

UNIVERZA V LJUBLJANI

EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

Razvoj in uvajanje informacijskega sistema za spremljanje proizvodnje

LJUBLJANA, NOVEMBER 2004

JANI KLEINDIENST

IZJAVA

Študent Jani Kleindienst izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Andreja Kovačiča in skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne 6. 11. 2004.

Podpis:

Kazalo vsebine

1. Uvod.....	1
2. Problematika zbiranja podatkov.....	5
2.1. Ročni vnos podatkov.....	5
2.2. Zajem podatkov iz strojev.....	6
2.3. Beleženje proizvodnih dogodkov.....	7
2.4. Kombinacija vseh treh načinov.....	8
2.5. Pridobljene informacije.....	9
3. Organizacija proizvodnega podjetja.....	12
3.1. Delitev proizvodnje glede na način proizvodjanja izdelkov.....	14
3.2. Delitev proizvodnje glede na obseg.....	14
4. Informacijski sistemi v proizvodnem podjetju.....	16
4.1. Sistemi ERP.....	16
4.2. Sistemi MES.....	18
4.3. Sistemi SCADA.....	20
5. Tehnologije za zajemanje podatkov v proizvodnji.....	22
5.1. Sistemi črtne kode.....	22
5.2. Sistemi RFID.....	25
5.3. Alfaničnerični terminali.....	26
5.4. Osebni računalniki.....	27
5.5. Prilagojeni osebni računalniki.....	28
5.6. Sistemi za upravljanje baz podatkov.....	30
5.6.1. Microsoft SQL Server 2000.....	31
5.6.2. MySQL 4.0.....	31
5.6.3. Oracle 9i Database.....	31
5.6.4. Ocenjevanje strežnikov.....	32
5.6.5. Administracija.....	32
5.6.6. Varnost.....	32
5.6.7. Strežnik.....	33
5.6.8. Zmoqljivost, cena	33
5.7. Rezultat odločitvenega problema.....	33
5.8. Komunikacijske tehnologije.....	35
5.8.1. Brezžična komunikacija.....	36
5.8.2. Ožičene komunikacije.....	37
6. Metode in postopki zajemanja in zbiranja podatkov.....	39
6.1. Prijavljanje ob predhodnem razporejanju.....	39
6.2. Prijavljanje brez predhodnega razporejanja.....	40
6.2.1. Prijavljanje in odjavljanje zastojev.....	41
6.2.2. Odjavljanje dela.....	42
6.2.3. Skupinske prijave.....	42
6.2.4. Posebni dogodki.....	42
6.3. Opravila izven proizvodnje.....	43
6.4. Motivacija delavcev.....	44
7. Optimalno razvrščanje zbirnih mest v proizvodnji.....	45
7.1. Časovna porazdelitev dogodkov.....	45

7.2. Čas trajanja prijave.....	46
7.3. Simulacijski model.....	46
7.3.1. Delavec.....	46
7.3.2. Stroj.....	47
7.3.3. Terminal.....	47
7.4. Simulacijsko orodje.....	47
7.5. Rezultati simulacije.....	48
8. Izmenjava podatkov z ostalimi informacijskimi sistemi v podjetju.....	52
8.1. Izmenjava preko vmesnih datotek.....	54
8.2. Izmenjava preko vmesnih tabel.....	55
9. Kazalci učinkovitosti proizvodnje.....	56
9.1. Skupna učinkovitost strojev.....	56
9.2. Analiza zastojev.....	58
9.3. Analiza izmeta.....	59
10. Uvajanje informacijskega sistema za spremljanje proizvodnje.....	60
10.1. Izobraževanje uporabnikov.....	61
11. Izkušnje z uvedbo proizvodnega informacijskega sistema v resničnem podjetju....	63
11.1. Izmenjava podatkov	63
11.2. Prijavno mesto.....	66
11.3. Dogodki.....	67
11.4. Prijava dela.....	68
11.4.1. Prijava več del	69
11.4.2. Odjava strojev.....	69
11.4.3. Odjava delavca.....	70
11.4.4. Prijava zastoja.....	70
11.4.5. Odjava zastoja.....	72
11.5. Spremljevalne aktivnosti.....	72
11.6. Sistem za upravljanje baz podatkov.....	73
12. Zaključek.....	74
13. Literatura.....	77
14. Viri.....	79

1. Uvod

Živimo v obdobju informacijske družbe. Informacijsko komunikacijska tehnologija hitro spreminja svet okoli nas. Turban govori o informacijski revoluciji, po kateri bo svet bistveno drugačen (Turban, 2002, str. 8). Navaja številne nove poslovne modele, katerih udejanjenje omogoča prav informacijska tehnologija. Po drugi strani pa prav ti novi modeli postavljajo čedalje večje zahteve tako za podatke same kot tudi za upravljanje z njimi. Težišče ekonomskih aktivnosti se iz proizvodnje materialnih dobrin seli v obdelavo informacij (Gradišar, Resinovič, 2001, str. 3). Zato se pojavljajo povsem nove zahteve: Informacije je potrebno proizvajati, prenašati in obdelovati, poleg tega se informacije zelo razlikujejo od stvarnih dobrin. Vpliv informacijsko komunikacijske tehnologije je viden na vseh področjih našega življenja. Spreminja se način "interakcije" med državljani in državno upravo, spreminja se način opravljanja bančnih in zavarovalniških storitev in navsezadnje se spreminja način poslovanja in delovanja podjetij. Turban še navaja, da informacijska tehnologija lahko pospeši sam poslovni proces, izboljša komunikacijo med zaposlenimi in zagotovi bolj točne podatke, ki se nato uporabijo v sistemih za podporo odločanju (Turban, 2002, str. 579). Kljub temu da informacijska tehnologija odpravlja nekatera delovna mesta, uvaja številna nova na področju storitvenih dejavnosti, kot so tehnološke, finančne in informacijske storitve (Gradišar, Resinovič, 2001, str. 6, 7). Podjetjem so na voljo številni informacijski sistemi¹, ki v medsebojni povezavi omogočajo popolno avtomatizacijo poslovnega procesa. Uporaba sodobnih informacijskih tehnologij za elektronsko poslovanje in upravljanje z znanjem pa dviguje uspešnost poslovanja podjetij (Kovačič, 1998, str. 48). Za uvajanje informacijskih sistemov se vodstva podjetij odločajo iz več razlogov:

- v to jih prisilijo poslovni partnerji, ki hočejo poslovati elektronsko;
- elektronsko poslovanje in posledično informacijski sistemi se uvajajo zaradi državnih predpisov in zakonodaje;
- informacijski sistemi se uvajajo zaradi zmanjšanja stroškov ali drugih koristi².

V proizvodnih podjetjih običajno srečujemo informacijske sisteme na več nivojih, katerih meje niso fiksno določene. McClellan (McClellan, 1997, str. 8) omenja tri sloje:

-
- 1 Gradišar in Resinovič (Gradišar, Resinovič, 2001, str. 3) definirata informacijski sistem kot sistem, v katerem se ustvarjajo, shranjujejo in pretakajo informacije. Poslovni informacijski sistem pa je informacijski sistem v poslovnem sistemu.
 - 2 Turban (Turban, 2002, str. 579) govori o t.i. neotipljivih koristih, kjer so pozitivne posledice uvajanja informacijske tehnologije očitne, čeprav jih je nemogoče empirično izmeriti.

1. sloj planiranja
2. sloj izvajanja
3. nadzorni sloj.

V sloju planiranja so v uporabi informacijski sistemi, ki nudijo pomoč pri planiranju uporabe proizvodnih virov in stroškov. Sistemi izvajalnega sloja skrbijo za potek dela v skladu s plani, nadzorni sloj pa ima nalogo zagotavljanja informacij o dejanskem stanju in poteku proizvodnega procesa. Povezanost vseh treh slojev je očitna. Ker so sodobna proizvodna podjetja kompleksne organizacije, ki se med seboj tudi precej razlikujejo, je z enim informacijskim sistemom težko ali celo nemogoče pokrivati vse informacijske potrebe. Zato je pogosto v uporabi več informacijskih sistemov, ki pokrivajo:

- poslovne funkcije,
- tehnično dokumentacijo,
- nadzor pristopa in delovnega časa,
- zajemanje podatkov (podatki o realizaciji, tehnološki parametri, ...),
- nadzor strojev.

Ti informacijski sistemi delujejo prepleteno, zato je kakovost informacij tistih sistemov, ki delujejo na najvišjih nivojih in nudijo podporo odločanju, odvisna od vseh nižjih slojev. Lahko bi rekli, da je celotna veriga močna toliko kakor njen najšibkejši člen.

Vse več proizvodnih podjetij se je v preteklosti odločilo in se še odloča za uvedbo poslovnih informacijskih sistemov ERP (Enterprise Resource Planing). Taki sistemi pokrivajo večino funkcij sloja planiranja, nekateri tudi dovršen del sloja izvajanja. Cilj podjetij je, poleg informatiziranja poslovnega procesa, tudi povečanje učinkovitost proizvodnje in kakovosti izdelkov (Kokošar, 2002, str. 34). Kljub temu, da sodobni sistemi ERP pokrivajo velik del informacijskih potreb podjetja, je njihovo delovanje močno odvisno od povratnih podatkov iz proizvodnje. Klopčič (Klopčič, 2002, str. 12) opozarja, da proizvodni moduli sistemov ERP pogosto niso zadostni oziroma niso sposobni prilagoditve na dejansko stanje in organiziranost posameznih proizvodnih procesov. Podatki iz proizvodnje se zato vnašajo ročno, po končanih izmenah. Ročno vnašanje podatkov je zamudno in ker je podvrženo človeškemu faktorju tudi pogosto vprašljive zanesljivosti. Zaradi tega se pojavlja vse več zahtev po avtomatskem zajemu podatkov. Ker se način in organiziranost proizvodnje med posameznimi podjetji zelo razlikujeta, tudi ne obstajajo univerzalne rešitve za zadovoljevanje potreb po avtomatskem zajemu podatkov (Kleindienst, 2003, str. 15). Pri organizaciji proizvodnje imajo podjetja, za razliko od organizacije poslovanja, ki je v večji meri podvrženo zakonodaji, precej več možnosti. Poleg tega pa različne dejavnosti ali različni izdelki zahtevajo različno organiziranost proizvodnje. V vseh primerih pa ERP potrebuje podatke o opravljenem delu, ki je izraženo

s količino dobrih in slabih kosov, ki so bili izdelani na določen delovni nalog, stroj ali delavca v določenem časovnem intervalu. Podatke iz proizvodnje je mogoče zajemati in zbirati na več načinov. Najenostavnejši način je prav gotovo z ročnim vnosom po končanih izmenah. Dva pogosta načina za avtomatski zajem podatkov sta: zajem podatkov neposredno iz strojev ter beleženje proizvodnih dogodkov. Oba načina se pogosto medsebojno dopolnjujeta.

Pričujoče magistrsko delo je osnovano na hipotezi, da z avtomatskim zbiranjem proizvodnih podatkov, za razliko od ročnega vnosa, informacijskim sistemom podjetja zagotavljamo kakovostnejše informacije. Tako zbrane informacije so točnejše, na voljo so hitreje, cena njihovega pridobivanja je manjša. Zbiranje podatkov za potrebe spremljanja proizvodnje je vključeno neposredno v proizvodni proces. Izvedeno mora biti tako, da ga čim manj obremenjuje. Na poti podatka, od njegovega nastanka do izročitve informacijskemu sistemu, je mogoče uporabiti različne tehnologije. Proizvodni podatki ob zajemu pogosto nimajo še nobene vrednosti za sam poslovni informacijski sistem. Z njihovim zbiranjem, obdelavo in kombiniranjem pa postanejo pomemben vir informacij o stanju in dogajanju v proizvodnji.

S problematiko zbiranja proizvodnih podatkov se ukvarjam v poklicnem življenju. K izbiri teme magistrskega dela me je vodila želja po celoviti obravnavi omenjene problematike. V obstoječi domači in tuji strokovni literaturi sem iskal najboljše rešitve za posamezne sklope spremljanja proizvodnje. Na podlagi praktičnih izkušenj sem posamezne tehnologije združil v celoto. Same postopke, ki so potrebni pri zbiranju proizvodnih podatkov, sem skušal oblikovati tako, da so po eni strani enostavni za uporabo, po drugi strani pa nudijo kakovostno informacijo.

Problematika zbiranja podatkov je podrobneje predstavljena v drugem poglavju. Opisani so različni načini zbiranja podatkov v proizvodnji in primerjava kakovosti informacije, ki je pridobljena z različnimi načini. Zajem podatkov se lahko med posameznimi podjetji razlikuje. Tretje poglavje je zato posvečeno organizaciji proizvodnega podjetja. V začetku se osredotoča na tipične funkcije podjetja, kasneje pa so opisani različni tipi proizvodnje. Že v začetku uvoda so bili omenjeni trije sloji informacijskih sistemov podjetja. Četrto poglavje se osredotoča na omenjene tri sloje in na tipične predstavnike informacijskih sistemov za vsakega izmed njih. Izbral sem take informacijske sisteme, ki jih najpogosteje srečujemo v proizvodnih podjetjih. Magistrsko delo se spet vrne k zbiranju podatkov v petem poglavju, ki se ukvarja s tehnologijami, ki se uporabljajo v različnih fazah zbiranja in obdelovanja proizvodnih podatkov. To so predvsem tehnologije za lažji vnos podatkov, naprave za izvedbo prijavnih mest, komunikacijske tehnologije za povezavo različnih sklopov sistema za spremljanje proizvodnje ter sistemi za upravljanje baz podatkov. Zgradbo sistema za spremljanje proizvodnje tvorijo omenjene tehnologije, integrirane v celoto. Na tej zgradbi je potrebno definirati metode in postopke, ki služijo zajemanju podatkov in zagotavljanju ustrezne kakovosti zajetih podatkov. Take metode in postopki so zajeti v šestem poglavju. Opisani so dogodki, ki jih je potrebno v proizvodnji beležiti za pripravo podatkov, ki se nato posredujejo v poslovni informacijski sistem. Poleg samih dogodkov so pomembne še druge aktivnosti, ki se izvajajo ob proizvodnji: priprava

delovne dokumentacije in pregledovanje in potrjevanje zajetih podatkov. Ker predstavlja razvrščanje prijavnih mest v proizvodnji svojevrsten problem, sem tej tematiki posvetil sedmo poglavje. Sam sem se tega problema lotil z uporabo simulacije dogajanja v proizvodnji. Pripravil sem simulacijski model, ki z entitetami strojev, delavcev in terminalov simulira beleženje proizvodnih dogodkov. Sledi osmo poglavje, ki se ukvarja z izmenjavo podatkov z ostalimi informacijskimi sistemi podjetja. Predstavljen je tok podatkov med različnimi sistemi ter možni načini komunikacije med njimi. Podatki iz proizvodnje pa niso pomembni le za poslovni informacijski sistem, ampak jih je mogoče uporabiti za različne analize. V devetem poglavju sem zato predstavil kazalce učinkovitosti proizvodnje. Poudarek je na skupni učinkovitosti strojev, omenjeni pa sta še dve analizi, ki v njen nista neposredno vključeni. Ker se uvajanje sistema za spremljanje proizvodnje nekoliko razlikuje od uvajanja drugačnih informacijskih sistemov, v desetem poglavju predstavljam svoj pogled na to temo. K uvajanju sodi tudi izobraževanje uporabnikov na različnih nivojih. Magistrsko delo se vsebinsko zaokroži v enajstem poglavju, kjer navajam primer in izkušnje z uvajanjem sistema za spremljanje proizvodnje v resničnem podjetju. Predstavljene so rešitve, katerih uporabo sem nakazal v predhodnih poglavjih.

2. Problematika zbiranja podatkov

Zbiranje podatkov predstavlja temelj vsem nadaljnjim obdelavam in transakcijam v informacijskih sistemih podjetja. Sokolić (Sokolić, 2002, str. 43) trdi, da v kolikor proizvodni informacijski sistem ne temelji na realnih podatkih iz procesa, tudi ne nudi zadovoljivih informacij. Podatki iz proizvodnje posredno ali neposredno predstavljajo velik del vhodnih podatkov v vse ostale informacijske sisteme. Kakovost storitev vsakega sistema pa je lahko zadovoljiva le, če so točni in ažurni vhodni podatki. Tudi pri zbiranju proizvodnih podatkov velja pravilo, da je le-te najboljše zajeti ob času in na kraju nastanka. Vsak drugačen scenarij prinaša nepotrebno zakasnitev ali napačno interpretacijo.

Za zajem podatkov v proizvodnji obstaja več načinov: lahko se vnašajo ročno, lahko se zajemajo neposredno iz strojev, lahko pa se zbirajo z registracijo različnih dogodkov. Vse omenjene načine je mogoče tudi združiti, tako da se medsebojno dopolnjujejo.

2.1. Ročni vnos podatkov

Ročni vnos je izmed vseh načinov najenostavnejši. Celoten postopek poteka tako, da vsak delavec po končanem delu ali po potrebi že med delom izpolnjuje papirnat obrazec - delovni list. Tipična polja na takem obrazcu so:

- začetek in konec dela, oziroma trajanje dela,
- številka delovnega naloga,
- številka operacije,
- oznaka stroja ali delovnega mesta,
- številka delavca,
- število kosov (dobri, slabi, dodelani, popravljeni, ...),
- število, trajanje in tip večjih zastojev,
- specifikacija izmeta.

Po končani izmeni vsak delavec izpolnjene obrazce izroči delovodji ali vnašalcu, ta pa poskrbi za vnos podatkov v informacijski sistem predvidoma po zaključeni izmeni. V takem primeru ima informacijski sistem implementirane ustrezne vnosne maske. Že med

samim vnosom se preverja pravilnost podatkov³. Kljub temu pa je vnos težko ali nemogoče zaključiti, kadar so delovni listi izpolnjeni nepopolno ali z napačnimi podatki. Sam informacijski sistem sicer lahko opozori na nepravilnosti, vendar je pravilne podatke po končani izmeni ali naslednji delovni dan težko pridobiti.

Zaradi zamudnega postopka je ročni vnos pogosto omejen le na najnujnejše podatke. Poleg stroškov dela je pri ročnem vnosu potrebno upoštevati še stroške opreme delovnega mesta vnašalca. Tako delovno mesto je potrebno opremiti z osebnim računalnikom, omrežno infrastrukturo, potrebni pa sta tudi licenci za operacijski in informacijski sistem.

2.2. Zajem podatkov iz strojev

Popolno nasprotje ročnemu vnašanju podatkov predstavlja zajemanje podatkov neposredno iz strojev. Pri tem načinu se vsi podatki pridobivajo samodejno, brez posredovanja operaterjev. Delovanje strojev običajno nadzirajo krmilniki. Ti majhni računalniki poleg krmiljenja raznih mehanskih komponent⁴ vodijo tudi podatke o različnih časih, alarmih in številu izdelanih kosov. Priklop na take krmilnike je običajno mogoč preko namenskih industrijskih vodil. V zadnjem času pa se tudi na tem področju uveljavljajo standardne tehnologije, kot je omrežje *ethernet*. Kadar poseg v obstoječe krmilnike ni mogoč ali dovoljen⁵, je potrebno na stroje namestiti namenske krmilnike in senzorje, ki spremljajo delovanje strojev. Vsi taki krmilniki morajo neprestano komunicirati z nadzornim računalnikom - pošiljajo mu podatke o stanju stroja. V krmilnem računalniku se izvaja program, ki zbrane podatke preoblikuje in shranjuje za nadaljnjo uporabo.

Stroški avtomatskega spremljanja strojev naraščajo linearno z vsakim strojem. Njihov precejšen del predstavlja zaradi dimenzij proizvodnih obratov tudi ožičenje⁶. Podjetja pa imajo svoje obrate pogosto na več lokacijah. V takih primerih je zaradi velike frekvence pošiljanja podatkov le-te potrebno shranjevati lokalno, v matično enoto podjetja pa se prenašajo le po določenih časovnih intervalih. Posamezni stroji se v sistem avtomatskega

3 Preverjati je mogoče skladnost stroja z operacijo, skladnost operacije s planom in dovoljen obseg vnesenih količin izdelkov.

4 Krmilniki na stroju odpirajo in zapirajo hidravlične in pnevmatske ventile, vključujejo in izključujejo motorje, grelce in podobno, hkrati pa preko različnih senzorjev pridobivajo povratno informacijo o trenutnem stanju stroja.

5 Ponekod že proizvajalci strojev ne dajejo podatkov o krmilnikih, ponekod pa posegov v stroje ne želijo opravljati podjetja.

6 Zaradi hitrega padanja cen brezžičnih medijev za prenos podatkov predstavljajo le-ti resno alternativo. Vendar pa je potrebno upoštevati, da se v proizvodnih obratih pogosto nahaja mnogo naprav (frekvenčni pretvorniki, točkovni varilniki, visokonapetostni vodi, indukcijski grelci, ...), ki onemogočajo delovanje radijskim tehnologijam.

spremljanja vključujejo iz enega ali več razlogov:

- stroški delovanja stroja so veliki, zato je potrebno zaradi boljše izrabe le-tega natančno spremljati njegovo delovanje;
- stroj predstavlja ozko grlo in je potrebno stalno nadzorovati njegovo učinkovitost;
- stroj že brez posegov nudi zadovoljive podatke in so stroški vključitve v sistem avtomatskega spremljanja nizki;
- za stroj je potrebno shranjevati različne parametre izdelovanja, ki se kasneje uporabljajo za nadzor kakovosti izdelkov.

2.3. Beleženje proizvodnih dogodkov

Tak način zbiranja podatkov predvideva sodelovanje delavcev, cel sistem pa je podrejen temu, da je vnos posameznih dogodkov čim hitrejši in čim enostavnejši. Vnosna mesta je zato potrebno čim bolj približati delavcem - tako v funkcionalnem kot v fizičnem smislu. Informacijski sistem mora biti zasnovan tako, da ga delavci uporabljajo brez večjih naporov med delom, hkrati pa mora nuditi kakovostne informacije o poteku dela v proizvodnji. Da bi dosegli zadovoljivo natančnost, delavci prijavljajo različne dogodke:

- začetek dela,
- konec dela,
- začetek zastoja,
- konec zastoja,
- začetek vzdrževalnega dela,
- konec vzdrževalnega dela,
- . . .

Ker gre za prijavljanje relativno enostavnih dogodkov, kjer je potreben vnos le enega, dveh ali treh podatkov, je za to potrebno malo časa. Dogodki se zato prijavljajo takoj ob nastanku. Informacijski sistem ves čas delovanja skrbi za skladnost izvajanja del s planom. Pri sprejemanju dogodkov upošteva različna pravila:

- vnesti ni mogoče števila kosov, ki presega razpisano količino za vrednost večjo

od tolerance;

- dela ni mogoče prijaviti, če je stroj že zaseden;
- zastoja ni mogoče odjaviti, če na stroju ne poteka delo;
- vzdrževanja ni mogoče prijaviti, če na stroju predhodno ni bil prijavljen zastoj;
- posamezne operacije ali delovnega naloga ni mogoče prijaviti, če njuna statusa tega ne omogočata;
- posamezno operacijo je mogoče prijaviti samo na ustreznem delovnem mestu;
- posamezno operacijo je mogoče prijaviti samo, če so bile zaključene določene predhodne operacije;
- na posamezni operaciji ni mogoče prijaviti števila kosov, ki presega količino na predhodnih operacijah.

Pri beleženju proizvodnih dogodkov je v poslovni informacijski sistem mogoče posredovati podatke ob različnih časih:

- po vsaki odjavi dela ali drugem dogodku (npr. napolnjeni transportni enoti);
- na zahtevo za to pooblaščne osebe;
- po končani izmeni ali v drugačnem časovnem intervalu za vsa zaključena dela;
- v določenem intervalu ne glede na to, ali je posamezno delo že zaključeno ali ne.

V slednjem primeru se v informacijski sistem posredujejo delni podatki - število kosov, izdelanih do določenega časa.

Stroški sistema za beleženje proizvodnih dogodkov naraščajo s številom postavljenih terminalov. Določitev števila terminalov je odvisna števila od delavcev in posledično od pričakovane frekvence dogodkov.

2.4. Kombinacija vseh treh načinov

Omenjene načine zbiranja podatkov je v proizvodnji mogoče tudi poljubno kombinirati. V primeru souporabe vseh treh načinov poteka zbiranje podatkov na sledeč način:

- delavci na namenskih terminalih prijavljajo dogodke, kot so začetek dela, konec dela, začetek zastoja in konec zastoja;

- ob vsakem dogodku sistem preveri trenutna števca dobrih in slabih kosov na stroju, ki je predmet dogodka;
- ob odjavi dela se iz razlike časov dogodkov izračuna efektivni čas dela, iz razlike števecv kosov pa se izračuna število izdelanih (dobrih in slabih) kosov;
- vodja oddelka, izmene ali kontrolor na svojem računalniku pregleda vse zapise pretekle izmene ter po potrebi določi vzroke izmeta.

Taka kombinacija izkorišča dobre lastnosti vseh treh načinov zbiranja podatkov. Delavci z vnosom dogodkov sporočijo čase dela in delovni nalog povežejo z ustreznim strojem. Vnos števila izdelanih kosov ni potreben, saj za ta podatek mnogo natančneje poskrbi sistem sam. Na koncu vodja oddelka ali kontrolor le še pregledata nastale zapise, kar je mnogo hitrejša od celotnega vnosa.

