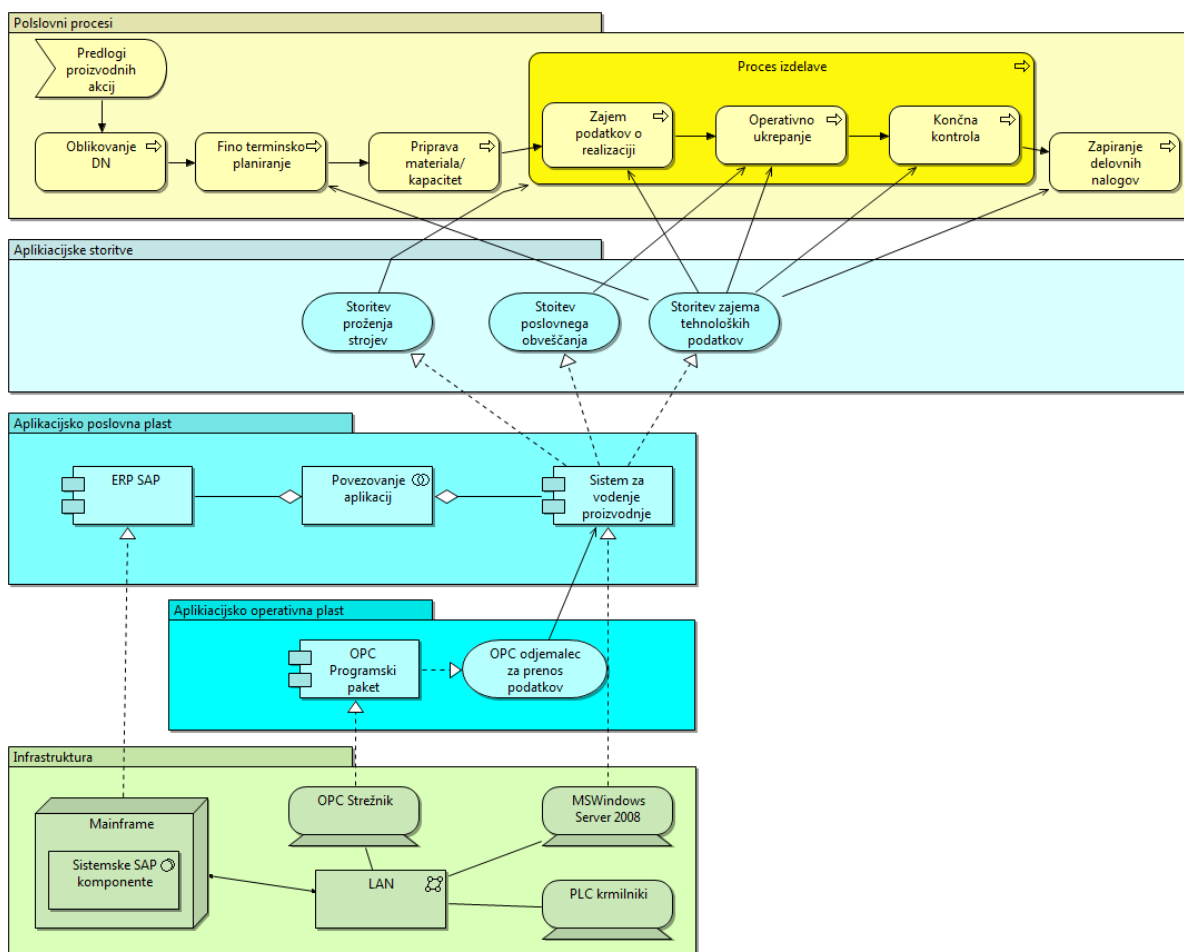
Teoretično sem arhitekturo poslovnega sistema pojasnil v poglavju 3.6.1. V tem poglavju razvijam poslovno arhitekturo v Heliosu, TBLUS, ki je predstavljena z modeli, ki se razlikujejo glede na podrobnost in vidik poslovnega sistema, ki ga zajemajo. Modele sem pripravil z brezplačnim programskim orodjem Archi, ki uporablja jezik Archimate. V začetku predstavljam globalni poslovni model na najvišji ravni abstrakcije, ki v grobem zajema vse nivoje po priporočilih jezika Archimate. Ta priporoča razbitje sistema na tri plasti: plast poslovnih procesov, aplikacijsko ter tehnološko plast.

Model na najvišji ravni vsebuje plast poslovnih procesov; za naš primer so ti podrobneje opisani v 4. poglavju. Z vključitvijo informacijske rešitve za sledenje proizvodnji bo sistem ponudil poslovnim procesom storitve za informacijsko podporo, kot so storitve proženja strojev, storitve poslovnega obveščanja ter storitev zajemanja tehnoloških podatkov. Storitve so vključene v plast aplikacijskih storitev. V aplikacijsko-poslovni plasti so umeščeni obstoječi sistem SAP ter informacijski sistem za vodenje proizvodnje, ki preko storitve SAP dostopa do potrebnih poslovnih podatkov, kot so podatki o lansiranih delovnih nalogih, podatki o materialih, strojih in podobno. Sistem za spremljanje proizvodnje to storitev uporablja še za zapisovanje podatkov o porabljenih materialih nazaj v sistem SAP v trenutku, ko je material v proizvodnji porabljen, in s tem omogoči materialno knjiženje, še preden so delovni nalogi zaključeni. To prinaša ažurne informacije o stanju materiala, kar olajša materialno poslovanje od spremljanja stanja zalog do planiranja verige dobav.

Sledi aplikacijsko operativna plast, v katero je vpet obstoječi modul SCADA za krmiljenje proizvodnje. Ta implementira aplikacijsko storitev OPC odjemalec za prenos podatkov, ki se povezuje na modul sistema za spremljanje proizvodnje. Slednji lahko preko storitve SCADA proži točenja pri avtomatiziranih strojih, uravnava hitrost mešanja in temperaturo v rezervoarjih in podobno. Poleg tega lahko zajema procesne podatke iz strojev in naprav za poročilni podsistem, za pregledovanje zgodovine proizvodnje in za analizo napak, ki se pojavijo v proizvodnji.

Najnižja je plast arhitekture, ki se sestoji iz fizičnih naprav in omrežja, ki so potrebna za učinkovito izvajanje aplikacijskih sistemov. Sistem ERP teče na *mainframe* računalniku, sistem za sledenje proizvodnji pa na strežniku z operacijskim sistemom Microsoft server 2008

z lastnim sistemom za upravljanje s podatkovnimi bazami ter OPC, ki preko krmilnikov upravlja stroje in ostale naprave v proizvodnji.



Slika 13: Arhitektura poslovnega modela – celoviti pogled

## 5.2 Poslovna plast

Poslovna plast zajema poslovne procese, ki sem jih zajel v poglavju 4.1., in je v osnovi neodvisna od informacijske arhitekture. Izvajanje poslovnih procesov se bo spremenilo le toliko, da se bodo tehnološki podatki, ki so jih v proizvodni do sedaj zajemali ročno, po novem zajemali s pomočjo informacijske tehnologije na delovnih mestih z uporabo računalniških panelov, dlančnikov, črtnih kod na kapacitetah proizvodnje in čitalcev črtnih kod. Proženje strojev in tehnoloških orodij bo podprto v sistemu za vodenje proizvodnje preko aplikacijskih storitev, ki bodo komunicirale z aplikacijskimi storitvami za branje, pisanje in spreminjanje podatkov SCADA.

## 5.3 Aplikacijska plast

### 5.3.1 Aplikacijska arhitektura

Ko govorimo o aplikacijski plasti poslovne arhitekture, v literaturi pogosto srečamo termin programska arhitektura. Mary Shaw in David Garlan [29] opisujeta programsko arhitekturo kot proces določevanja strukturne rešitve, ki ustreza tehničnim in operativnim zahtevam z optimizacijo pogostih atributov, kot so zmogljivost, varnost in upravljivost (angl. *manageability*). Ta proces vključuje serijo odločitev, ki temeljijo na širokem razponu dejavnikov, vsaka od teh odločitev ima znaten vpliv na kakovost, zmogljivosti, vzdrževanje in skupno uspešnost aplikacije.

Philippe Kruchten, Grady Booch, Kurt Bittner in Rich Reitman [30] aplikacijsko arhitekturo definirajo takole: *»Programska arhitektura zajema množico pomembnih odločitev o organizaciji programskega sistema, v vključujoč strukturne elemente in njihove vmesnike, iz katerih je sistem sestavljen; vedenje, ki je določeno v sodelovanju s temi elementi; kompozicijo teh strukturnih in vedenjskih elementov v večje podsisteme in arhitekturni slog, ki vodi organizacijo. Programska arhitektura vključuje tudi funkcionalnost, uporabnost, prožnost, zmogljivost, ponovno uporabo, razumljivost, ekonomske in tehnološke omejitve, kompromise in skrb za estetiko.«*

Kot vsaka kompleksna struktura mora biti tudi programska oprema zgrajena na trdnih temeljih. Neuspešno obravnavanje ključnih scenarijev, pogostih problemov ali dolgoročnih posledic ključnih odločitev lahko poveča tveganja pri izgradnji aplikacije. Posledica šibke arhitekturne zasnove je nestabilna programska oprema, ki krni podporo obstoječim in prihodnjim poslovnim potrebam ali pa je težavna za namestitev in vodenje v produkcijskem okolju.

Arhitektura sistema bi morala biti načrtovana z ustreznim upoštevanjem uporabnika, sistema (IT arhitekture) in poslovnih ciljev.

Arhitektura se osredotoča na najpomembnejše elemente in komponente znotraj aplikacije, v kateri se uporabljajo in sodelujejo z ostalimi pomembnejšimi elementi ali komponentami znotraj aplikacije. Najpomembnejša vprašanja, ki si jih moramo postaviti, ko mislimo na programsko arhitekturo, so:

- Kako bodo uporabniki uporabljali aplikacijo?
- Kako se bo aplikacija namestila v produkcijsko okolje in kako bo vodena?
- Kakšne so potrebe po atributih kakovosti aplikacije kot so varnost, zmogljivost in konfiguracija?
- Kako naj bo aplikacija načrtovana, da bo fleksibilna in enostavna za vzdrževanje skozi ves čas uporabe?

- Kakšni so trendi v arhitekturi, ki lahko vplivajo na aplikacijo v danem trenutku ali po tem, ko bo že nameščena?

