

2. Operativno planiranje i terminiranje

Operativno planiranje je proces pretvaranja strateškog plana poslovno proizvodnog sistema (PPS-a) u detaljni dokument koji tačno prikazuje aktivnosti i zadatke koje će operativni tim preduzeti na nedeljnoj, ili ponekad čak dnevnoj bazi. Prema tome operativni plan uključuje akcije ključne događaje koje svaki tim ili odeljenje treba da završi, tokom ciklusa proizvodnje, da bi izvršio zadatke definisane organizacijskim strateškim planom.

Tokom procesa operativnog planiranja, potrebno je navesti odgovornosti svakog tima ili osobe, uključenih u aktivnosti proizvodnog procesa, za naredni kvartal, šest meseci ili fiskalnu godinu.

Prema tome, na osnovu stratejskog ili godišnjeg plana i programa proizvodnje, pristupa se razradi operativnih planova u vremenu i prostoru usklađeno sa postojećim proizvodnim uslovima. Pri tome, u literaturi se operativni plan uglavnom vezuje za planiranje neposrednih radnih aktivnosti vezano za mesto – lokaciju odvijanja, dok se termin plan vezuje za redosled i vreme trajanja pojedinih radnih operacija kao i čitavog ciklusa proizvodnje. U suštini, nemoguće je razdvojiti operativni plan od termin plana, te će se na dalje u okviru operativnog planiranja obraditi i koncept terminiranja procesa proizvodnje.

Naravno, mogući su različiti pogledi na to koliki period vremena treba obuhvatiti operativnim planom. Takođe, obzirom na pravilo da je planiranje utoliko tačnije ukoliko je vremenski period planiranja kraći, vremenski interval za operativni plan se najčešće usvaja kraćim od mesec dana. Međutim, u daljem tekstu ove knjige, **vremenski interval za operativni plan biće usklađen sa dužinom trajanja proizvodnog ciklusa.**



Slika 2.1. Nivo uticaja stratejskog, taktičkog i operativnog donošenja odluka

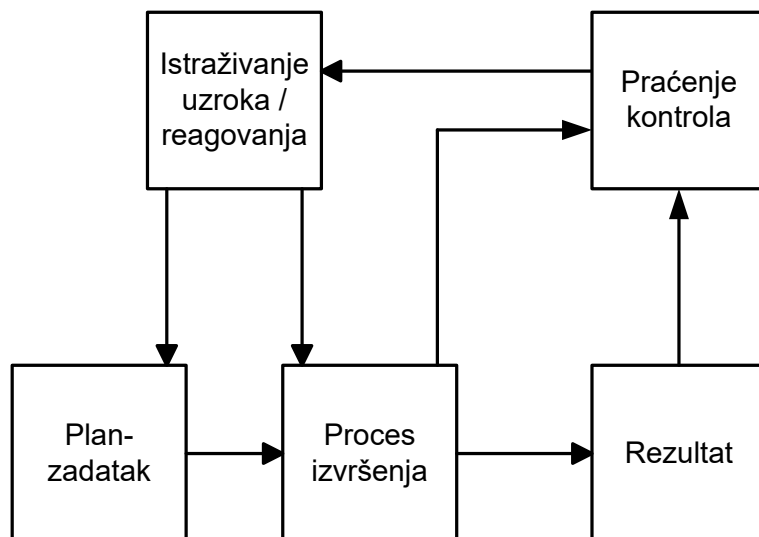
Sam proces proizvodnje se potom realizuje upravo na osnovu operativnog plana. Razlog za to leži u činjenici da je budućnost neizvesna, te se ne mogu sa velikim nivoom tačnosti predvideti tržišna kretanja za period od 5 ili više godina. Samim time, zavisno od opštih i specifičnih uslova u kojima se ostvaruje poslovanje, postoje relativne razlike u pogledu egzaktnosti primenjivanih metoda i tehnika predviđanja, odnosno planiranja. To ima dalje posledice i u pogledu vremenskog horizonta, dugoročnog, odnosno srednjoročnog planiranja koje se razlikuje od slučaja do slučaja. Dugoročni planovi imaju sadržaje na bazi predviđanja, pored onih koji su posledica primena metoda i tehnike planiranja.

U suštini, u okviru operativnog planiranja, zadatke definisane godišnjim planom treba u okviru operativnog plana raspodeliti:

- po pogonima, odeljenjima, radionicama, vodeći računa o tehnološkoj uslovljenosti pojedinih faza proizvodnje (što je suština operativnog planiranja),
- prema rokovima završetka proizvoda, pridržavajući se pri tome preuzetih obaveza u pogledu planiranog roka isporuke ili potreba popunjavanja zaliha gotovih proizvoda (što je suština terminiranja).

Takođe, kako bi se svaki sledeći ciklus proizvodnje mogao neometano da odvija prema operativnom planu, pored planiranja zasnovanog na dugoročnom planu proizvodnje, neophodno je imati i kvalitetnu povratnu informaciju tokom procesa, prema kibernetском modelu, jer to omogućuje korekcije osnovnog plana.

Ukoliko se problem planiranja, a posebnog neposrednog operativnog planiranja, procesa proizvodnje posmatra iz ugla opšte teorije sistema, svakako je interesantno posmatrati tzv. kibernetски model organizacije. Kibernetски prikaz je dat na slici 2.2.



Slika 2.2.. Kibernetiski model organizacije

Naime, ni jedan plan nije savršen, samim time u toku realizacije operativnog plana proizvodnje, povratne informacije o toku proizvodnog procesa mogu dovesti do neophodnim manjih ili većih korekcija originalnog plana. Osim toga, podaci o stanju proizvodnje ali i stanju zaliha repromaterijala, raspoloživost kapaciteta, stanje ispravnosti proizvodne popreme, itd, iz prethodnih ciklusa proizvodnje, značajno utiču na operativni plan tekućeg ciklusa.