2.5. Pridobljene informacije

Cilj pri vseh načinih zbiranja je pridobivanje čim bolj točnih podatkov, ki čim bolje opisujejo preteklo dogajanje v proizvodnji. Pomembna je torej kakovost informacije, ki jo nosijo zajeti podatki. Kriteriji za merjenje kakovosti informacije so dostopnost, točnost, pravočasnost, popolnost, zgoščenost, ustreznost, razumljivost in objektivnost (Gradišar, Resinovič, 2001, str. 61). V tabeli 1 je predstavljena primerjava kakovosti informacije pri ročno in avtomatsko zajetih podatkih.

Kot je razvidno iz tabele 1, z avtomatskim zbiranjem podatkov dosegamo boljšo kakovost informacije kar v polovici kriterijev. V preostali polovici kriterijev pa sta si oba načina zbiranja enakovredna. Pri kriterijih dostopnosti in pravočasnosti je prednost avtomatskega zbiranja očitna. Vsi podatki so na voljo takoj po končanem delu. Ročni vnos podatkov, pogosto izveden po končani izmeni ali naslednji delovni dan, v tem primeru predstavlja zakasnitev. Problem točnosti nastane pri ročnem vnosu zaradi zaokroževanja časov in pri večjih serijah tudi pri zaokroževanju števila kosov. Najprej lahko vrednosti zaokrožijo delavci, ki izpolnjujejo delovne lističe, možnost zaokroževanja pa imajo tudi vnašalci. Rezultat zaokroževanja časov pri ročnem vnosu je viden na grafu slike 1, kjer je na osi x čas dneva, na osi y pa število dogodkov na minuto. Vrednosti ob pol in polnih urah jasno izstopajo. Zaradi velikega števila dogodkov ob menjavah izmen ob 6. in 14. uri je na grafu prikazan le čas med 7. in 13. uro. Na sliki 2 so predstavljeni enaki podatki, le da so izločeni vsi zapisi, ki so bili pridobljeni z ročnim vnosom. Vidimo, da v tem primeru prej omenjeni maksimumi izginejo.

Popolnost pri vnosu posameznih zapisov je mogoče zagotoviti pri obeh načinih vnosa podatkov. Tudi pri ročnem vnosu je mogoča uporaba dodatnih kontrolnih mehanizmov, ki nepopolnih zapisov ne sprejmejo. Problem pa se pojavi, kadar se posamezni delovni listi

izgubijo. Pri beleženju dogodkov v proizvodnji imamo več možnosti nadzora. Na primer, začetka dela ni mogoče prijaviti, če na nekem stroju delo še ni odjavljeno. Sistem lahko hitro opozori na pozabljeno registracijo dogodka. Ker je reakcija hitra, je mogoče tudi za pozabljeni dogodek podatke ustrezno dopolniti. Zadnji štirje kriteriji kakovosti informacije (zgoščenost, ustreznost, razumljivost in objektivnost) imajo prav tako velik pomen, vendar niso odvisni od načina zbiranja podatkov.

Tabela 1: primerjava kakovosti informacije pri ročno in avtomatsko zajetih podatkih

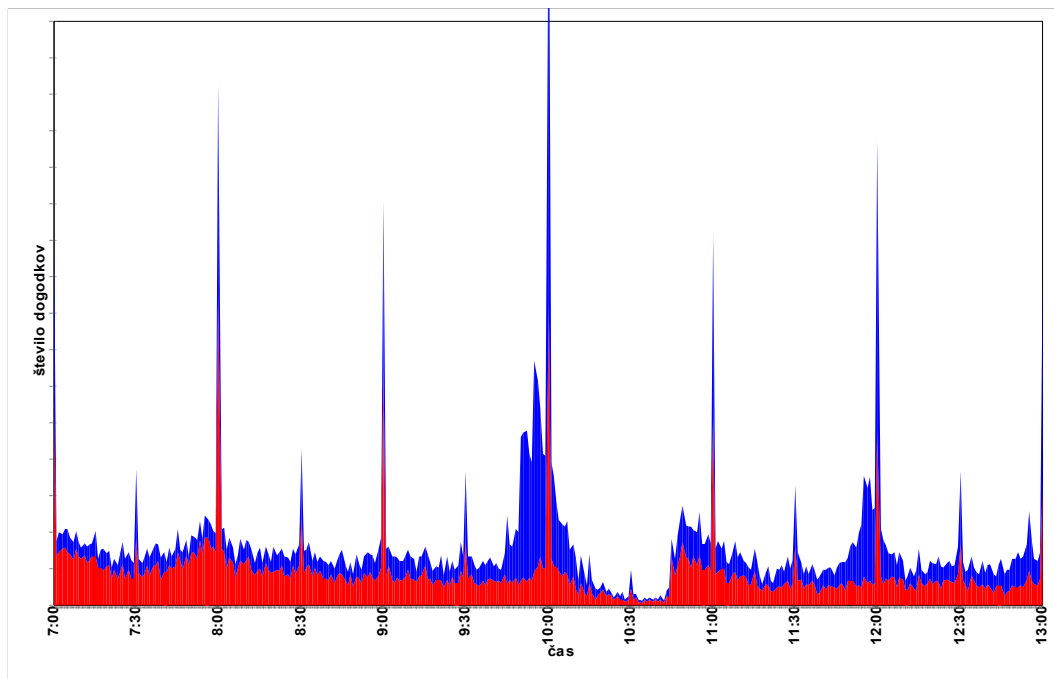
kriterij	avtomatsko zbiranje podatkov	ročno zbiranje podatkov
dostopnost, pravočasnost	Ker se podatki beležijo ob času nastanka, je ustrezna informacija dostopna takoj.	Ker se je nek dogodek že zgodil, podatki pa še niso bili vneseni, ustrezna informacija še ni na voljo.
točnost	Zaradi strojnega zbiranja je izključen človeški delavnik. Število kosov in časi se preberejo neposredno iz strojev.	Pogosto se vnašajo zaokrožene vrednosti za čase in število kosov.
popolnost	Zagotovljeno je zbiranje vseh podatkov.	Čeprav je prisotno preverjanje vnesenih podatkov, se lahko določeni delovni listi izgubijo.
zgoščenost, ustreznost, razumljivost, objektivnost	Ti kriteriji niso odvisni od načina zbiranja podatkov.	

Informacijam lahko določamo tudi vrednost. Vrednost informacije je definirana kot vrednost spremembe v obnašanju prejemnika, zmanjšana za stroške pridobitve informacije (Gradišar, Resinovič, 2001, str. 64). Operativna vrednost informacije⁷ s časom pada vse do določenega trenutka, ko je uporabniku na voljo prepozno. Gradišar in Resinovič (Gradišar, Resinovič, 2001, str. 65) vpliv na vrednost informacije pripisujeta tudi njeni kakovosti, še zlasti popolnosti.

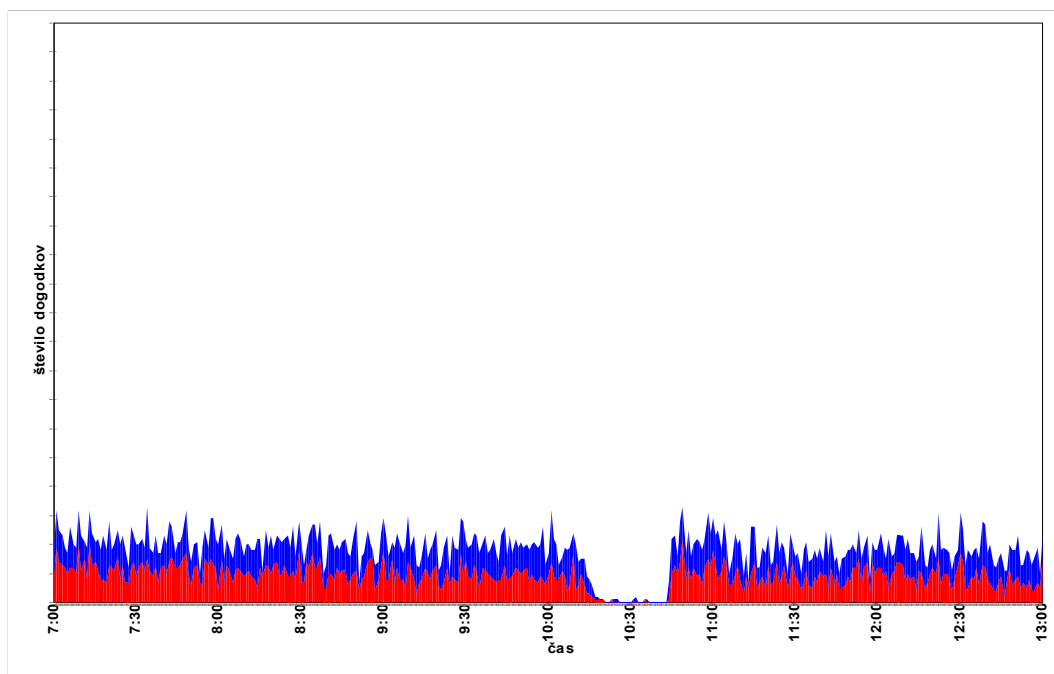
Informacija, pridobljena z avtomatskim zbiranjem podatkov, je torej kakovostnejša od tiste, ki jo pridobimo z ročnim vnosom. Ker je v proizvodnih podjetjih od informacije o stanju in dogajanju v proizvodnji odvisnih veliko dejavnikov (skladnost s plani, stanje na delovnih nalogih, učinkovitost delovnih sredstev, stanje skladišča, količina in tip izmeta, ...), je posvečanje pozornosti zbiranju podatkov ključno. Izvedeno mora biti tako, da ne moti delovnega procesa, hkrati pa nudi zadovoljive informacije.

⁷ O operativni vrednosti informacije govorimo takrat, kadar le-ta opisuje dogodek, ki se je že zgodil - informacija opisuje trenutno in preteklo obnašanje sistema (Gradišar, Resinovič, 2001, str. 64).

Slika 1: časovna porazdelitev dogodkov v proizvodnji z upoštevanim ročnim vnosom podatkov



Slika 2: časovna porazdelitev dogodkov v proizvodnji brez ročnega vnosa podatkov



3. Organizacija proizvodnega podjetja

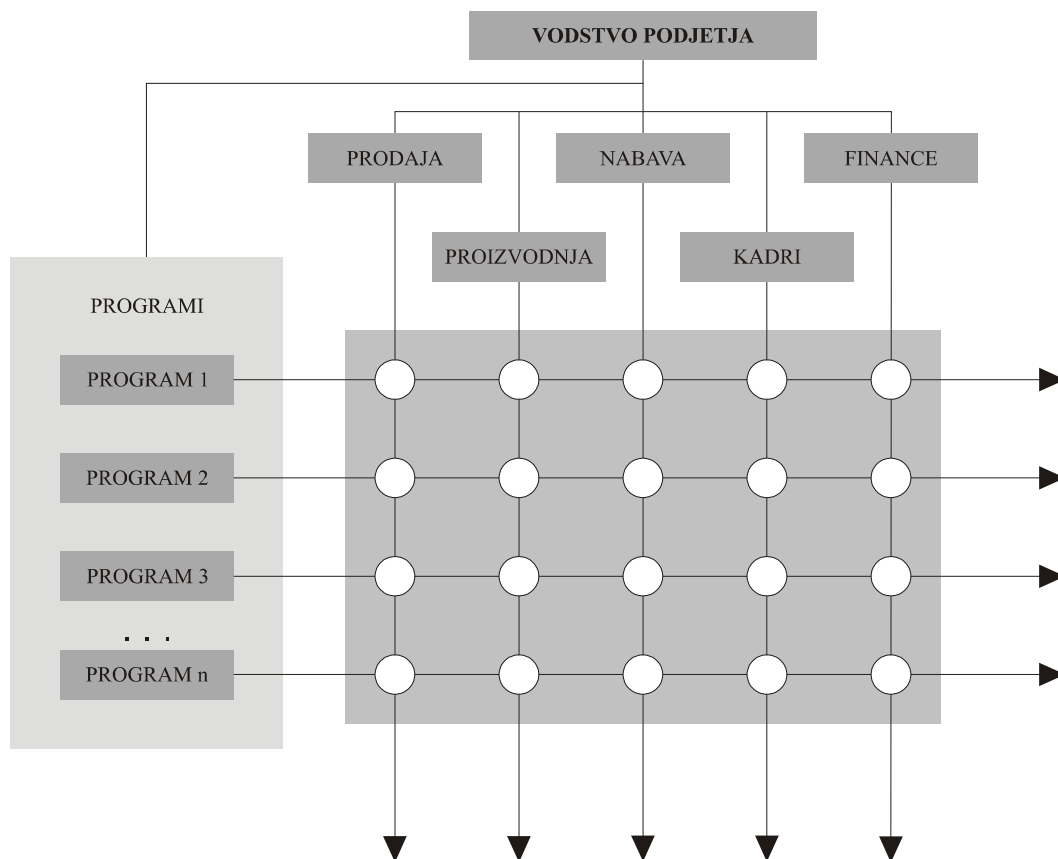
Pri uvajanju kakršnega koli informacijskega sistema v podjetje je potrebno upoštevati tudi njegovo organizacijsko strukturo. Zaposleni v različnih službah opravljajo različne funkcije in imajo tudi z njimi pripadajoče pravice in dolžnosti. Pravice posameznih zaposlenih je v smislu uporabe informacijskega sistema potrebno upoštevati zlasti pri dostopu do različnih vrst podatkov in uporabi različnih aplikacij. Skupna naloga podjetja je razčlenjena na poslovne ali organizacijske funkcije, le-te pa se nadalje členijo na posamezna opravila. Lipičnik (Lipičnik, 2002, str. 25 - 26) navaja za proizvodne organizacije značilne funkcije:

1. **Raziskovalno - razvojna funkcija.** Med več vrstami raziskav so za proizvodna podjetja pomembne aplikativne raziskave, kjer se na podlagi znanstvenih dognanj iščejo nove, ekonomsko ugodnejše rešitve. Naloga razvoja pa je določanje novih rešitev za tehnične probleme, ki jih z obstoječimi sredstvi ni mogoče (zadovoljivo) reševati.
2. **Investicijska funkcija.** Pod to funkcijo spada vse v zvezi z investicijami (priprava in oskrba investicijske dokumentacije, odločitve o nabavi osnovnih sredstev, izdelava opreme v lastni režiji, ...).
3. **Funkcija priprave proizvodnje** skrbi za pravilno in optimalno organiziranost proizvodnje z namenom povečanja njene učinkovitosti.
4. **Nabavna funkcija** je ena izmed temeljnih funkcij proizvodnega podjetja. Med njena opravila spadajo poleg nakupa predmetov še proučevanje nabavnih tržišč, uvažanje, prevzemanje in skladiščenje surovin in podobno.
5. **Proizvodna funkcija** je v proizvodnih podjetjih najobsežnejša funkcija. Poleg osnovne proizvodnje zajema tudi vzdrževanje le-te ter tudi pomožno in vzporedno proizvodnjo.
6. **Funkcija tehničnega nadzora.** V to funkcijo spadajo naloge v zvezi z nadziranjem tako surovin kot tudi polizdelkov in izdelkov.
7. **Prodajna funkcija** skrbi za pretvarjanje izdelkov ali storitev v denar. Je ena izmed temeljnih funkcij podjetja, saj zagotavlja kontinuiranost poslovnega procesa.
8. **Kadrovska funkcija** opravlja naloge, povezane s kadri (sistematizacija delovnih mest, struktura zaposlenih, pridobivanje in izobraževanje kadrov, ...).
9. **Finančna funkcija.** Bistvo je financiranje in gospodarjenje s finančnimi sredstvi.
10. **Računovodska funkcija** zajema področja, kot so knjigovodstvo, računovodsko načrtovanje, računovodski nadzor, računovodska analiza, ...

11. **Splošna funkcija** vključuje posle, ki jih ni mogoče razporediti med ostale funkcije.
12. **Varstvena funkcija** združuje naloge, povezane z varstvom premoženja in ljudi.

Podjetja iščejo stalne izboljšave tudi v smislu organizacijskih sprememb. Kovačič (Kovačič, 1998, str. 137) navaja ugotovitev iz prakse, da poslovni proces poteka skozi več organizacijskih enot podjetja. Slabost takega procesa je v tem, da se ločeno zasleduje po posameznih enotah. Te enote nimajo vpliva na izvajanje aktivnosti znotraj ostalih enot. Izboljšave se dogajajo na lokalnem nivoju, kar pa ni vedno najboljše za uspešnost celotnega procesa. Kovačič kot rešitev omenjenega problema predlaga prenovo v smeri programske matrične organizacije (Kovačič, 1998, str. 137). Shema tako urejenega proizvodnega podjetja je predstavljena na sliki 3.

Slika 3: shema matrične organizacije proizvodnega podjetja



Vir: Kovačič, 2002, str. 140

Organizacija same proizvodnje pa je v veliki meri odvisna od izdelkov in od načina, kako se ti izdelki proizvajajo. Posamezne proizvodnje lahko ločimo po načinu, kako se izdelki proizvajajo ali pa njihovem obsegu.

3.1. Delitev proizvodnje glede na način proizvodjanja izdelkov

Glede na način proizvodjanja izdelkov ločimo tri tipe proizvodnje:

1. procesna proizvodnja
2. kosovna proizvodnja
3. šaržna proizvodnja.

Procesna proizvodnja poteka zvezno, vhodne surovine se največkrat preoblikujejo v obliki kemijskega ali drugega procesa. Ker proces poteka zvezno, vanj surovine neprestano vstopajo, na drugi strani pa snov izstopa v obliki končnih in stranskih produktov. Tipični predstavniki procesne proizvodnje so proizvajalci različnih pijač in živil, podjetja, ki se ukvarjajo s predelavo naftnih derivatov in podobni.

Izdelki pri kosovni proizvodnji nastajajo v več fazah ali operacijah. V vsaki od teh faz se polizdelki sestavljajo ali preoblikujejo (stružijo, vrtajo, prešajo, ...). V primeru avtomatizirane proizvodnje se operacije dogajajo vzdolž tekočega traka. Hitrost posameznih operacij na montažni liniji mora biti usklajena, sicer prihaja do zastojev ali neizkoriščenosti posameznih orodij. Kadar se v proizvodnem obratu izdeluje več izdelkov, igra pomembno vlogo tudi razmestitev posameznih strojev, saj vrstni red izvajanja operacij ni nujno enak za vse izdelke. Pri povečanju učinkovitosti kosovne proizvodnje se velika pozornost posveča tudi razvrščanju operacij. Precej časa je mogoče prihraniti prav na račun optimalne razvrstitve operacij, saj le-ta zmanjša čase nastavljanja strojev in orodij.

V šaržni proizvodnji sta združena oba omenjena pristopa. Združevanje je potrebno, kadar se končni izdelki izdelujejo po kosovnem principu, nekateri njihovi sestavni deli pa se izdelujejo po procesnem principu.

3.2. Delitev proizvodnje glede na obseg

Tudi glede na obseg ločimo tri tipe proizvodnje:

1. posamična proizvodnja
2. serijska proizvodnja
3. množična proizvodnja.

Kot pove že ime, gre pri posamični proizvodnji za proizvodnjo po enega izdelka ali zelo majhne količine enakih izdelkov. Izdelki se praviloma ne ponavljajo. Izdelava poteka ročno ali na splošnih strojih. Primer take proizvodnje so orodjarne.

Pri serijski proizvodnji, ki se po obsegu uvršča med posamično in masovno, se izdelujejo množice enakih izdelkov - serije. Čas priprave strojev, gledan relativno na izdelek, je manjši kakor pri posamični proizvodnji, zato je tudi učinkovitost večja.

V primeru množične proizvodnje pa se stalno izdeluje en ali več izdelkov. Pri taki proizvodnji je mogoče dosegati največjo stopnjo avtomatizacije. Stroji opravljajo iste operacije dolgo časa. V tem primeru niso potrebne predelave strojev in linij za druge izdelke. Stroji so lahko tudi namenski, specializirani za izdelavo točno določenega izdelka.

4. Informacijski sistemi v proizvodnem podjetju

Že v uvodu sem omenil tri sloje, na katere se delijo informacijski sistemi v proizvodnih podjetjih: sloj planiranja, sloj izvajanja in nadzorni sloj. Za vsak sloj so potrebni informacijski sistemi z različnimi funkcijami. Posamezni informacijski sistemi ne pokrivajo nujno vseh funkcij, ki se jih pričakuje za določen sloj, lahko pa pokrivajo tudi funkcije drugih slojev. Za vsakega izmed naštetih slojev obstaja tipični predstavnik informacijskega sistema. Tako na najvišjem sloju, sloju planiranja, srečujemo sisteme MRP⁸, MRPII⁹ in ERP¹⁰. Tipični predstavniki srednjega, izvajalnega sloja so sistemi MES¹¹. Med sistemi najnižjega sloja pa so pomembni¹² sistemi SCADA¹³. Pomembno je, da sistemi iz vseh slojev ne delujejo ločeno, ampak so smiselno povezani v verigo. Podatki se v proizvodnji zajemajo na najnižjem sloju. V srednjem sloju se obdelajo in preoblikujejo v obliko, primerno za obdelave na najvišjem sloju. Pravilnost rezultatov v višjem in srednjem sloju je torej odvisna od točnosti zbranih podatkov najnižjega sloja. Tudi v tem primeru velja pravilo, da je končni rezultat odvisen od vseh vmesnih korakov. Od nepopolno ali napačno zajetih podatkov ne moremo pričakovati zadovoljivih rezultatov na najvišjih nivojih.

4.1. Sistemi ERP

Sistem ERP lahko na kratko opišemo kot integriran informacijski sistem, ki služi vsem vidikom poslovanja. Upravlja transakcije, hrani podatke, zagotavlja sprotne informacije in pospešuje planiranje in nadzor (Harwood, 2003, str. 1). Implementacijo sistema ERP se pogosto ne obravnava le kot informacijski projekt, saj je v resnici mnogo več. Z uvajanjem takega sistema se pogosto izvaja tudi prenova poslovanja. Sistem ERP integrira vse

8 MRP (ang. Material Requirements Planning) označuje informacijske sisteme za planiranje materialnih zahtev.

9 MRPII (ang. Manufacturing Resources Planning) označuje informacijske sisteme za planiranje proizvodnih virov.

10 ERP (ang. Enterprise Resources Planning) označuje informacijske sisteme za planiranje virov podjetja.

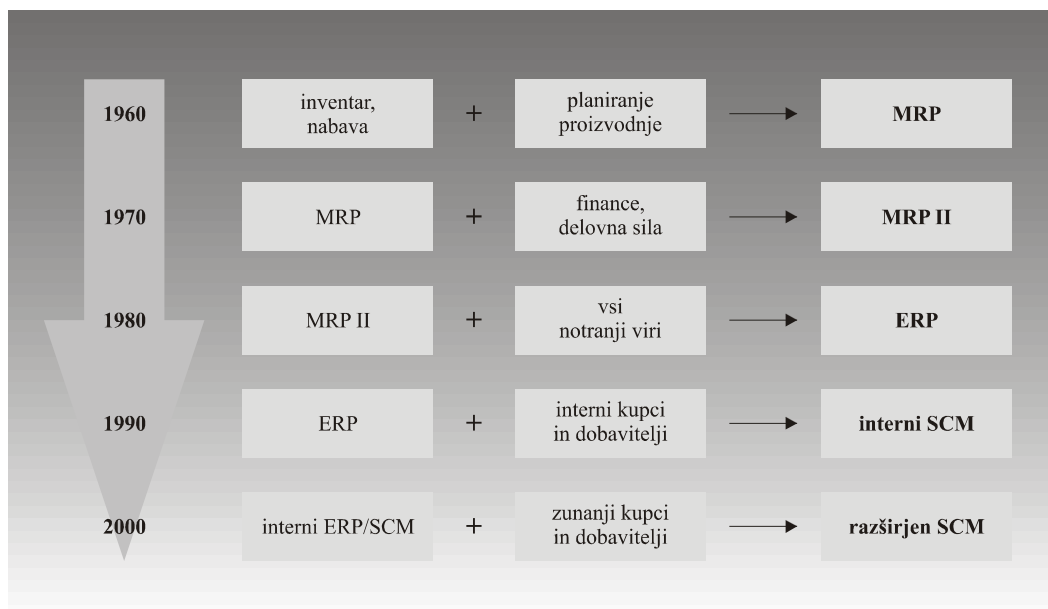
11 MES (ang. Manufacturing Execution System) označuje informacijske sisteme za podporo izvajanju proizvodnje.

12 Omenjeni informacijski sistemi so pomembni zaradi navezave na sisteme, ki jih navajam v višjih slojih (MES in ERP).

13 SCADA (ang. Supervisory Control and Data Acquisition) označuje informacijske sisteme za nadzorno vodenje in zajemanje podatkov.

funkcije in oddelke podjetja. Uvajanje tako obsežnega informacijskega sistema je zapleteno, zato se pogosto izvaja po korakih.