Aplikacijska arhitektura teži k izgradnji mostu med poslovnimi potrebami in tehničnimi zahtevami z razumevanjem primerov uporabe. Pri tem mora iskati načine in poti, kako te primere uporabe vključiti v program. Ciljati mora na identificiranje potreb, ki bodo vplivale na strukturo aplikacije. Dobra arhitektura zmanjšuje poslovno tveganje povezano z izgradnjo tehnične rešitve. Dobro načrtovanje pa bo zadostno fleksibilno, ki bo zmožno obvladovati dejanske procese in dogodke, kot se bodo odvijali skozi čas rabe programske in strojne tehnologije, prav tako pa tudi uporabniške scenarije in nove potrebe.

Arhitektura mora:

- napraviti strukturo sistema razvidno in zakriti podrobnosti implementacije;
- upoštevati vse primere uporabe in scenarije;
- nasloviti potrebe različnih nosilcev interesov;
- obvladovati funkcionalne in kvalitativne potrebe.

Pri načrtovanju aplikacijske arhitekture je treba upoštevati načela in primere dobrih praks, kot so.

- **Ločevanje programskih modulov** (angl. *separation of concerns (SoC)*): Razdeli aplikacijo na različne enote z najmanjšo možno mero prekrivanja funkcionalnosti. Pomemben faktor je minimizacija interakcij za doseganje šibke sklopljenosti in visoke kohezije.
- **Načelo enotne odgovornosti**: Vsaka komponenta mora biti odgovorna samo za eno značilnost funkcionalnosti.
- **Načelo skrivanja podrobnosti** – najmanjšega znanja (angl. *Law of Demeter LoD*): Komponenta ali objekt se ne sme zavedati notranjih podrobnosti komponente ali objekta.
- **Načelo neponavljanja**: Specificiraj namen samo na enem mestu. Neka funkcionalnost, ki se implementira na nekem mestu, se ne sme podvajati v ostalih komponentah.
- **Minimizacija načrtovanja vnaprej**: Načrtuj, kar je nujno. V nekaterih primerih je potrebno načrtovanje vnaprej in testiranje, če so stroški razvoja ali stroški neuspeha v načrtovanju izredno visoki. V nasprotnih primerih, še posebej pri agilnem razvoju, se je treba v čim večji meri izogibati načrtovanju vnaprej.
- **Konsistentnost vzorca načrtovanja skozi vse plasti**: Znotraj logične plasti morajo biti načrtovane komponente, kjer je to možno, konsistentne za neko operacijo.
- **Vzpostavitev sloga kode** (angl. *coding style*): Preveri ali ima organizacija vzpostavljen dogovor o slogu kodiranja in slogu poimenovanja. Enoten slog omogoča

konsistenten model, ki olajša članom tima pregledovati programsko kodo, ki je niso sami napisali, kar olajša vzdrževanje aplikacije.

- **Vzdržuj kvaliteto sistema z uporabo avtomatiziranih tehnik med razvojem:** Testiranje enot in ostale tehnike, kot so analiza odvisnosti in analiza programske kode, omogočajo spremljanje metrik zmogljivosti in obnašanja. Uporaba avtomatiziranih orodij med razvojem preprečuje, da bi lokalno načrtovanje in odločitve negativno vplivale na celotno kvaliteto sistema.
- **Jasno opredeli, kako poteka komunikacija med plastmi:** Če dovolimo, da vsaka plast v aplikaciji lahko komunicira z ostalimi plastmi ali pa da je z njimi v soodvisnosti, je razumevanje in vodenje takšne rešitve bistveno težje.
- **Uporaba abstrakcije za implementiranje šibke sklopljenosti:** To lahko izvedemo z definiranjem vmesnih komponent z dobro poznanimi vhodi in izhodi, ki preslika zahtevo v format, ki je razumljiv komponenti znotraj plasti. Programsko lahko to dosežemo z uporabo vmesnikov in abstraktnih razredov ter deljeno abstrakcijo (angl. *dependency inversion*).
- **Ne povezuje različnih tipov komponent v isti logični plasti:** Identificiraj različna področja interesov in grupiraj komponente, ki so povezane z vsakim področjem interesov v logično plast. Kot primer slabe prakse je vključevanje poslovnih procesnih komponent na plast uporabniškega vmesnika. Namesto tega mora ta plast vsebovati komponente, ki so zmožne obvladovati uporabnikove vhodne podatke ter procesirati uporabniške zahteve.
- **Vzdržuj konsistentnost formata podatkov znotraj plasti ali komponente:** Mešanje formata podatkov poveča težavnost implementacije, razširitve in vzdrževanja aplikacije. Nadalje zahteva, da vsakokrat pretvorimo format podatka iz enega v drugega; potrebno je implementirati kodo za pretvorbo podatkov, kar poviša režijske stroške procesiranja.

### 5.3.2 Implementacija aplikacijske arhitekture sistema za sledenje proizvodnji

V primeru Heliosa predlagam zasnovo večnivojske aplikacijske arhitekture, zaradi kompleksnosti rešitve, večje fleksibilnosti med razvojem aplikacije, vodenja razvoja po plasteh, lažjega vzdrževanja in ponovne uporabljivosti nekaterih generičnih komponent pri podobnih projektih. Tak pristop k arhitekturi je često uporaben in primer dobrih praks v produkcijskih okoljih za razvoj programskih rešitev. Prednosti, ki jih taka zasnova prinaša so zajete v predhodnem poglavju.

Spodnji Archimate model prikazuje arhitekturno zasnovo aplikacijske plasti informacijskega sistema za vodenje izdelave. Najnižjo plast sestavljajo:

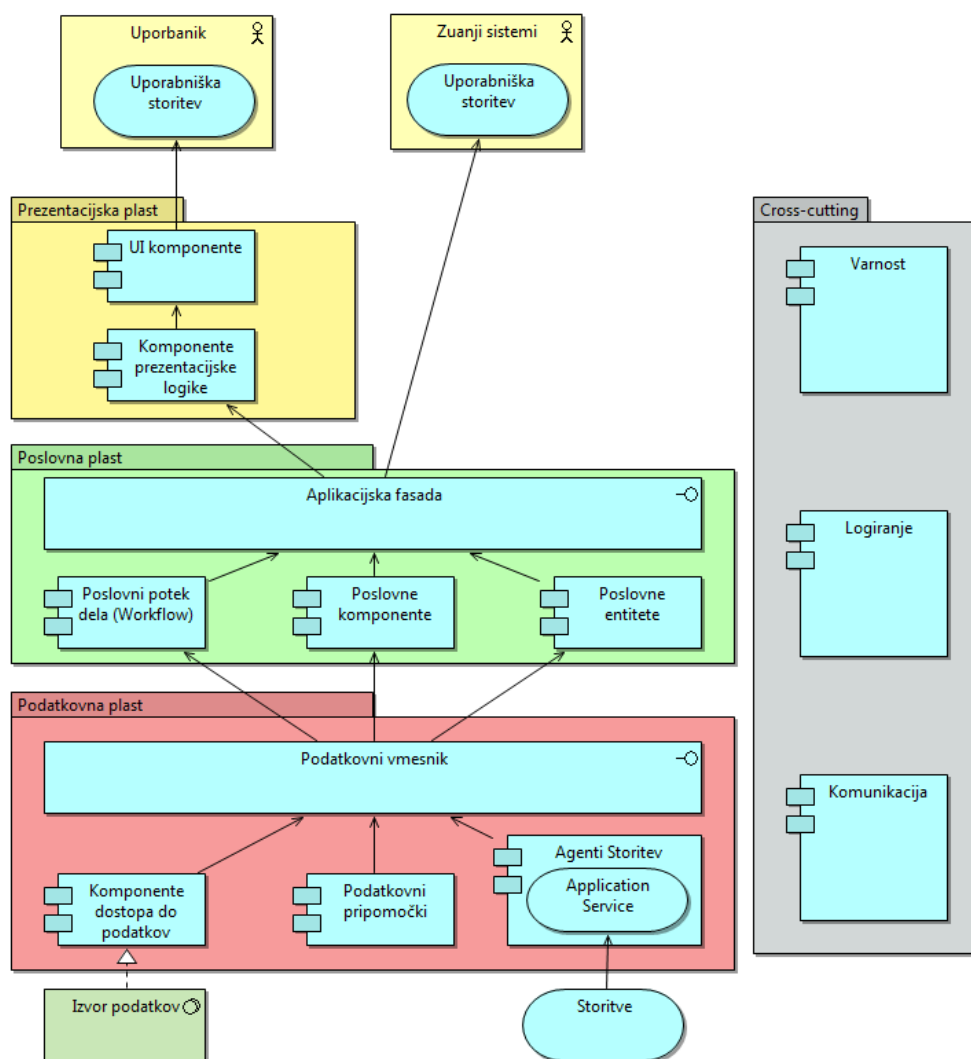
- programski paketi za dostop do podatkov, ki se hranijo bodisi v relacijski podatkovni bazi ali se lahko do njih dostopa preko storitev zunanjih aplikacijskih sistemov (npr. SAP);

- podatkovni pripomočki (ang. *helpers*) za poenostavitev implementacije dostopa do podatkov (npr. preko programskih ogrodij – ang. *framework*) ter
- Agenti storitev, ki omogočajo dostop do podatkov zunanjih sistemov preko storitev (npr. spletnih storitev – ang. *Web Service*)

Vse komponente skupaj sestavljajo podatkovni vmesnik, ki je viden višjim plastem in do katerega poslovne komponente direktno dostopajo.

Plast višje je poslovna plast in predstavlja programsko realizacijo poslovnih pravil za pravilno delovanje sistema za vodenje izdelave. Ta sestoji iz:

- komponente poslovnega poteka (ang. *Workflow*), ki določa zaporedja izvajanja posameznih aplikacijskih procesov in vsebuje logiko prehodov med stanji sistema;
- poslovnih komponent, ki vsebujejo logiko za manipulacijo nad podatki pridobljenimi iz podatkovne plasti;
- poslovne entitete, ki so preslikava fizičnih tabel relacijskega modela v entiteti model v obliki programskih razredov.



Slika 14: Arhitekturni model aplikacijske plasti informacijskega sistema za vodenje proizvodnje

Najvišja plast je prezentacijska plast, ki jo sestavljajo:

- komponente grafičnega vmesnika (UI komponente), ki skrbijo za izgradnjo grafičnega vmesnika in uporabniku omogočajo prijazno, hitro in enostavno interakcijo z informacijskim sistemom.
- komponente prezentacijske logike, ki po procesiranju poslovnih pravil iz poslovne plasti pridobijo potrebne informacije ter izvajajo osnovne logične operacije za pravičen prikaz podatkov na komponentah grafičnega vmesnika.