Prema tome, na osnovu podataka o trenutnom stanju - uslovima u operativnom delu PPS-a, kao i dugoročnom planu i programu proizvodnje, pristupa se izradi operativnog plana. Sadržaj operativnog plana, za svaki ciklus proizvodnje, obuhvata:

- a) Razrađen proizvodni zadatak za svaki pogon, odeljenje, radionicu, do nivoa radnog mesta po količini i vrsti proizvoda ili delova proizvoda koje treba obraditi,
- b) Rokove početka i završetka svih pojedinačnih elemenata proizvodnog zadatka,
- c) Specifikaciju potreba po vrstama i količinama inputa: materijala, delova, poluproizvoda, energenata i drugo. Pri tome, treba imati u vidu već postojeće raspoložive zalihe,
- d) Potrebe u radnoj snazi (po strukama i stepenu stručnosti) za pojedine pogone, odeljenja, radionice,
- e) Plan za izvršenje radova na održavanju mašina sa rokovima i specifikacijama potreba u materijalu, radnoj snazi i ostalo. U tom pogledu potrebno je razlikovati plansko-preventivni i reaktivni vid održavanja proizvode opreme, jer svaki uslovljava drugačiji vid planiranja. O tome će više reći biti u narednim poglavljima.

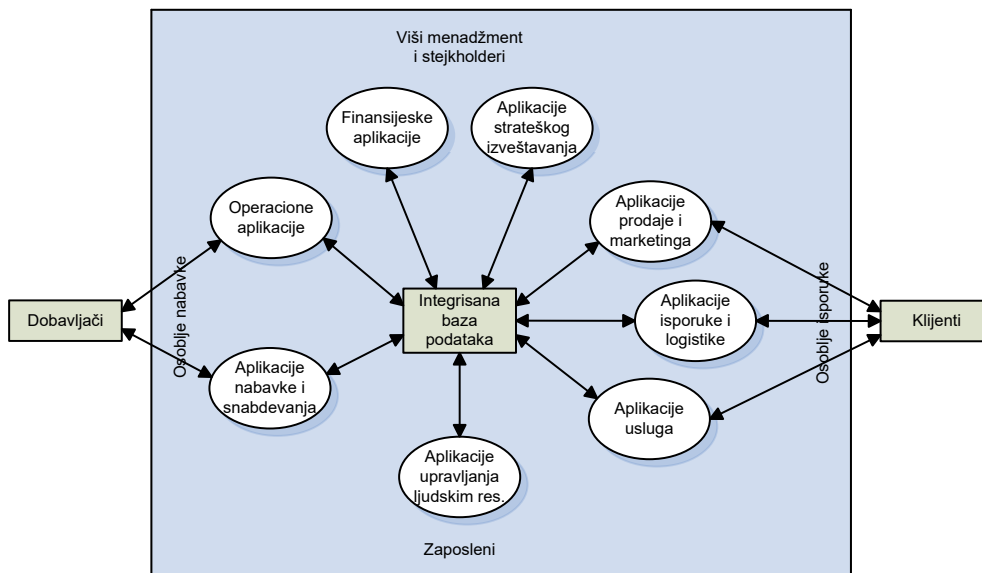
Kako je već rečeno, logičan nastavak i bitan sadržaj operativnog planiranja u smislu daljeg detaljnijeg definisanja u vremenu i

prostoru predstavlja i terminiranje. Suština terminiranja sastoji se u vremenskom usklađivanju toka i redosleda tehnoloških operacija, pri čemu se polazi od planiranih rokova za završetak proizvoda uz istovremeno što racionalije korišćenje proizvodne opreme. Za uspešno terminiranje, prethodno je potrebni sastaviti:

- plan opterećenja radnih mesta,
- plan izvršenja zadataka po radnim nalogima.

U ranijem periodu, ovakvo planiranje se obavljalo ručno. To je svakako predstavljalo kompleksan zadatak, posebno u slučajevima gde se proizvodnja sastoji iz velikog broja radnih operacija. U savremenom konceptu poslovanja 21. veka, veoma je izraženo oslanjanje na podršku računara. Čak šta više, nije moguće zamisliti savremeni pristup operativnom planiranju i terminiranju bez upotrebe računara. Prema tome, u novije vreme javljaju se metode operativnog planiranja i terminiranja koje se baziraju na MRP-a i ERP sistemima, u velikim kompanijama ili na komercijalne softvere u manjim. Takođe, i sam LEAN koncept proizvodnje podrazumeva planiranje proizvodnje kao sinhronizovanog sistema, o čemu će biti više reči u daljem tekstu.

Kao savremeni vid planiranja i integrisanja svih funkcija kompanija javljaju se **sistemi planiranja potreba preduzeća - ERP** (Enterprise Resource Planning). Ovi sistemi se ne bave analizom i planiranjem resursa samo na nivou jednog odeljenja, već na nivou čitave kompanije, uz uzimanje u obzir i poziciju razmatranog proizvodnog sistema u okviru lanaca snabdevanja, kako iz ugla nabavke tako i iz ugla distribucije finalnih proizvoda. Prema tome, ovi sistemi omogućuju i interakciju proizvodnog sistema sa njihovim okruženjem. Do određenog nivoa moguća je i komunikacija sa krajnjim korisnicima, kao i zajednička kontrola zaliha sa dobavljačima repromaterijala, sve u okviru jedinstvene baze podataka. Ovo su značajni i veoma sofisticirani sistemi planiranja. Kao primer se može izdvojiti SAP sistem (Systems Applications and Products), razvijen u Nemačkoj. Najnovije SAP aplikacije, poseduju i online web platformu (<http://mysap.com>), kao i platform za e-biznis. Međutim, obzirom da ERP sistemi znatno prevazilaze oblast industrijskog inženjerstva, što je tema ovog kursa, u daljem tekstu neće biti mnogo više reči o njima. Primer elemenata koje može da sadrži jedan ERP sistem je prikazan na slici 2.3.



Slika 2.3. ERP sistemi integrišu informacije iz svih delova PPS-a

Kako se značajan deo operativnog planiranja sastoji iz definisanja redosleda radnih aktivnosti, kao i definisanja njihovog vremenskog trajanja, u daljem tekstu biće predstavljeni osnovni alati za terminiranje i međusobno raspoređivanje aktivnosti.