Slika 4: razvoj sistemov ERP



Vir: Turban, 2002, str. 251

Razvoj sistemov ERP je potekal postopoma, po korakih (slika 4). Turban navaja podatek, da so se prvi računalniški programi, ki so avtomatizirali majhne dele poslovnega procesa, pojavili v 50. in 60. letih prejšnjega stoletja (Turban, 2002, str. 250). Z uporabo le-teh je kmalu postalo očitno, da med posameznimi aktivnostmi obstajajo povezave. Te povezave so v začetku 60. let pripeljale do sistemov MRP, ki so integrirali proizvodnjo, nabavo in upravljanje z inventarjem. Taki sistemi so bili običajno razviti v organizacijah, ki so jih uporabljale (Harwood, 2003, str. 7). Uspeh sistemov MRP je bil le delen. Naslednji evolucijski korak je prinesel informacijske sisteme za planiranje proizvodnih virov - sisteme MRPII. V primerjavi s sistemi MRP le-ti zajemajo še finančno planiranje in delovno silo. Razvoj se na tem mestu ni ustavil, ampak so sistemi MRPII vsebovali čedalje več funkcij. Ko je bilo dodano upravljanje z vsemi notranjimi viri, govorimo o sistemih ERP. Nadaljnji razvoj poteka v smeri povezovanja informacijskih sistemov navzven - z dobavitelji in kupci. Na eni strani se dodajajo funkcije za upravljanje oskrbovalne verige, na drugi strani pa funkcije za upravljanje odnosov s kupci. Upravljanje oskrbovalne verige prinaša večjo povezanost med zahtevami strank, proizvodnjo in nabavo surovin, kar ima za posledico zmanjšanje zalog in večjo izkoriščenost proizvodnih virov. Upravljanje odnosov s kupci pa se osredotoča na poslovne aktivnosti, ki se izvajajo neposredno pri kupcih.

Harwood (Harwood, 2003, str. 29) navaja, da sistemi ERP niso le baza podatkov, ampak kompleksni sistemi, ki omogočajo:

- izboljššan dostop do informacij,
- podporo v vseh fazah implementacije, vključno z modeliranjem poslovnih procesov in pripravi dokumentacije,
- zagotavljajo orodja za razvoj in izobraževanje.

Harwood (Harwood, 2003, str. 29) priporoča implementacijo sistema ERP v treh korakih:

1. priprava modela poslovnega procesa,
2. priprava konfiguracije, da odraža pripravljen model,
3. priprava dokumentacije.

Implementacija sistema ERP je kompleksen proces, ki zahteva veliko dela. Wallace in Kremzar trdita, da so uspešne implementacije sistemov ERP opravljene interno - odgovornost ne more biti preložena na svetovalce ali na proizvajalce (Wallace, Kremzar, 2001, str. 23). Uporabniki sistema naj bi zato sodelovali v vseh fazah uvajanja. Implementacija zadeva skoraj vse oddelke podjetja. Pomembno je tudi sodelovanje najvišjega vodstva.

Z uvajanjem sistema ERP je pogosto povezana tudi prenova poslovnega procesa. Podjetja lahko najprej izvedejo prenovu poslovanja in nato uvajajo sistem ERP, lahko pa oboje združijo in prenavljajo poslovni proces z upoštevanjem zmožnosti sistema ERP. V prvem primeru se lahko bolj približajo idealnemu poteku poslovnega procesa, vendar ob predpostavki, da bo nova programska oprema zmožna obvladovati take zahteve (Harwood, 2003, str. 135). Kritiki drugega pristopa pa navajajo predvsem preveliko odvisnost prenove poslovnega procesa od informacijskega sistema.

4.2. Sistemi MES

McClellan (McClellan, 1997, str. 2) navaja naslednjo definicijo sistemov MES: "Sistem MES je "on-line" integriran računalniški sistem, zbirka metod in orodij, ki se uporabljajo za izvrševanje proizvodnje."

Sistemi MES skrbijo za dostavo podatkov informacijskim sistemom na višjih nivojih. Razviti so bili z namenom nuditi podporo vodjem proizvodnje. Čeprav obstaja kopica informacijskih sistemov, ki nudijo vsak po nekaj funkcij sistemov MES, je tukaj poudarek na integraciji vseh aktivnosti, med slojem nadzora naprav in slojem planiranja.

Proizvajalci strojne in programske opreme, sistemski integratorji, svetovalci in uporabniki sistemov MES so združeni v organizacijo MESA¹⁴ International, ki je pripravila tudi seznam aktivnosti (McClellan, 1997, str. 3), ki naj bi bile vsebovane v popolni implementaciji sistema MES:

- **razporejanje in status virov**, ravnanje z viri (stroji, orodja, delovna sila, materiali, dokumentacija, ...), ki morajo biti na voljo za izvajanje proizvodnih operacij;
- **fino planiranje operacij**, zagotavljanje zaporedja izvajanja proizvodnih operacij glede na dane zahteve;
- **razpošiljanje (pol)izdelkov**, zagotavljanje pretoka proizvodnih enot;
- **nadzor dokumentacije**, nadzor in vzdrževanje podatkov, ki spremljajo proizvodno enoto (navodila za delo, recepti, skice, kosovnice, ...);
- **zajem in zbiranje podatkov**, povezava za pridobivanje proizvodnih podatkov;
- **upravljanje delovne sile**, stanje osebja;
- **upravljanje kakovosti**, analiza meritev v realnem času za zagotavljanje ustrezne kakovosti;
- **upravljanje procesov**, nadziranje proizvodnega procesa z možnostjo podpore odločanja operaterjem;
- **upravljanje vzdrževanja**, beleženje in usmerjanje aktivnosti za vzdrževanje strojev in orodij z namenom zagotavljanja čim večje razpoložljivosti le-teh;
- **sledenje in genealogija proizvodov**, zagotavlja podatke o delih, materialih, pogojih izdelave, alarmih in popravilih posameznih izdelkov;
- **analiza učinkovitosti**, zagotavljanje točnih podatkov o uspešnosti proizvodnega procesa.

Sistemi MES pokrivajo omenjene aktivnosti s svojimi funkcijami, ki so razdeljene na glavne in podporne (McClellan, 1997, str. 5). Glavne funkcije (upravljanje delovnih nalogov, zbiranje podatkov, sledenje inventarju, ...) so neposredno povezane z upravljanjem proizvodnje, podporne funkcije pa pokrivajo t.i. periferne aktivnosti (nadzor pristopa, statistična procesna kontrola, ...). Posamezne funkcije se med različnimi panogami precej razlikujejo. Splošno uporaben sistem MES bi bil zaradi tega zelo obsežen. Pogosto sistem MES sestavljajo med seboj povezana orodja različnih proizvajalcev. Posamezne funkcije pa pokrivajo tudi informacijski sistemi iz drugih slojev.

Ker sistemi MES ponavadi delujejo v navezi z drugimi informacijskimi sistemi, predvsem s sistemi planiranja, je potrebno zagotoviti ustrezno izmenjavo podatkov. Sistem MES za

14 MESA (ang. Manufacturing Enterprise Solutions Association, nekoč Manufacturing Execution Systems Association) mednarodno združenje razvijalcev in uporabnikov sistemov MES.

delovanje potrebuje podatke o delovnih nalogih (vrstni red posameznih operacij, roki izdelave, število naročenih kosov) ter podatke o virih podjetja (delovna sila, strojni park, ...). Če sistem za planiranje ne obstaja ali če ne nudi ustreznih podatkov, funkcijo urejanja delovnih nalogov prevzame sistem MES. Z delovnim nalogom je potrebno povezati ustrezen tehnološki postopek, kosovnico izdelka in količino, določiti je potrebo prioriteto delovnega naloga in željen datum zaključka. Ena izmed osnovnih nalog sistemov MES je tudi časovno razporejanje operacij in delovnih nalogov. To razporejanje se opravi v skladu s prioriteta in drugimi pravili organizacije. Za natančno razporejanje je potrebno poznavanje razpoložljivosti in trenutnega stanja delovnih sredstev. Sistem MES se mora hitro in učinkovito odzvati na posamezne okvare in zastoje delovnih sredstev in po potrebi delo preusmerjati na druge stroje ali kako drugače spremeniti potek dela. Vse take intervencije pa ne bi bile mogoče, če sistem MES ne bi imel natančnih podatkov o stanju proizvodnje. Potrebna je povratna informacija, pridobljena neposredno iz proizvodnih obratov.

4.3. Sistemi SCADA

Sistemi SCADA delujejo na sloju nadzora in vodenja procesov. Običajno se uporabljajo za zajemanje različnih parametrov in vrednosti na več mestih in za njihovo prikazovanje v realnem času. Boyer v poglavju "Kaj je SCADA" podaja definicijo, da je SCADA tehnologija, ki uporabniku omogoča zbiranje podatkov iz več, lahko tudi oddaljenih, mest in pošiljanje omejenih nadzornih ukazov na ta mesta (Boyer, 1999, str. 9). Poudarek je na dvosmerni komunikaciji. Ker je sam princip uporabe podoben v različnih aplikacijah, obstaja na trgu kar nekaj proizvajalcev sistemov SCADA. Uporabnikom takih sistemov so na voljo grafična orodja, s katerimi si pripravijo grafične modele nadzorovanih procesov. Taki modeli lahko v resničnem času prikazujejo razna stanja, zvezne in diskretne vrednosti, števec in alarme. Procese je mogoče tudi krmiliti. S sistemi SCADA je mogoče enostavno nadzorovati procese, ko so bodisi zelo oddaljeni ali pa tako obsežni¹⁵, da neposredno nadzorovanje ni mogoče. Elementi v sistemih SCADA so dveh tipov: centralna nadzorna enota in oddaljene enote. Običajen sistem je sestavljen iz ene centralne enote in ene ali več oddaljenih. Oddaljene enote skrbijo za povezavo med različnimi senzorji, stikali in merilci na eni strani ter centralno enoto na drugi. Za povezovanje so v uporabi običajni komunikacijski mediji. Komunikacije med enotami je običajno malo, tako da za prenos podatkov zadostujejo tudi najenostavnejše tehnologije. Čeprav bi za centralno enoto enostavnih sistemov zadostovalo le nekaj stikal in kontrolnih lučk, to vlogo v zadnjem času vedno prevzema računalniški sistem. Če se podatki iz nadzorovanega sistema uporabljajo še kje drugje, za prenos poskrbi centralna nadzorna enota. Med pomembnejše mejnike, ki so zaznamovali razvoj sistemov SCADA (Boyer, 1999, str. 22), prišteva:

¹⁵ Npr. nadzorovanje električnega ali železniškega omrežja.

- okoli leta 1960, ko se pojavi potreba po daljinskem nadzoru industrijskih procesov;
- okoli leta 1965, ko zaradi vse večje kompleksnosti centralnih enot pridejo v uporabo digitalni računalniki;
- okoli leta 1970, ko se pojavi kratica SCADA;
- okoli leta 1975, ko so za vzpostavljanje komunikacijskih poti začele prevladovati radijske zveze;
- tehnologija SCADA dozori do leta 1980.

Podobno kot pri ostalih tehnologijah tudi pri sistemih SCADA zaznamo velik vpliv osebnih računalnikov. Posledice uporabe osebnih računalnikov so hitro rast sistemov SCADA, izboljšanje uporabniških vmesnikov¹⁶, boljše možnosti izdelave poročil, zaradi majhne cene računalnikov pa je odpadla tudi potreba po centralizaciji sistemov (Boyer, 1999, str. 23).

Za sisteme SCADA je značilno dogodkovno vodeno delovanje, kar pomeni, da se odzivajo na spremembe stanj vhodnih podatkov.

¹⁶ Izboljšave potekajo v smeri boljše vizualizacije spremljanih procesov, lažje priprave modelov in enostavnejšega konfiguriranja.

5. Tehnologije za zajemanje podatkov v proizvodnji

Za zajemanje podatkov v proizvodnji so na voljo številne tehnologije. Najbolj očitne so tiste, ki jih neposredno zaznavajo uporabniki sistema. Te tehnologije služijo predvsem učinkoviti predstavitvi vseh informacij ter enostavnemu in hitremu vnosu podatkov. V ozadju delujejo še številne druge tehnologije, ki pa služijo predvsem prenosu, preoblikovanju in shranjevanju proizvodnih podatkov. Pri izbiri vseh tehnologij je potrebno slediti zastavljenim ciljem:

1. vse informacije morajo biti predstavljene na kratek, jedrnat in razumljiv način;
2. vnos podatkov mora biti hiter in enostaven;
3. vnos podatkov mora biti zasnovan tako, da je možnost napak ali zlorab čim manjša;
4. povratna informacija mora biti na voljo v kratkem času;
5. celoten postopek vnosa podatkov ne obremenjuje poslovnega procesa;
6. sistem mora delovati 24 ur vseh 7 dni v tednu, v primeru izpada posameznih sklopov pa je potrebno zagotoviti nadomestilo.

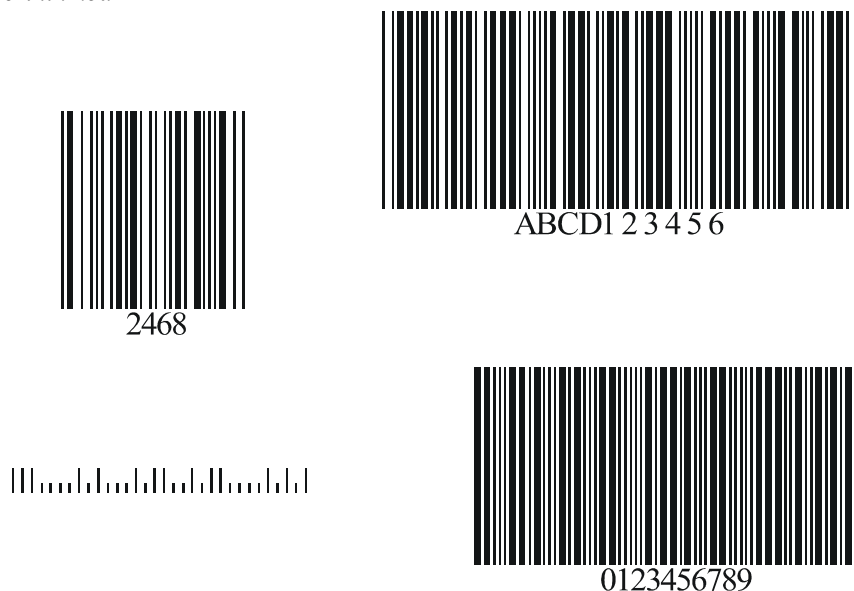
Sistem, ki ne zadovoljuje vseh zastavljenih ciljev, je lahko neučinkovit, moteč za poslovni proces ali pa ne daje potrebnih in pravih podatkov.

5.1. Sistemi črtne kode

Sistemi črtne kode so zaradi enostavnosti dobro uveljavljeni na številnih področjih elektronske identifikacije. McClellan celo trdi, da so ti sistemi izmed vseh najbolj razširjeni (McClellan, 1997, str. 70). S črtno kodo so označeni vsi potrošniški izdelki. Trgovci tako označujejo cene artiklov, v proizvodnji pa so s črtno kodo označeni spremni in delovni listi ter druga dokumentacija. Velik razmah so sistemi črtne kode dosegli tudi zaradi nizke cene izdelave oznak. Oznake je namreč mogoče natisniti s skoraj vsakim tiskalnikom. Kot podlago je mogoče uporabiti papir, nalepke, lepenko, plastiko, oznake pa se lahko celo lasersko vgravirajo v kovino. Obstojnost oznak je tako odvisna od uporabljene podlage. S črtno kodo označene izdelke zato lahko obdelujemo pri visokih temperaturah, nekatere podlage pa so odporne proti vodi. Primer črtne kode je prikazan na sliki 5. Za čitanje črtne kode sta potrebna oznaka in čitalnik. Za same oznake obstaja več

standardov, ki se med seboj razlikujejo po naboru podprtih simbolov¹⁷ ter po redundanci zapisa¹⁸.

Slika 5: primer črtnih kod



Vsak od standardov določa parametre, kot je kontrastno razmerje med temnimi in svetlimi stolpci, dimenzije, najmanjšo dovoljeno oddaljenost od ostalih potiskanih delov in podobno. Oznake črtne kode so običajno omejene po dolžini. Kadar o nekem izdelku potrebujemo več podatkov, so le-ti shranjeni ločeno. Črtna koda vsebuje le šifro, po kateri najdemo ostale podatke. Za primere, ko mora že sama oznaka nositi več podatkov, so bile razvite t.i. dvodimenzijske črtne kode. Postopki uporabe so identični tistim pri običajni črtni kodi, razlika je le v količini hranjene informacije. Za pretvorbo tiskane črtne kode v primerno elektronsko obliko skrbijo čitalniki. Glede na način uporabe ločino ročne in samostojne čitalnike. Ročni se uporabljajo v takih aplikacijah, kjer so lahko v pomoč operaterju pri vnosu raznih podatkov. Samostojni čitalniki pa se fiksno pritrdijo in beležijo črtne kode na predmetih, ki tako ali drugače potujejo mimo njih. Med seboj se različni čitalniki ločijo še po tem, na kakšni razdalji so še sposobni razbrati črtno kodo in s kakšno hitrostjo se lahko predmet z oznako premika mimo čitalnika. Če se za odčitavanje kode uporablja laserski žarek, le-ta tudi označuje mesto odčitavanja in je zato uporaba lažja. Nekateri proizvajalci čitalnike vgrajujejo v prenosne terminale, ki so preko radijske zveze povezani z osrednjim informacijskim sistemom. Običajne čitalnike je za uporabo potrebno

17 Nekateri zapisi, npr. "Interleaved 2 of 5" dovoljujejo samo številčne oznake, drugi zapisi, npr. "Code 3 of 9" pa poleg števil in celotne abecede podpirajo še nekatere druge znake.

18 Z večjo redundanco zapisa dosežemo pravilno prepoznavanje oznake tudi v primeru, ko je le-ta delno poškodovana.

priključiti na gostiteljski računalnik ali drugo napravo, ki zbrane podatke posreduje v informacijski sistem. Proizvajalci običajno ponujajo več možnosti priklopa. Najenostavnejši način povezave z računalnikom je tak, kjer čitalnik deluje kakor običajna tipkovnica. Za programsko opremo je tako vseeno, ali se podatki vnašajo preko tipkovnice, če je le-ta prisotna, ali pa s pomočjo čitalnika.

Slika 6: primer čitalnika črtne kode



Tehnologija črtne kode je zelo primerna tudi v sistemih za spremljanje proizvodnje. Pri registraciji vsakega dogodka je običajno potrebno vpisati podatke, kot so delovni nalog (oziroma posamezna operacija na delovnem nalogu), številka stroja, številka delavca, ipd. V primerjavi z vnosom omenjenih števil s tipkovnico je sistem črtne kode hitrejši in zanesljivejši. S primernimi oznakami je zelo enostavno opremiti delovne liste. Na prijavnih mestih je mogoče namestiti šifrante strojev in zastojev, ki so opremljeni s črtno kodo. Če delavci že uporabljajo osebne kartice za registracijo delovnega časa, so le-te v večini primerov že opremljene s črtno kodo, sicer pa je oznake mogoče dodati z nalepkami. Za doseganje večje zanesljivosti in preprečevanje zlorab je pri uporabi sistema črtne kode dobro upoštevati priporočila:

1. uporabi naj se en standard črtnih kod, ostali naj se v čitalnikih izključijo;

2. doseže naj se dogovor o vsebini oznak¹⁹.

Pri določanju vsebine oznake, predvsem njene dolžine, je potrebno v naprej predvideti zalogo vrednosti posameznih šifrantov. Premajhno število mest lahko prinese težave, če postane obseg strojev, delavcev ali delovnih nalogov večji od predvidenega.

5.2. Sistemi RFID

Kratica RFID v angleškem jeziku pomeni *Radio Frequency IDentification*, identifikacijo s pomočjo radijskih frekvenc. Podobno kakor pri sistemih črtne kode se tudi v tem primeru uporabljajo posebne oznake in čitalniki. Od sistemov črtnih kod se ločijo po tem, da prepoznavanje oziroma branje oznake poteka s pomočjo radijskih valov. Zaradi tega je identifikacija mogoča skozi vse snovi, razen skozi kovino. Na sliki 7 je primer čitalnika in oznak RFID.

Slika 7: primer čitalnika in oznak RFID



Vir: prodajni katalog Pepperl + Fuchs

Oznake so lahko pasivne ali aktivne. Pasivne vsebujejo elektronsko vezje brez lastnega napajanja. V to vezje je mogoče shraniti omejeno količino podatkov. Pasivna oznaka kot vir energije uporabi radijski signal, ki ga oddaja čitalnik. Če prejeti signal ustreza

¹⁹ Oznake naj vsebujejo predpone, ki določajo njihove tipe. Predponi naj sledi koda, katere dolžina je predpisana. Stroji se npr. lahko označijo s predpono "ST", ki ji sledi 10 mestna številčna vrednost, ki predstavlja številko stroja.

predpisanemu, se oznaka odzove z oddajo signala, ki vsebuje shranjeno vrednost. Ker oznake nimajo lastnega vira energije, je oddani signal šibak. Uporaba je mogoča na manjših razdaljah, življenjska doba oznak pa je zaradi tega večja. Pasivne oznake oziroma ustrezna vezja so zelo majhna, zato je mogoča njihova vgradnja v različne izdelke. Aktivne oznake delujejo po podobnem principu, le da jih napaja vgrajena baterija. Sisteme RFID v vsakodnevni uporabi srečujemo pri elektronskem plačevanju cestnin, na smučiščih in podobnih aplikacijah. S podkožno vsaditvijo se na tak način označujejo tudi živali. V poslovnih rabi pa take oznake vsebujejo nekatere osebne kartice delavcev in sistemi za sledenje. Nosilni vozički na avtomatiziranih proizvodnih linijah na vsaki operaciji identificirajo obdelovani (pol)izdelek. V takem primeru je mogoče shranjevanje različnih parametrov izvajanja posamezne operacije. V primerjavi s sistemi črtne kodo imajo sistemi RFID tako prednosti kot slabosti. Med prednosti poleg že omenjene večje razdalje in neodpornosti na ovire spada še hitrejša in lažja identificiranje in nekoliko večja količina podatkov, ki jo te oznake lahko shranijo. Med slabosti pa spadajo večja cena oznak²⁰ in večja občutljivost na visoko temperaturo.

5.3. Alfanumerični terminali

Za registracijo proizvodnih dogodkov potrebujemo ustrezna zbirna mesta. Lastnosti takih zbirnih mest so odvisne od namena uporabe in dodatnih funkcij. Če želimo samo beležiti enostavne dogodke, kot so prijave in odjave dela in zastojev, zadostujejo že enostavni terminali z nekaj tipkami, preprostim prikazovalnikom ter čitalnikom RFID ali črtne kode.

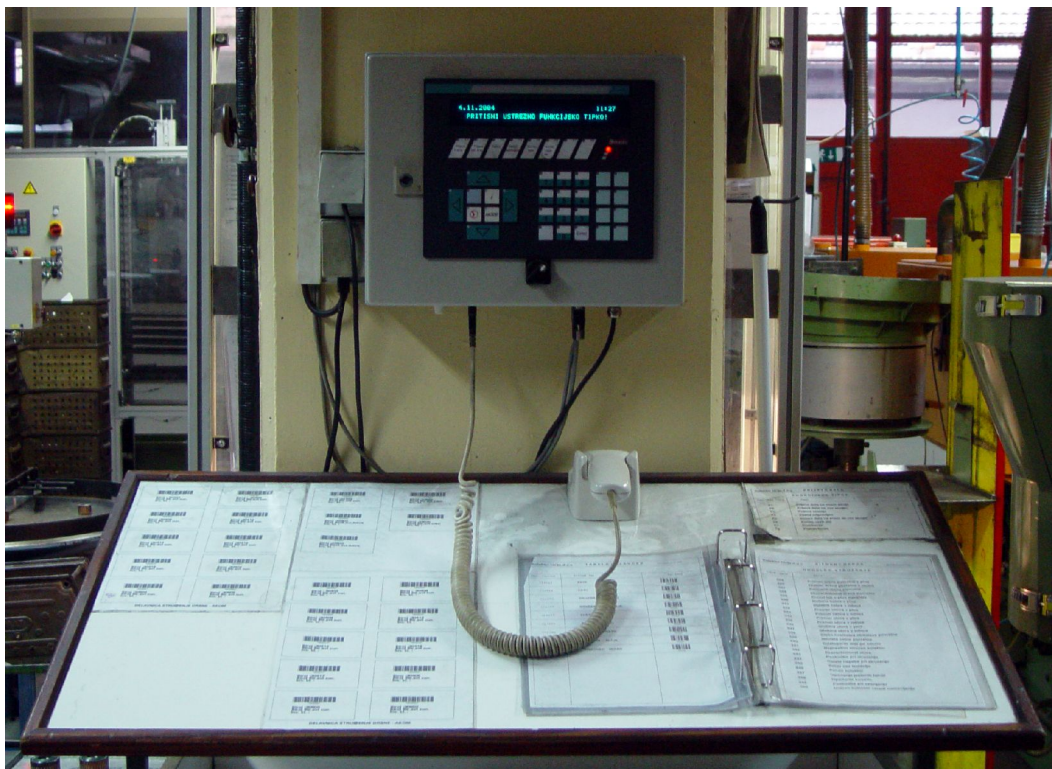
Primer terminala, ki se uporablja za registracijo proizvodnih dogodkov, je prikazan na sliki 8. S takim terminalom ne zmanjšamo le stroškov prijavnega mesta, ampak tudi poenostavimo njegovo uporabo. Za registracijo dogodkov zadostuje namreč že nekaj tipk z vnaprej definiranimi funkcijami (prijava dela, odjava dela, ...), numerične tipke ter tipki za potrditev in preklic operacije. Delavec ob prijavi dogodka le-tega izbere, nato vnese vse potrebne podatke in prijavo potrdi. Vse tri korake je mogoče izvesti z uporabo tipk ali pripadajočih črtnih kod. Prijavna mesta so v tem primeru opremljena s šifranti za stroje in zastoje. Na posameznih prijavnih mestih se lahko omejimo le na seznam tistih strojev (in posledično tudi zastojev), ki se nahajajo v neposredni okolici prijavnega mesta.