Aplikacija je dostopna preko uporabniških storitev, ki se izvajajo na spletnem brskalniku. Zunanje aplikacije lahko z informacijskim sistemom dostopajo preko aplikacijske fasade z uporabo zunanjih uporabniških storitev.

Poslovno, aplikacijsko ter podatkovno plast povezuje povezovalna plast (ang. *Cross-Cutting layer*), ki skrbi za realizacijo komunikacije med komponentami, beleženje dnevnika izvajanja informacijskega sistema, ter implementira varnostne mehanizme ter zaščito nad podatki.

V naslednjih poglavjih bom v grobem predstavil izbrane tehnologije za implementacijo posamezne plasti in orodja za razvoj.

### 5.3.3 Izvedba in izbira programskega okolja in ogrodja

Pri izbiri programskega orodja, tehnik in ogrodij sem se osredotočil na primere dobrih praks in z mislijo, da bo programska rešitev kar se da lahka za vzdrževanje, fleksibilna in razširljiva na podobne projekte. Poslužil sem se najnaprednejših programskih orodij in pristopov, ki so v današnjem času v ospredju in pomenijo nov pristop v razvoju programske opreme:

- Uporabniški vmesnik informacijskega sistema za sledenje proizvodnje bo uporabniku dostopen preko spletnega brskalnika kot spletna aplikacija, ki se lahko prikazuje na zaslonih večjih dimenzij in z višjimi resolucijami, kot so proizvodni paneli, ali na manjših zaslonih na dlančnikih;
- Za realizacijo uporabniškega vmesnika se bo uporabilo ogrodje MVC 3.0 za gradnjo spletnih aplikacij, ki uporablja vzorec Model, Pogled, Krmilnik (angl. *Model View Controller*) ogrodja ASP.NET.
- Programsko okolje za razvoj programske kode: Microsoft Visual Studio 2010.
- Realizacija aplikacijske predstavitve podatkovnega modela s pomočjo paketa Entity Framework 4.2, ki je množica tehnologij v okolju ADO.NET in zapolnjuje vrzel med objektno orientiranim razvojem in podatkovno bazo. To dosežemo z uvedbo abstrakcije tako imenovanega konceptualnega prostora do te mere, ko je mogoče, da programer upravlja z entitetami in povezavami konceptualnega modela; Entity Framework pa poskrbi, da se programske poizvedbe prevedejo na ukaze, ki jih razume ciljni izvor podatkov.
- Twitter Bootstrap za oblikovanje in prikaz zaslonih form, ki podpira standard HTML 5.0. ter CSS3. Je enostaven za uporabo in razširljiv ter omogoča enostaven razvoj kode HTML za pravi prikaz zaslonih mask na zaslonih z veliko ali majhno resolucijo.

### 5.3.4 Relacijski model – entitete v proizvodnem procesu

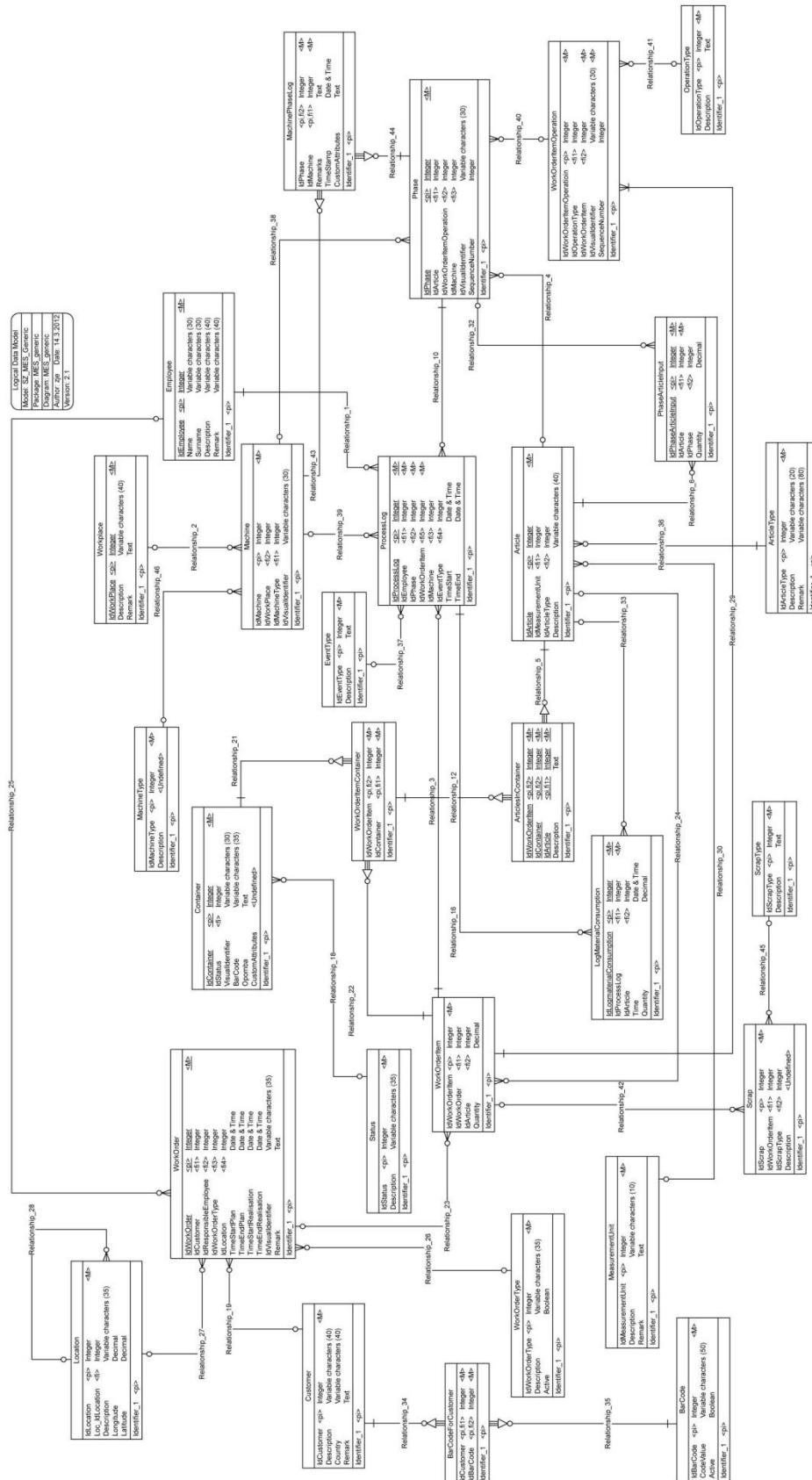
Podatkovna plast, ki implementira izvedbo podatkovnega modela, se nahaja na sistemu za upravljanje s podatkovnimi bazami na tehnološki plasti in teče na strežniku Microsoft SQL 2008 R2. Pri načrtovanju podatkovnega modela sem uporabil razvoj, ki je opisan v poglavju 3.6.4.

V nadaljevanju je opisan osnovni logični model, ki vključuje vse ključne entitete in povezave za realizacijo aplikacije in je zasnovan generično – za lažjo razširljivost na ostalih produktih za sledenje proizvodnih procesov. Uporablja tudi podatkovne tipe XML za realizacijo tistih atributov, ki so specifični za dano poslovno domeno.



Ključne entitete logičnega modela:

- delovni nalog (»Workorder«): entiteta predstavlja delovni nalog z vsemi pripadajočimi podatki,
- lokacija (»Location«): entiteta po nivojih definira neko hierahijo lokacij (na primer: podjetje1 – obrat1 – delavnica1 – ...),
- tip delovnega naloga (»WorkOrderType«) – entiteta določa tip delovnega naloga (npr. rinfuzni, točilni),
- postavka delovnega naloga (»WorkOrderItem«) – entiteta določa postavko delovnega naloga, ki je opredeljena z izdelovancem in izdelovano količino,
- hramba izdelovancev (»Container«) – entiteta določa transportno enoto ali predmet kjer se hrani izdelovanec,
- stroj (»Machine«) – entiteta, ki prdstavlja stroj v proizvodnem sistemu
- delovno mesto (»Workplace«),
- izmet (»Scrap«)
- sestavni deli izdelovanca (»ArticlesInContainer«) – entiteta predstavlja artikle, ki se nahajajo v hrambi izdelovanca glede na postavko delovnega naloga,
- šifrant Artiklov, materialov, sestavnih delov (»Article«),
- šifrant tipov artiklov (»ArticleType«),
- operacija na delovnem nalogu (»WorkOrderItemOperation«) – entiteta predstavlja delovno operacijo na delovnem nalogu
- faza (»Phase«) – entiteta predstavlja fazo operacije na delovnem nalogu, kjer je določeno, na katerem stroju se izvaja,
- materiali na fazi (»PhaseArticleInput«) – entiteta, ki predstavlja material, ki se ga v določeni fazi porabi za izdelavo,
- delovna entiteta za beleženje procesa izdelave (»ProcessLog«) – entiteta beleži dogodek, vezan na delovni stroj, delavca, tip dogodka, postavko delovnega naloga in fazo tehnološkega procesa,
- delovna tabela za beleženje porabe materiala (»LogMaterialConsumption«), entiteta beleži porabo materiala glede na proces izdelave, material in količino
- zaposlenec (»Employee«)



Slika 15: Podatkovni logični model

### 5.3.5 Funkcionalnost sistema in modulov

Sistem za vodenje proizvodnje zajema naslednje module:

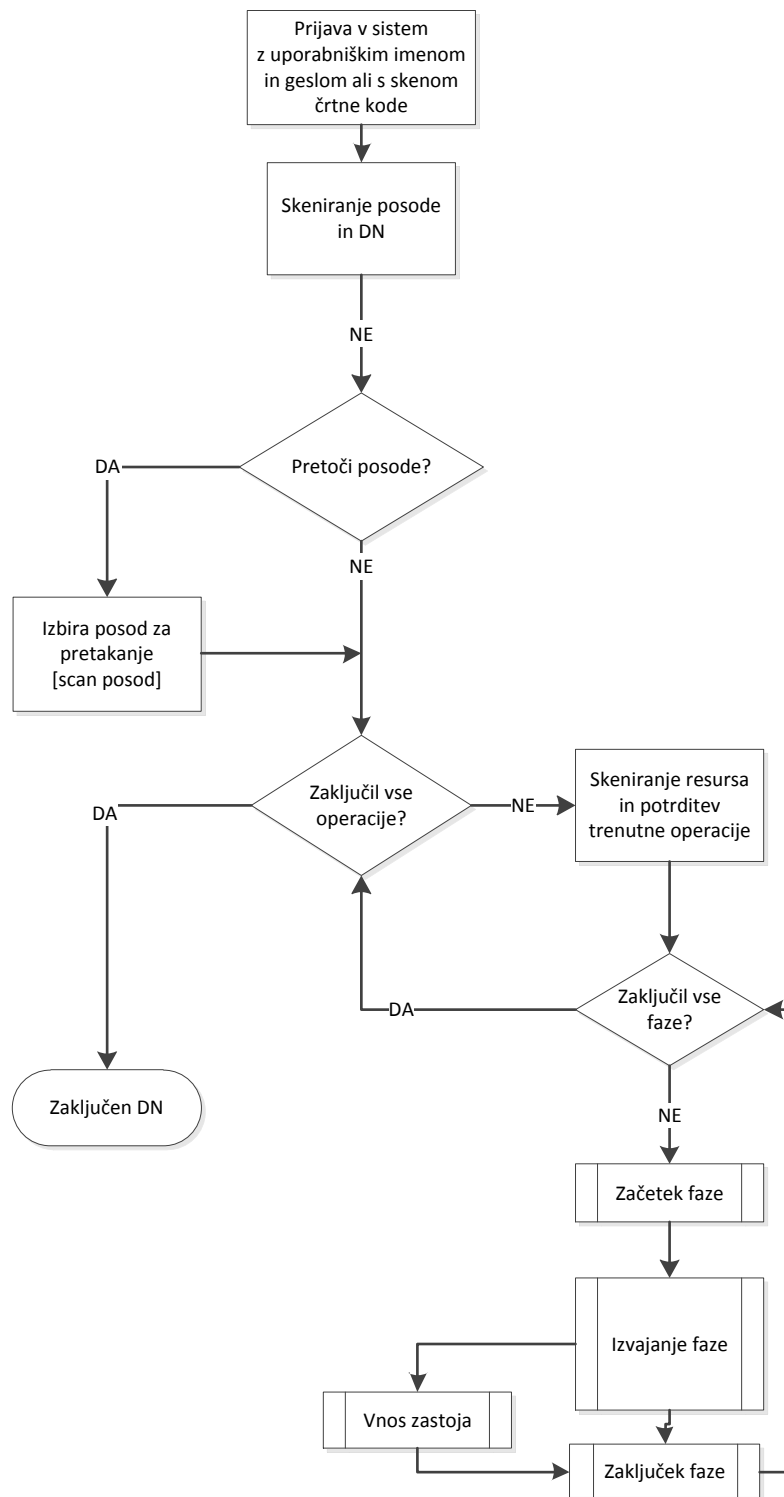
- modul Delovno mesto (informacijska podpora na delovnem mestu): omogoča programsko upravljanje proizvodnega procesa preko računalniškega vnosa parametrov o opravljanju operacij in faz. S sprotnim zajemanjem podatkov iz proizvodnje omogoča ostalim modulom sledenje proizvodnji;
- modul Delovodja: omogoča spremljanje proizvodnje (pregled delovnih nalogov v izvajanju, pregled resursov, materiala in izdelanih količin).

#### 5.3.5.1 Modul delovno mesto

Modul Delovno mesto bo v sistemu za vodenje proizvodnje realiziran z aplikacijo, ki se bo izvajala na dlančnikih in panelih. Aplikacija bo delavca vodila skozi proces proizvodnje preko operacij, faz in korakov doziranja materiala. Nadomestila bo ročno delo vnašanja podatkov o materialih na liste delovnega naloga. Poleg tega bo na podlagi skeniranja delavca, resursov (in po možnosti posod) in materialov beležila podatke v sistem, ki bodo omogočili spremljanje porabe materiala ter spremljanje stanja proizvodnje in zasedenosti posod in resursov.

Delavec bo lahko ročno preko aplikacije vpisoval dejanske dozirane količine materiala. Material, ki ga bo pred tem skeniral s čitalcem črtnih kod, bo aplikaciji sporočil šifro šarže artikla – materiala.

Spodnji procesni diagram prehajanja stanj prikazuje izvajanje delovnega procesa za modul Delovno mesto.



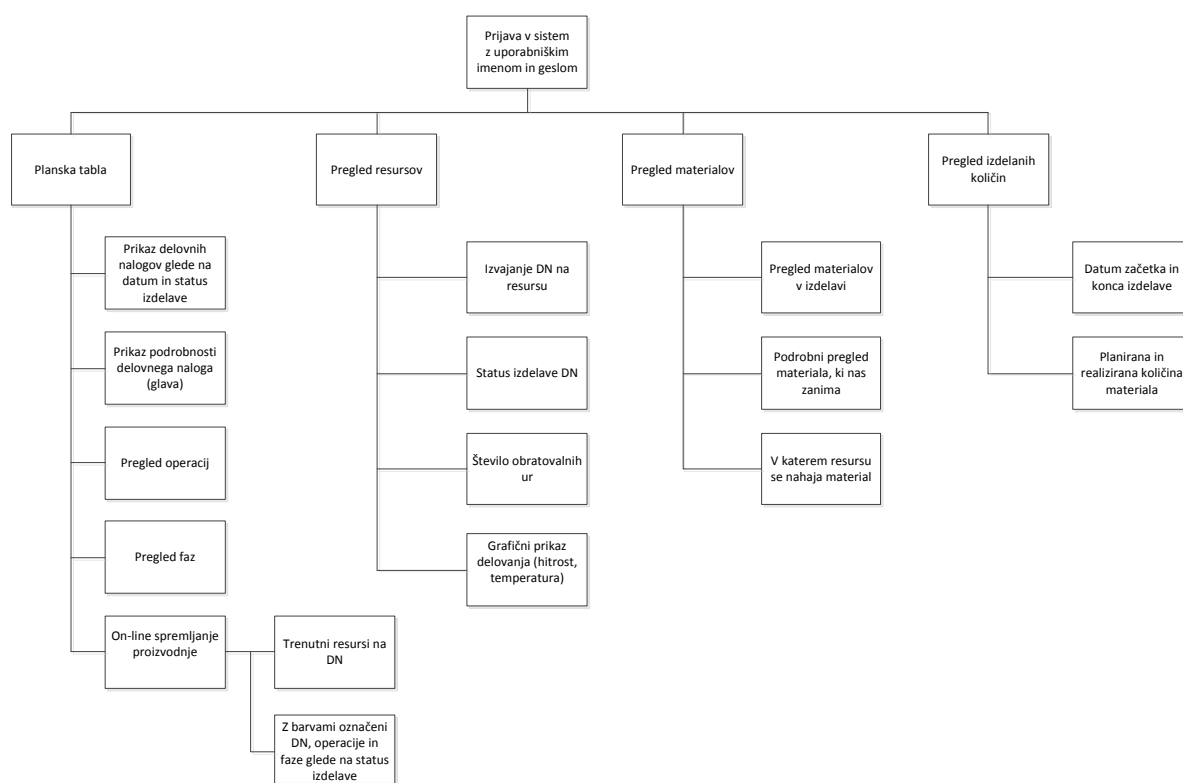
Slika 16: Diagram prehajanja stanj v modulu Delovno mesto

Opis postopka velja za vse operacije, ki se izvajajo po delovnih nalogih, izjema je začetna operacija priprave sipkih materialov, ki jo določa tehtalni list. Sipke surovine bodo v skladišču izven proizvodnega obrata pripravili na paleti tako, da bodo poskenirali nalepke vsake surovine, nato pa se bo iz kupa predpripravljenih črtnih kod dodelilo eno kodo, ki bo

skupna za vse pripravljene sipke materiale na paleti. Paleta je pripravljena za eno posodo za en delovni nalog.

### 5.3.6 Modul Delovodja

Modul Delovodja je namenjen spremljanju proizvodnje na podlagi podatkov, ki jih informacijski sistem beleži v procesu proizvodnje. Spodnji diagram prikazuje funkcionalnosti, ki jih lahko uporablja pri svojem delu izmenovodja ali delovodja, Le-te so: pregledovanje delovnih nalogov v izdelavi (planska tabla), pregledovanje izdelanih količin materiala in pregledovanje stanja resursov ter izbira kapacitete obrata glede na predviden tip resursa v dani operaciji. Poleg tega delovodja na planski tabli delovnim nalogom določa faktor količine in lahko spreminja fazo (doda nove količine obstoječega materiala oziroma doda nov material, če je to dovoljeno).



Slika 17: Diagram funkcionalne dekompozicije modula Delovodja

## 5.4 Pregled funkcionalnosti aplikacije – predlog

### 5.4.1 Delovno mesto – Dlančnik

Modul Delovno mesto je namenjen spremljanju procesa izdelave. Aplikacija se bo izvajala na prenosnih dlančnikih z vgrajenim čitalcem črtnih kod – za skeniranje črtnih kod surovin in identifikacijskih kartic delavcev.

### 5.4.1.1 Prijava v sistem

Ob zagonu spletne aplikacije se na dlančniku odpre okno za prijavo, kjer se uporabnik ročno prijavi v sistem s pomočjo tipkovnice in prične z delom. Aplikacija omogoča tudi avtomatsko prijavo s skeniranjem identifikacijske kartice.

The screenshot shows a login interface for 'SinaproMES'. It includes a title bar, two text input fields for 'Uporabniško ime' and 'Geslo', a numeric keypad with buttons for digits 1-9, 0, and a 'brisi' key, and a 'Vstop' button at the bottom.

Slika 18: Zaslonska maska Prijava v sistem

### 5.4.1.2 Izbira posode in delovnega naloga

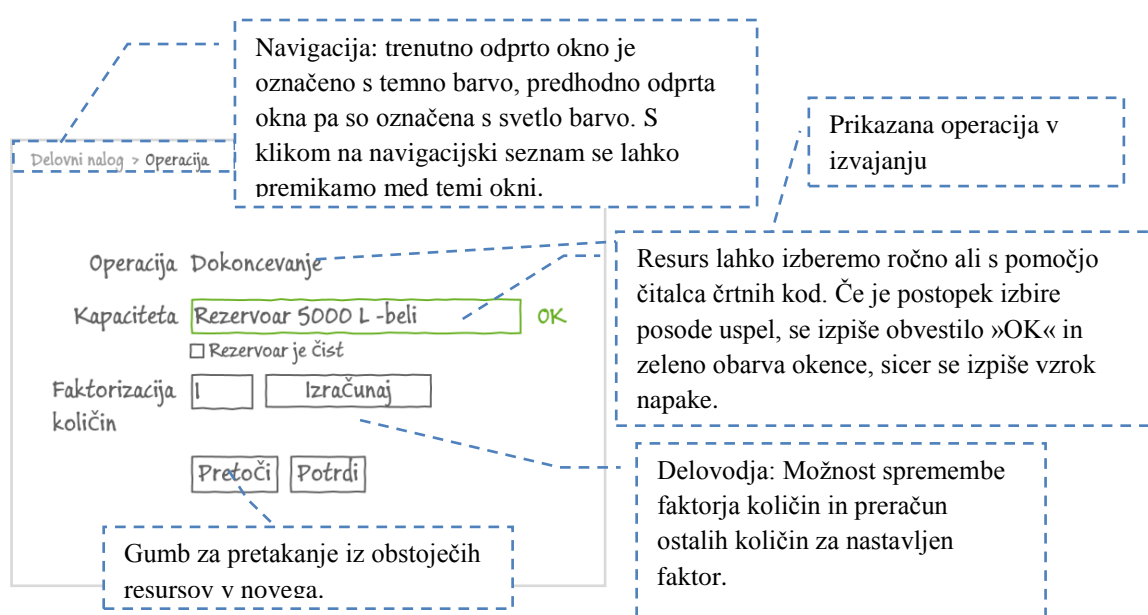
Okno »Izbira posode« je namenjeno identifikaciji posode, njeno vgravirano šifro preberemo s pomočjo čitalca kod. V tem delu je še polje za vnašanje šifre delovnega naloga. Šifro se vnaša tako, da s čitalcem preberemo kodo na delovnem nalogu.