Kao bitan plan operativnog planiranja, i osnova za uspešno terminiranje, neophodno je izvršiti i definisanje redosleda aktivnosti, odnosno sekventno planiranje. Naime, kada naručeni posao stigne do radnog centra, moraju se doneti odluke o redosledu samih radnih aktivnosti. Ovaj vid operativnog planiranja se naziva sekventno planiranje („sequencing“). Na sam način raspoređivanja radnih zadataka uticaj mogu imati:

1. *Fizička ograničenja*, shodno prirodi materijala koje treba obrađivati ili shodno redosledu proizvodne opreme. Prema tome, tu postoji neophodan redosled aktivnosti koji je nemoguće menjati. Ovo je čest slučaj u procesnoj industriji
2. *Prioritet kupaca*. Ponekad se na redosled operacija može uticati na osnovu značaja samih kupaca, bez obzira na to kojim redosledom su stizale narudžbine. Naime, ponekad je neohodno prvo izvršiti radne aktivnosti na proizvodima naručenim od strane kupac koji su redovni klijenti PPS-a ili naručuju značajno veće količine od drugih. Svakako, ovakav vid organizacije je moguć samo tamo gde proces proizvodnje nije vidljiv i nije u direktnom kontaktu sa samim kupcima. U suprotnom, svakako bi izazvao nezadovoljstvo kupaca koji naručuju manje količine.
3. *Rok isporuke*. Kod ovog vida organizacije, prioretizacija radnih aktivnosti na proizvodima se vrši prema rokovima isporuke, nezavisno od veličine posla ili značaja samih kupaca. Ovaj vid organizacije povećava performanse

pouzdanosti jer se smanjuje mogućnost kašnjenja sa isporukom.

4. *First – In- First – Out (FIFO)*. U ovom vidu organizacije se klijenti uslužuju tačno prema redosledu pristizanja porudžbine, prema principu „ko prvi pristigne, prvi je uslužen“. Ovaj vid organizacije se smatra kao fer, u operacijama koje imaju visok kontakt krajnjih korisnika – sa proizvodnim operacijama. Ipak, nedostatak je što se u obzir ne uzima rok isporuke pojedinih poslova, prema urgentnosti.
5. *Last-In-First-Out (LIFO)*. Kod ove organizacije redosled radnih aktivnosti se zasniva na praktičnim razlozima. Naime, ovde se prve radne aktivnosti obavljaju na predmetu rada koji je poslednji stigao. Iako deluje nelogično, ovakav vid rada je čest kod skladišta koja imaju samo jedan ulaz. Naime, logično je prvo vršiti obradu na predmetu rada koji je najbliži ulazu skladišta, dakle koji je posledni pristigao. Ovaj vid organizacije se primenjuje u operacijama koje ne uključuju kontakt sa krajnjim korisnicima – klijentima.
6. *Longest Operation Time first (LOT)*. Pod određenim okolnostima, operacije mogu planirati rad prvo na predmetima rada koje je najduže potrebno obrađivati. Prednost je jer se tada radni centri bave operacionim radom koji je dugoročnog karaktera. U nekim slučajevima se manji obim posla, kraćeg roka, može i odbiti.
7. *Shortest Operation Time first (SOT)*. Ovaj organizacioni metod se primenjuje tamo gde su operacije zavisne od trenutne potrebe za gotovim novcem. Tada se prioritet daje poslovima koji se mogu prvi završiti i za njih se upućuju predračuni te sakuplja gotovina. Ovaj vid rada može unaprediti prihod kompanije ali dugoročno može uticati na ukupnu produktivnost i na gubitak većih klijenata.

Za uspešno terminiranje i operativnoplaniranje proizvodnje, neophodno je imati na umu činjenicu da je „**Vreme jedini neobnovljiv i nenadoknativ resurs**“.

Ukoliko menadžer proizvodnje načini grešku prilikom planiranja bilo kog materijalnog resursa značajnog za poslovanje, svakako to će dovesti do uvećanja troškova i negativno će se odraziti na poslovanje poslovno proizvodnog sistema (PPS-a). Ipak, kod većine materijalnih resursa, greške je moguće ispraviti dodatnim investicijama ili korekcijama u narednom periodu. S druge strane, ukoliko se učini greška kod pogrešne procene neophodnih vremena u proizvodnji, odnosno ukoliko se planiranje vremena ne uradi

adekvatno, greške su nenadoknadleive. Naime, za razliku od drugih resursa, utrošeno vreme nije moguće povratiti. Samim time, postoje čitave oblasti naučnog menadžmenta koje se upravo bave „time management-om“, odnosno upravljanjem vremenom.

Kada kvalifikovani radnik radi na određenom poslu sa standardnim učinkom, vreme koje mu je potrebno za obavljanje posla se naziva osnovno vreme za posao (normalno – normirano vreme). Poznavanjem osnovnih vremena za niz različitih zadataka, menadžer operacija može da napravi procenu vremena za bilo koju aktivnost koju čine radni zadaci radnika.

U daljem tekstu, pristupiće se terminiranjem proizvodnje, odnosno upravljanju vremenom iz ugla optimizacije procesa proizvodnje. Pri tome potrebno je imati u vidu da je imperativ uspešnog poslovanja: Vreme treba što racionalnije koristiti. Ovaj opšti stav ima posebnu težinu obzirom na poslovanje u savremenom tržišnom okruženju gde širok uticaj imaju:

- konkurencija na tržištu (stalne promene u zahtevima kupaca i rokovi isporuke),
- tehničko-tehnološke promene (novi proizvodi, nove tehnologije).

Naime, nove tendencije u smislu brzog razvoja proizvoda i brze proizvodnje, kao i savremeni koncept komunikacije sa krajnjim korisnicima putem online platformi i e-trgovine, uticao je na činjenicu da moderna proizvodnja postaje veoma dinamičan sistem. Time, vreme kao resurs i brzina proizvodnje i reakcije PPS-a na promene u okruženju, odnosno potrebama tržišta, dodatno dobija na značaju.

