

Nadzor proizvodnje v kosovni industriji

Jani KLEINDIENST

Izvleček: Članek obravnava problematiko zbiranja, shranjevanja in izmenjave podatkov v proizvodnih podjetjih s področja kosovne industrije. Prikazane so prednosti in slabosti različnih načinov zbiranja podatkov ter možnost kombiniranja različnih načinov za doseganje optimalnih rezultatov. V sklepnem delu so predstavljeni še pomembnejši kazalci uspešnosti proizvodnega procesa.

Ključne besede: proizvodni sistemi, spremljanje, nadzor proizvodnje, sledljivost, kazalci učinkovitosti, skupna učinkovitost,

■ 1 Uvod

Cilj avtomatskega spremljanja proizvodnje v kosovni industriji je zagotavljanje čim bolj točnih podatkov o opravljenem delu. V številnih proizvodnih podjetjih se vodstva odločajo za uvajanje informacijskih sistemov za avtomatizirano spremljanje proizvodnje. Taki sistemi delujejo v sožitju s poslovnimi informacijskimi sistemi ali sistemi ERP¹ ter se z njimi dopolnjujejo [1].

Relevantni podatki iz proizvodnje se nanašajo na čase, porabljene na posameznih operacijah delovnega naloge, število izdelanih kosov, število in vzroke izmeta, podatke o tipih in trajanjih zastojev ter podatke o uporabljenih surovinah, polizdelkih ali parametrih procesa, ki so pomembni za zagotavljanje sledljivosti. Da se doseže čim večja kakovost podatkov (kriteriji za merjenje kakovosti informacije so [2]: dostopnost, točnost, pravočasnost, popolnost, zgoščenost, ustreznost, razumljivost in

objektivnost), se poizkuša te zajeti ob njihovem nastanku. Za hitrejši vnos podatkov so delavcu lahko v pomoč razne tehnologije. Najpogostejše se uporablja črtna koda [3]. Z njo je mogoče opremiti večino spremne in delovne dokumentacije v proizvodnji, osebne kartice delavcev ter pripraviti ustrezne šifrantne strojev in zastojev.

■ 2 Zbiranje podatkov v proizvodnji

Zbiranje podatkov predstavlja temelj vsem nadaljnjim obdelavam in transakcijam v informacijskih sistemih podjetja. Če 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 zadovoljliva le, če so vhodni podatki točni in ažurni. Tudi pri zbiranju proizvodnih podatkov velja pravilo, da jih je najbolje zajeti ob času in na kraju nastanka. Vsak drugačen scenarij prinaša nepotrebno zakasnitev ali napačno interpretacijo. Za zajem podatkov v proizvodnji obstaja več načinov [4]:

- ročni vnos, v obliki pisnih poročil,

- neposredni zajem iz strojev,
- s prijavljanjem oziroma elektronskim vnosom različnih dogodkov.

V praksi se pogosto uporablja kar kombinacija vseh treh načinov.

2.1 Ročni vnos podatkov

Ročni vnos je izmed vseh načinov najenostavnejši. Celotni postopek poteka tako, da vsak delavec po končanem delu ali po potrebi že med delom izpolnjuje predpisani papirni obrazec. 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 podatkov. 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

¹ ERP: ang. Enterprise Resource Planing.

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 s spremljanjem strojev

Pri tem načinu se vsi podatki pridobivajo samodejno, brez posredovanja operaterjev. Delovanje strojev običajno nadzirajo krmilniki. Ti majhni računalniki poleg krmiljenja raznih mehanskih komponent vodijo tudi podatke o različnih časih, alarmih in številu izdelanih kosov. 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.

2.3 Spremljanje 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 / konec dela,
- začetek / konec zastoja,
- uporaba nove šarže surovine,
- druge dogodke, potrebne za zbiranje informacij.

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 prijaviti, 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.