The screenshot displays the 'Izbira posode' screen. It has a title bar 'Delovni nalog > Izbira posode' and the main title 'Izbira posode'. There are two input fields: 'Posoda' containing 'RD47' and 'Delovni nalog' containing '1081265', each with an 'OK' label to its right. A large 'OK' button is centered at the bottom. A callout box on the right explains: 'Po skeniranju posode in delovnega naloga se v polji vpišeta številki in »OK« pomeni, da je vnos pravilen.'

Slika 19: Zaslonska maska Izbira DN in posode

### 5.4.1.3 Izbira operacije

Po izbiri posode (in delovnega naloga) se prikaže okno s trenutno operacijo, ki je na sporedu za delo. Znotraj operacije uporabnik s čitalcem kode določi resurs. Če operacija zahteva določitev dodatnega elementa, ki je vezan na resurs (mešalo), se pojavijo dodatna polja, ki zahtevajo izbiro elementa. Element je možno izbrati tudi ročno. V ozadju se po izvedenem skeniranju resursa opravi kontrola, kjer se preveri ujemanje skeniranega resursa in resursa, ki ga je predhodno za uporabo predvidel tehnolog v planski tabli. V fazi dokončevanja, kjer je možna korekcija vnesenih količin zaradi odstopanja v količini paste, ki je na voljo, se prikaže vnosno polje za faktorizacijo količin. Privzeto ima vrednost 1, kar pomeni ohranjanje predvidenih količin, ki so razpisane na tehnološki recepturi. Delavec nima pravice spreminjati faktorja, zato to polje ni aktivno; potrebna je avtorizacija s strani delovodje.



Slika 20: Zaslonska maska Izbira delovne operacije

V primeru, da želimo faktor količin popraviti, to storimo s klikom na gumb »Izračunaj«. Aplikacija nato z oknom pop-up opozori, da je za to potrebna avtorizacija delovodje. Če se z opozorilom strinjamo, stisnemo na gumb »OK« in pojavi se prijavno okno (glej: Prijava v sistem), ki zahteva avtentikacijo delovodje. Po uspešni prijavi delovodje se prikaže spodnje okno.

V prostor za vnos vnesemo želeni faktor in pritisnemo gumb »Potrdi«. S tem smo spremenili prvotni faktor in vse količine materialov se ustrezno preračunajo (zmnožek novega faktorja s predvidenimi količinami iz tehnološke recepture).

Slika 21: Zaslonska maska Vnos faktorja količine

V primeru, da želimo pretočiti vsebino posod v novo posodo oziroma smo v operaciji, kjer se vsebine posod pretoči v rezervoar, kliknemo na gumb »Pretoči«. Odpre se nam spodnje okno, kjer so prikazane vse posode, ki so v uporabi za delovni nalog v izvajanju. Izberemo tiste, ki jih želimo pretočiti. Posodo oziroma resurs, v katerega pretakamo, določimo tako, da jo poskeniramo s čitalcem črtnih kod. Izbiro potrdimo z gumbom »Potrdi«.

Posoda	Št_naloga	Status
RD47	1086532	v uporabi
RD34	1086532	v uporabi
RD2	1086532	ni v uporabi
RD9	1086532	ni v uporabi

Posoda oz. rezervoar: Rezervoar A012 OK

Pretoči

Slika 22: Zaslonska maska Pretakanje posod

#### 5.4.1.4 Izvajanje določene faze operacije

Faza, ki se prikaže v oknu, je faza, ki je trenutno na sporedu po delovnem nalogu. Okno omogoča beleženje začetka in konca faze, količin materiala in morebitnega zastoja.

Pod imenom faze je opisan postopek za izdelavo ter seznam artiklov oziroma materialov, ki jih je potrebno uporabiti. Postopek izdelave sestoji iz opisa faze, ki je zaporedni niz znakov in



se izpiše v predvideno polje, kjer se nahaja besedilo faze. Poleg tega vsak opis vsebuje še eno ali več procesnih inštrukcij (te je možno izbirati iz padajočega seznama procesnih inštrukcij), ki podrobno definirajo postopek dela na fazi. Če je procesna inštrukcija ena, je ta v zbirniku že izbrana in s tem za delavca predstavlja obvezujoč opis postopka za delo na fazi. V primeru, da je teh inštrukcij več (na podlagi tipa resursa v uporabi, se razpiše različne procesne inštrukcije – navodila, kako se opravi faza na konkretnih resursih, ki pripadajo temu tipu), je iz seznama potrebno izbrati ustrezno procesno inštrukcijo, vezano na trenutno uporabljen resurs, oziroma, kjer je to možno, bo aplikacija že sama ponudila kot obvezujočo izbiro (na podlagi skeniranega resursa v fazi izbire operacije). Vsaka procesna inštrukcija je predstavljena tabelarično z nizom atributov. Za vsako inštrukcijo, ki je izbrana v padajočem seznamu, lahko s klikom na gumb »Preglej inštrukcijo« odpremo okno s prikazom podrobnosti – navodil.

Gumb za hitro označevanje zastoja iz šifranta možnih zastojev.

Faza > Faza

Zastojo št. 1

Faza 0020 ..doziranje tekočih komponent

Tekst faze Pred začetkom dokončevanja stehtaj pasto!!!

Proc. inst. Procesna inštrukcija 1 Preglej p.i.

Post	Posoda	Artikel	Sarža	kol_sarža	kol_fakt	kol_dozirana
0010	RD47	Neocrlyy 33	56325563	2.000 KG	2.000 KG	2.000 KG
0020	RD47	Aquacer 535	56214987	1.500 KG	1.500 KG	

Izbira ustrezne procesne inštrukcije (oz. samo prikaz na podlagi kontrole) in možnost tabelaričnega pregleda

Skeniranje sarže: po scanu se artikel avtomatično obkljuka.

Zacni fazo Zakljuci fazo Dodaj količine Kontrola

Slika 23: Zaslonska maska – Izvajanje faze operacije

V tabeli pod poljem za izbiro procesne inštrukcije se nahajajo postavke oziroma koraki faze iz delovnega naloga. To so materiali s pripadajočimi podatki, ki jih je treba v fazi dodati materialu v izdelavi. Če delovni nalog predvideva izdelavo končnega materiala z več posodami, se količine razporedijo glede na število posod in se koraki znotraj faze ponovijo za vsako posodo posebej. V fazah doziranja materiala s tehtnico iz rezervoarjev se v tabeli izpiše še podatek o ventilu, pod katerega se namesti posodo za doziranje pravega materiala iz delovnega naloga.

Med vsako fazo je možno zahtevati medfazne kontrole. To storimo tako, da kliknemo na gumb »Kontrola«. Če se izbere in potrdi medfazna kontrola, se v aplikaciji zabeleži status in

od tod dalje so za aplikacijo surovine v posameznih korakih faz sproščene. To pomeni, da lahko v aplikaciji zabeležimo dodajanje novih količin že obstoječih materialov, predvidenih po tehnološki recepturi na neki fazi, ali pa dodamo povsem nov material iz šifrant materialov. Postopek dodajanja novih količin je opisan v spodnjih poglavjih. Ko je medfazna kontrola zaključena, ponovno pritisnemo na gumb »Kontrola«, kjer se odpre okno *pop-up* s poročilom za zaključek kontrole in gumbom za potrditev prekinitve medfazne kontrole.

Delovni nalog predvideva tudi operacijo končne kontrole. V tej operaciji se iz izdelujočega polizdelka vzame manjši vzorec, ki se ga laboratorijsko preveri, ali ustreza vsem merilom. Ko se v aplikaciji potrdi pričetek operacije končne kontrole, se delovnemu nalogu spremeni status izvajanja v »Končna kontrola«. V tem primeru se spremljanje proizvodnje po delovnem nalogu zaključi, delavec pa lahko na materialu izvaja dodatne operacije in faze, ki se jih predvidi na podlagi laboratorijskih ugotovitev testiranja vzorca izdelovanega materiala. V večini primerov gre za mehanske operacije (npr. mletje za doseg ustreznosti transparentnosti). Delovni nalog je aktiven vse do takrat, dokler se v laboratoriju ne spremeni status izdelka na podlagi končne kontrole, ki ga v sistem SAP zapiše odgovorna oseba. Takrat je delovni nalog za sistem za sledenje proizvodnje zaključen in je nadaljnje delo s strani aplikacije onemogočeno.

Obstajajo trije načini ravnanja z artikli, glede na delovno mesto oziroma resurs izvajanja faze:

- Potrjevanje doziranja (v primeru doziranja sipkih surovin in tekočih materialov potrdimo vnos v posodo). Z gumbom »Zaključi fazo« potrdimo, da so bili vsi artikli vneseni. Informacijski sistem dejanskega doziranja ne zazna.
- Spreminjanje ali dodajanje količin artiklov (ročni zajem parametrov na mlinu, tirnih mešalnih in v polnilnici). Zajem podatka o doziranem artiklu se izvrši preko črtne kode in ročnega vnosa.
- Spremljanje artiklov (v primeru avtomatiziranega procesa na resursih). Krmilni sistem SCADA sporoči dejansko dozirano vrednost.