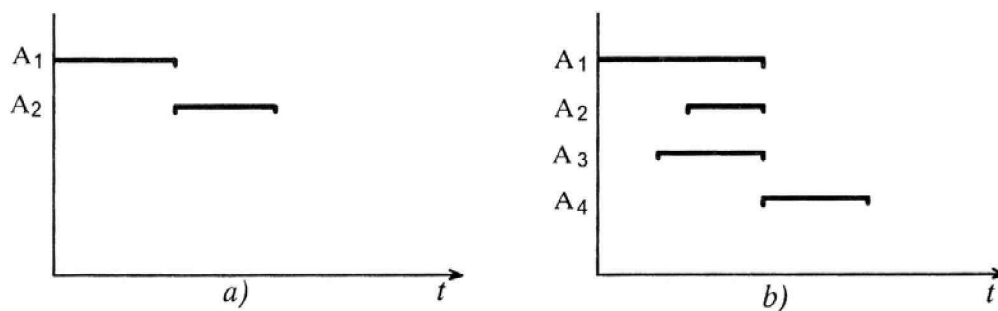
Iako se opšte planiranje proizvodnje oslanja na strategiju definisanu od strane top menadžmenta kompanije, najveća odgovornost za vremenski interval ostvarivanja proizvodnje leži na samim operativnim jedinicama proizvodnje – odnosno menadžerima proizvodnje, pod uslovom da su razvoj i priprema proizvodnje i neposredna priprema proizvodnje urađeni na adekvatan način i sa realno sagledanim podacima o trenutnom stanju proizvodnih kapaciteta.

Vreme kao značajna dimenzija, se javlja sa stanovišta organizacije proizvodnje pri definisanim uslovima ostalih resursa (poznati podaci o raspoloživosti: radne snage, proizvodne opreme, repromaterijala i drugo). Na osnovu datih parametara i poznatih radnih aktivnosti u okviru svih faza tehnološkog procesa, može se odrediti dužina trajanja celokupnog ciklusa proizvodnje. Pri tome, naravno, pored same dužine trajanja proizvodnih aktivnosti, značajan je i njihov međusobni odnos. Naime, dužina trajanja proizvodnje bi bila znatno veća ukoliko bi se sve aktivnosti uzastopno nizale (Slika 2.4.a), u poređenju sa situacijom gde se

više aktivnosti obavljaju istovremeno (Slika 2.4.b).

Ni jedna ni druga krajnost nisu bliske realnosti, ali se između njih nalaze brojne moguće varijante. Naime, kod realnih proizvodnih procesa, svakako da ima aktivnosti koje je neophodno obavljati uzastopno, dok je pojedine moguće planirati paralelno. Opet, za najveći broj aktivnosti može postojati samo delimično preklapanje u vremenima odvijanja. Prema tome, pri upravljanju vremenom i raspoređivanju redosleda pojedinih procesnih aktivnosti treba imati u vidu:

1. Tehnološku, radnu uslovljenost pojedinih aktivnosti odnosno operacija, definisanu samim fazama tehnologije izrade datog proizvoda,.
2. Ograničenja u pogledu raspoloživih kapaciteta, radi izbegavanja zastoja ili čekanja: proizvodne opreme, radnika ili objekata rada (izbeći mogućnost pojave uskog grla).
3. Layout i neophodnost transporta materijala sa jednog mesta na drugo u skladu sa rasporedom opreme (izvršiti optimalno raspoređivanje opreme u prostoru).



Slika 2.4. a) naredna aktivnost čeka izvršenje prethodne, b) aktivnost A_4 čeka izvršenje paralelnih aktivnosti A_1 - A_3

Na osnovu tako klasifikvanih međusobnih zavisnosti aktivnosti, dalje se aktivnosti međusobno raspoređuju prema redosledu i trajanju u cilju uspešnog izvršenja određenog proizvodnog zadatka. Sumiranjem i dobijanjem ukupnog vremena trajanja svih radnih aktivnosti dobija se projektovano vreme trajanja proizvodnje – vreme trajanja proizvodnog ciklusa. U procesu definisanja trajanja proizvodnog ciklusa, najčešće se koristi grafički prikaz međusobne zavisnosti aktivnosti, gde se na X-osi ovih dijagrama nalazi vreme. Pored toga, zavisno od karaktera međusobnih veza između aktivnosti, koriste se adekvatne jednačine modela za proračun ukupnog projektovanog vremena trajanja procesa.

Prema tome ostvarenje proizvodnog ciklusa zahteva izvestan period vremena. *Proizvodni ciklus obuhvata vremenski period od početka izrade prvog (od ukupne količine proizvoda) pa do završetka poslednjeg.* Proizvodni ciklus se može odnositi na ceo

proizvod, sklop ili deo.

Ipak, kod planiranja vremena u proizvodnji (terminiranje), treba imati u vidu da se pored vremena koje se direktno troši na radne operacije u proizvodnji, deo vremena troši i na prateće aktivnosti. Na taj način, vremensko trajanje proizvodnog ciklusa se može podeliti na: proizvodno i neproizvodno vreme.

Pod proizvodnim vremenom obuhvaćeni su svi vremenski delovi proizvodnog ciklusa koji su povezani sa proizvodnim operacijama. Proizvodno vreme se dalje deli na:

- *neposredno vreme*, koje sadrži *pripremno* i *završno* vreme proizvodnih operacija, kao i samo vreme *izrade*. Takođe tu spada i *pomoćno* i *dopunsko* vreme.
- *posredno* vreme, gde spada vreme potrebno za *transport* i *kontrolu*.

U neproizvodno vreme spadaju *objektivno* i *neobjektivno* (subjektivno) vreme. Objektivno vreme obuhvata neradne dane, dok neobjektivno uključuje: zastoje usled kvara mašina, zastoje usled nedotatka materijala, zastoje usled nedostatka energije, usled nedostatka alata, itd.