Opisani terminal je strogo namenski in ne more biti hkrati uporabljen za druge aplikacije. Zaradi omejenih zmogljivosti je več terminalov priključenih na osebni računalnik, kjer se tudi izvaja krmilni program. Pri spreminjanju funkcij v same terminale ni potrebno posegati, saj se vse spremembe opravijo v nadzornem programu. Ker se terminal uporablja v industrijskem okolju, je potrebno upoštevati tudi njegovo izpostavljenost različnim motnjam in drugim dejavnikom, kot so visoka temperatura, velika stopnja vlage, prašni

²⁰ Poleg tega, da so oznake RFID dražje od oznak črtne kode, jih tudi ne moremo tako enostavno reproducirati.

delci ali kemično agresivno ozračje. V bližini lahko delujejo tudi viličarji ali drugi stroji, ki lahko terminal mehansko poškodujejo. Zaradi tega je sestavni del industrijskih terminalov kompaktno in vodotesno ohišje.

Slika 8: prijavno mesto z alfanumeričnim terminalom



5.4. Osebni računalniki

Proizvodne dogodke je mogoče zbirati tudi s povsem običajnim osebnim računalnikom. Mogoča je uporaba standardnih vhodnih naprav (tipkovnica in mišk) ter posebnih vhodnih naprav (čitalnik črtnih kode ali oznak RFID). Čeprav je uporabniški vmesnik mogoče prilagoditi različni usposobljenosti, velja, da je uporaba osebnega računalnika primernejša v okoljih z večjo usposobljenostjo ali izobrazbo uporabnikov. Ker večina osebnih računalnikov uporablja sistem hlajenja z zračnim pretokom, le-ti niso primerni za vsa okolja. Ozračje, v katerem je veliko olja, vlage, prahu ali delcev tekstila, lahko računalnik hitro poškoduje. Tudi tipkovnice in miške niso primerne za vsako proizvodnjo. V primerjavi z običajnim terminalom računalnik zavzema več prostora. Poleg prostora za sam računalnik, vhodne naprave in prikazovalnik je potrebno poskrbeti še za mehansko zaščito vseh sklopov.

Slika 9: osebni računalnik, namenjen zbiranju proizvodnih podatkov



Kljub omenjenim slabostim pa obstajajo tudi dobre strani uporabe osebnega računalnika za zajem podatkov:

- računalnik je mogoče uporabiti tudi za druge aplikacije;
- povezava na glavni informacijski sistem je enostavna;
- komunikacija z uporabnikom je enostavna in pregledna.

Ob upoštevanju dobrih in slabih lastnosti osebnega računalnika za zajemanje proizvodnih podatkov najdemo številne primere uporabe. Na sliki 9 je prikazan osebni računalnik, ki v proizvodnem okolju služi vnašanju dogodkov.

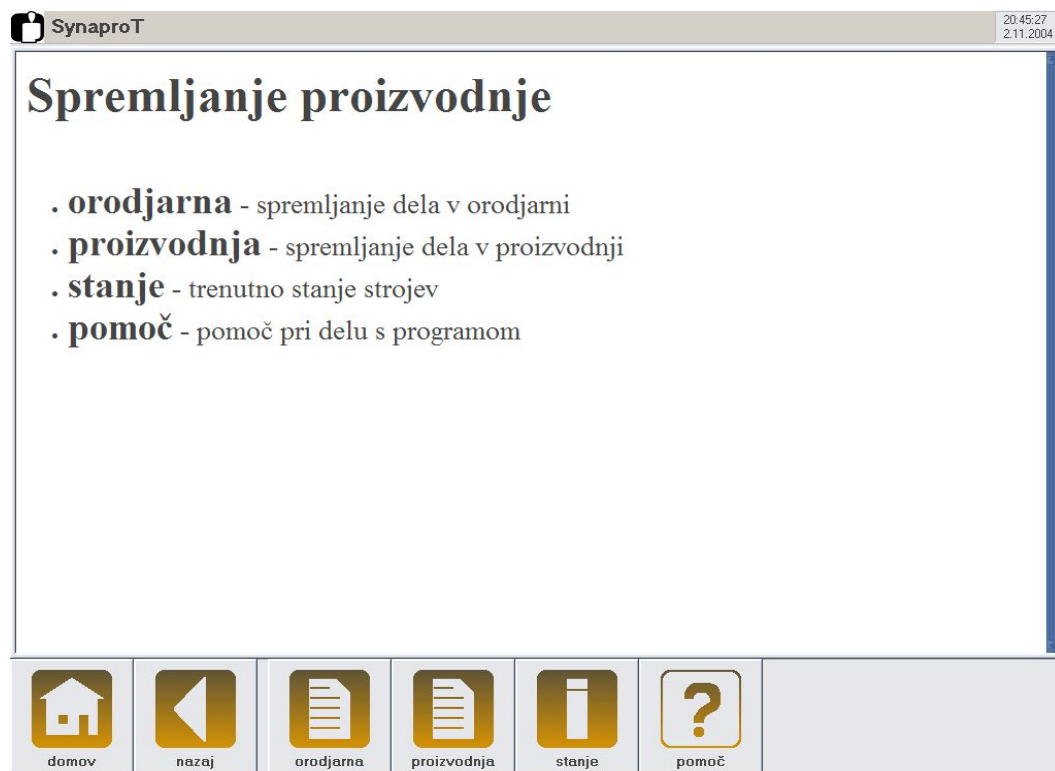
5.5. Prilagojeni osebni računalniki

Prilagojeni ali industrijski osebni računalniki so po svoji zgradbi običajni osebni računalniki, le da so mehansko zaščiteni s posebnimi ohišji. Združujejo dobre lastnosti prej omenjenih terminalov in osebnih računalnikov. Od terminalov imajo podedovano kompaktnost, robustnost in obliko.

Slika 10: osebni računalnik, prilagojen za uporabo v proizvodnji



Slika 11: primer grafičnega uporabniškega vmesnika za delo z na dotik občutljivim zaslonom



Za lažje upravljanje imajo lahko v čelno ploščo vgrajene tipke za izbiro funkcij, zaslon pa je občutljiv na dotik. Prijavno mesto z industrijskim računalnikom je prikazano na sliki 10.

Ker se računalnik nahaja v kompaktnem in zaprtem ohišju, zavzema malo prostora.

Grafični uporabniški vmesnik je prilagojen za delo z na dotik občutljivim zaslonom: gumbi so dovolj veliki, za vnos podatkov pa se na zaslonu izriše navidezna tipkovnica.

Primer takega grafičnega uporabniškega vmesnika je prikazan na sliki 11. Zaradi nižjih stroškov vzdrževanja je mogoča izvedba industrijskih računalnikov brez pregibnih delov (trdi diski, disketne in optične enote, ventilatorji).

Taka izvedba je mogoča z uporabo vgrajenega (ang. *embedded*) operacijskega sistema, ki je namesto na trdem disku shranjen v trajnem pomnilniku tipa *flash* ali pa z uporabo terminalskega načina dela. Slednji način za delovanje potrebuje še terminalski strežnik, ki pa se lahko nahaja tudi v drugih prostorih podjetja. Tak način izvedbe ima koristi pri večjem številu prijavnih mest.

5.6. Sistemi za upravljanje baz podatkov

Sama narava spremljanja proizvodnje zahteva zajemanje podatkov na več mestih. Ta mesta se lahko nahajajo znotraj enega oddelka, lahko pa se nahajajo tudi v oddaljenih obratih. V obeh primerih obstaja potreba po skupnem hranjenju podatkov in posledično po sistemu za upravljanje baz podatkov (SUBP). Shranjevanje podatkov iz strojev in naprav zahteva konstantno obremenitev podatkovnega strežnika. V časovni enoti se pojavlja veliko število manjših transakcij. Ker nekateri proizvodni procesi zahtevajo stalno prisotnost nadzornega sistema, mora biti tudi podatkovni strežnik razpoložljiv 24 ur vse dni v tednu. Za razliko od terminalov za registracijo dogodkov²¹ je podatkovni strežnik nenadomestljiv člen v celotni verigi. V primeru izpada je potrebno zagotoviti nadomestni strežnik.

Izbira sistemov za upravljanje baz podatkov na tržišču je pestra tako po zmogljivosti, ceni, podprtih funkcijah ter operacijskih sistemih, na katerih se ti sistemi izvajajo. Na prvi pogled se zdi izbira sistema za upravljanje baz podatkov preprosta: najti je potrebno sistem, ki je zanesljiv, hiter in po vrhu še poceni. Ker se sistemi za upravljanje baz podatkov razlikujejo po številnih parametrih, od katerih nimajo vsi enake teže, sem za izbiro optimalnega kandidata sestavil odločitveni model. Zaradi omejitev razvojnega okolja sem v ožji izbor uvrstil tri kandidate: *Microsoftov SQL Server 2000*, *Oracle-ov Oracle 9i Database* ter *MySQL 4.0* švedskega podjetja MySQL AB. V veliko pomoč pri ocenjevanju vseh treh sistemov mi je bil članek, objavljen na spletnih straneh revije PC Magazine: *Clash of the Titans: SQL Databases*.

21 V primeru izpada enega ali več terminalov za registracijo dogodkov lahko delavci nemoteno izvajajo prijave na preostalih delujočih terminalih ali pa na katerem izmed dostopnih računalnikov.

5.6.1. Microsoft SQL Server 2000

Microsoft si že vrsto let vztrajno prizadeva povečati delež tudi na področju sistemov za upravljanje baz podatkov. Prvi med kandidati je prav strežnik tega podjetja. Strežnik je tesno povezan z operacijskim sistemom Windows, kar omogoča enostavno administracijo, vendar strežnik zaradi tega ne deluje v drugih operacijskih sistemih. Administratorju sistema je na voljo Enterprise Manager - zmogljivo orodje za upravljanje s celotnim sistemom. Vse funkcije tega orodja je mogoče uporabljati tudi na daljavo.

5.6.2. MySQL 4.0

Sistem za upravljanje baz podatkov MySQL razvija švedsko podjetje MySQL AG. Čeprav je na voljo kot prost odprto-kodni program, ga proizvajalec ponuja tudi kot licenčni izdelek za ceno 440 € za strežnik²². Med trojico izbranih kandidatov je MySQL za nekaj velikostnih razredov cenejši od preostalih tekmecev. Filozofija t.i. vitkega strežnika ga uvršča med lahkokategornike. V primerjavi s preostalima tekmecema podpira malo funkcij. Na seznamu lastnosti tega strežnika tako manjkajo shranjene procedure in prožilniki. Tudi transakcij ne podpira s privzetim tipom tabel, vendar sta na voljo še dva tipa, ki transakcije podpirata. Konfiguriranje strežnika je relativno enostavno. Nastavitve so shranjene v tekstovni datoteki. Glede strojne opreme je strežnik MySQL zelo nezahteven. Privzete nastavitve predpostavljajo računalnik s samo 32 Mb pomnilnika, kar je pri močnejših računalnikih priporočljivo spremeniti. Enostavnost strežnika pa je tudi njegova velika prednost. Na testih se je izkazal za zelo hitrega. Prav tako je enostavno tudi upravljanje s strežnikom. Strežnik MySQL je mogoče najti v številnih aplikacijah. Nekaj poizvedb v internetnih iskalnikih nam vrne številne povezave na strani, kjer uporabniki opisujejo svoje izkušnje s tem strežnikom. Iz teh opisov gre sklepati, da je MySQL zanesljiv in hiter strežnik, ki zlahka obvladuje tudi večje količine podatkov. V večini primerov je bil strežnik uporabljen na operacijskih sistemih GNU/Linux, za katere je bil tudi najprej razvit.

5.6.3. Oracle 9i Database

Zadnji kandidat med sistemi za upravljanje baz podatkov prihaja iz podjetja Oracle in nosi ime Oracle 9i Database. Cena tega sistema je dvakrat večja od drugega najdražjega

²² Strežnik je brezplačno na voljo z licenco GPL, ki pa prinaša nekatere omejitve. Zaradi tega sem za testiranje izbral strežnik s komercialno licenco.

strežnika, Microsoftovega SQL Server 2000. Viri na internetu ta strežnik pogosto povezujejo s pojmi, kot so hitrost, zanesljivost in širok nabor funkcij. Glavna pomanjkljivost sistema je torej le njegova cena.

5.6.4. Ocenjevanje strežnikov

Za potrebe spremljanja proizvodnje mi je bilo glavno vodilo pri izbiri strežnika razmerje med zmogljivostjo in ceno. Ker se pri spremljanju proizvodnje uporabljajo le enostavne operacije nad bazo podatkov, posebnosti strežnikov, kot so shranjene procedure in prožilniki, niso imeli velike teže. Strežnik naj bi v večini primerov deloval v operacijskem sistemu Windows zaradi enostavnega vzdrževanja, kjer pa bi bila zahtevana večja zanesljivost in varnost, pa bi bil strežnik nameščen v operacijski sistem Linux. Ocenjevanje sem razdelil v štiri glavne kategorije:

1. administracija - pestrost in zmogljivost spremljevalnih orodij, s katerimi se strežnik upravlja med delovanjem;
2. varnost - predvsem zaščita podatkov pred nepooblaščenimi dostopi;
3. strežnik - lastnosti strežnika, kot so posamezni parametri delovanja, možnost arhiviranja podatkov in podprti operacijski sistemi;
4. zmogljivost, cena - v to kategorijo pa spadata cena in hitrost strežnika.

5.6.5. Administracija

V tej kategoriji sem ocenjeval prisotnost grafičnih orodij za upravljanje strežnika. Grafična orodja naj omogočajo operacije, kot so kreiranje podatkovnih zbirk, upravljanje z uporabniki, izvajanje stavkov SQL, vnos in pregled podatkov in podobno. Pomembna je tudi podpora skriptnim jezikom, saj je tako mogoče avtomatizirati razna opravila, npr. arhiviranje. Zadnja postavka v tej kategoriji pa je prisotnost navodil v elektronski obliki.

5.6.6. Varnost

V kategorijo varnosti spadajo predvsem možnosti dodeljevanja posameznih pravic

uporabnikom (in skupinam uporabnikov) za delo s posameznimi tabelami in stolpci. Nekoliko manjšega pomena je zaklepanje posameznih vrstic.

5.6.7. Strežnik

Kategorija ocenjuje delovanje strežnika, ki zajema uporabo porazdeljene baze podatkov, uporabo več procesorjev, možnost preklica ukazov, pisanje dnevnika in vodenje statistike. Omenjene možnosti so pomembne zlasti pri doseganju večje zmogljivosti strežnika in iskanju morebitnih napak v programski opremi. V tej kategoriji je zajeta tudi podprtost operacijskih sistemov ter funkcije, ki so povezane z izdelavo varnostnih kopij.

5.6.8. Zmogljivost, cena

Tukaj sem zajel podatke o ceni posameznih izdelkov ter rezultat hitrosti delovanja, ki so ga kandidati dosegli na primerjalnem testu. Na preizkušnji primerjalnega testa sta bila izmerjena prepustnost in odzivni čas strežnikov v odvisnosti od sočasnega števila uporabnikov. Grafa obeh testov sta prikazana na slikah 12 in 13. Iz obeh grafov je razviden podoben rezultat strežnikov MySQL in Oracle, medtem ko MS SQL vedno zaostaja.

5.7. Rezultat odločitvenega problema

Posamezne attribute strežnikov sem za prve tri kategorije uporabil zalogo vrednosti atributov:

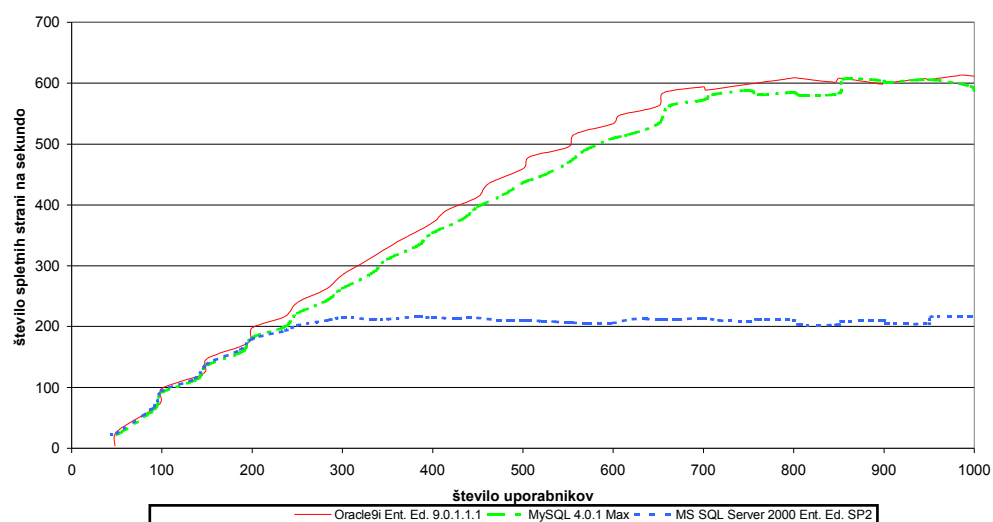
- da (določena funkcija je podprta),
- ne (določena funkcija ni podprta).

Zadnjo kategorijo sem ocenjeval nekoliko drugače. Sestavljena je iz cene in rezultatov dveh primerjalnih testov. Vrednosti atributov cene so razdeljene na tri kategorije:

- pod 1.000 \$,

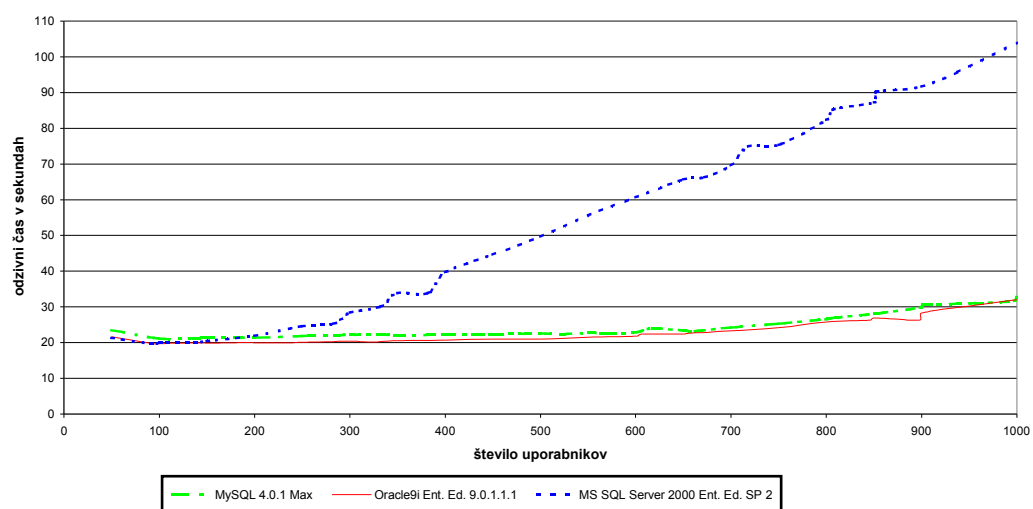
- med 1.000 \$ in 20.000 \$,
- med 20.000 \$ in 40.000 \$.

Slika 12: prepustnost strežnika v spletnih straneh na sekundo v odvisnosti od števila uporabnikov



Vir: PC Magazine

Slika 13: odzivni čas strežnikov v odvisnosti od števila uporabnikov



Vir: PC Magazine

Vrednosti atributov obeh primerjalnih testov pa so:

- slabo
- srednje
- dobro.

Posamezne kategorije odločitvenega problema so tudi ocenjene z atributi *slabo*, *srednje*, *dobro*. Skupna ocena je sestavljena iz vsote točk posameznih kategorij, pri čemer ocena *dobro* prinese dve točki, ocena *srednje* eno točko, ocena *slabo* pa ne prinaša točk.

Rezultati, ki so jih dosegli vsi trije sistemi za upravljanje baz podatkov, so predstavljeni v tabeli 2.

Tabela 2: rezultat odločitvenega problema primerjave SUBP

<i>kategorija</i>	<i>MS SQL</i>	<i>MySQL</i>	<i>Oracle</i>
administracija	dobro	dobro	dobro
varnost	srednje	srednje	dobro
strežnik	srednje	dobro	dobro
zmogljivost, cena	slabo	dobro	srednje
skupna ocena	4	7	6

Najvišjo oceno je predvsem po zaslugi dobrega razmerja zmogljivosti in cene prejel sistem za upravljanje baz podatkov MySQL 4.0. Zaradi specifičnosti zbiranja podatkov za potrebe spremljanja proizvodnje ne potrebujemo nekaterih lastnosti, ki se pojavljajo pri kandidatih, ki sicer veljajo za boljše. MySQL pri poslovnih aplikacijah sicer ne more konkurirati preostalima kandidatoma, vendar njegove lastnosti najbolj ustrezajo principom spremljanja proizvodnje.

5.8. Komunikacijske tehnologije

Komunikacijske tehnologije služijo povezovanju posameznih sklopov sistemov. Omogočajo pošiljanje podatkov med različnimi lokacijami. Čeprav komunikacijske tehnologije delujejo v ozadju in so za uporabnika popolnoma transparentne, je pravilna

izbira zaradi vplivov industrijskega okolja pomembna. Posamezni elementi celotnega sistema za spremljanje proizvodnje so razporejeni na velikih površinah, pogosto tudi na več lokacijah. Pri spremljanju proizvodnje je potrebno z nadzornim računalnikom povezovati stroje, terminali ali računalniki za beleženje dogodkov pa potrebujejo dostop do strežnika z bazo podatkov. Če se podjetje nahaja na več lokacijah, je potrebno na vsaki izmed njih zagotoviti lokalno hranjenje delovnih podatkov, ki omogočajo nemoteno delovanje sistema tudi v primeru izpada povezave do glavnega strežnika. Shema porazdeljenega sistema je prikazana na sliki 14. Sistem za spremljanje proizvodnje je s poslovnim informacijskim sistemom (npr. sistemom ERP) povezan le v matičnem podjetju. Komunikacija med z oddaljeni obrati poteka na nivoju spremljanja proizvodnje.

Za izvedbo komunikacijskih poti je na voljo nekaj različnih tehnologij, tako takih, ki za prenos uporabljajo fizični medij, kakor tudi brezžičnih. V vseh primerih se podatki pošiljajo v digitalni obliki.

5.8.1. Brezžična komunikacija

Brezžična komunikacija je namenjena predvsem povezovanju posameznih sklopov znotraj proizvodnih obratov. Različni tipi proizvodnje lahko zahtevajo tudi pogoste premike strojev. Skupaj s stroji je potrebna tudi prerazporeditev prijavnih mest. Na trgu komunikacijske opreme najdemo nekaj različnih standardov, ki so primerni za uporabo v industrijskih okoljih. Pri izbiri je potrebno upoštevati nekaj dejstev:

- prisotnost naprav, ki povzročajo radijske motnje²³;
- prisotnost drugih radijskih naprav²⁴;
- možnost šifriranja podatkov²⁵.

Trenutno je s strani proizvajalcev najboljše podprta brezžična tehnologija *ethernet*²⁶. Široka

23 Radijske motnje povzročajo naprave, kot so točkovni varilniki, mikrovalovni in indukcijski grelci, frekvenčni pretvorniki, ...