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

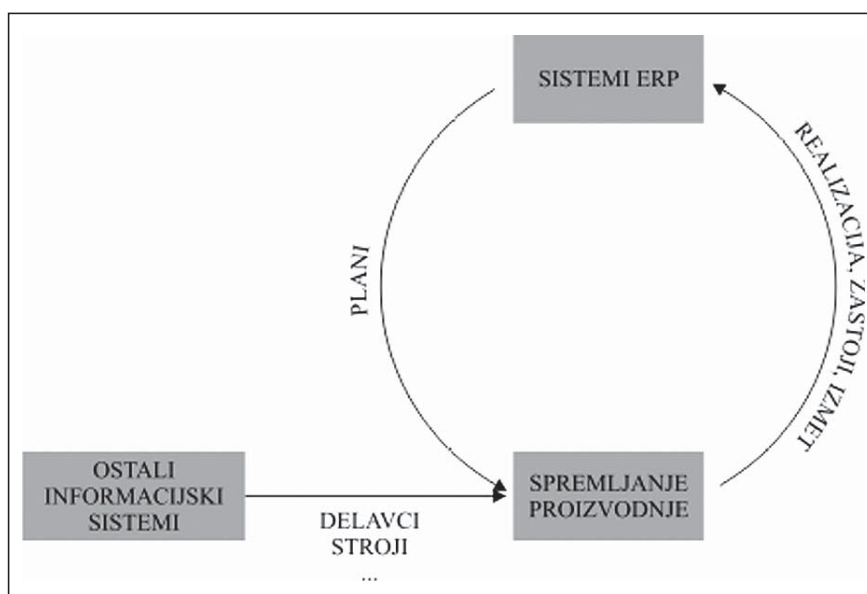
Omenjene načine zbiranja podatkov je v proizvodnji mogoče tudi poljubno kombinirati. V primeru souporabe vseh treh načinov poteka zbiranje podatkov na sledeč način:

- delavci na namenskih terminalih prijavljajo dogodke, kot so začetek dela, konec dela, začetek zastoja in konec zastoja;
- ob vsakem dogodku sistem preveri trenutna števila dobrih in slabih kosov na stroju, ki je predmet dogodka;
- ob odjavi dela se iz razlike časov dogodkov izračuna efektivni čas dela, iz razlike števec kosov pa 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 pregleda nastale zapise, kar je mnogo hitrejšo od celotnega vnosa.

3 Izmenjava podatkov med proizvodnimi in poslovnimi informacijskimi sistemi podjetja

Za uspešno delovanje katerega koli informacijskega sistema v proizvodnem podjetju je pomembno, da je



Slika 1. Pretok podatkov med različnimi informacijskimi sistemi podjetja

vpjet v nek širši informacijski kontekst. 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 1).

Plani, ki se pripravljajo v poslovnem informacijskem sistemu, v obliki delovnih nalogov, potujejo v sistem za spremljanje proizvodnje. Ta potrebuje za delovanje še druge podatke v obliki šifrantov:

- seznam strojev,
- seznam delavcev,
- seznam okvar opreme – zastojev,
- seznam okvar izdelkov – izmet.

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

Ker deluje sistem za spremljanje proizvodnje ločeno od glavnega vira podatkov, uporablja svojo operativno zbirko podatkov. V nekaterih primerih so proizvodni obrati ločeni od matičnega podjetja in ves čas ni povezave do glavnega informacijskega sistema. 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 delovnega časa, 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 ta izvaja. Mogoči so različni scenariji. Prenosi se izvajajo:

1. prenosi se izvajajo po vnaprej pripravljenem urniku,
2. prenosi se izvajajo ročno,
3. prenosi se izvajajo ob dogodkih,
4. uporablja se kombinacija prej omenjenih možnosti.

Pri prvi možnosti se vnaprej 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 ali sprememb odločitev. Na delovni nalog, ki je odprt le malo po opravljenem pre-

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

4 Zbiranje podatkov o sledljivosti

Posebno kategorijo predstavljajo podatki o sledljivosti. Zbirajo se lahko na različne načine. Kateri način iz-



Slika 2. Čitalnik in oznaki RFID

nosu podatkov, je potrebno čakati do naslednjega prenosa. Težava 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 poda-

brati, je v največji meri odvisno od tipa izdelka, proizvedene količine in organiziranosti proizvodnje. Prav tako je pri zajemanju podatkov mogoča različna stopnja avtomatizacije. Podatki o parametrih proizvodnega procesa se lahko zajemajo neposredno iz strojev ali naprav, identifikacija surovin, polizdelkov in izdelkov pa je izvedena s pomočjo tehnologij, kot so sistemi radiofrekvenčne identifikacije (RFID, slika 2) ali pa sistemi črtne kode. V najosnovnejši izvedbi je mogoče tudi popolnoma ročno vnašanje vseh potrebnih podatkov.