Kod preliminarne analize i proračuna svakog od navedenih elemenata vremena, treba imati u vidu da se na taj način dobija projektovano – proračunsko vreme. Stvarno trajanje proizvodnog ciklusa, u realnim uslovima proizvodnje, zavisi od uspešnog rešavanja niza organizacionih ili tehničkih pitanja u vezi sa proizvodnjom nekog proizvoda ili njegovih delova. Prema tome, stvarno vreme se može razlikovati od projektovanog, shodno nivou organizacije rada u samom ciklusu proizvodnje.

U daljem tekstu će biti prikazani osnovni tipovi organizacije toka redosleda proizvodnih operacija (metode terminiranja), koji se koriste u cilju dobijanja projektovanih vremena trajanja ciklusa proizvodnje. Međutim, pre nego što se pristupi proračunu trajanja proizvodnog ciklusa i određivanju redosleda odvijanja proizvodnih operacija (terminiranju), neophodno je ustanoviti pojedinačna vremena neophodna za realizaciju svake pojedine radne operacije. Proces određivanja osnovnih vremena (normalnih vremena – normativna vremena) definisan je kao proces utvrđivanja vremena koliko rad na određenom zadatku treba da traje kada ga obavlja kvalifikovani radnik sa definisanim nivoom kvaliteta rada. Složenost ljudskog rada sam po sebi, kao i uslovi u kojima se vrši, predstavljaju veoma ozbiljan problem izbora adekvatne jedinice mere. Najprikladnije bi bilo meriti energiju koju radnik troši dok obavlja određeni rad. Međutim, obzirom da čovek nije mašina, teško je praktično izvršiti ovakvo merenje. Iz tih razloga rad se meri preko učinka, npr. tona iskopanog uglja, broj ugrađenih komada u jedinici vremena, broj komada obrađenih na mašini određenog tipa,

itd.

Individualne razlike između različitih izvršioca otežavaju definisanje normalne granice naprezanja, odnosno norme. Izbor „prosečnog radnika» takođe predstavlja veoma delikatan zadatak. Prema jednoj od definicija «prosečan radnik za ma koju vrstu posla je onaj radnik koji je dovoljno inteligentan i fizički sposoban da radi na određenom poslu, koji ima dovoljno iskustva da posao izvede na zadovoljavajući način i da mu obezbedi propisani kvalitet“. Sama definicija je suviše široka, te je veoma teško odabrati takvog pojedinca čija bi spretnost i brzina bile prosečne i posmatrale se kao normativ u odnosu na posmatranu grupu radnika. Rezultat prosečnog radnika je podloga za određivanje normalnog učinka, odnosno norme, na osnovu koje bi se ocenjivao učinak svih ostalih radnika. Iz tog razloga će u narednom tekstu biti više reči o načinima za određivanje vremenskih normativa rada.

2.1. Iskustveno i normalno vreme

Osim činjenice da je teško odrediti prosečnog radnika na osnovu kojeg bi se definisali normativi rada za čitavu radnu grupu, mora se uzeti u obzir da u industiji uglavnom postoje poslovi koji koriste kombinovani mašinski i ručni rad i oni koji koriste samo ručni rad. Samim time, javlja se problematika optimalnog usklađivanja rada čoveka i mašine, u okviru radnih vremenskih normativa.

Kako bi se navedeni normativi ipak odredili, razvijene su metode normiranja, u okviru kojih se vreme potrebno za obavljanje operacija - posla, može predstaviti kao:

- iskustveno vreme ili
- normalno vreme.

Iskustveno vreme trajanja radnih zadataka se, kako sam naziv kaže, dobija na bazi iskustva. Ono uvek ima povećani uticaj subjektivnosti, pa na ovaj način određena vremena ne mogu biti realna podloga za rešavanje ovako značajnog problema. Dve osnovne varijante dobijanja iskustvenih vremena su:

- na bazi individualnih procena odgovornih lica ili
- na bazi statističkih podataka o izvršenju u proteklom periodu.

Osnovni nedostaci obe varijante su što ne uzimaju u obzir realne uslove pri kojima se obavljaju trenutni poslovi. U celini uzev, iskustvena (empirijska) vremena ne mogu biti realna podloga za rešavanje problema u industrijskoj proizvodnji.

Normalna vremena dobijaju se korišćenjem adekvatnih metodoloških postupaka, koje karakteriše nastojanje da se na što

objektivniji način obuhvate karakteristični faktori od kojih zavisi normalni učinak radnika, odnosno norma. Postoji značajan broj različitih metoda koje ovu problematiku rešavaju na više ili manje uspešan način.

U cilju definisanja normativa vremena, neophodno je vršiti merenje vremena rada većeg broja operatera. Za merenje u cilju određivanja normalnih vremena koriste se različite tehnike merenja i alati, kao što su hronometri, video tehnika, elektronski digitalni hronometri u sprezi sa PC-om i odgovarajućim softverima za izračunavanje normalnih vremena izrade.

2.1.1. Određivanje normalnog vremena

Kako bi se definisao pojam i lakše razumeo postupak dobijanja normalnog vremena, radne operacije je potrebno razmatrati rasčlanjeno na sastavne elemente (zahvate, pokrete). Karakter tih elemenata međusobom se razlikuje. Potom, kako bi se definisalo normalno vreme, neophodno za odvijanje bilo kojeg elementa rada, treba organizovati da veći broj operatera obavlja isti zahvat. Za to vreme vrši se merenje neophodnog vremena rada svakog od njih, što daje jedan niz podataka, na osnovu kog se potom nekom od potencijalnih metoda definišu normativi. U daljem tekstu će biti predstavljeni neki od metoda za određivanje normativa vremena:

Metoda prosečne vrednosti

U cilju proračuna normalizovanog vremena, za svaki snimljeni element rada u okviru operacije, izračunava se aritmetička sredina. Naime, niz vremena koji je dobijen za obavljanje iste radne operacije većeg broja operatera se sabiraju a potom se zbir deli brojem operatera. Time se definiše normalno vreme kao aritmetička sredina izmerenih vremena. Neka je, na primer snimanjem dobijen sledeći niz podataka, npr. u minutima:

7-5-6-8-7-9-5-6-7-6-7-8-9-7-6-8-9-8-7-6-7-7-8-7-6-8.