#### **5.4.1.5 Potrjevanje artiklov**

Vsak artikel ima po delovnem nalogu določeno količino. Predvidena količina doziranja se prebere iz sistema SAP, šarža pa se pridobi s skeniranjem črtne kode na materialu (v primeru, ko ne gre za sipke surovine in v primerih, ko je šarža vnaprej predvidena po SAP). Če se v izdelujoč material dodaja polizdelke, ki so nastali kot vmesni izdelki v Heliosu, se številko šarže vpiše ročno, ker le-ti niso opremljeni z nalepkami s črnimi kodami. V primeru doziranja sipkih surovin se s skeniranjem črtne kode na paleti (ki predstavlja vse surovine na paleti) označi vse surovine, ki se nahajajo na paleti. Uporabnik ima možnost potrjevanja količine, ki se je dejansko uporabila (z gumbi za potrjevanje). Zaradi sledenja materiala in časovnega izvajanja dela se vsaka faza začne s klikom na gumb »Začni fazo« in konča s klikom na gumb »Zaključi fazo«.

#### **5.4.1.6 Planska tabla**

Okno Planska tabla je namenjena pregledovanju delovnih nalogov, ki so ali trenutno lansirani (v izvajanju) ali v čakanju na izvajanje.

Delovni nalog lahko iščemo glede na časovni interval ali glede na njegov status (Ni lansiran, V izvajanju, Dokončano, Napaka). Na voljo so vnosna polja »Datum od« in »Datum do« ter izbirni padajoči seznam z možnostjo izbora vseh delovnih nalogov, nelansiranih nalogov, nalogov v izvajanju in končanih delovnih nalogov. Ko potrdimo izbiro s klikom na gumb »Prikaži nalog«, se prikaže tabela iskalnih zadetkov delovnih nalogov. Poleg delovnih nalogov so prikazane tudi njihove podrobnosti. Za vsak delovni nalog vidimo podatek o stanjih, razpisanem resursu, ki je predviden v določeni operaciji, posodah in materialu, ki je vezan na posamezno fazo. Poleg tega sta v tabeli prikazana še podatek o začetku in terminiranju proizvodnje, ki ju je možno spreminjati v planski tabli neposredno s pisanjem v polja v tabeli. Stanja delovnih nalogov so označena z barvami (Ni lansiran, V izvajanju, Dokončano, Napaka).

Ko s klikom v tabeli izberemo delovni nalog, se prikaže tabela posod, ki so v uporabi. Za vsako posodo lahko prikažemo, na katerih operacijah se je uporabljala, in vse njene faze.

V vseh tabelah so z barvami označena stanja. Razlaga barv je naslednja:

- bela barva: ni lansiran
- rumena barva: v izvajanju
- zelena barva: zaključen
- rdeča barva: napaka (npr. zastoj v fazi znotraj operacije na izbranem delovnem nalogu)

Ob kliku na gumb »Dodaj količine« se odpre spodnje okno, kjer lahko dodamo nove količine za izbrano fazo. Opisani modul je opsijski in se doda aplikaciji, če se oceni, da je potreben. V številko faze se privzeto prepíše vrednost iz faze, ki smo jo izbrali v tabeli faz prej opisanega dela aplikacije. Izpišejo se še opis in opombe faze. Postopek dodajanja nove količine je enak, kot je to opisano v modulu »Delovno mesto«.

Prikaz koledarčka ob kliku na vnosno polje »datum od« in »datum do«.

Vrstica, ki opisuje DN. Različne barve opisujejo stanje DN.

Prikaz podrobnosti izbranega DN.

Filter izpisa – začetni in končni datum.

Planska tabla | Pregled resursov | Pregled materialov | Pregled izdelanih količin

Številka naloga: 1080512  
 Tehnolog: Oražem Igor K04  
 Skupina receptur: 419479  
 Števec skupin plana: 1  
 Alternativna kosovnica: 1  
 Razpisana: 8.000 KG  
 Dejanska: 8.000 KG

MOBIHEL ZK Trdilcec 8800  
 DOD DOKONCEVANJE  
 Gostota izdelka: 0,950  
 Posod: 1

oktober 2011  
 Datum od:   
 Datum do:   
 Izpisi vse naloge ne glede na datum  
 Vsi delovni nalogi  
 Izpiši

Pregled delovnih nalogov

Delovni nalogi

Tip resursa	Št. naloga	Št. materiala	Naziv	datum_KK	Datum potrjevanja	Zagon	Konec
KV RD5BL - REZERVOAR 5000L-beli	1080512	470574	Mobihel ZK Trdilcec 8800	13.04.2011	14.04.2011	13.04.2011	15.04.2011
Nerazporejen	1081351	470577	TES.akr.cd.			13.04.2011	15.04.2011

Posode

Sifra Posode: RD471, RD5, R33

Operacije Faktor količine

Kapaciteta_Obrata	Št. operacije	Opis
Rezervoar1	D010	Dokončevanje
NI DOLOČEN!	D150	Filtracija

Faze Dodaj količine

Št. faze	Opis	Opombe	Cas_Zacetek	Cas_Konec	Zastoj
0020	Doziranje tekočih komponent	Pred začetkom dokončevanja stehčaj pasto	7:23	7:05	
0030	Mešanje	Mešaj 20 minut	7:55	7:30	
0040	Doziranje tekočih komponent	Neocrnjl XK 99 doziramo med mesanjem ...	8:06	8:00	
0050	Mesanje	Mešaj 15 minut	8:25	8:07	
0060	Doziranje med mesanjem	Premiks dodaj pocasi med mesanjem, pre mi ...	8:30		8:32: Izpad el. toka

Seznam posod.

Slika 24: Zaslonska maska – Planska tabla

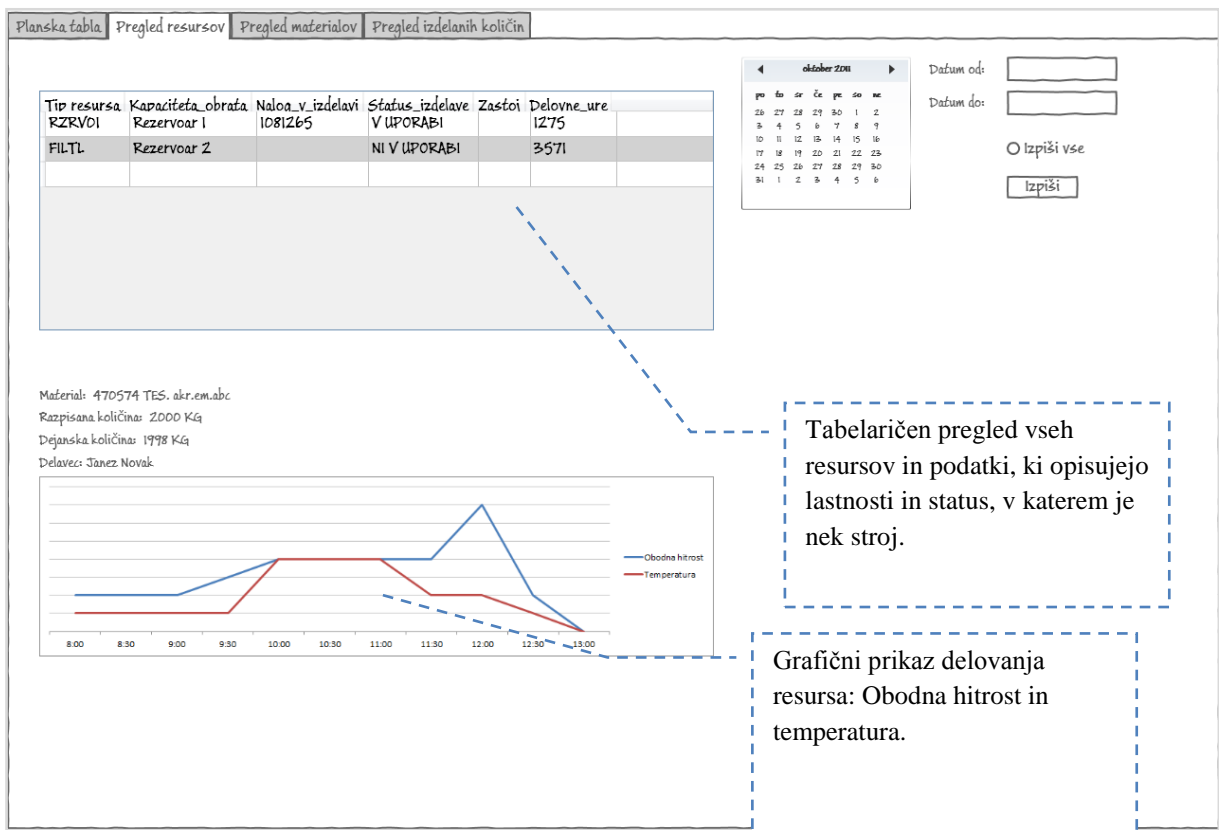
Izpis stanja posamezne faze. Z rdečo barvo je označen zastoj ob določeni uri, z možnostjo vnašanja razloga za zastoj.

Tabela s prikazom posameznih operacij izbranega delovnega naloga. Različne barve predstavljajo stanje posamezne operacije.

### 5.4.1.7 Pregled resursov

Pregled resursov omogoča prikaz trenutnega stanja resursa: kateri nalog se na njem izvaja (predviden tip resursa in dejanski stroj – kapaciteta obrata), status izdelave, status zastoja in število obratovalnih ur.

Poleg tega se za izbrani resurs prikaže graf, ki na vodoravni osi prikazuje čas obratovanja, na navpični osi pa temperaturo in hitrost mešala. Graf se sproti osvežuje glede na podatke, ki jih sistem pridobi iz odjemalca OPC za prenos podatkov. Možen je tudi zgodovinski pregled stanja stroja tako, da z vnosom v polja »Datum od«, »Datum do« vnesemo želene vrednosti in stisnemo gumb »Izpiši«.



Slika 25: Zaslonska maska – Pregled resursov

### 5.4.1.8 Pregled materialov

Modul Pregled materialov omogoča pregled vseh materialov, ki so trenutno v izdelavi. Za vsak material lahko iz tabele vidimo podatke o nazivu materiala, šifri delovnega naloga, na katerega je vezan, in resurs, v katerem se material trenutno v proizvodnji nahaja – »kapaciteta obrata«. Kot v prejšnjem oknu je tudi tukaj možen zgodovinski prikaz stanja.

Planska tabla | Pregled resursov | Pregled materialov | **Pregled izdelanih količin**

Številka_maf	Naziv_materiala	Št._delovnega_naloga	Kapaciteta_obraza
470574	TES.akr.bcd.	1086541	Rezervoar 1
460410	Pasta za Tessarol akril emajl beli	1081267	Rezervoar 3
450365	TES.akr.cde	1086541	Rezervoar 2
450102	Barval	1046871	Rezervoar 10

Material: 470574 TES.akr.bcd  
 Razpisana količina: 2000 Kg  
 Dejanska količina: 1998 Kg  
 Delavec: Janez Novak

Izpisi vse

Podrobni podatki o materialu, ki nas zanima.  
 Tabela s prikazi materialov, ki se trenutno izvajajo.