Podatki sledljivosti se v grobem delijo na dve skupini:

- parametri proizvodnega procesa,
- parametri surovin ali polizdelkov.

Nabor parametrov obeh skupin se razlikuje med posameznimi tipi izdelkov. Primer uporabe sistema sledljivosti v povsem različnih tipih proizvodnje nakazuje na vrsto stičnih točk pri uvedbi sledljivosti, predvsem pa na enako potrebo po zagotavljanju pravočasnega in ustreznega optimiziranja procesov v vsaki vrsti proizvodnje. Tako praksa izkazuje, da je potrebno pri uvedbi sistema sledljivosti, ne glede na vrsto proizvodnje, uporabiti podobne pristope.

■ 5 Kazalci učinkovitosti proizvodnje

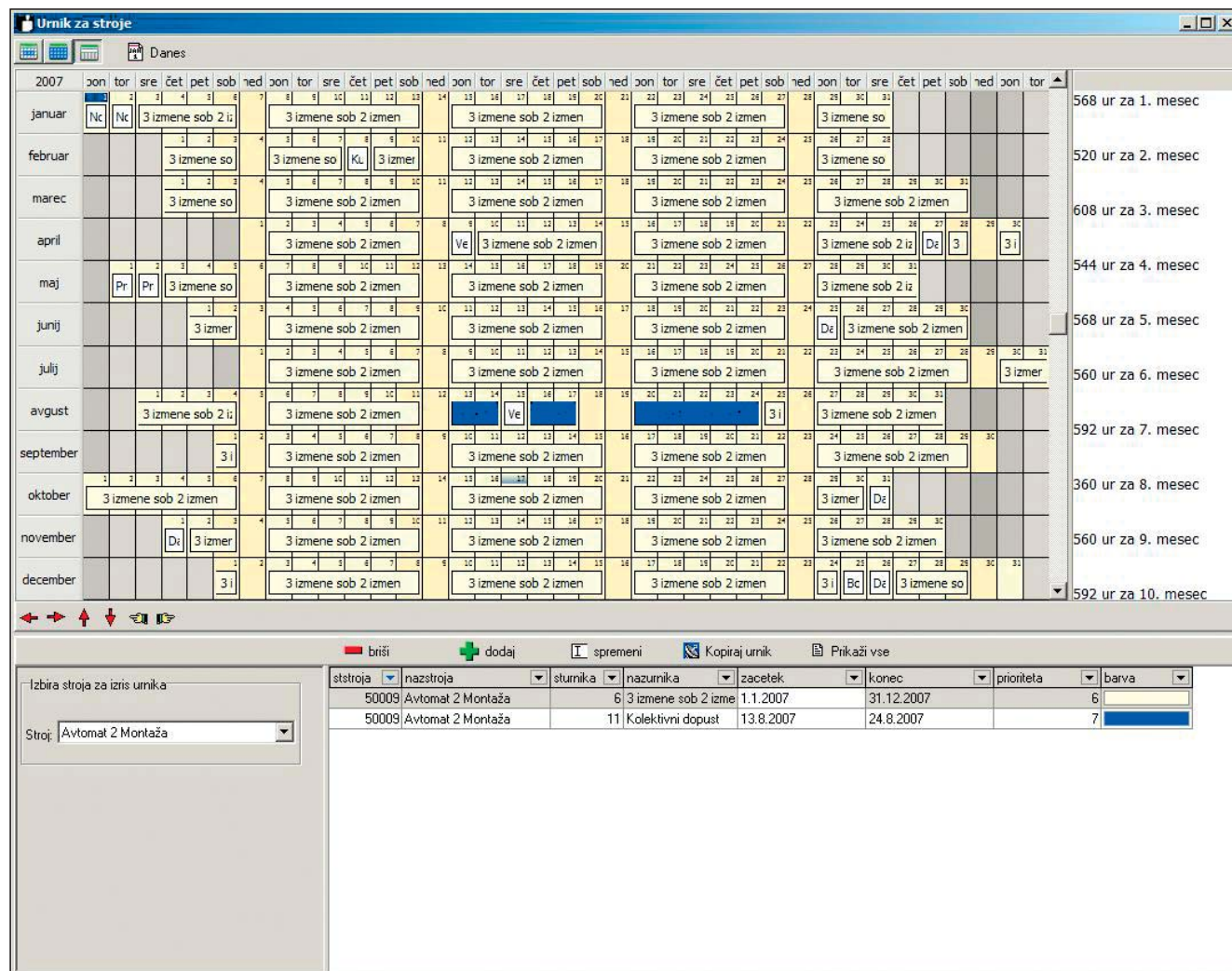
Osnovni namen zbiranja podatkov v proizvodnji je zagotavljanje povratne informacije o dejanskem stanju, ki je namenjena predvsem poslovnim informacijskim sistemom. Poleg podatkov o sledljivosti se pogosto zbirajo