Normalno vreme, dobijeno kao prosečna vrednost (aritmetička sredina) je:

$T_{sr} =$

$(7+5+6+8+7+9+5+6+7+6+7+8+9+7+6+8+9+8+7+6+7+7+8+7+6+8) / 26 = 7.07 \text{ minuta}$

Metoda najveće frekvencije

Ova metoda takođe koristi snimljene/izmerene podatke. Celokupna priprema i dalja obrada snimljenih podataka treba da bude sprovedena u skladu sa ranijim izlaganjem.

Podaci o vremenskom trajanju pojedinih elemenata rada delova

operacije, dobijeni snimanjem, predstavljaju polaznu bazu za dalju primenu ove metode. Neka je, na primer snimanjem dobijen sledeći niz podataka, npr. u minutima:

7-5-6-8-7-9-5-6-7-6-7-8-9-7-6-8-9-8-7-6-7-7-8-7-6-8.

Pojedine veličine javljaju se sa sledećim frekvencijama: 5 - 2 puta; 6 - 6 puta; 7 - 9 puta; 8-6 puta; 9 - 3 puta.

Kao što se vidi, 7 se javlja sa najvećom frekvencijom, te se može smatrati normalnim vremenom izrade. Korišćenje normalizovanih podataka doprinosi realnosti dobijenih vrednosti, u većoj meri u odnosu na aritmetičku sredinu.

Michelin metoda

Prema svom autoru Michelin-u, ova je metoda dobila je svoje ime. Normalno vreme izrade, odnosno tipsko za operaciju, dobija se kao aritmetička redina minimalnog i srednjeg vremena, tj. (2.1):

$$T_{\text{tipsko}} = \frac{T_{\text{min}} + T_{\text{sr}}}{2} \quad (2.1)$$

Za opisivanje postupka dobijanja T_{min} i T_{sr} poslužiće primer sa konkretnim podacima. Na primer, višestrukim snimanjem jedne operacije dobijeni su sledeći podaci (u minutima):

12,13, 8,11,10,15, 21,12,16,14, 10,11, 17,13.

Radi provere da li je obavljen dovoljan broj snimanja, izračunava se aritmetička sredina prvih sedam, pa zatim drugih sedam podataka, ustvari polovina raspoloživih podataka iz gornjeg niza. Ovako dobijene srednje vrednosti treba da budu u granicama $\pm 5\%$ od aritmetičke sredine svih podataka. Za navedene podatke, srednja vrednost prve polovine podataka iznosi 12.85, a za drugu 13.28 što je u okviru dopustivih odstupanja od $\pm 5\%$ u odnosu na 13.07, što predstavlja aritmetičku sredinu svih snimljenih podataka.

To je određeno na sledeći način:

$$[(13.07 - 12.85) / 13.07] * 100 = 1.68 \%$$

$$[(13.07 - 13.28) / 13.28] * 100 = -1.58 \%$$

Dalji postupak je sledeći: sve snimljene podatke potrebno je poredati u rastući niz:

8,] 10,10,11,11, 12,12,13,13, 14,15,16,17, [21
odbaciti odbaciti

Najveća i najmanja vrednost iz niza se odbacuje, a preostale cifre iz niza podataka grupiše se u približno tri jednake grupe. Najveća vrednost u I grupi je $T_{\min}$. Dok se T_{sr} dobija kao aritmetička sredina svih podataka iz sve tri grupe. Prema tome:

$$T_{\min} = 11, \quad a \quad T_{sr} = 12.83$$

Tako da je:

$$T_{\text{tipsko}} = \frac{11 + 12.83}{2} = 11.92$$

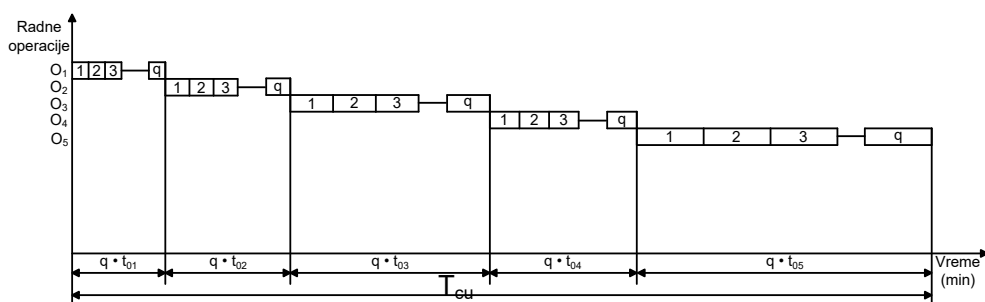
Osnovna karakteristika ovako izračunatog normalnog vremena je u tome što se ne prihvata srednja vrednost već nešto manja, što favorizuje intenzivniji rad.

2.2. Tipovi organizacije toka redosleda operacija

Tipovi organizacije toka redosleda operacija, odnosno tipovi terminiranja, koji se koriste za proračun projektovanog-planiranog vremena trajanja proizvodnog ciklusa, mogu biti:

- Uzastopni,
- Paralelni,
- Kombinovani.

Osnovna karakteristike uzastopnog tipa organizacije toka redosleda operacija je u tome što se na prvom radnom mestu obavi operacija na svim komadima, da bi se zatim na sličan način to ponovilo na svim ostalim radnim mestima. Odnosno, ni jedan predmet rada ne prelazi na narednu radnu operaciju, sve dok se ne završi obrada svih komada na tekućoj radnoj operaciji. Na slici 2.5. dat je grafički prikaz ovog tipa organizacije.