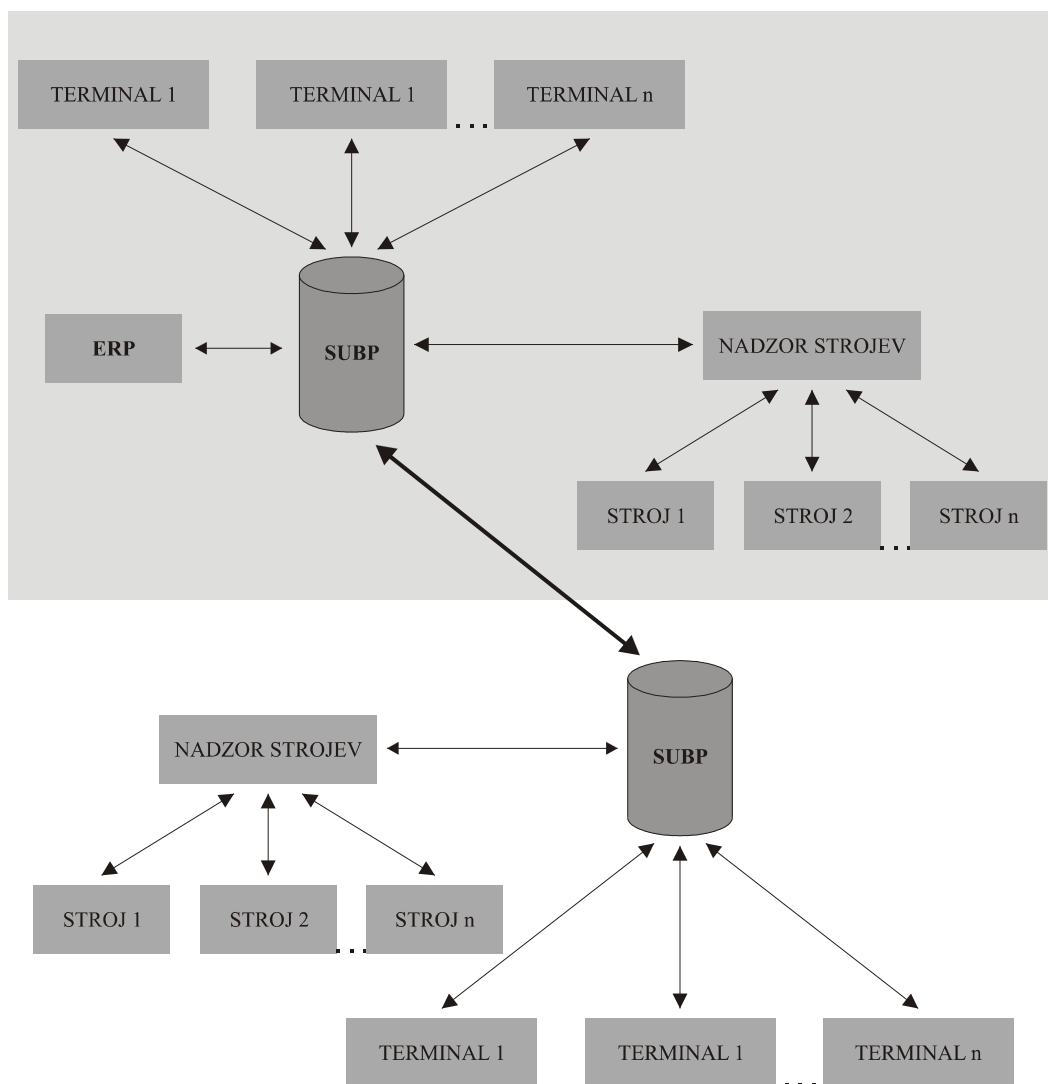
24 V industrijskih okoljih se pogosto nahajajo razne naprave, ki delujejo s pomočjo radijskih oddajnikov in sprejemnikov: mobilni in prenosni telefoni, brezžična omrežja, ...

25 Čeprav sami podatki, ki se prenašajo brezžično, pri spremljanju proizvodnje niso zanimivi za morebitne prisluškovalce, je visoka stopnja varnosti pri brezžičnih omrežjih potrebna zaradi zaščite pred zunanjimi vdori v glavno omrežje podjetja.

26 Standardi IEEE 802.11a - IEEE 802.11h določajo različne hitrosti, šifriranje in druge parametre za uporabo brezžičnih omrežij.

podprtost tehnologije je njena velika prednost pred ostalimi. Kombinirati je mogoče komponente različnih proizvajalcev. Ker je tehnologija popolnoma združljiva s svojo ožičeno izvedbo, je prehod med eno in drugo enostaven in ne potrebuje nobenih sprememb na ostalih delih sistema. Brezžično omrežje *ethernet* je lahko hkrati uporabljeno za spremljanje proizvodnje in druge aplikacije.

Slika 14: shema porazdeljenega informacijskega sistema za spremljanje proizvodnje



5.8.2. Ožičene komunikacije

Komunikacije, ki za prenosni medij uporabljajo različne tipe ožičenja, se uporabljajo za povezovanje znotraj obratov in med njimi.

Ravno tako kakor pri brezžičnih komunikacijah tudi tukaj za povezovanje elementov znotraj industrijskih obratov prevladuje tehnologija *ethernet*. Na voljo je v običajni in t.i. industrijski izvedbi. S stališča programske opreme sta obe izvedbi enakovredni, le da je industrijska izvedba robustnejša. V veliko podjetjih so računalniška omrežja že v uporabi za druge informacijske sisteme. Zaradi velike kapacitete omrežij se lahko le-ta uporabijo tudi za spremljanje proizvodnje. Nekoliko drugače je pri povezovanju oddaljenih proizvodnih obratov z matičnim podjetjem. Pri manjših obratih s po nekaj stroji, kjer je količina prenesenih podatkov majhna, se lahko za prenos uporabi kar telefonska linija. Zveza se se za vsak prenos vzpostavlja enkrat ali večkrat dnevno. Za nujne primere mora obstajati tudi možnost izvajanja prenosov izven predvidenih urnikov. Kadar je količina prenesenih podatkov prevelika, kadar oddaljen obrat potrebuje stalno povezavo z matičnim podjetjem ali kadar uporaba telefonske linije iz kakršnega koli vzroka ni mogoča, se posamezne enote podjetja povežejo v Internet. Med vsemi enotami se nato vzpostavi navidezno privatno omrežje (angleško Virtual Private Network - VPN). Pri takem tipu povezave delujejo udeleženci na vseh lokacijah, kakor bi se nahajali v enem samem omrežju. Tehnologija VPN s pomočjo postopkov za šifriranje in izmenjavo ključev poskrbi za varen prenos podatkov med posameznimi obrati preko Interneta. Posamezna pod-omrežja se lahko nahajajo kjerkoli. Tudi način priklopa v Internet v tem primeru ni pomemben. Kljub stalni navidezni povezavi obratov z matičnim podjetjem je zaradi hitrejših odzivnih časov tudi v tem primeru priporočljiva uporaba lokalnih operativnih podatkovnih zbirk. S tem lahko zagotovimo normalno delovanje spremljanja proizvodnje tudi v primeru popolnega izpada povezave.

6. Metode in postopki zajemanja in zbiranja podatkov

Kakor pri izbiri tehnologij za zajemanje podatkov je tudi pri izdelavi ustreznih metod in postopkov potrebno dosegati cilje o čim hitrejšem in enostavnejšem vnosu podatkov. Pri izdelavi metod in postopkov gre za problem izbire ustreznih tehnologij in izdelavo uporabniških vmesnikov za vnos podatkov. Sami postopki vnosa podatkov morajo biti zasnovani tako, da je možnost napak ali zlorab čim manjša. Pravila, ki jih pri tem potrebno upoštevati, so podrobneje opisana v 2. poglavju.

Delitev oziroma razporejanje dela v proizvodnji lahko poteka na več načinov. Delavci lahko oskrbujejo vedno iste stroje ali so nanje razporejeni pred začetkom dela. Razpored spet lahko velja le za eno izmeno ali pa do zaključka delovnega naloga. Tudi delovni nalogi se lahko obravnavajo zelo različno. Pri delavniškem tipu proizvodnje se na en delovni nalog izdela le en ali največ nekaj kosov, medtem ko se pri masovni proizvodnji izdeluje tolikšne količine, da lahko en sam delovni nalog traja več mesecev. Vsem tem posebnostim posameznih podjetij mora biti prilagojeno tudi spremljanje proizvodnje.

Posamezni tipi prijav in podatki, ki se zbirajo, so najbolj odvisni od poslovnega informacijskega sistema, kateremu so namenjeni. Prijave se lahko poenostavijo, če se v naprej pripravijo razporedi delovnih nalogov, operacij in delavcev na stroje.

6.1. Prijavljanje ob predhodnem razporejanju

Planiranje proizvodnje se običajno izvaja v informacijskih sistemih ERP. Tako planiranje, ki se imenuje tudi operativno planiranje, se izvaja ob predpostavki, da je v zahtevanem času na voljo zadostna količina surovin (Žnidaršič, 2003, str. 14). Sistemi ERP običajno tudi ne razpolagajo s posameznimi stroji, ampak z delovnimi mesti²⁷. Delo na posamezne stroje razporeja šele vodja obrata ali predelavec. Za različne stroje znotraj delovnega mesta se odloča na podlagi trenutnih ali preteklih operacij, ki so jih stroji opravljali. Predelave strojev in zamenjave orodij so lahko različno zahtevne. V veliki meri je zahtevnost predelave na določeno operacijo odvisna od tega, kakšna operacija se je izvajala pred tem. Razporede delavcev na stroje v povezavi z delovnimi nalogi lahko vodja izmene opravi predhodno v posebnem modulu sistema za spremljanje proizvodnje. Tak način je še posebej uporaben v primerih, ko posamezni razporedi veljajo dalj časa. Pri tem ima za vsak stroj možnost priprave čakalne vrste. Pri razporejanju se pripravljajo kombinacije stroj /

27 Kot delovno mesto lahko štejemo skupino enakih ali podobnih strojev, ki opravljajo enake operacije. Sistemi ERP za delovna mesta vodijo podatek o kapaciteti. Delovnemu mestu se kapaciteta poveča, kadar mu dodajo nov stroj.

delavec / operacija²⁸. Taki razporedi poenostavljajo prijavljanje dela, saj je v tem primeru namesto vnosa treh podatkov potreben le vnos enega. Za vsako operacijo obstaja delovni list, opremljen s črtno kodo, ki je ključ do pripravljene trojice. Če se v podjetju zahteva poslovanje brez uporabe papirja, je mogoča tudi prijava dela le na podlagi številke delavca, ki se nahaja na osebni kartici. Omenjeni razporedi lahko vsebujejo vse tri omenjene podatke, lahko pa se pripravijo le z enim ali dvema vnosoma. Take situacije so pogoste, kadar razporedov ni mogoče pripravljati v naprej. V primeru nepopolnega razporeda sistem ob prijavi zahteva še vnos manjkajočih podatkov. Ti podatki se lahko vnesejo bodisi takoj ob prijavi ali pa jih po koncu izmene vnese vodja obrata.

6.2. Prijavljanje brez predhodnega razporejanja

V primeru, ko razporejanja ni mogoče opravljati predhodno, delavci ob začetku dela vnesejo vse potrebne podatke. Najpogosteje je potrebno pridobiti:

- številko delavca,
- številko stroja,
- številko delovnega naloga,
- številko operacije.

Nekoliko manj pogost je vnos podatkov:

- izmene,
- vrste ur (redne ure, nadure, ...).

Tudi pri prijavljanju brez predhodnega razporejanja je mogoča uporaba številke potrditev, ki enolično opisujejo pare delovni nalog / operacija. S takimi številkami razpolagajo tudi nekateri sistemi ERP, zato se lahko uporabijo tudi pri povratnem pretoku informacij. Pri vnosu izmene lahko uporabimo različne oblike pomoči. Delavcu se ob prijavi za izmeno ponudi privzeta vrednost, ki je odvisna od trenutnega časa ali pa se izmena izračuna avtomatsko po enem izmed kriterijev:

28 Potrebna sta podatka o operaciji in o delovnem nalogu, ki mu ta operacija pripada. Zaradi enostavnejšega vnosa se oba podatka lahko združita. Opisana sta z unikatno številko, ki jo imenujemo tudi številka potrditve.

- izmena se določi glede na čas prijave;
- izmena se določi na podlagi večine časa dela.

V prvem primeru, ko se izmena določa na podlagi časa prijave, je potrebno upoštevati, da se delavci na delo lahko prijavljajo že nekaj minut pred polno uro. Mejo za določanje izmene je zato treba ustrezno spremeniti. V drugem primeru pa se izmena določa glede na celoten čas dela. Kadar je delo potekalo tako, da se je začelo v eni, končalo pa v drugi izmeni, celoten zapis pripade tisti izmeni, ki ji pripada večji delež časa dela. Noben izmed omenjenih načinov določanja izmen ni popolnoma natančen.

6.2.1. Prijavljanje in odjavljanje zastojev

Zastoj in okvare na strojih delavci prijavljajo in odjavljajo enako, ne glede na to, ali so bili predhodno razporejeni. Pri prijavi zastoja je potrebno vnesti le podatka o stroju, na katerega se zastoj nanaša, in tipu zastoja. Iz preteklih dogodkov so za izbrani stroj že poznani podatki o delavcu, ki ta stroj oskrbuje in o delovnem nalogu (tudi operaciji), ki se na stroju trenutno izvaja. Odjava zastoja je še enostavnejša, ker potrebujemo le podatek o stroju²⁹. S takim parom dogodkov za vsak zastoj zberemo podatke:

- trajanje zastoja (začetek in konec),
- stroj, na katerem je zastoj sporočen,
- tip zastoja,
- delavec, ki je stroj oskrboval,
- delovni nalog, ki se je izvajal v času zastoja.

V koliko poslovni informacijski sistem zasleduje tudi zastoje, se le-ti posredujejo v primerni obliki. Tako zbrani podatki pa so pomembni še za analize učinkovitosti strojev in za vzdrževalne službe.

²⁹ Tak postopek se lahko izvaja ob predpostavki, da stroj stoji zaradi največ enega vzroka. Pri kompleksnejših strojih ali linijah je lahko vzrokov okvar več hkrati. V tem primeru je potrebno ustrezno prilagoditi tudi postopke prijav in odjav zastojev.

6.2.2. Odjavljanje dela

Dogodki, ki pomenijo konec dela, so običajno sestavljeni iz dveh faz: v prvi fazi se z vnosom številke delavca ali stroja izbere delo, ki se zaključuje, v drugi fazi pa se vnesejo še morebitni ostali podatki. Enako kakor pri prijavi dogodkov zastojev je tudi pri odjavi dela veliko podatkov že znanih iz prijave. Pomembnejši so podatki iz druge faze, kjer se vnašajo števila kosov (dobrih, slabih, dodelanih, ...) pri serijskih in masovnih proizvodnjah oziroma podatek o zaključenosti operacije pri delavniški proizvodnji. Pri odjavi dela so mogoče različne kombinacije. Delo se lahko odjavi na podlagi številke delavca, številke stroja ali številke operacije. Odločitev je odvisna od ureditve dela v proizvodnji³⁰ in celotnega sistema prijav. Pri zapletenejših kombinacijah se delo zaključuje z vnosom več podatkov, običajno s parom stroj / delavec. Glede na organiziranost proizvodnje posameznega podjetja lahko sistem za spremljanje proizvodnje omogoča več različnih tipov dogodkov za odjavo dela.

6.2.3. Skupinske prijave

Pri delu na delno avtomatiziranih linijah so delavci pogosto razporejeni v skupine. Taka skupina potem v času izmene dela na vseh delovnih mestih linije. Kadar so skupine relativno stalne, je priporočljiva uporaba v naprej pripravljenih razporedov. Registracije dogodkov so tako enostavnejše, saj vse prijave opravlja le vodja skupine. Ker skupina običajno začne delo skupaj, bi bila sočasna prijava vseh njenih članov preveč časovno potratna. Tudi pri stalnih razporedih je potrebno upoštevati možnosti, da kateri od delavcev predčasno zapusti delo v skupini ali da se skupini pridruži nov član. Pravila skupinskega delovanja določajo podjetja ali jih zahteva narava dela. Nekatere linije lahko delujejo tudi z zmanjšanim številom delavcev, nekatere pa delujejo samo ob polni pokritosti delovnih mest. Posebnosti posameznih linij podjetja se zato upoštevajo tudi pri snovanju postopkov prijav in odjav skupin.

6.2.4. Posebni dogodki

Poleg omenjenih dogodkov, s katerimi se prijavljajo začetki in zaključki dela in zastojev, se v proizvodnji lahko pojavljajo še drugi. Ti dogodki sicer nimajo neposrednega vpliva na

30 Različne organizacije proizvodnje dovoljujejo različne kombinacije razporejanja delavcev na stroje. V praksi srečamo primere, kjer en delavec vedno oskrbuje natanko en stroj, do takih, kjer lahko več delavcev hkrati dela na skupini strojev brez natančno določene razporeditve.

poslovni informacijski sistem, so pa pomembni za druge oddelke podjetja. Tako se lahko definirajo dogodki, s katerimi svoje delo prijavljajo in odjavljajo vzdrževalci. Registracija takih dogodkov je potrebna, kadar želijo podjetja spremljati učinkovitost in odzivnost svojih vzdrževalnih služb. Poleg časa, ki se porabi za samo vzdrževanje, je mogoče spremljati dobo, ki je potekla od prijave zastoja do nastopa vzdrževanja.

Če je zaželeno natančno spremljanje zalog surovin, polizdelkov in izdelkov, lahko delavci s posebnim dogodkom sporočajo, da so napolnili transportno enoto. Tak dogodek lahko ažurira ustrezne podatke v skladiščnem poslovanju.

Na prijavnih mestih se lahko prikazujejo tudi informacije o trenutnem stanju proizvodnje. Te informacije so namenjene predvsem predelavcem ali vodjem obratov, ki jih zanima trenutno stanje posameznih strojev. Spremljajo lahko podatke o:

- trenutnih delovnih nalogih,
- trenutni učinkovitosti strojev,
- številu izdelanih kosov,
- trenutnih zastojih.

Tudi pri takih “dogodkih” je mogoč enak pristop. Do podatkov o določenem stroju je mogoče priti z uporabo črtne kode le-tega. Če se za prijavljanje uporabljajo računalniki z grafičnimi zasloni, je stroje mogoče izbirati na prikazanem tlorisu obrata.

Definirajo se lahko tudi dogodki, s katerimi se v sistem sporočajo trenutne lokacije obdelovancev. Taki dogodki olajšajo sledenje izdelkov, uporabljajo pa se predvsem v delavniških tipih proizvodnje.

Primer posebnega dogodka je tudi menjava delovnega naloga. Tak dogodek se uporablja predvsem pri skupinskem delu. Če se izdelek menja že med izmeno, je dovolj, da menjavo registrira vodja skupine. Sistem nato sam poskrbi, da se za vse člane skupine (delavci in stroji) vodijo podatki o novem delovnem nalogu.

6.3. Opravila izven proizvodnje

Poleg registracije dogodkov v proizvodnji obstajajo pri njenem spremljanju še druga opravila. Nekatera se izvajajo pred pričetkom dela, druga po končanem delu. Obstajajo pa tudi aktivnosti, ki se izvajajo neodvisno od poteka dela.

Pred pričetkom dela se izvaja že omenjeno razporejanje delavcev ter priprava delovne dokumentacije. Vodja obrata lahko v naprej pripravlja delovne ali spremne liste z zaporedjem operacij in drugimi podatki o delu. Taki listi so opremljeni z ustreznimi

črtnimi kodami, ki se uporabljajo pri registraciji dogodkov. Priprava delovnih nalogov (razpisovanje, terminiranje, ...) se običajno izvaja že v poslovnem informacijskem sistemu.

Po končanem delu pa se lahko izvajajo še katere izmed aktivnosti:

- vnos izdelanih količin,
- vnos drugih manjkajočih podatkov,
- karakterizacija izmeta,
- potrjevanje posameznih zapisov o delu.

Zapisi o opravljenem delu se lahko prenašajo v ostale informacijske sisteme takoj ob nastanku, običajno pa jih pred tem še pregleda in potrdi za to pooblaščen oseba. Potrjevanje opravljajo vodje posameznih obratov ali delavnic. Prikaz zapisov, ki jih potrjujejo, je običajno omejen na njihovo področje. Tako se izognemo prikazu nepotrebnih podatkov.

Podatki, ki se uporabljajo pri spremljanju proizvodnje, se lahko črpajo iz različnih virov. Verjetna je tudi možnost, da viri potrebnih podatkov v podjetju še ne obstajajo. Za take primere mora sistem za spremljanje proizvodnje vsebovati možnost vodenja takih podatkov. Posebni modul za take sezname omogoča operacije, kot so dodajanje, brisanje in spreminjanje obstoječih zapisov. Ker so podatki shranjeni na strežniku, lahko njihovo vodenje prevzamejo drugi oddelki.

Sistem za spremljanje proizvodnje lahko nudi različne analize o učinkovitosti in izkoriščenosti delovnih sredstev.

6.4. Motivacija delavcev

Pomembno vlogo pri uspešnosti kakršnega koli sistema za spremljanje proizvodnje igra tudi odnos delavcev do tega sistema. Vestna in dosledna uporaba mora biti tako v interesu vodstva kakor delavcev. V praksi smo se pri uvajanju takih sistemov srečali z različnimi in tudi popolnoma nasprotnimi odzivi. V nekaterih podjetjih delavci sisteme za spremljanje proizvodnje sprejemajo kot dobrodošel napredek podjetja, v drugih pa kot eno izmed metod vodstva, s katerimi jih želi še dodatno nadzirati. Kako bo tak sistem sprejet in kako uspešno bo deloval, je odvisno tudi od vodstva podjetja. Sistem je potrebno predstaviti na primeren način. Vodstva podjetij delavce za dosledno prijavljanje dogodkov stimulirajo tudi tako, da je na zabeležene oziroma nezabeležene rezultate dela vezan delež osebnega dohodka. Pomembno je tudi, da pri uvajanju sodelujejo končni uporabniki sistema, predvsem ljudje, ki bodo kasneje uporabljali spremljevalne module.

7. Optimalno razvrščanje zbirnih mest v proizvodnji

Pri postavitvi terminalov v proizvodni hali se soočamo s problemom določanja števila in mest postavitve terminalov. Pri tem je potrebno upoštevati številne dejavnike:

- število dogodkov, ki nastajajo v posameznih oddelkih in njihovo časovno porazdelitev;
- čas, ki je potreben za registracijo posameznega dogodka;
- razdalje in posledično čas, ki ga delavci porabijo na poti do terminala;
- stroške nakupa terminala in pripadajoče opreme;
- stroške ožičenja terminala oziroma stroške ustrezne brezžične infrastrukture;
- stroške vzdrževanja terminala.

Vse omenjene dejavnike je mogoče določiti, izmeriti ali natančno oceniti. Idealna postavitve terminalov bi bila takšna, pri kateri bi uporabili najmanjše možno število terminalov, delavci pa bi za registracijo dogodkov porabili najmanj časa. Ta čas se lahko skrajša z uporabo optimalnih postopkov za registracijo dogodkov in z ustreznim številom terminalov. Preveliko število terminalov pa pripelje do slabše izkoriščenosti le-teh in posledično do nepotrebnih stroškov. Eden izmed načinov za določanje optimalnega števila terminalov v danih razmerah je uporaba simulacije. Simulacija naj bi pokazala, koliko časa delavci in stroji izgubijo zaradi vnosa podatkov pri različnem številu terminalov. Pri izdelavi simulacije sem si pomagal s podatki, ki sem jih pridobil med delovanjem resničnih sistemov. Najpomembnejša sta podatka o časovni porazdelitvi dogodkov in o času, ki je potreben za registracijo dogodkov.

7.1. Časovna porazdelitev dogodkov

Pri izvajanju simulacije registracije dogodkov je zelo pomembna časovna porazdelitev le-teh. Pričakovano največje število dogodkov v časovni enoti nastopi v času okoli menjave izmen. Natančno časovno porazdelitev je mogoče določiti, če se v podjetju že uporablja sistem za spremljanje proizvodnje ali pa iz izpolnjenih delovnih listov. V simulaciji je smiselno upoštevati le kritične trenutke, ob menjavah izmen. Takrat se pojavi večje število dogodkov, saj odhajajoči delavci delo odjavljajo, prihajajoči pa ga prijavljajo.

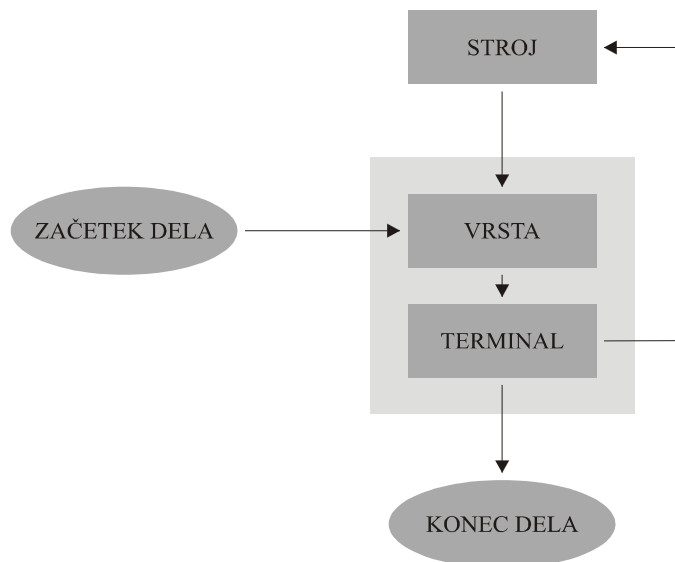
7.2. Čas trajanja prijave

Tudi čas trajanja prijave je mogoče pridobiti z uporabo delujočega sistema za registracijo dogodkov. Delovanje sistema je namreč zabeleženo v različnih dnevnikih, ki se uporabljajo pri odkrivanju napak. Med delovanjem se tako beležijo tudi časi izvajanja posameznih prijav.

7.3. Simulacijski model

V simulacijskem modelu registracije dogodkov v proizvodnji nastopajo tri entitete: delavec, stroj in terminal s čakalno vrsto. Delo delavca poteka tako, da ob pričetku izmene najprej prijavi svoje delo. Ob koncu izmene mora delavec delo odjaviti. Med tema dvema dogodkoma pa delavci prijavljajo in odjavljajo zastoje ter ob predčasni zamenjavi dela izvršijo odjavo in novo prijavo. Shematski prikaz poteka za enega delavca je predstavljen na sliki 15.