tudi različni podatki, ki se nanašajo na količine in čase opravljenega dela in zabeleženih zastojev. Taki podatki o proizvodnji pa so lahko tudi pomemben vir za različne analize o učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnega procesa [4]. Na podlagi teh analiz lahko svoje delo usmerjajo vzdrževalci in se tako osredotočajo na odpravljanje tistih pomanjklivosti, 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

Tabela 1. Dejavniki, ki vplivajo na posamezne faktorje skupne učinkovitosti

Faktor skupne učinkovitosti	Vplivni dejavniki
razpoložljivost	zastoji, nastavljanje
zmogljivost	zmanjšana hitrost delovanja, manjši zastoji, čakanje
kakovost	različne vrste izmeta (slabi kosi, popravljeni kosi, ...)



Slika 3. Modul za določanje urnika obratovanja strojev, potreben za izračun skupne učinkovitosti

merjenje uspešnosti proizvodnje obstajajo številni kazalci. Eden izmed najbolj univerzalnih in razširjenih je kazalec skupne učinkovitosti.

5.1 Skupna učinkovitost opreme

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. Skupno učinkovitost lahko izračunavamo za posamezne stroje, skupine strojev, oddelke, obrate ali za celotno podjetje. Izračun je mogoč za poljubno časovno obdobje. Nekateri avtorji [5], [6] skupni učinkovitosti pripisujejo zelo velik

pomen pri spremljanju uspešnosti proizvodnje in vzdrževanja.

Skupno učinkovitost izračunavamo kot produkt treh faktorjev: **razpoložljivosti**, **zmogljivosti** in **kakovosti**. Vplivi posameznih dejavnikov na vse tri faktorje so prikazani v tabeli 1.

Za izračun posameznih faktorjev skupne učinkovitosti se uporabljajo enačbe [6]:

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

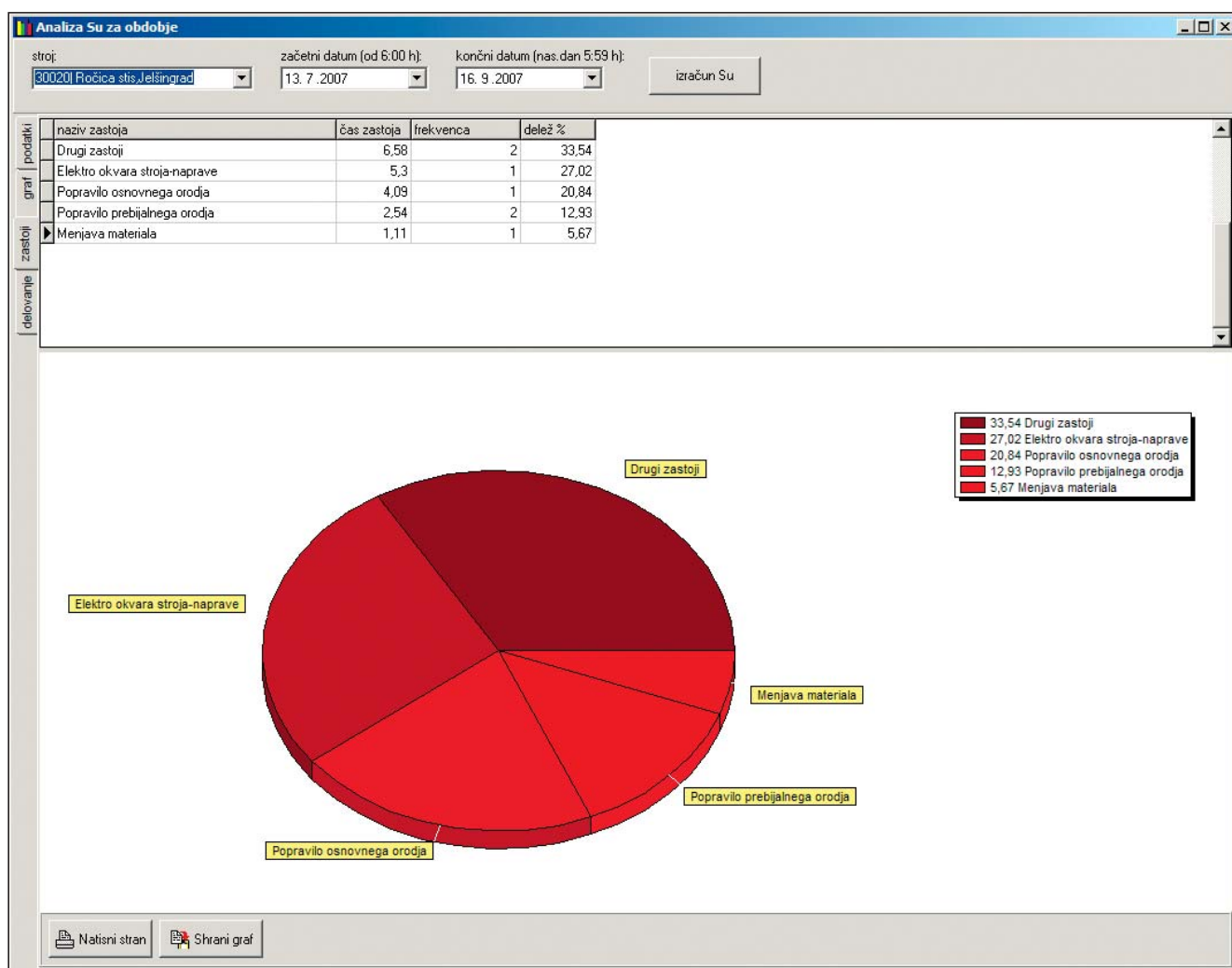
$$\text{zmogljivost} = \frac{\text{idealni čas cikla} \times \text{vsi izdelki}}{\text{čas delovanja} - \text{čas zastojev}}$$

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

Vse potrebne podatke za izračun skupne učinkovitosti je mogoče pri-

dobiti s spremljanjem proizvodnje, kjer delavci prijavljajo dogodke za začetek in konec dela² ter za začetek in konec zastoja³. 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 neposre-



Slika 4. Prikaz zastojev za izbrano obdobje

² V tem primeru pridobimo podatke o trajanju dela, stroju in izdelkih (tip izdelka, število dobro izdelanih in število slabih izdelkov).

³ Za vsak zastoj zabeležimo trajanje (začetek in konec), stroj in tip zastoja.

dno 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.

5.2 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 zastojev je pomembno, da 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. Zastoj je mogoče spremljati tudi tako, da v nekem obdobju zajamemo le eno izmed izmen in tako primerjamo število in čas zastojev med posameznimi izmenami.

5.3 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 opazujejo 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.

■ 6 Sklep

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.

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 nepotrebnemu 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.

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.

Literatura

- [1] Boyer, S: Supervisory Control and Data Acquisition, ISA, Research Triangle Park, 1999.
- [2] Gradišar, M., Resinovič, G.: Informatika v poslovnem okolju, Ekonomska fakulteta, Ljubljana, 2001.
- [3] Wallace, T., Kremzar, M.: ERP: Making It Happen, John Wiley & Sons, New York, 2001.
- [4] Kleindienst, J.: Razvoj in uvažanje informacijskega sistema za spremljanje proizvodnje, Magistrsko delo, Ekonomska fakulteta, 2004.
- [5] Tomažin, J.: Skupna učinkovitost in benchmarking, Vzdrževalec, 2002, str. 12–15.
- [6] Willmott, P., McCarty, D.: TPM – A Route to World-Class Performance, Butterworth-Heinemann, 2001.

Peer online monitoring in manufacturing industries

Abstract: The problem treated in this paper is how to collect, store and transfer data in manufacturing industries. Here, we present different ways to acquire data as well as how to combine them in order to achieve optimal results. We also introduce important production performance indicators.

Keywords: production systems, production monitoring, production control, traceability, performance indicators, overall equipment effectiveness,