Slika 2.5. Uzastopni tip toka redosleda operacija

Ukupno vreme potrebno za izradu jedne proizvodne serije, odnosno dužina proizvodnog ciklusa, za uzastopni tok operacija, izračunava se prema obrascu:

$$T_{cu} = q \cdot \sum_{i=1}^k \frac{t_{0i}}{60} [\text{h}] \quad (2.2)$$

Gde su:

T_{cu} - vreme trajanja proizvodnog ciklusa, sa operacijama poredanim prema uzastopnom redosledu

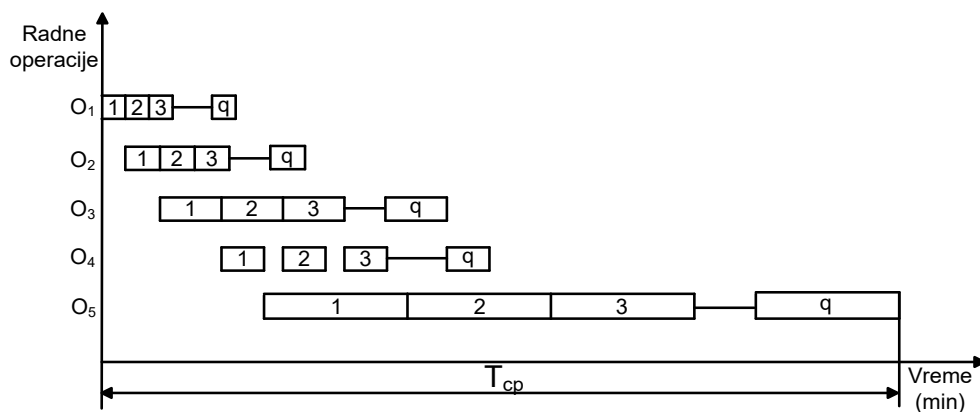
q - broj komada u seriji

t_{0i} - vreme trajanja svake pojedine operacije [min]

k - broj operacija neophodnih za izradu svakog od proizvoda.

U ovom slučaju, vreme trajanja ciklusa je najduže, što ima čitav niz negativnih posledica u odnosu na zamrzavanje obrtnih sredstava. Naime, kod ovog tipa organizacije proizvodnih operacija, javlja se takozvano čekanje materijala. Svi prethodno obrađeni komadi čekaju obradu poslednjeg, kako bi prešli na narednu radnu operaciju. Time se javlja potreba za postojanjem međuskladišta ili u najmanju ruku kontejnera i polica, gde te predmete rada treba odložiti dok se čeka njihova prelazak na dalju obradu u narednim operacijama. Samim time, javljaju se izvesne zalihe u toku procesa proizvodnje. Primena ovog tipa organizacije je neprikladna za veće serije, ali je pogodna za veći asortiman proizvoda u maloserijskoj proizvodnji.

Za paralelni tip organizacije toka redosleda operacija karakteristično je da svaki komad po završetku obrade u prethodnoj operaciji prelazi na narednu. Na slici 2.6. dat je grafički prikaz ovog tipa.



Slika 2.6. Paralelni tip terminiranja

Vreme trajanja izrade proizvodne serije po paralelnom tipu proizvodnje računa se na osnovu obrasca:

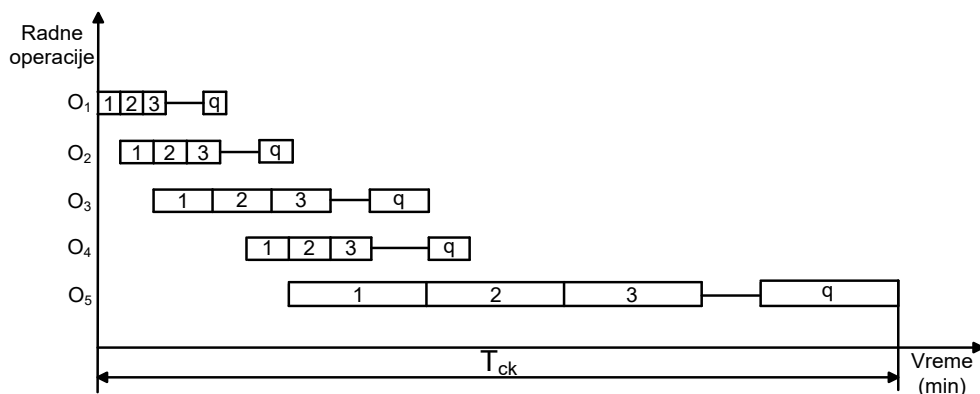
$$T_{cp} = \frac{q-1}{60} \cdot t_{0\max} + \sum_{i=1}^k \frac{t_{0i}}{60} [\text{h}] \quad (2.3)$$

Gde je: T_{cp} - vreme trajanja proizvodnog ciklusa, sa operacijama poređanim prema paralelnom redosledu; $t_{0\max}$, vreme trajanja najduže operacije.

Primenom ovakvog vida terminiranja, ukupno vreme proizvodnog ciklusa je značajno kraće, u odnosu na uzastopno terminiranje. Kada bi vreme trajanja svake naredne operacije bilo jednako, ili duže, u odnosu na prethodnu, ovaj vid terminiranja bi dao idealne rezultate. Eventualni nedostatak ovog vida terminiranja, se javlja usled neujednačenog trajanje pojedinih operacija, posebno kada je naredna operacija kraća od prethodne, kao što je slučaj sa operacijom O_4 na slici 2.6. U takvim situacijama se javlja tzv. čekanje mašina. Naime, prvi komad se obradi u operaciji O_4 , znatno pre nego što stigne drugi komad sa obrade na operaciji O_3 . Prema tome, nije moguće iskoristiti maksimalni kapacitet mašine koja se koristi na radnom mestu operacije O_4 , usled dužeg trajanja rada u okviru prethodne operacije. Na taj način, dok ne stigne drugi i svaki naredni komad, sa obrade u okviru operacije O_3 , javlja se čekanje mašine u operaciji O_4 .

Ovaj vid terminiranja se najčešće primenjuje u velikoserijskoj i masovnoj proizvodnji. Zahteva visoku tehnološku disciplinu i visoki nivo sinhronizacije rada operativnih službi za opsluživanje radnih mesta.

Kao odgovor na nedostatke uzastopnog i paralelnog terminiranja (čekanje materijala i čekanje mašina, respektivno), razvijen je kombinovani tip organizacije redosleda operacija – kombinovano terminiranje. Kod kombinovanog tipa organizacije toka redosleda operacija, primenjen je delimično paralelan tip, ali na takav način da bi se izbeglo čekanje mašine (što je slučaj kod čisto paralelnog terminiranja) i delimično uzastopan tip terminiranja. Grafički prikaz ovakvog vida terminiranja dat je na slici 2.7.