Slika 26: Zaslonska maska – Pregled materialov

#### 5.4.1.9 Pregled izdelanih količin

Pregled izdelanih količin omogoča časovni prikaz poljubnega materiala, vrednost njegove planirane in realizirane količine, datum začetka izdelovanja in datum konca izdelovanja. Modul je namenjen pregledu proizvodnje materiala v nekem časovnem obdobju (skozi več delovnih nalogov) za namen prihodnjega planiranja kapacitet, ki so potrebne za izdelavo (povprečni časi proizvodnje in podobno).

Planska tabla | Pregled resursov | Pregled materialov | **Pregled izdelanih količin**

**Material: 470574, TES.abc.de.fg**

Datum_zač	Datum_kon	kol_planirana	kol_realizirana
10.02.2010	12.02.2010	2.600,00 KG	2.650,00 KG
19.02.2010	22.03.2010	2.600,00 KG	2.590,00 KG
04.05.2010	06.05.2010	2.600,00 KG	2.600,00 KG
15.05.2010	17.05.2010	2.600,00 KG	2.600,00 KG
30.05.2010	02.06.2010	2.500,00 KG	2.480,00 KG

Datum od:  
 Datum do:  
 Izpisi vse  
 Glede na material:

Št. materiala	Ime materia	<input type="checkbox"/>
470574	TES.abc.d	<input checked="" type="checkbox"/>
476221	Barva - bel	<input type="checkbox"/>
476033	Barva - rur	<input type="checkbox"/>

Tabela za pregled vseh izdelanih količin izbranega materiala.

Tabela za izbiro materiala.

Slika 27: Pregled izdelanih količin

#### 5.4.1.10 Fino razporejanje delovnih nalogov

Okno »Razporejanje delovnih nalogov« omogoča tedenski ali mesečni pregled planiranih delovnih nalogov.

V zgornjem seznamu vidimo seznam čakajočih delovnih nalogov.

Delovni nalogi | Razporejanje delovnih nalogov | Umrniki

Št._naloga	Naziv	Zacetek	Zakljucek	Felmolog
1080512	Mobilhel ZK Trdilec 8800	13.05.2010	16.05.2010	Igor Oražem
1080500	TES.akrr.cd	13.05.2010	14.05.2010	Igor Oražem

Datum: 30.01.2012 | Danes | Teden | Mesec

PON TOR SRE CET PET SOB NED

1080512  
Od: 30.01.2012, 08:00  
Do: 31.01.2012, 14:00

10032142  
Od: 08:00  
Do: 16:00

103032345  
Od: 07:00  
Do: 11:00

103032305  
Od: 10:00  
Do: 16:00

103082345  
Od: 10:00  
Do: 16:00

Seznam pripravljenih DN za izvajanje.

S klikom na interaktivni koledar se avtomatsko izriše zelen oblaček, ki predstavlja DN v nekem časovnem intervalu z začetnimi privzetimi nastavitvami.

Slika 28: Zaslonska maska – Razporejanje delovnih nalogov

Dodajanje delovnih nalogov poteka tako, da iz seznama pripravljenih nalogov z miško povlečemo nalog na želeni dan v koledarju. Na tem mestu se nariše zelen oblaček, ki nosi številko naloga. Koledar vsebuje kontrole, ki uporabniku onemogočajo prekrivanje delovnega naloga, dodajanje naloga na že zaseden stroj ali dodeljevanje nalog v preteklost. Oblačke lahko poljubno premikamo po koledarju. Nalogi, ki trajajo več dni, so raztegnjeni, kot je vidno s slike zgoraj. Ob desnem miškinem kliku na oblaček, se odpre novo okno pop-up, kjer podrobneje nastavimo parametre delovnega naloga.



Vnosna polja za določanje trajanja DN, ki bo dodeljen delavcu.

Izbira prostih DN. Privzeta vrednost je v seznamu izbran DN.

Delovni nalog: 1080512

Delavec: Janez Novak [Dodaj]

Resurs: FILTL - FILTER [Dodaj]

Start: 3.6.2011, 08:00

Stop: 3.6.2011, 14:00

Opis:

Barva dogodka: [Color selection]

[Potrdi] [Prekliči]

Opis, ki ga želimo pripeti dodeljenemu DN.

Potrdi oz. prekliči ustvarjanje dogodka.

Barva dogodka, ki bo prikazana na koledarju.

Slika 29: Zaslonska maska – Dodeljevanje delovnega naloga pri razvrščanju

Privzete vrednosti se prenesejo iz oblaka. Interval predvidenega začetka in konca delovnega naloga določimo z vnašanjem datumov in ur (polji »Start« in »Stop«). V primeru lansiranja delovnega naloga delavcu le-tega izberemo in kliknemo na gumb »Dodaj«. Na desni strani okna se nam prikaže časovni pregled zasedenosti delavca, ki ga želimo dodati. V primeru določanja resursa ga izberemo in kliknemo na gumb »Dodaj«. Na desni strani okna se nam prikaže časovni pregled zasedenosti resursa, ki ga želimo dodati. Po želji lahko dodamo še opis k nalogi in barvo dogodka, ki obarva oblaček, s katero sporočamo na primer tip ali pomembnost delovnega naloga. To je v celoti stvar odločitve osebe, ki operira z dodajanjem delovnih nalogov. V tem trenutku je potrebno samo še potrditi nastavitve in naloga je dodana.

## 5.5 Tehnološka plast

Tehnološka plast za potrebe delovanja sistema za vodenje proizvodnje sestoji iz dovolj zmogljivega strežnika, na katerem teče operacijski sistem Microsoft Windows Server 2008, s sistemom za upravljanje podatkovnih baz Microsoft SQL Server 2008 R2 ter aplikacijskim strežnikom IS Express 7.

Naprave, ki so vključene v krmilni in nadzorni sistem, imajo na voljo podatke, ki se lahko uporabijo v informacijskem sistemu za vodenje proizvodnje. Podatki se v sistem prenašajo preko komunikacije OPC.

### 5.5.1 OPC v Heliosu

Kot že opisano v predhodnih poglavjih, je OPC standard, ki omogoča prenos podatkov iz naprav nižjega nivoja v višje nivojske sisteme, kot so ERP ali sistem za vodenje izdelave.

OPC temelji na tehnologiji odjemalec – strežnik. V Heliosu je na voljo programski paket Kepware KepserverEx (strežnik), ki skrbi za komunikacijo med Siemens PLC ter poročilnimi programi.

Preko OPC se bodo prenašali podatki iz naprav, s katerimi komunicira obstoječi PLC sistem:

- doziranje topil,
- doziranje vode, demi vode in veziv,
- rezervoarji (hitrost in temperatura),
- disolverji (hitrost in temperatura).

## 6 Sklepne ugotovitve

Pričakovanja in zahteve vodstva Heliosovega obrata po informatizaciji proizvodnega procesa sem v diplomskem delu postavil kot cilje oziroma podcilje; namen diplomskega dela je bil oblikovati take rešitve IT, ki uresničujejo te cilje. V tem okviru sem postavil potrebne teoretske in znanstvene podlage, na katerih sem potem gradil rešitve. Naslednji korak, ki sem ga moral opraviti, je bilo analiziranje in posnetek obstoječega poslovnega sistema. Postavil sem si pogoj, da procesa ne spreminjamo; sprejemljive so le tiste nujne prilagoditve, ki so neobhodne za delovanje informacijske podpore.

Jedro naloge je bilo oblikovanje predloga informatizacije procesa vodenja proizvodnje v obravnavanem Heliosovem obratu. Postavil sem arhitekturo poslovnega modela, pri čemer sem se osredotočil predvsem na aplikacijsko plast arhitekture, ki je zato tudi najbolj podrobneje predstavljena. S tem je povsem razvidna arhitektura na vseh ravneh (poslovna, aplikacijska tehnološka plast), obenem pa konkretna uporabnost na posameznih delovnih mestih.

Ključno za končno oceno je, ali rešitev daje pozitivne odgovore na postavljeni glavni cilj in vse podcilje. Preglejmo še enkrat podcilje:

- spremljanje proizvodnje, to je:
  - spremljanje časa izvajanja posamezne operacije na delovnem mestu;
  - identifikacija delavca z magnetno kartico pri vstopu/izstopu;
  - prebiranje proizvodne dokumentacije, delovnih nalogov s črtno kodo, vnos zastojev itd.;
  - sistem kontrole izvajanja procesa izdelave na osnovi tehnoloških receptur;
  - sledenje resursom (zasedenost strojev, materiali v resursu);
- sprotno beleženje porabe surovin med proizvodnim procesom (doziranje barv v posamezni fazi, ročni vnos količin ali avtomatski zajem iz obstoječega sistema OPC, odprava napak zaradi ročnega vnosa podatkov);
- proženje doziranja cisternskih surovin iz sistema informacijskega sistema;
- beleženje procesnih podatkov iz strojev (temperature, obodne hitrosti mešal disolverjev in rezervoarjev);

- planska tabla za pregled procesa v izvajanju in pregled tehnoloških podatkov iz resursov (pregled lansiranih delovnih nalogov, status delovnih nalogov, spremljanje dogajanja na delovnem nalogu – operacij in faz – v realnem času);
- poročilni sistem iz pridobljenih podatkov;
- na podlagi pridobljenih podatkov omogočiti nadaljnjo analizo za učinkovito izvajanje procesa planiranja.

Ugotovimo lahko, da predlog rešitve daje odgovore na vse zahteve oziroma omogoča njihovo izvedbo. S tem je dosežen tudi končni cilj.

Natančna analiza vseh prednosti, slabosti, priložnosti in tveganj rešitve bi bila možna in smiselna šele na podlagi opazovanja in analiziranja že implementiranega in delujočega informacijskega sistema. Zato tu poskušam podati le nekaj grobih ocen in predvidevanj.

To, da rešitev zadostuje vsem postavljenim zahtevam – cilju in podciljem, je gotovo glavna prednost. Naslednjo prednost vidim v prožni arhitekturi, ki omogoča prilagajanje novim zahtevam in spremembam v poslovnem procesu ter izboljšavam na področju IT. Ocenjujem tudi, da izpolnjuje zahteve po prijazni uporabniški izkušnji. Dobro informatiziran poslovni sistem pomeni tudi hitrejši procesni cikel, boljšo preglednost nad izvajanjem procesa, manj izmeta in boljšo kakovost proizvodov (manjša odstopanja), poleg tega pa omogoča spremljanje procesnih podatkov, ki se v naslednji fazi lahko uporabijo za planiranje in optimizacijo proizvodnega procesa, s tem pa lahko tudi prispeva k doseganju strateških ciljev Heliosa.