Slika 15: potek prijavljanja delavca



7.3.1. Delavec

Predmeti iz razreda delavcev so med vsemi najenostavnejši. Njihova naloga je, da

prehajajo med strojem, vrsto in terminalom, pri tem pa beležijo čase. Vsak delavec v simulaciji "meri" tri čase: čas, ki ga porabi za delo na stroju, čas, ko v vrsti čaka na prost terminal in čas, ko na terminalu registrira dogodek.

7.3.2. Stroj

Na enem stroju se lahko istočasno zadržuje največ en delavec. Ob nastopu dogodka za odjavo dela ali prijavo zastoja delavec zapusti stroj.

7.3.3. Terminal

Vsakemu izmed terminalov pripada čakalna vrsta, ki deluje po principu FIFO³¹. Na eni strani v vrsto vstopajo delavci s strojev, na drugi strani pa delavci vrsto zapuščajo, ko se sprost mesto na terminalu. Predmeti iz razreda terminalov so zelo podobni predmetom iz razreda strojev. Na terminalu lahko istočasno dogodek registrira največ en delavec. Za razliko od stroja pa lahko na uporabo terminala v vrsti čaka več delavcev.

7.4. Simulacijsko orodje

Za implementacijo simulacijskega modela sem uporabil razvojno okolje Borland Delphi 7. Delphi temelji na predmetnem jeziku Object Pascal. Predmetni jeziki so zelo primerni za reševanje simulacijskih problemov, saj omogočajo definicije razredov, ki zelo nazorno opisujejo predmete iz simulacijskega modela in realnega sveta.

Sam model ustreza izdelavi diskretne simulacije. Končni rezultat, ki je pridobljen z opazovanjem posameznih članov, je podan za celotno populacijo. Znotraj simulacijskega programa se namreč za vsak element simulacije ustvari svoj predmet. Ti elementi oziroma predmeti so med izvajanjem simulacije v interakciji. Čas v simulaciji poteka diskretno. Po vsakem časovnem koraku, velikosti ene minute, se opravi vrednotenje trenutnega stanja predmetov simulacije in po potrebi se izvedejo premiki delavcev. Tudi delavci "merijo" čas diskretno - v številu časovnih korakov. Simulacija zato uporablja strategijo izvajanja s premikom časa.

Pred izvajanjem simulacije je potrebno določiti naslednje parametre:

31 FIFO (ang. First In, First Out) - tip čakalne vrste, kjer elementi iz vrste izstopajo v takem vrstnem redu, kot so vanjo vstopili.

- število delavcev,
- število terminalov,
- začetni čas simulacije,
- trajanje simulacije,
- čas strežbe terminala,
- porazdelitev strežbe terminala,
- porazdelitev dogodkov,
- začetno stanje delavcev³².

Pri simuliranju dogodkov v proizvodnem obratu je zelo pomembna predhodna priprava podatkov. Dejanske pogoje ob menjavi izmen je najlažje ponoviti z uporabo vzorčenih dogodkov. Simulacijski program se zato lahko izvaja s podatki o dogodkih, ki so pridobljeni iz proizvodnje. V simulaciji je mogoče uporabiti še Gaussovo ali naključno časovno porazdelitev dogodkov.

Med izvajanjem simulacije se za vsak njen korak shranijo podatki:

- število delavcev na strojih,
- število delavcev v vrstah,
- število delavcev na terminalih,
- skupni čas delavcev na strojih,
- skupni čas delavcev v vrstah,
- skupni čas delavcev na terminalih.

Vsi podatki so po koncu simulacije predstavljeni v tabeli in dveh grafih (porazdelitev in časi delavcev).

7.5. Rezultati simulacije

Cilj simulacije je določanje optimalnega števila terminalov v novih proizvodnih obratih, za katere poznamo števili strojev in delavcev. Na podlagi teh podatkov in obstoječih podatkov o delovanju obrata (časovni porazdelitvi dogodkov) lahko ocenimo frekvenco dogodkov ob

³² Odvisno od problema, ki ga želimo simulirati, so lahko vsi delavci pred začetkom simulacije bodisi na strojih ali terminalih.

menjavah izmen in med samim delom. Posamezni postopki za registracijo dogodkov so v večini primerov enaki ali zelo podobni, zato se tudi časi teh postopkov ne spreminjajo bistveno. Pri določanju števila terminalov se simulacija izvaja večkrat, vsakič z drugačnim številom terminalov. Na resničnih podatkih o razporeditvi dogodkov sem simuliral uporabo 1 do 10 terminalov. Ker so bili podatki zbrani v podjetju, ki izmene začenja ob 6., 14. in 22. uri, sem simuliral čas okoli menjave dopoldanske in popoldanske izmene. Simulacija se je izvajala s podatki:

- začetek: 13.00,
- trajanje: 100 minut,
- število terminalov: 1 do 10 (vsakič 10 ponovitev),
- število strojev: 60,
- število delavcev: 60.

Rezultati izvajanja simulacij so predstavljeni v tabeli 3.

Tabela 3: časi pri različnem številu terminalov

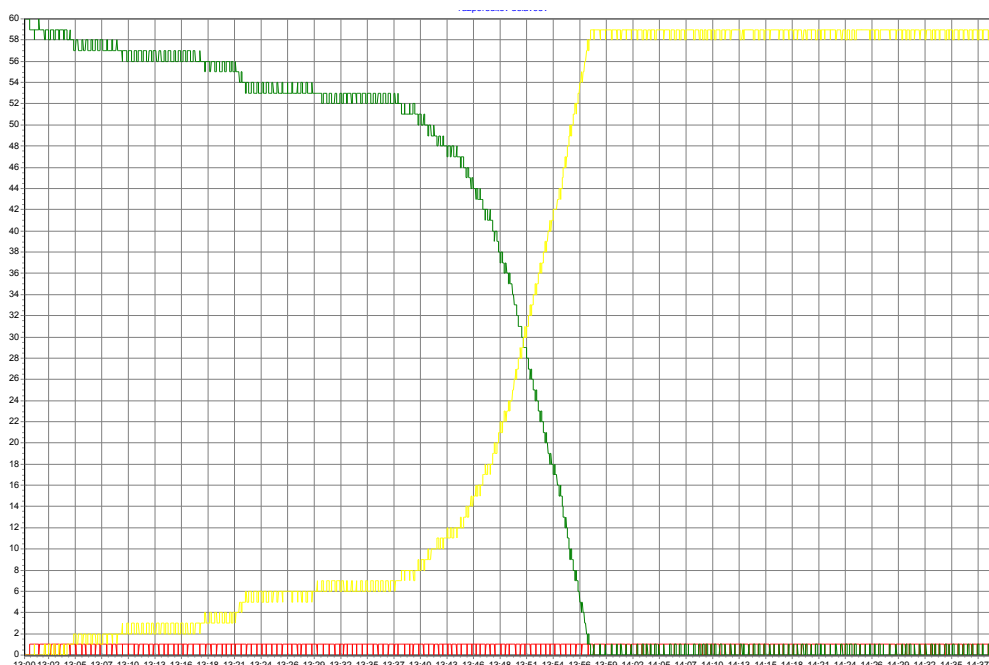
<i>št. terminalov</i>	<i>čas čakanja [h]</i>	<i>čas dela [h]</i>	<i>čas prijavljanja [h]</i>
1	38:21	60:01	01:36
2	01:06	96:52	02:00
3	00:13	97:45	02:01
4	00:05	97:53	02:01
5	00:04	97:54	02:01
6	00:04	97:53	02:01
7	00:04	97:54	02:01
8	00:04	97:54	02:01
9	00:04	97:55	02:00
10	00:04	97:54	02:01

Iz tabele je razvidno, da se časi praktično ne spreminjajo, če so v uporabi vsaj štirje terminali. Če bi delavci imeli na voljo le en terminal, bi skupaj v času menjave izmene³³ za čakanje porabili več kakor 38 ur! Frekvenca dogodkov je bila večja od zmogljivosti enega terminala. Ob koncu simulacije je večina delavcev še vedno čakala v vrsti na registracijo

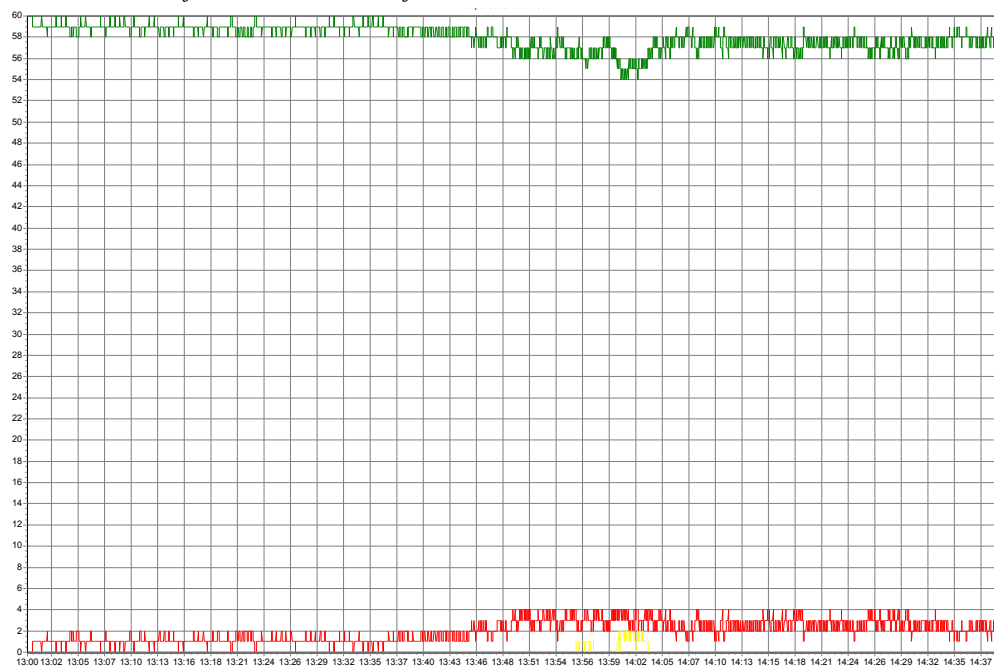
³³ V času menjave izmene simuliramo 60 delavcev 100 minut, kar znese skupaj 100 ur dela.

dogodka. Razporejanje delavcev med stroji in terminali je prikazano na sliki 16. Na grafu so prikazane krivulje, ki ponazarjajo število delavcev na strojih (zelena barva), število delavcev v vrsti (rumena barva) in število delavcev, ki se trenutno prijavljajo (rdeča barva). Ob začetku simulacije, ob 13. uri še vseh 60 delavcev normalno opravlja svoje delo. Število dogodkov začne počasi naraščati, kar se odraža v počasnem prehajanju delavcev iz strojev v vrsto. To se dogaja do okoli 13.40, ko frekvenca dogodkov močno naraste, čemur sledi premik vseh delavcev iz strojev v vrsto, ki se konča nekaj minut pred 14. uro. Popolnoma drugačen rezultat je bil pridobljen pri enaki simulaciji, le da so imeli delavci na voljo štiri terminale (slika 17). Delavci so lahko večino časa normalno opravljali svoje delo. Zasedenost čakalne vrste se pojavi le nekaj minut pred in nekaj minut po 14. uri, vendar nikoli ne čakata več kakor dva delavca. Čas čakanja se iz 38 ur in 21 minut pri enem terminalu zmanjša na samo 5 minut. Delež časa, ki ga delavci porabijo za čakanje na prijavo na prostem terminalu, ima večji pomen, če ga izračunamo za celoten delavnik. Pri celodnevni simulaciji ob uporabi enega terminala je ta delež znašal kar 51%, medtem ko pri uporabi vsaj štirih terminalov pade pod 1%. Za uspešno izvajanje simulacije prijavljanja proizvodnih dogodkov je zelo pomembna predhodna priprava podatkov o dejanskem delu. Ker je proizvodnja lahko organizirana zelo različno, se lahko razlikuje tudi časovna porazdelitev dogodkov. V kolikor podatki o poteku dela (število zastojev, menjave delovnih nalogov, ...) obstajajo, jih je potrebno obdelati in preoblikovati tako, da služijo kot vhod v simulacijo.

Slika 16: razvrščanje delavcev med stroji, vrsto in enim terminalom



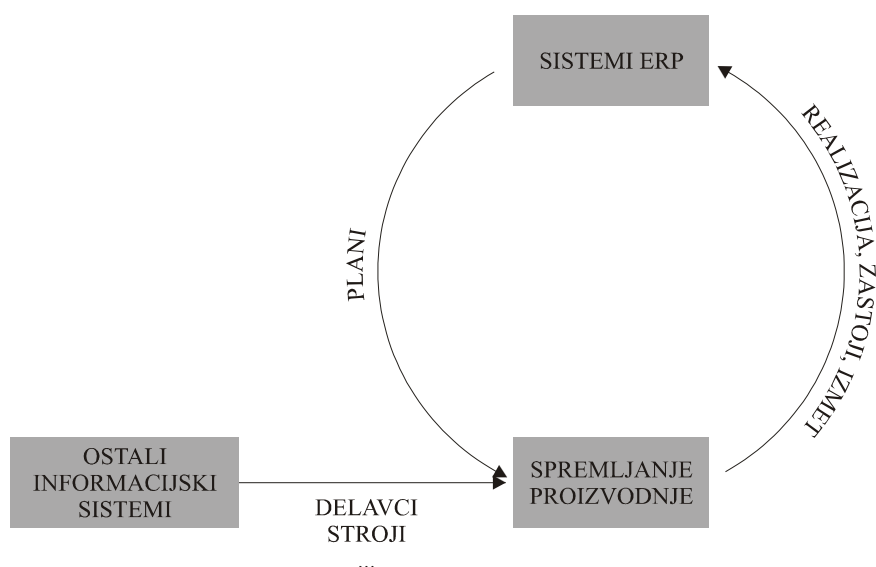
Slika 17: razvrščanje delavcev med stroji, vrsto in štirimi terminali



8. Izmenjava podatkov z ostalimi informacijskimi sistemi v podjetju

Podatki, ki se zbirajo s spremljanjem proizvodnje, predstavljajo pomemben vir informacij za poslovni informacijski sistem. Ker je podjetje živa tvorba, je tudi pretok podatkov znotraj in med informacijskimi sistemi konstanten. Izmenjava podatkov med poslovnim informacijskim sistemom in sistemom za spremljanje proizvodnje tvori zanko (slika 18).

Slika 18: pretok podatkov med različnimi informacijskimi sistemi podjetja



Plani, ki se pripravljajo v poslovnem informacijskem sistemu, v obliki delovnih nalogov in operaciji potujejo v sistem za spremljanje proizvodnje. Le-ta za delovanje potrebuje še druge podatke:

- seznam strojev,
- seznam delavcev,
- seznam zastojev,
- seznam okvar - izmet.

Sistem za spremljanje proizvodnje nato skrbi, da dela potekajo v skladu s plani. Med delovanjem pripravlja podatke o realizaciji, izmetu in opravljenih zastojih. Ti podatki se nato tudi posredujejo v poslovni informacijski sistem.

Ker sistem za spremljanje proizvodnje deluje ločeno od glavnega vira podatkov, uporablja svojo operativno zbirko podatkov. V nekaterih primerih so proizvodni obrati ločeni od matičnega podjetja in povezava do glavnega informacijskega sistema ni ves čas prisotna. Podatki, ki se uporabljajo v sistemih za spremljanje proizvodnje, se lahko črpajo tudi iz več različnih virov. Že omenjeni delovni nalogi izvirajo iz poslovnega informacijskega sistema, podatki o delavcih se lahko vodijo v sistemih za nadzor pristopa, ostali sezname, kot so stroji, zastoji in izmet pa imajo tudi lahko svoje vire. Zaradi teh dejstev sem se odločil arhitekturo sistema za spremljanje proizvodnje osnovati na ločeni podatkovni zbirki. Vsi podatki, ki izhajajo iz glavnega informacijskega sistema ali drugih virov, se pri spremljanju proizvodnje uporabljajo za različna preverjanja, a se pri tem ne spreminjajo. Tako se izognemo problemu podvajanja in dvojnega vodenja seznamov, saj se v primeru sprememb na nivoju glavnega vira operativni podatki enostavno prepišejo z novimi.

Od potreb posameznega podjetja in od načina prenosa podatkov je odvisno, kako pogosto se le-ta izvaja. Mogoči so različni scenariji:

1. prenosi se izvajajo po naprej pripravljenem urniku,
2. prenosi se izvajajo ročno,
3. podatki se izvajajo ob dogodkih³⁴,
4. uporablja se kombinacija prej omenjenih možnosti.

Pri prvi možnosti se v naprej predvidi urnik, po katerem se bodo podatki prenašali v obeh smereh. Tak način je lahko izvedljiv in avtomatiziran. Slabost prenosa podatkov po urniku je v tem, da ne zajema posebnih in nujnih primerov. Na delovni nalog, ki je odprt le malo po opravljenem prenosu podatkov, je potrebno čakati do naslednjega prenosa. Težavo se lahko delno odpravi s pogostejšim urnikom, vendar je sistem nepotrebno obremenjen s prepogostimi prenosi.

Možnost izvajanja prenosa podatkov izključno na zahtevo uporabnikov ni primerna, uporablja pa se v kombinaciji s prej omenjenim prenosom po urniku. Tako lahko oseba, ki je sprožila izredni dogodek, hkrati poskrbi še za ustrezne prenose podatkov.

Od vseh možnosti se zdi najprimernejša tista, ki prenašanje podatkov pogojuje z dogodki. S tem imamo na obeh straneh vedno ažurne podatke, hkrati pa se izvede le minimalno potrebno število transakcij. Zaradi omejitev različnih poslovnih informacijskih sistemov pa ta možnost ni vedno izvedljiva.

Ne glede na urnik prenosov podatkov je potrebno definirati obliko podatkov, preko katere komunicirata oba informacijska sistema. Podatke si lahko izmenjujeta preko vmesnih

³⁴ Na strani poslovnega informacijskega sistema prenos podatkov sprožijo dogodki, kot so kreiranje novega delovnega naloga, vpis ali sprememba zapisa o stroju, delavcu ali drugem podatku, ki je pomemben za spremljanje proizvodnje. Na drugi strani pa so prenosi pogojeni z dogodki, ki pomenijo zaključek dela ali zastoja.

datotek ali pa preko vmesnih tabel na katerem izmed podatkovnih strežnikov.

8.1. Izmenjava preko vmesnih datotek

V tem primeru se za izmenjavo podatkov uporabijo vmesne datoteke. Oba udeležena informacijska sistema svoj izhod zapisujeta v datoteke na dogovorjenem mestu na datotečnem strežniku. Nasprotni strani nato te datoteke odpreta in jih obdelata vrstico za vrstico. Tak način je hitro in enostavno izvedljiv, vendar je potrebno paziti na sinhrono delovanje. Če bi sistem na eni strani v datoteko zapisoval, hkrati pa bi drug sistem iz te datoteke bral, bi lahko prišlo do napak. Oba sistema se morata zato natančno držati urnika in pravil prenosa.

Pri obliki vmesnih datotek se lahko uporabi enostavni zapis, kjer so vrednosti posameznih polj vrstice fiksne širine ali pa so ločene s posebnim znakom. Datoteka s fiksno širino stolpcev je enostavnejša za dekodiranje, a hkrati manj fleksibilna pri morebitnih spremembah. Za prenos podatkov je mnogo primernejša uporaba katere izmed standardnih oblik. Zelo široko je podprt standard XML³⁵. Jezik XML je množica pravil za definiranje pomenskih oznak, s katerimi se dokument razdeli na več manjših delov. Pomembna lastnost jezika XML, ki ga ločuje od ostalih označevalnih jezikov, je ta, da ne vsebuje v naprej določene množice oznak za opisovanje posameznih elementov, kakor na primer jezik HTML. Pri uporabi jezika XML si lahko uporabnik določi svoj nabor oznak, ki najboljše ustrezajo njegovi domeni. Druga pomembna stvar pri jeziku XML je ta, da opisuje zgradbo in pomen dokumenta in ne njegove oblike (osnovan je na vsebinskem modelu), čeprav je dokumentom mogoče dodajati tudi to. Ker je jezik XML primeren za zapis različnih vrst podatkov, je uporaben tudi pri komunikaciji med poslovnim informacijskim sistemom in sistemom za spremljanje proizvodnje. Uporaba tega jezika omogoča boljše in enostavnejše preverjanje vsebine prenesenih podatkov. Največja razlika z navadnimi datotekami z besedilom, ki je tudi glavna prednost, je ta, da sta v samem dokumentu XML definirana tudi struktura in pomen podatkov.

Priprava vmesnih datotek pa ni potrebna le pri komunikaciji z drugimi informacijskimi sistemi. Pogosto želijo uporabniki na zbranih podatkih izvajati analize po svojih željah. Ker sam sistem ne more vsebovati vseh mogočih prikazov in poročil, je za uporabnike dobrodošla možnost izvažanja poljubnih podatkov v zapise, ki jih je mogoče odpreti v programih za delo s preglednicami ali zbirkami podatkov. Ti programi vsebujejo številna orodja in funkcije, ki uporabnikom dopuščajo izvajanje različnih poizvedb ali analiz, kot so npr. analize tipa OLAP³⁶ ali "kaj-če"³⁷. Pred izvozom podatkov ima uporabnik na voljo različne filtre, s katerimi izbere želena polja ter določi obseg podatkov.

35 XML (ang. eXtensible Markup Language) - razširljiv označevalni jezik.

36 OLAP (ang. On-Line Analytical Processing) - sprotno analitično procesiranje.

8.2. Izmenjava preko vmesnih tabel

Kot alternativa izmenjavi podatkov preko vmesnih datotek se pojavlja uporaba vmesnega podatkovnega strežnika. Tak način prenosa podatkov odpravlja potrebo po sinhronizaciji in usklajevanju obeh udeležencev, saj za to poskrbi sistem za upravljanje baz podatkov. Sistem za spremljanje proizvodnje bi sicer lahko podatke bral in zapisoval neposredno v bazo podatkov poslovnega informacijskega sistema, vendar ima tako početje preveč slabosti. Imena tabel in njihovih polj se se lahko z novimi verzijami programske opreme spreminjajo, poleg tega pa je poseganje neposredno v bazo podatkov tako pomembnega sistema prenevarno in zato nedopustno. Za izmenjavo podatkov se na katerem od podatkovnih strežnikov³⁸ pripravijo vmesne tabele. Struktura teh tabel se definira v skladu s potrebami izmenjave podatkov. Ker za sinhronizacijo skrbi sistem za upravljanje baz podatkov, lahko oba sistema v izmenjevalne tabele dodajata nove zapise, ko so le-ti na voljo. Oba sistema tudi ciklično preverjata prisotnost novih podatkov. Branje novih podatkov poteka po vrsticah. Pri tem se preveri pravilnost vsake vrstice posebej.

37 Analize tipa "kaj-če" (ang. what-if) uporabnikom omogočajo spreminjanje vhodnih podatkov. Tako lahko opazujejo rezultate, ki bi jih dosegli ob drugačnem delu.

38 Za izmenjavo se lahko uporabi bodisi strežnik poslovnega informacijskega sistema ali pa strežnik sistema za spremljanje proizvodnje.

9. Kazalci učinkovitosti proizvodnje

Osnovni namen zbiranja podatkov v proizvodnji je zagotavljanje povratne informacije o dejanskem stanju, ki je namenjena predvsem poslovnim informacijskim sistemom. Natančni podatki o proizvodnji pa so lahko tudi pomemben vir za različne analize o učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnega procesa. Na podlagi teh analiz lahko svoje delo usmerjajo vzdrževalci in se tako osredotočajo na odpravljanje tistih pomanjkljivosti, ki povzročajo največ zastojev. Smiselno je odpravljati vzroke tistih zastojev ali izmeta, ki zaradi svoje pogostosti in trajanja najbolj vplivajo na poslovni proces. Vodje proizvodnje lahko na podlagi natančnih podatkov enostavno določajo ozka grla. Točni podatki o izkoriščenosti delovnih sredstev pa so tudi pomembna povratna informacija za planske službe in odločitve o novih investicijah. S stalnim spremljanjem in primerjanjem analiz se določajo trendi in postavljajo novi cilji. Za merjenje uspešnosti proizvodnje obstajajo številni kazalci. V magistrski nalogi sem se osredotočil na skupno učinkovitost strojev ter na dve analizi, ki v njej nista neposredno zajeti: analizi zastojev in analizi izmeta.

9.1. Skupna učinkovitost strojev

Prednost skupne učinkovitosti (angleško Overall Equipment Efficiency - OEE) pred ostalimi kazalci je v tem, da z eno številko opisuje uspešnost proizvodnje. V skupno učinkovitost je poleg izvajanja proizvodnje zajeto tudi vzdrževanje in ostali oddelki - nabava in logistika (Tomažin, 2002, str. 12). Skupno učinkovitost lahko izračunavamo za posamezne stroje, skupine strojev, oddelke, obrate ali za celotno podjetje. Izračun je mogoč za poljubno časovno obdobje. Nekateri avtorji³⁹ skupni učinkovitosti pripisujejo zelo velik pomen pri spremljanju uspešnosti proizvodnje in vzdrževanja.

Skupno učinkovitost izračunavamo kot produkt treh faktorjev: razpoložljivosti, zmogljivosti in kakovosti (Willmott in McCarthy, 2001, str. 81). Vplivi posameznih dejavnikov na vse tri faktorje so prikazani v tabeli 4.

Tabela 4: dejavniki, ki vplivajo na posamezne faktorje skupne učinkovitosti

<i>faktor skupne učinkovitosti</i>	<i>vplivni dejavniki</i>
razpoložljivost	zastoji, nastavljanje
zmogljivost	zmanjšana hitrost delovanja, manjši zastoji, čakanje
kakovost	različne vrste izmeta (slabi kosi, popravljeni kosi, ...)

39 (Tomažin, 2002, str. 15) in (Willmott in McCarthy, 2001, str. 79).

Za izračun posameznih faktorjev skupne učinkovitosti se uporabljajo enačbe (Willmott in McCarthy, 2001, str. 81-82):

$$\text{razpoložljivost} = \frac{(\text{obratovalni čas} - \text{čas zastojev})}{(\text{obratovalni čas})}$$

$$\text{zmogljivost} = \frac{(\text{idealni čas cikla} \times \text{vsi izdelki})}{(\text{čas delovanja} - \text{čas zastojev})}$$

$$\text{kakovost} = \frac{(\text{vsi izdelki} - \text{izmet})}{(\text{vsi izdelki})}$$

Vse potrebne podatke za izračun skupne učinkovitosti je mogoče pridobiti s spremljanjem proizvodnje, kjer delavci prijavljajo dogodke za začetek in konec dela⁴⁰ ter za začetek in konec zastoja⁴¹. Za obratovalni čas je mogoče uporabiti pripravljen koledar stroja, lahko pa se upoštevajo dejansko zabeleženi dogodki prijav in odjav dela. Idealni čas cikla je določen z zmogljivostjo stroja. Pri strojih, ki izdelujejo različne izdelke, je teh časov več - potrebno je izmeriti ali določiti čas cikla za vsak par stroj - izdelek. Kot izmet pa se štejejo vsi izdelani kosi, ki ne dosegajo predpisane kakovosti in zato niso primerni za predvideno uporabo.

Skupno učinkovitost stroja je mogoče spremljati na več nivojih. Na nivoju strojev upoštevamo samo tiste zastoje, ki se nanašajo neposredno na stroj (različne okvare, ...). Na ostalih nivojih se upoštevajo tudi primeri, ko stroj stoji zaradi tega, ker ustrezni oddelki podjetja niso zagotovili dela ali vhodnih materialov.

Oglejmo si primer izračuna skupne učinkovitosti za stroj, ki ga spremljamo eno izmeno. Za opazovani stroj poznamo podatke:

- čas delovanja: 8 ur,
- čas vseh zastojev: 1 ura,
- idealni cikel stroja: 10 s (1/360 ure),
- število dobro izdelanih izdelkov: 1900,
- število slabih izdelkov: 100.

40 V tem primeru pridobimo podatke o trajanju dela, stroju in izdelkih (tip izdelka, število dobro izdelanih in število slabih izdelkov).

41 Za vsak zastoj zabeležimo trajanje (začetek in konec), stroj in tip zastoja.

Ob uporabi omenjenih enačb dobimo izračune posameznih faktorjev skupne učinkovitosti:

- razpoložljivost: 0,875,
- zmogljivost: 0,794,
- kakovost: 0,95,

kar nam da skupno učinkovitost 0,66 oziroma 66%.

Stroj je v času svojega delovanja zaradi zastojev izdeloval izdelke le 87,5% vsega časa (razpoložljivost). V času normalnega delovanja je zaradi zmanjšane tempa in ne zabeleženih kratkih zastojev izdelal 79,4% izdelkov v primerjavi z deklarirano kapaciteto (zmogljivost). Izmed teh izdelkov pa je bilo dobrih 95% (kakovost). Končni rezultat stroja je izdelanih 1900 izdelkov (66%) od teoretično mogočih 2880.

Primerjava delovanja stroja s teoretično mogočo največjo hitrostjo ni vedno realna. V dejanskih razmerah je vedno potrebno upoštevati različne dejavnike, ki vplivajo na vse tri faktorje skupne učinkovitosti. Doseganje 100% učinkovitosti je nemogoče ali pa bi zahtevalo prevelike vloške. Pri večini strojev so potrebni vzdrževalni posegi, menjave orodja in podobno. Willmott in McCarthy (Willmott in McCarthy, 2001, str. 82) zato predlagata t.i. izračun najboljši med najboljšimi (angleško best of best). V tem primeru po obdobjih⁴² spremljamo vse tri faktorje skupne učinkovitosti. "Najboljšo" skupno učinkovitost izračunamo tako, da pomnožimo maksimume vseh treh faktorjev. Rezultati posameznih obdobj se nato primerjajo s to vrednostjo. Kalkulacija najboljši med najboljšimi pomeni primerjavo trenutnih vrednosti skupne učinkovitosti s tako, ki je bila dejansko dosežena⁴³.

Pri izračunu skupne učinkovitosti je potrebno definirati obratovalni čas. Upoštevamo lahko vseh 365 dni v letu ali pa samo delovne dni, prav tako lahko obratovalni čas zmanjšamo za planirane zastoje. Tomažin je mnenja, da je potrebno vse zastoje obravnavati enako, saj je potrebno izboljševati tudi redne vzdrževalne postopke (Tomažin, 2002, str. 14).

9.2. Analiza zastojev

Za vzdrževalne službe so zelo pomembni točni podatki o zabeleženih zastojih na strojih. Pri tem imamo za vsak zastoj na voljo podatke o celotnem času, frekvenci in odstotku časa v primerjavi z vsemi zastoji. Vzdrževalne službe se lahko osredotočijo na taka popravila, ki prinesejo največje izboljšave. Tako pri izračunu skupne učinkovitosti kot pri analizi

42 Obdobje je lahko poljubno definirano, odvisno od tipa proizvodnje: izmena, dan, teden, ...

43 Čeprav so bili doseženi maksimumi vseh treh faktorjev, ni nujno, da so bili doseženi skupaj.

zastojev je pomembno, da le-te razdelimo na različne kategorije. Ni namreč vseeno, ali stroj stoji zaradi okvare, vzdrževanja ali zaradi tega, ker ustrezni oddelki niso zagotovili dela ali surovin. Tako tudi odgovornost za posamezne skupine zastojev nosijo posamezni oddelki. Pri analizi zastojev lahko za poljuben stroj v poljubnem časovnem obdobju pripravimo poročilo, ki v obliki tabele in grafa prikazuje trajanje in strukturo zastojev. Zastoje je mogoče spremljati tudi tako, da v nekem obdobju zajamemo le eno izmed izmen in tako primerjamo število in čas zastojev med posameznimi izmenami.

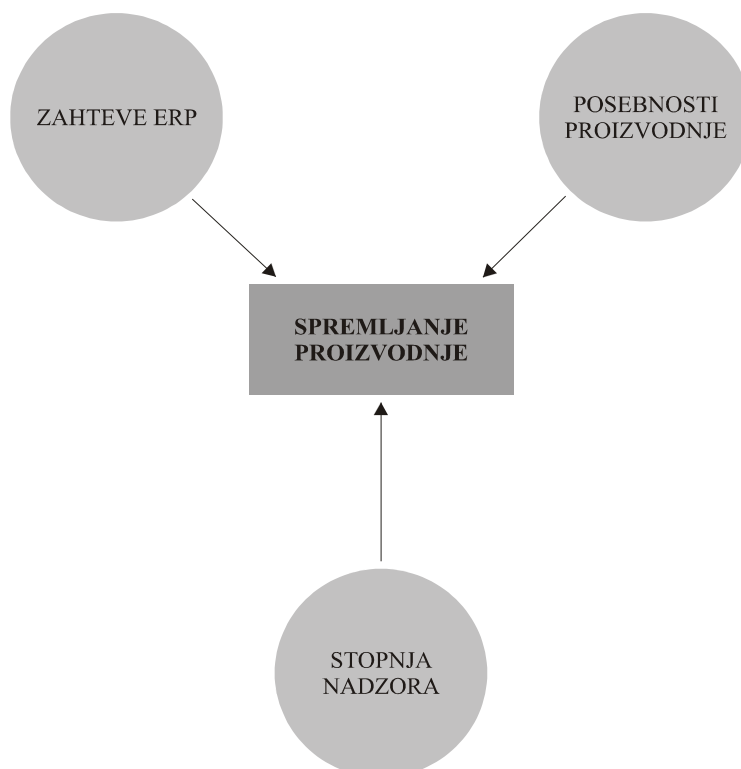
9.3. Analiza izmeta

Analiza izmeta je, podobno kot analiza zastojev, pomembna pri izboljševanju kakovosti in učinkovitosti proizvodnega procesa. Pri spremljanju proizvodnje imajo delavci po koncu dela možnost vnosa podatkov o izmetu. Ti podatki so lahko bodisi opisni ali pa obstaja seznam mogočih okvar, s katerega se izbere ustrezen nabor. V prvem primeru je mogoče dobiti podrobnejše opise okvar, vendar taki podatki niso primerni za nadaljnje obdelave in analize. Pri analiziranju izmeta se po posameznih strojih opazuje količine in deleži posameznih okvar. Ker so na voljo podatki o delovnih nalogih, pri katerih je prihajalo do posameznih okvar, so mogoče tudi primerjave količin izmeta glede na vhodne surovine. Količino izmeta je mogoče primerjati tudi med posameznimi izmenami, dnevi v tednu, letnih časih ali poljubnih obdobjih.

10. Uvajanje informacijskega sistema za spremljanje proizvodnje

Uvajanje informacijskega sistema za spremljanje proizvodnje običajno nastopi po uvedbi poslovnega informacijskega sistema in prenovi poslovnega procesa. Tako so že znane in definirane zahteve po podatkih iz proizvodnje, ki jih potrebuje poslovni informacijski sistem. Te zahteve predstavljajo temelj nadaljnji zasnovi sistema za spremljanje proizvodnje. Pomemben vpliv na zasnovo imajo še posebnosti proizvodnje in stopnja nadzora⁴⁴. Vsi omenjeni vplivi so prikazani na sliki 19.

Slika 19: vplivi na zasnovo spremljanja proizvodnje



Med zbiranjem vseh zahtev sistema za spremljanje proizvodnje je potrebno opraviti pogovore s predstavniki različnih oddelkov podjetja. Za tehnični del (izmenjava podatkov,

⁴⁴ Vodstva podjetij pogosto izrazi željo po dodatnih vnosih podatkov, s katerimi je mogoče preprečevati nekatere zlorabe sistema. V ta namen se lahko pri registraciji vsakega dogodka zahteva še vnos številke delavca (iz osebne kartice).

omrežje, ...) se dogovori dosežejo z oddelkom za informatiko. V pogovore je vključeno tudi več nivojev vodstva proizvodnje. Vodje obratov najbolj poznajo natančen potek dela za svoja področja. Vodje na višjih nivojih pa imajo širši pregled čez proizvodni proces. Na podlagi razgovorov se pripravi specifikacija zahtev sistema za spremljanje proizvodnje. V specifikaciji se definirajo stične točke z ostalimi informacijskimi sistemi in pravila, po katerih bodo delavci prijavljali posamezne dogodke. Pred nadaljnjimi fazami uvajanja specifikacijo potrdita tako naročnik kakor tudi izvajalec.

Podjetje, ki uvaja spremljanje proizvodnje, določi oddelke, kjer je tako spremljanje potrebno. V spremljanje namreč niso nujno zajeti vsi oddelki podjetja. Določijo se tudi stroji, pri katerih je podatke smiselno zajemati neposredno iz krmilnikov. Pred uvedbo spremljanja v vseh zastavljenih oddelkih se lahko vpelje pilotski projekt. Cilj pilotskega projekta je odkrivanje nepravilnosti v zasnovi in izvedbi sistema. Ker se izvaja le v omejenem obsegu, ne vpliva na celoten proizvodni proces. Za pilotni projekt je potrebno izbrati tak obrat ali njegov del, ki kar se da dobro združuje lastnosti vseh ostalih. Med pilotnim delovanjem se natančno spremlja delovanje sistema. Opazujejo se postopki, ki potekajo v ozadju, še večjega nadzora pa so deležni podatki, ki se prenašajo v poslovni informacijski sistem. V tem času je še vedno priporočljivo spremljanje po katerem od obstoječih sistemov, kar omogoča primerjavo dobljenih rezultatov. Na podlagi odziva uporabnikov so mogoče tudi prilagoditve uporabniškega vmesnika ali postopkov vnosa podatkov.

Po uspešno prestani pilotni fazi je čas za razširitev spremljanja proizvodnje na vse predvidene oddelke in obrate. Razširjanje lahko poteka po korakih, ali pa je izvedeno v vseh oddelkih hkrati. Sistem lahko nekaj časa deluje preizkusno. To pomeni, da se rezultati pred nadaljnjo uporabo temeljito preverjajo, še vedno pa je na razpolago alternativni način vnosa podatkov.

Tudi po uspešni vpeljavi in uporabi sistema za spremljanje proizvodnje se njegov razvoj ne zaključi. Slediti mora vsem spremembam, ki se dogajajo v okolju. Znotraj podjetja se dogajajo stalne izboljšave in optimizacije. Spremembe in dopolnitve sistema se dogajajo ciklično, po enakem ali podobnem postopku kakor pri prvi iteraciji - uvajanju. V prvih nekaj ponovitvah gre predvsem za implementacijo zahtev, ki jih uporabniki sistema niso znali izraziti že v prvi fazi. Pogosto se dodatne zahteve pokažejo šele z uporabo sistema.

10.1. Izobraževanje uporabnikov

Sestavni del uvajanja sistema za spremljanje proizvodnje je tudi izobraževanje uporabnikov, ki se delijo na skupine:

- delavci,

- vnašalci,
- vodje obratov,
- administratorji.

Največjo skupino uporabnikov predstavljajo delavci. Med osnovno izobraževanje delavcev spada poznavanje postopkov prijavljanja posameznih dogodkov. Poleg teh postopkov morajo znati ravnati tudi v primerih morebitnega izpada sistema. Vnašalci po potrebi ob koncu izmene vnesejo podatke, ki se v proizvodnji ne zbirajo. Delo opravljajo na osebnih računalnikih, poznati pa morajo pravila in postopke vnašanja podatkov. Naloga vodij obratov je tiskanje delovne dokumentacije in razporejanje delavcev. Za nemoteno delovanje sistema za spremljanje proizvodnje morajo biti ustrezno izobraženi tudi sistemski administratorji. Med njihove naloge spada:

- priprava varnostnih kopij podatkov,
- vzdrževanje sistema za upravljanje baz podatkov,
- vzdrževanje komunikacijskih omrežij,
- nameščanje programske opreme uporabnikom,
- dodeljevanje ustreznih pravic uporabnikom,
- restavriranje sistema v primeru večje okvare.

Akcije, ki jih izvajajo sistemski administratorji, niso neposredno vidne v samem sistemu, so pa zelo pomembne za njegovo delovanje.

11. Izkušnje z uvedbo proizvodnega informacijskega sistema v resničnem podjetju

Za primer sistema za spremljanje proizvodnje navajam izkušnje z uvajanjem v podjetju Kolektor Pro d.o.o. Spremljanje proizvodnje v tem podjetju poteka v več oddelkih, za potrebe magistrskega dela pa sem se osredotočil na oddetek orodjarne.

Delo v orodjarni je tipičen primer delavniške proizvodnje. Svoje storitve nudijo podjetjem iz skupine Kolektor Group in zunanjim naročnikom. Serije običajno vsebujejo majhno število izdelkov. Proizvodnja je razdeljena na 17 delovnih mest, vsako od teh pa vsebuje enega ali več strojev, katerih skupno število je 23. Delo je organizirano tako, da lahko en delavec oskrbuje enega ali več delno avtomatiziranih strojev, nikoli pa na enem stroju ne dela skupina delavcev. V orodjarni redno dela 86 delavcev, od tega dve tretjini delata v dopoldanski izmeni, preostali pa v popoldanski. V letu 2002 je delo potekalo na okoli 11000 delovnih nalogih. Ponovljivost izdelkov ocenjujejo na 25 do 50 odstotkov.

V podjetju je že dalj časa v uporabi informacijski sistem SAP R/3. Vsa naročila zato prihajajo preko tega sistema, kjer se tudi tvorijo kosovnice in tehnološki postopki. Ustrezne službe uporabljajo sistem SAP R/3 za razpisovanje delovnih nalogov.

Primarni cilj sistema za spremljanje proizvodnje v orodjarni je zagotavljanje podatkov o opravljenem delu za potrebe SAP R/3. Ločeno se zbirajo podatki o realizaciji in o zastojih. Za vsako operacijo delovnega naloga je potrebno zabeležiti čas dela, število dobro izdelanih kosov, število morebitnih neustreznih kosov in razlogov zanje ter morebitne zastoje, ki bi nastali med delom. Operacija se lahko bodisi začne in konča v eni izmeni ali pa se nadaljuje v eni izmed naslednjih. Za posamezno operacijo tako lahko obstaja več prijav in odjav dela. Vodstvo orodjarne je izrazilo tudi željo po podrobnejšem spremljanju stanja delovnih nalogov. Želijo si imeti pregled nad trenutno aktivnimi delovnimi nalogi, pri čemer bi lahko za posamezne operacije opazovali skladnost izvajanja s planom.

11.1. Izmenjava podatkov

Informacijski sistem SAP R/3 je glavni vir podatkov za potrebe spremljanja proizvodnje. Iz tega sistema se prenašajo podatki o delovnih nalogih (skupaj z vsemi operacijami). Prenos je realiziran preko vmesnih datotek. Ker je bil prenos že urejen za ostale oddelke, smo za obliko uporabili običajne datoteke z besedilom - širina stolpcev je bila fiksna. Podatki o delovnih nalogih iz sistema SAP R/3 prihajajo v dveh datotekah. Ena vsebuje podatke o samih delovnih nalogih, druga pa podatke o operacijah. Za sistem spremljanja proizvodnje so pomembni podatki o delovnem nalogu:

- številka delovnega naloga,
- naziv izdelka,
- razpisana količina,
- toleranca⁴⁵,
- datum začetka,
- datum konca,
- status delovnega naloga⁴⁶.

Operacije so za vse delovne naloge združene v svoji datoteki. Za spremljanje proizvodnje so pomembna polja:

- številka delovnega naloga,
- številka potrditve operacije,
- že izdelana količina na tej operaciji⁴⁷,
- zaporedna številka operacije na delovnem nalogu,
- datum planiranega začetka izvajanja operacije,
- datum planiranega konca izvajanja operacije,
- naziv operacije,
- delovno mesto izvajanja operacije,
- status operacije⁴⁸.

Poleg podatkov o delovnih nalogih se za spremljanje proizvodnje prenašajo še podatki o delavcih, strojih, zastojih in napakah v izdelavi. Ti podatki niso del sistema SAP R/3, zato izhajajo iz drugega informacijskega sistema. Prenos prav tako poteka preko vmesnih datotek.

V obratni smeri se podatki prenašajo ločeno za realizacijo in zastoje. Pri realizaciji se za

45 S toleranco na delovnem nalogu se določa dovoljena in potrebna količina za zaključek naloga. Skupaj izdelana količina izdelkov razpisane količine ne sme presegati za toleranco.

46 Delovni nalog v svojem življenjskem ciklu potuje skozi različne statuse, od *razpisanega*, *lansiranega* do *potrjenega*. Status delovnega naloga pove, ali se določene operacije sploh smejo prijavljati in vnašati ali je delo na njih iz kakršnega koli vzroka onemogočeno.

47 Gre za podatek o količini izdelkov, ki je že vnesena v sistem SAP R/3.

48 Enako, kakor je voden status za celoten delovni nalog, je voden tudi za vsako operacijo posebej.

vsako prijavo dela na operaciji ustvari zapis s polji:

- številka potrditve,
- številka delovnega naloga,
- začetek dela (datum in čas),
- konec dela (datum in čas),
- datum dela⁴⁹,
- efektivni čas dela⁵⁰,
- število dobro izdelanih kosov,
- število slabih kosov,
- vzrok za slabo izdelane kose,
- stroj izvajanja operacije,
- delavec.

Podobno kakor pri realizaciji se tudi za vsak prijavljen zastoj pripravi zapis s polji:

- številka zastoja,
- številka stroja,
- začetek zastoja (datum in čas),
- konec zastoja (datum in čas).

Podatki se med sistemoma prenašajo po pripravljenem urniku. Sezname delavcev, strojev, zastojev in izmeta se ne spreminjajo pogosto, zato zadošča dnevni prenos podatkov. Drugače je pri delovnih nalogih. Narava dela v orodjarni zahteva pogostejše prenose. Pogoste so situacije, ko je zaradi okvare orodja na stroju v proizvodnji potrebno takoj začeti nov delovni nalog. Prenosi delovnih nalogov se zato v dopoldanski izmeni izvajajo vsaki dve uri. Po en prenos pa se izvede še v popoldanski in nočni izmeni. V obratni smeri, pa se podatki prenašajo ob 15. uri, ko ustrezni operaterji vnesejo še manjkajoče podatke in pregledajo vnesene. Operaterji sistema za spremljanje proizvodnje imajo možnost prenašanja podatkov tudi izven predvidenega urnika. Izredne prenose morajo sprožiti v obeh udeleženih informacijskih sistemih.

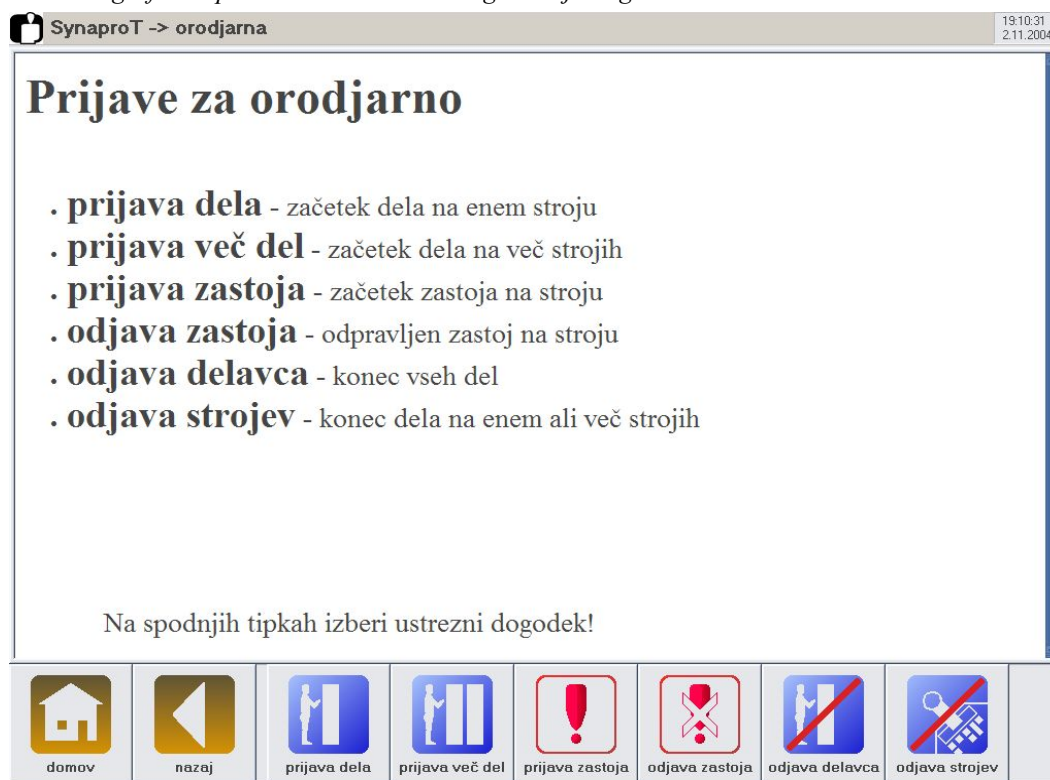
49 Poleg začetka in konca dela se za vsak zapis po pravilu pripravi tudi datum. K tekočemu datumu spadajo dopoldanska izmena (6:00 do 14:00), popoldanska izmena (14:00 do 22:00) in nočna izmena (22:00 do 6:00).