Na slabosti oziroma šibke točke bi lahko pokazala testiranja ali zunanje ocene, lahko pa v nadaljevanju predvidim nekaj tveganj.

V primeru, da bi vodstvo sprejelo ponujeno rešitev, bi morale seveda zagotoviti potrebno strojno, programsko opremo in kadrovske podpore (za implementacijo in vzdrževanje). Predvsem pa bo moralo motivirati in usposobiti zaposlene, da se uspešno in učinkovito vključijo v proizvodni proces, izboljšan z informacijsko podporo. Možen problem, ki se lahko v začetku pojavi, je odpor delavcev do uporabe informacijskega sistema zaradi dosedanje navade na izvajanje poslovnih procesov le s pomočjo papirja in pisala.

Vse to zahteva finančni vložek in čas, ne le za končno implementacijo, temveč tudi za testiranja in izboljšave že v fazi implementacije. Še tako dober koncept lahko ogrozi slaba implementacija, predvsem pa nepripravljenost ali nezadostna usposobljenost zaposlenih, ki informacijski sistem uporabljajo pri svojem delu. To je najbrž tudi ključni dejavnik tveganja. Nadaljnja tveganja so povezana s kakovostjo vzdrževanja in posodabljanja programske in strojne opreme.

Mislim, da predlagana rešitev ponuja tudi nekaj novih priložnosti, najprej glede stalnega izboljševanja informatizacije na podlagi novih izkušenj, nato pa tudi za izboljševanje proizvodnega procesa samega. Rešitev je bila namenoma zastavljena tako, da bo te izboljšave lahko tekoče vključevala.

## Kazalo slik

Slika 1: Shema delitve bazičnih dejavnosti.....	10
Slika 2: Ravni poslovnega odločanja.....	13
Slika 3: Ravni informacijske podpore v proizvodnih sistemih.....	18
Slika 4: Shema integracije poslovnega modela.....	25
Slika 5: Trinivojska arhitektura jezika ArchiMate.....	29
Slika 6: Diagram procesa vodenja proizvodnje v Heliosu.....	31
Slika 7: Hierarhija postav Tehnološke recepture.....	32
Slika 8: Nalepka ustreznosti.....	33
Slika 9: Prikaz strukture tehnoloških listov delovnega naloga.....	35
Slika 10: Delovni proces z uporabo več posod.....	36
Slika 11: Procesni diagram v operaciji kontrole.....	37
Slika 12: Primer izpisa dela delovnega naloga na izdelovalni list.....	38
Slika 13: Arhitektura poslovnega modela – celoviti pogled.....	42
Slika 14: Arhitekturni model aplikacijske plasti informacijskega sistema za vodenje proizvodnje.....	47
Slika 15: Podatkovni logični model.....	50
Slika 16: Diagram prehajanja stanj v modulu Delovno mesto.....	52
Slika 17: Diagram funkcionalne dekompozicije modula Delovodja.....	53
Slika 18: Zaslonska maska Prijava v sistem.....	54
Slika 19: Zaslonska maska Izbira DN in posode.....	54
Slika 20: Zaslonska maska Izbira delovne operacije.....	55
Slika 21: Zaslonska maska Vnos faktorja količine.....	56
Slika 22: Zaslonska maska Pretakanje posod.....	56
Slika 23: Zaslonska maska – Izvajanje faze operacije.....	57
Slika 24: Zaslonska maska – Planska tabla.....	60
Slika 25: Zaslonska maska – Pregled resursov.....	61
Slika 26: Zaslonska maska – Pregled materialov.....	62
Slika 27: Pregled izdelanih količin.....	63
Slika 28: Zaslonska maska – Razporejanje delovnih nalogov.....	64
Slika 29: Zaslonska maska – Dodeljevanje delovnega naloga pri razvrščanju.....	65

## Literatura

- [1] Helios Domžale, d.d., „Letno poročilo 2010,“ Helios Domžale, d.d., Domžale, 2010.
- [2] HELIOS, Tovarna barv, lakov in umetnih smol Količevo, d.o.o., „Helios - oseba izkaznica - O podjetju,“ 1 februar 2012. [Elektronski]. Available: <http://www.helios.si/slo/o-podjetju>. [Poskus dostopa 1 februar 2012].
- [3] K. Sheikh, Manufacturing Resource Planning (MRP II) with introduction to ERP, SCM and CRM, New York: McGraw-Hill Publishing Limited, 2003.
- [4] K. Hitomi, Manufacturing Systems Engineering (second edition), London: Taylor & Francis Ltd., 1996.
- [5] T. Ljubič, Planiranje in vodenje proizvodnje, Ljubljana, Slovenija: Moderna organizacija, 2000.
- [6] J. F. i. J. H. B. J. Cox III, APICS Dictionary (ninth edition), V A: American Production and Inventory Control Society, 1998.
- [7] L. G. Sartory, Manufacturing Information Systems, Wokingham, England: Addison-Wesley Publishing Co., 1988.
- [8] M. Krisper, „Informacijski sistemi,“ 2009.
- [9] „Higher Bitesite Business Management - Decision making in business,“ 1 Januar 2012. [Elektronski]. Available: [http://www.bbc.co.uk/scotland/learning/bitesize/higher/business\\_management/business\\_enterprise/decision\\_making\\_business\\_rev3.shtml](http://www.bbc.co.uk/scotland/learning/bitesize/higher/business_management/business_enterprise/decision_making_business_rev3.shtml). [Poskus dostopa 18 Januar 2012].
- [10] Integrator Objects, „The Automation Pyramid: Integration Objects,“ 12 februar 2012. [Elektronski]. Available: <http://www.integrationobjects.com/automation-pyramid.php>.

[Poskus dostopa 18 februar 2012].

- [11] S. Sadagopan, Frequently Asked Questions (FAQs) on ERP. In Sadagopan, S (Editor), ERP: A Managerial Perspective, New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 1999.
- [12] Wikipedia, „SAP AG - Wikipedia, the free encyclopedia,“ februar februar 2012. [Elektronski]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/SAP\\_AG](http://en.wikipedia.org/wiki/SAP_AG). [Poskus dostopa 18 februar 2012].
- [13] TechTarget, „TechTarget,“ 18 december 2008. [Elektronski]. Available: <http://searchmanufacturingerp.techtarget.com/definition/manufacturing-execution-system-MES>. [Poskus dostopa 2012 februar 22].
- [14] Microlink Engineering Solutions, „The Benefits of OPC,“ 2012. [Elektronski]. Available: <http://www.microlink.co.uk/opc.html>. [Poskus dostopa 21 februar 2012].
- [15] „TOGAF® 9.1,“ december 2011. [Elektronski]. Available: <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/>. [Poskus dostopa 29 januar 2012].
- [16] „Business Architecture - Introduction,“ November 2011. [Elektronski]. Available: <https://enterprisearchitecture.nih.gov/Pages/BusinessArchitectureIntroduction.aspx>. [Poskus dostopa 29 januar 2012].
- [17] U. Frak, „Enterprise Modelling,“ 22 januar 2012. [Elektronski]. Available: <http://www.wi-inf.uni-due.de/FGFrank/index.php?lang=en&&groupId=1&&contentType=ResearchInterest&&topicId=14>. [Poskus dostopa 22 januar 2012].
- [18] Wikipedia, „Enterprise modelling - Wikipedia, The Free Encyclopedia,“ 22 januar 2012. [Elektronski]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise\\_modelling](http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_modelling). [Poskus dostopa 23 januar 2012].
- [19] „ArchiMate® 2.0 Specification,“ februar 2012. [Elektronski]. Available: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate2-doc/toc.html>. [Poskus dostopa 18 februar 2012].
- [20] P. R. Smith., „Wikipedia,“ 24 junij 2011. [Elektronski]. Available: <http://www.osti.gov/energycitations/purl.cover.jsp?purl=/10160331-YhIRrY/>. [Poskus dostopa 23 januar 2012].
- [21] T. Naylor, „Corporate simulation models and the economic theory of the firm,“ Seattle,



University of Washington Press, 1970, pp. 1-35.

- [22] M. G. Mark S. Fox, Enterprise Modeling, American Association for Artificial Intelligence, 1998.
- [23] Wikipedia, „Wikipedia, The Free Encyclopedia,“ 15 november 2011. [Elektronski]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_process\\_modeling](http://en.wikipedia.org/wiki/Business_process_modeling). [Poskus dostopa 16 januar 2012].
- [24] C. S. L. o. T. N. I. o. S. a. T. (NIST), „Integration Definition for Function Modeling (IDEF0),“ 1993.
- [25] M. West, Developing High Quality Data Models, London: European Process Industries STEP Technical Liason Executive, 2003.
- [26] Wikipedia, „Business Process Model and Notation,“ 18 februar 2012. [Elektronski]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_Process\\_Model\\_and\\_Notation](http://en.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Model_and_Notation). [Poskus dostopa 18 februar 2012].
- [27] M. D. Dekker, „Global illustration of the ArchiMate Architectural Framework,“ 2009.
- [28] A. e. a. Bajec, Slovar slovenskega knjižnega jezika, Ljubljana: DZS, 1994.
- [29] D. Garlan in M. Shaw, „An Introduction To Software Architecture,“ Pittsburgh, 1994.
- [30] Microsoft Application Architecture Guide 2nd Edition, patterns and practices, Microsoft Corporation, 2009.
- [31] „ArchiMate®,“ 23 januar 2012. [Elektronski]. Available: <http://www3.opengroup.org/subjectareas/enterprise/archimate>. [Poskus dostopa 23 januar 2012].
- [32] T. Ljubič, „Nadzor in vodenje proizvodnje,“ v *Planiranje in vodenje proizvodnje: modeli, metode, podatki*, Kranj, Moderna organizacija, 2000, pp. 315 - 344.
- [33] Wikipedia, „Year 2000 problem - Wikipedia, The Free Encyclopedia,“ 21 januar 2012. [Elektronski]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Year\\_2000\\_problem](http://en.wikipedia.org/wiki/Year_2000_problem). [Poskus dostopa 28 januar 2012].
- [34] Wikipedia, „Enterprise resource planning - Wikipedia, The Free Encyclopedia,“ 23 januar 2012. [Elektronski]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise\\_resource\\_planning](http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_resource_planning). [Poskus dostopa 29 januar 2012].