50 Kot efektivni čas dela se smatra čas od prijave do odjave, zmanjšan za čas zastojev.

11.2. Prijavno mesto

Za prijavna mesta smo v orodjarni uporabili prilagojene osebne računalnike. Opremljeni so s 15-palčnim barvnim prikazovalnikom, občutljivim na dotik in s čitalnikom črtne kode. Tipkovnica in miška v tem primeru nista potrebni. Računalniki so zaprti v kompaktna kovinska ohišja. V stojalo je nameščen še pult, ki služi odlaganju dokumentacije med prijavljanjem. Opremi prilagojen je tudi grafični uporabniški vmesnik (slika 20). Za prijave so na zaslonu dovolj veliki gumbi. Po izboru ustrezne prijave se s čitalnikom črtne kode vnesejo vsi potrebni podatki. Zaslون je razdeljen na tri dele. Zgoraj je navigacijska vrstica, ki uporabnika programa obvešča o tem, kje v sistemu menijev se trenutno nahaja. Spodaj so navigacijski gumbi, s katerimi uporabnik izbira med različnimi skupinami dogodkov in prijavami. Pri navigacijskih gumbih sta vedno prisotna gumba *domov* in *nazaj*. Prvi omogoča takojšno vrnitev v izhodiščni položaj menija, drugi pa služi pomikanju za korak proti izhodišču po drevesu menija. Za lažje razločevanje je bila za vse gumbe izdelana grafična podoba. Glede na tip gumbov so uporabljene tudi različne barve. Rumena barva pomeni splošne gumbe (*domov*, *nazaj*, skupine prijav), gumbi za prijavljanje in odjavljanje dela so modri, zastoji pa se prijavljajo in odjavljajo z rdečimi gumbi. Večji del zaslona je namenjen t.i. delovnem prostoru. Ob pomikanju po menijih so na njem predstavljene dodatne informacije v zvezi s posameznimi izbirami ali različna sporočila podjetja. Med registracijo dogodka delovni prostor zavzema maska prijave.

Slika 20: grafični uporabniški vmesnik za registracijo dogodkov



Maske so organizirane različno, glede na potrebe posameznih dogodkov. Pri grafičnih elementih, ki so skupni več prijavam, smo se držali enotnega videza. Tako je npr. prostor za sporočila uporabnikom vedno na vrhu maske, zaradi večje preglednosti pa je poudarjen z rumeno barvo.

Tabela 5: mesta črtnih kod za posamezne tipe podatkov

<i>podatek</i>	<i>črtna koda</i>
številka delavca	osebna kartica delavca
številka stroja	seznam na prijavnem mestu
številka potrditve	delovni list
številka zastoja	seznam na prijavnem mestu

Pri samih prijavah vrstni red vnosa podatkov ni pomemben, saj sistem sam razpozna vnesene črtne kode. Glede na podatke, ki so že vneseni, se izvajajo tudi ustrezna preverjanja. Računalniki za prijavljanje so v glavno omrežje povezani z brezžičnimi vmesniki, ki delujejo po standardu IEEE 802.11h. Kapaciteta povezave je 54 Mbit/s, kar zadošča za kratke odzivne čase. Za delovanje potrebujejo le priključek za omrežno napetost.

Na prijavnih mestih delavci med prijavo različnih dogodkov vnašajo podatke. Vse podatke je mogoče vnašati s pomočjo črtnih kod, lahko pa se uporabi zaslonska tipkovnica. Črtne kode se za različne podatke nahajajo na različnih mestih (tabela 5).

11.3. Dogodki

Oblika in tip podatkov, ki se prenašajo v sistem SAP R/3, v večji meri definirata tudi dogodke, ki se zajemajo na prijavnih mestih. Beležijo se dogodki štirih tipov: prijava in odjava dela ter prijava in odjava zastoja. Zadoščali bi že štirje dogodki, vendar sta prijava in odjava dela zaradi hitrejše registracije še dodatno razdeljeni. Delavci v orodjarni pogosto oskrbujejo po več delno avtomatiziranih strojev. Temu primerno sta prilagojena tudi omenjena dogodka.

11.4. Prijava dela

S prijavo tega dogodka delavec začne delo na enem stroju. Za uspešno prijavo so potrebni podatki:

- matična številka delavca,
- številka stroja,
- številka potrditve.

Ob potrditvi vnosa se najprej preveri ustreznost vseh treh podatkov. Če katerega izmed njih ni v sistemu, se o tem opozori delavca. V nadaljevanju se preveri še, če je stroj prost. Prijava dela na stroj, na katerem že poteka kako drugo delo, ni mogoča. Nazadnje pa se preveri še skladnost operacije in stroja. V primeru neuspelega preverjanja se delavca opozori z ustreznim obvestilom na zaslonu, prav tako pa se izpiše obvestilo o uspeli prijavi. Zaslonska slika vmesnika za prijavo dela je predstavljena na sliki 21.

Slika 21: vmesnik za registracijo začetka dela na enem stroju

The screenshot shows a web application window titled "SynaproT -> orodjarna -> prijava dela". The interface has a yellow header bar. Below it, there are three rows of input fields for registration. Each row consists of a label, an input field, a right-pointing arrow button, and another label with an input field. The first row is for the worker's ID card number and name. The second row is for the machine number and name. The third row is for the operation number and name. At the bottom of the window, there is a navigation bar with four icons: a house icon labeled "domov", a left arrow icon labeled "nazaj", a red square with a white left arrow icon labeled "Zbriši", and a green square with a white checkmark icon labeled "Potrdi".

SynaproT -> orodjarna -> prijava dela 19:32:42 2.11.2004

št. kartice delavca: delavec:

št. stroja: stroj:

št. operacije: operacija:

domov nazaj Zbriši Potrdi

11.4.1. Prijava več del

Prijava več del se uporablja v primerih, ko želi kateri od delavcev sočasno začeti več del na več strojih. Taka prijava ima enak učinek, kakor večkratno izvajanje običajne prijave dela, le da v tem primeru delavec vnese svojo matično številko samo enkrat. Ker gre za prijavo več del, je potreben vnos več parov stroj / operacija (slika 22). Vsa preverjanja se izvedejo za vsak par posebej. Čas, ki se zabeleži za začetke dela, je enak za vse pare.

Slika 22: vmesnik za registracijo začetka sočasnega dela na več strojih

SynaproT -> orodjarna -> prijava več del 19:33:15 2.11.2004

št. kartice delavca: [] -> delavec: []

št. stroja: [] -> stroj: []

št. operacije: [] -> operacija: []

St. stroja	Naziv stroja	St. operacije	Naziv operacije

gor

dol

domov nazaj Zbriši Potrdi

11.4.2. Odjava strojev

Odjava strojev je predvidena za tiste primere, ko želi delavec zaključiti delo le na nekaj svojih strojih, na preostalih pa želi delo nadaljevati (slika 23). Mogoča je tudi odjava vseh strojev, vendar je za to primernejša *odjava delavca*. Pri odjavljanju strojev se najprej vnese številke enega ali več strojev. Po potrditvi vnosa se za vsakega izmed strojev preveri, ali ima prijavljeno delo. V drugi fazi se pripravi vnosna maska, kjer delavec za vsak stroj označi, ali je operacijo na njem zaključil. Ta podatek je pomemben za sledenje in transport

izdelkov po orodjarni. Če je operacija označena kot zaključena, se izdelki lahko preselijo na delovno mesto naslednje operacije.

Slika 23: vmesnik za registracijo zaključka dela na enem ali več strojih

SynaproT -> orodjarna -> odjava strojev 19:36:06 2.11.2004

št. stroja: -> stroj:

	št. stroja	stroj	št. zakl. oper.	zakl. oper.

domov nazaj Zbriši Potrdi

11.4.3. Odjava delavca

Odjava delavca (slika 24) je identična odjavi strojev, le da delavec z vnosom svoje matične številke zaključi dela na vseh strojih, ki jih je predhodno prijavil. Tudi pri tej odjavi se operacije označijo kot zaključene ali nezaključene.

11.4.4. Prijava zastoja

V primeru večjih zastojev, se le-ti prijavljajo v sistem spremljanja proizvodnje (slika 25). Potrebna podatka sta številki stroja in zastoja. Sledi preverjanje obeh podatkov in stanja stroja. Prijava zastoja na stroju, ki nima dela, ni mogoča.

Slika 24: vmesnik za registracijo konca vseh del

SynaproT -> orodjarna -> odjava delavca 19:35:38
2.11.2004

št. kartice delavca: -> delavec:

št. stroja	stroj	št. zakl. oper.	zakl. oper.

domov nazaj Zbriši Potrdi

Slika 25: vmesnik za registracijo začetka zastoja na stroju

SynaproT -> orodjarna -> prijava zastoja 19:33:57
2.11.2004

št. stroja: -> stroj:

št. zastoja: -> zastoj:

domov nazaj Zbriši Potrdi

11.4.5. Odjava zastoja

Pri registraciji odpravljenega zastoja (slika 26) zadostuje že vnos številke stroja, na katerega se je zastoj nanašal. Pred nadaljevanjem se preveri, ali je na vnesenem stroju zastoj sploh prijavljen.

Slika 26: vmesnik za registracijo odpravljenega zastoja na stroju

SynaproT -> orodjarna -> odjava zastoja 19:34:42 2.11.2004

št. stroja: [input] -> stroj: [input]

št. zastoja: [input] zastoj: [input]

domov nazaj Zbriši Potrdi

11.5. Spremljevalne aktivnosti

Za vodje orodjarne je pripravljen poseben modul spremljanja proizvodnje, kjer lahko pripravljajo delovno dokumentacijo, nadzorujejo preteklo in trenutno stanje proizvodnje ter opravljajo določene analize dela.

Za vsak delovni nalog je predvideno tiskanje delovnega lista. Ta ima v glavi zapisane podatke o delovnem nalogu, kot so naziv, številka in planirani datumi. Vsak delovni list vsebuje še seznam operacij delovnega naloga, ki so opremljene s črtnimi kodami. Poleg naziva operacije je izpisana še oznaka delovnega mesta. Tak delovni list potuje skupaj z obdelovancem od operacije do operacije. Oznake črtne kode služijo prijavljanju začetka

dela na posameznih operacijah.

Uporabniku spremljevalnega modula so na voljo tudi prikazi podatkov, s katerimi trenutno razpolaga sistem. Pregleduje lahko sezname delavcev, strojev, zastojev, delovnih nalogov in operacij. Ti prikazi so namenjeni predvsem preverjanju izvajanja prenosa podatkov.

Druga kategorija prikazov so zajeti podatki. Ti se prikazujejo v štirih pogledih: dogodki, realizacija, zastoji in stanje strojev. V vseh štirih pogledih ima uporabnik na voljo filtre, s katerimi obseg podatkov priroji svojim potrebam. Med dogodki je mogoče opazovati vse zajete prijave in odjave dela in zastojev. Prikazani so posamezni dogodki, ki v tem pogledu še niso medsebojno povezani. Pogleda realizacije in zastojev sta namenjena prikazovanju zapisov, ki so sestavljeni iz ene prijave in ene odjave. Zapisi, kakršni so v obeh prikazih, se prenašajo v sistem SAP R/3. V tabeli stanja strojev se nahajajo vsi stroji, ki imajo bodisi prijavljeno delo ali pa so v zastoju. Operater lahko za vsak tak stroj vidi čas prijave dela, operacijo in delovni nalog, ki se izvajata, prijavljenega delavca in v primeru zastoja tudi vzrok le-tega.

Vodstvo orodjarne se je odločilo, da vnos količin izdelkov in vzrokov izmeta prepusti vodjem obratov. V ta namen je bila razvita vnosna maska v spremljevalnem modulu. Operater ima tukaj na voljo pregled zabeleženih zapisov o opravljenem delu. Tudi tukaj si lahko z uporabo filtrov prikaz omeji na svoje področje. Zapise o delu tukaj dopolni še z manjkajočimi podatki. Vsak popoln zapis operater tudi potrdi. Potrjeni zapisi se ob naslednjem prenosu podatkov posredujejo sistemu SAP R/3. Ko je zapis uspešno prenesen, v tem prikazu ni več viden.

Za spremljanje poteka dela na posameznih delovnih nalogih sistem za spremljanje proizvodnje omogoča izdelavo poročil. Ta poročila grafično predstavljajo zaporedje operacij na delovnem nalogu. Operacije so predstavljene z različnimi barvami glede na to, ali so zaključene, se izvajajo po planu ali pa zamujajo.

11.6. Sistem za upravljanje baz podatkov

V podjetju Kolektor Pro d.o.o. je že v uporabi sistem za upravljanje baz podatkov MySQL, ki je namenjen izključno spremljanju proizvodnje. Že pred uvajanjem spremljanja dela v orodjarni so bile nanj nameščene zbirke podatkov za ostale oddelke. Ker je imel strežnik še dovolj prostih kapacitet, smo nanj namestili tudi zbirko podatkov za orodjarno. Proizvajalec omenjenega strežnika svoj izdelek licencira le glede na število strežniških namestitev, število odjemalcev pa z licenco ni omejeno, zato uporaba obstoječega sistema za upravljanje baz podatkov ne predstavlja nobenih stroškov. Prednost uporabe obstoječega strežnika je tudi ta, da so na njem že na voljo podatki o delavcih in strojih, ki so skupni za vse oddelke podjetja.

12. Zaključek

V proizvodnih obratih podjetij nastaja mnogo podatkov. To so različni parametri izdelovanja, podatki o realizaciji, zastojih in izmetu v proizvodnji. Ti podatki so pomembni za poslovne informacijske sisteme, saj predstavljajo povratno informacijo o dejanskem stanju in dogajanju v proizvodnji. Na podlagi teh podatkov se primerja skladnost izvajanja proizvodnje z zastavljenimi plani. S trajnim spremljanjem proizvodnje in analiziranjem podatkov je mogoče pridobiti boljše informacije o trajanju posameznih faz proizvodnega procesa in temu primerno prilagoditi tudi planiranje. Seveda pa je vse omenjeno izvedljivo ob predpostavki, da so zbrani podatki točni in zanesljivi.

Informacijske potrebe proizvodnega podjetja lahko zadovoljuje več medsebojno prepletenih informacijskih sistemov. Ti informacijski sistemi delujejo na različnih slojih, od beleženja posameznih stanj strojev in naprav do sistemov za podporo odločanju in do strateških informacijskih sistemov. Učinkovito in dosledno zbiranje podatkov je pomembno, saj mnoge operacije in funkcije informacijskih sistemov višjih slojev temeljijo prav na teh podatkih. Magistrsko delo se zato osredotoča na spremljanje proizvodnje. Poudarek je na zbiranju proizvodnih podatkov z beleženjem različnih dogodkov. Tak način zbiranja podatkov nudi zadovoljivo informacijo o opravljenem delu. Za posamezne operacije delovnega naloga so na voljo podatki o trajanju dela, količini narejenih izdelkov (tako dobrih kot slabih) in zastojih, do katerih je prišlo med delom. Čeprav je do podobnih informacij mogoče priti tudi z ročnim vnosom, ki se zdi vsaj na prvi pogled enostavnejši način, ima beleženje proizvodnih dogodkov številne prednosti. Ker se podatki zajemajo ob času in na mestu njihovega nastanka, so ustrezne informacije na voljo takoj. Informacijski sistemi se lahko sproti odzivajo na različne dogodke in stanja v podjetju. Pri zbiranju proizvodnih podatkov so na voljo različni mehanizmi, s katerimi lahko preprečujemo zlorabe in napačne vnose. Nekatere podatke (število dobrih in slabih izdelkov) pa je mogoče zajeti kar neposredno iz strojev. Vse to povečuje kakovost informacije, ki jo nosijo podatki iz proizvodnje, in posledično tudi kakovost delovanja informacijskih sistemov višjih slojev. V drugem poglavju je grafično predstavljena razlika med ročno vnesenimi in z dogodki zbranimi podatki. Pri ročnem vnosu je izrazit pojav zaokroževanja vnesenih časov, ki vpliva na (ne)natančnost podatkov in nižjo kakovost informacije. Primerjava obeh načinov zbiranja podatkov po kriterijih za kakovost informacije pokaže, da je zbiranje podatkov z zajemom dogodkov boljše od ročnega vnosa kar v štirih kriterijih, preostali kriteriji pa ne vplivajo na kakovost informacije proizvodnih podatkov. Dostopnost in pravočasnost informacije je pri beleženju dogodkov očitna, saj so podatki o delu na voljo neposredno ob zaključku le-tega. V magistrskem delu so omenjeni tudi različni mehanizmi in postopki, s katerimi zagotavljamo večjo točnost in popolnost informacije.

Pri učinkovitem zbiranju podatkov pa ni pomembna le kakovost informacije, ampak tudi vpliv zbiranja na sam poslovni proces. Postopki, ki so potrebni za vnos različnih podatkov, morajo biti hitri in enostavni. Le tako se lahko izognemo nepotrebnim izgubi časa. Z uporabo

sodobnih informacijsko-komunikacijskih tehnologij in s pripravo primernih postopkov za registracijo dogodkov je mogoč razvoj učinkovitega informacijskega sistema, katerega naloga je zbiranje proizvodnih podatkov in njihovo posredovanje ostalim informacijskim sistemom podjetja. V magistrskem delu je predstavljen splet tehnologij in njihova povezava v sistem za spremljanje proizvodnje. Učinkovit sistem tvorijo prilagojeni osebni računalniki, povezani na centralni sistem za upravljanje baz podatkov. Računalniki, s katerimi delavci registrirajo dogodke, so prilagojeni za uporabo v industrijskih okoljih. Prilagoditev je pomembna zaradi zmanjšanja možnosti mehanskih in drugih poškodb ter za optimalnejšo izrabo prostora v proizvodnji. Ti računalniki se od običajnih razlikujejo še po vhodnih napravah, ki jih uporabljajo. Ker je njihova uporaba strogo namenska, so take tudi njihove vhodne naprave. Opremljeni so z na dotik občutljivim zaslonom in čitalnikom črtne kode. Edini cilj uporabe teh naprav je poenostavitev in pohitritev vnosa podatkov. Takim računalnikom mora biti prilagojena tudi programska oprema. V enajstem poglavju je predstavljen sistem, ki je bil vpeljan v oddelku orodjarne podjetja Kolektor Pro d.o.o. Grafični uporabniški vmesnik računalnikov za prijavljanje dogodkov je zasnovan tako, da izkorišča prednosti omenjenih vhodnih naprav in računalnika in s tem omogoča učinkovito zbiranje podatkov. Tudi sami postopki vnosa podatkov so naravnani tako, da zmanjšujejo možnost zlorab ali napak. Samo zbiranje dogodkov še ne daje zadovoljivih informacij o opravljenem delu. Proizvodni podatki se iz posameznih dogodkov preoblikujejo v zapise, ki nudijo popolnejšo informacijo. Magistrsko delo obravnava tudi postopke in načine izmenjave podatkov med informacijskimi sistemi v podjetju. Natančneje sta opisana predloga rešitev, ki predvidevata izmenjavo podatkov preko vmesnih datotek ali preko sistema za upravljanje baz podatkov. Taka načina izmenjave podatkov sta splošna in zato neodvisna od informacijskih sistemov, ki si podatke izmenjujejo.

Pri uvajanju spremljanja proizvodnje z beleženjem dogodkov se pojavlja tudi problem določanja optimalnega števila prijavnih mest in njihovega razvrščanja v proizvodnji. V magistrskem delu je kot mogoč pristop k reševanju tega problema predstavljena uporaba simulacije. S pomočjo simulacijskega modela, ki je sestavljen iz entitet delavcev, strojev, čakalnih vrst in prijavnih mest, je mogoče posnemati dogajanje v proizvodnji. S simulacijskim programom, ki lahko uporabi z vzorčenjem pridobljeno časovno porazdelitev dogodkov, je mogoče določati čase, ki bi jih delavci ob različnem številu prijavnih mest porabili za delo, prijavljanje dogodkov in čakanje na prosto prijavno mesto. Kritični so predvsem časovni intervali ob menjavi izmen, saj je takrat frekvenca dogodkov največja.

Točni in zanesljivi podatki iz proizvodnje pa niso pomembni le za poslovni informacijski sistem. So tudi pokazatelj učinkovitosti in uspešnosti proizvodnega procesa. Med cilji proizvodnega podjetja sta tudi učinkovita izraba delovnih sredstev in zmanjšanje deleža neustreznih izdelkov. Kot primer kazalca uspešnosti, ki temelji na proizvodnih podatkih, je v magistrskem delu predstavljena skupna učinkovitost. Izbrana je zato, ker vključuje tako proizvodnjo samo, kakor tudi druge oddelke, ki so zadolženi za njeno izvajanje.

Smotrnost zbiranja proizvodnih podatkov z beleženjem dogodkov nenazadnje potrjujejo tudi praktične izkušnje z uporabo takih sistemov. Zadovoljstvo podjetij, ki te sisteme

uporabljajo in veliko zanimanje tistih, ki takega sistema še nimajo, potrjuje tezo magistrskega dela. Stalna rast in razvoj nameščenih sistemov kažeta njihovo pomembnost in uporabnost. Z večanjem informacijske kulture in ozaveščenosti raste tudi potreba po kakovostnih informacijah vseh vrst. Del takih informacij je mogoče zagotoviti z zbiranjem proizvodnih podatkov na način, ki je opisan v magistrskem delu.

13. Literatura

1. Andriole Stephen: Information System Design Principles for the 90s. Virginia: AFCEA International Press, 1990. 117 str.
2. Austerlitz Howard: Data Acquisition Techniques Using Personal Computers. San Diego: Academic Press, 1991. 336 str.
3. Bidgoli Hossen: Modern Information Systems for Managers. San Diego: Academic Press, 1997. 438 str.
4. Bolton Walter: Production planning and control. Essex: Longman Scientific & Technical, 1994. 189 str.
5. Boyer Stuart: SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. 2. izdaja. Research Triangle Park: ISA, 1999. 215 str.
6. Cohen Jonathan: Automatic Identification and Data Collection Systems. London: McGraw-Hill, 1994. 256 str.
7. Davenport Thomas, Marchand Donald: mastering information technology. London: Prentice Hall, 2000. 362 str.
8. Debelak Matija: Strateški informacijski sistem kot ključ pri doseganju konkurenčne prednosti podjetja. Magistrsko delo. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2002. 108 str.
9. Gradišar Miro, Resinovič Gortan: Informatika v poslovnem okolju. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2001. 508 str.
10. Gradišar Miro: Informatika v poslovnem okolju. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2001. 508 str.
11. Han Jiawei, Kamber Micheline: Data Mining Concepts and Techniques. San Diego: Academic Press, 2001. 550 str.
12. Harwood Stephen: ERP - the implementation cycle. Oxford: Butterworth - Heinmann, 2003. 183 str.
13. Hendry J. et al.: Strategic Thinking - Leadership and the Management of Change. Chichester: John Wiley & Sons, 1993. 350 str.
14. Kleindienst Jani: Zajem podatkov. Sistem, priloga revije Monitor, Ljubljana, 2003, str. 15
15. Klopčič Zvone: Proizvodna informatika. Sistem, priloga revije Monitor, Ljubljana, 2003, str. 12 - 13
16. Kokošar Stojan: Podpora kosovni proizvodnji. Sistem, priloga revije Monitor, Ljubljana, 2002, str. 34

17. Kovačič Andrej, Vintar Mirko: Načrtovanje in gradnja informacijskih sistemov. Ljubljana: DZS, 1994. 316 str.
18. Kovačič Andrej: Informatizacija poslovanja. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 1998. 214 str.
19. Kovačič Andrej: Izziv za management?. Sistem, priloga revije Monitor, Ljubljana 2004, str. 10 - 11
20. Lipičnik Bogdan: Organizacija podjetja. 8. natis. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2002. 243 str.
21. Martin James: Information Engineering. Lancashire: Savant Research Studies, 1986. 107 str.
22. McClellan Michael: Applying Manufacturing Execution Systems. Boca Raton: St. Lucie Press, 1997. 179 str.
23. Mislej Darko: Informatizacija proizvodne funkcije v podjetjih s serijsko proizvodnjo in grupno tehnologijo. Magistrsko delo. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2000. 86 str.
24. Sokolič Saša: Sodobni pristop k zajemanju in analizi podatkov za potrebe proizvodne informatike. Avtomatika, Ljubljana, 29 (2002). str. 43 - 44, 46, 48, 50
25. Sokolič Saša: Podpora sledljivosti. Sistem, priloga revije Monitor, Ljubljana, 2003, str. 16 - 17
26. Tomažin Janez: Skupna učinkovitost in benchmarking. Vzdrževalec, Ljubljana, 88 (2002). Str. 12 - 15
27. Turban Efraim et al.: Information technology for management. 3. izdaja. B.k.: John Wiley & Sons, 2002. 717 str.
28. Wallace Thomas, Kremzar Michael: ERP: Making It Happen. New York: John Wiley & Sons, 2001. 372 str.
29. Willmott Peter, McCarty Dennis: TPM - A Route to World-Class Performance. Oxford: Butterworth - Heinmann, 2001. 264 str.
30. Žnidaršič Alenka: Sistemi MES za podporo proizvodnih procesov. Uporabna informatika, Ljubljana, 1998. str. 32 - 39
31. Žnidaršič Alenka: Mikroplaniranje v proizvodnji. Sistem, priloga revije Monitor, Ljubljana, 2003, str. 14 - 15

14. Viri

1. Kleindienst Jani: Zajem in obdelava podatkov iz proizvodnje. Seminarska naloga na podiplomskem študiju. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2003. 13 str.
2. Kleindienst Jani: Izgradnja odločitvenega modela za izbiro sistema za upravljanje baz podatkov. Seminarska naloga na podiplomskem študiju. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2004. 17 str.
3. Kleindienst Jani, Kos Robert: Simulacija zajemanja dogodkov v proizvodnji. Seminarska naloga na podiplomskem študiju. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2004. 20 str.
4. MESA International [URL: <http://www.mesa.org>], 24. 8. 2004
5. Timothy Dyck: Clash of the Titans: SQL Databases [URL: <http://www.pcmag.com/article2/0,1759,7275,00.asp>], 31. 10. 2004