Slika 2.7. Kombinovani tip terminiranja

Na slici 2.7, predstavljene su iste radne operacije kao na slici 2.6,

međutim, ovde je terminiranje urađeno po kombinovanom a ne po paralelnom principu . Ukoliko se na slici 2.4 pogledaju operacije $O_1 - O_3$, očigledno je da je tu terminiranje urađeno po istom principu kao u slučaju paralelnog terminiranja (Od prvog ka zadnjem komadu, ili sa leva na desno). Potom, operacija O_4 , koja je kraća od operacije O_3 , se terminira počevši od zadnjeg komada ka prvom (odnosno sa desna na levo). Time se postiže da nema čekanja mašina. Naime, operacija O_4 , počinje sa radom nešto kasnije nego što je to realno moguće kod paralelnog terminiranja, međutim, kada jednom počne odvija se u kontinuitetu sve do poslednjeg komada, prema kojem je i vršeno terminiranje. Nakon toga, operacija O_5 , koja je duža od operacije O_4 , se ponovo terminira prema principu paralelnog terminiranja - s leva na desno. Prema tome, kod ovog terminiranja nema čekanja mašine ali se javlja neznatno čekanje materijala kod operacije O_4 .

Za izračunavanje vremenskog trajanja proizvodnog ciklusa za kombinovani tip proizvodnje koristi se sledeći obrazac:

$$T_{ck} = \frac{1}{60} \cdot \sum_{j=1}^k t_{0j} + \frac{(q-1)}{60} \cdot \left(\sum_{i=1}^k t_{0j}^I + \sum_{i=1}^k t_{0j}^{II} \right) [h] \quad (2.4)$$

Pri čemu je vreme t_{0j}^I , ono vreme koje je duže od prethodnog i narednog, susednog vremena, odnosno za koje važi uslov:

$$t_{0j-1} < t_{0j} > t_{0j+1}$$

dok je t_{0j}^{II} ono vreme koje je kraće od prethodnog i narednog susednog vremena, odnosno za koje važi uslov:

$$t_{0j-1} > t_{0j} < t_{0j+1}$$

Svim navedenim obrascima za uzastopno, paralelno i kombinovano terminiranje, dobijaju se zapravo proračunska (projektovana) vremena trajanja ciklusa proizvodnje. Ovo se još naziva i teorijsko vreme trajanja proizvodnog ciklusa (T_{ct}). Stvarno trajanje proizvodnog ciklusa (T_{cs}), se dobija snimanjem i merenjem kada proces proizvodnje realno počne i obično je duže od vremena T_{ct} ($T_{ct} = T_{cu}$, T_{cp} ili T_{ck}), iz razloga što T_{cs} , sadrži i posredna vremena

kao i neproizvodna vremena. Relacija: $k_{pr} = \frac{T_{cs}}{T_{ct}}$, naziva se koeficijent protoka i predstavlja meru uspešnosti sinhronizacije aktivnosti u toku ostvarivanja proizvodnih procesa za odgovarajući tip proizvodnje.

Zapravo, taj koeficijent govori o tome koliko je moguće optimizovati realni proces proizvodnje kako bi se stvarno vreme

što više približilo teorijskom vremenu trajanja proizvodnog ciklusa. U savremenom menadžmentu proizvodnje, postoji još jedna moguća međufaza optimizacije. Naime, nakon proračuna teorijskog vremena trajanja ciklusa, a pre realne proizvodnje, moguće je vršiti simulaciju proizvodnog procesa pomoću računara. Time je moguće pre početka realne proizvodnje dodatno vršiti korekciju teorijskog trajanja ciklusa proizvodnje, koristeći ograničenja koja inače postoje u realnom proizvodnom postrojenju. Takođe, u cilju optimizacije, moguće je vršiti smanjenje ili eliminaciju uticaja posrednih vremena na ukupno stvarno vreme T_{cs} . Jedna od tehnika kojom se to može ostvariti je tehnika takozvanih «pokrivenih» vremena. Na slici 2.8. prikazan je efekat «pokrivenih» vremena za međuoperacijski transport i operacijsku kontrolu kvaliteta uvođenjem tzv. autokontrole (radnik obavlja kontrolu kvaliteta na urađenom komadu dok se na mašini obavlja redovna radna operacija). Pod međuoperacijskim transportom se podrazumeva da se deo završenih komada prenosi na mašine u okviru druge operacije dok se na mašinama prve operacije i dalje obrađuju preostali komadi.

Na taj način na slici 2.8a je data situacija:

$$T_{cs} = n \cdot t_{o1} + T_{kontrola} + T_{transport} + n \cdot t_{o2} \quad (2.5)$$

Dok je na slici 2.8b proračun vremena trajanja ciklusa proizvodnje:

$$T'_{cs} = n \cdot t_{o1} + n \cdot t_{o2} \quad (2.6)$$

Očigledno je da se aktivnosti kontrole i transporta, na slici 2.8b, odvijaju paralelno sa aktivnostima u okviru operacija O_1 i O_2 , čime se javljaju tzv. „pokrivena“ vremena, koja za efekat imaju skraćivanje trajanja ukupnog ciklusa proizvodnje.

Između ostalog, na dužinu trajanja proizvodnog ciklusa mogu uticati još i sledeći faktori: usklađenost proizvodnih procesa, organizacija opsluživanja radnih mesta, efikasnost unutrašnjeg transporta, efikasnost kontrole, zalaganje radnika, kontrola menadžera proizvodnje i neposrednih rukovodilaca, efikasnost službe za regulisanje proizvodnje, realnost norme rada i stanje radne sposobnosti mašina.

Samim time, obzirom na postojanje manjeg ili većeg broja organizaciono-tehničkih nedostataka, stvarno vreme trajanje proizvodnog ciklusa je duže od optimalnog, odnosno:

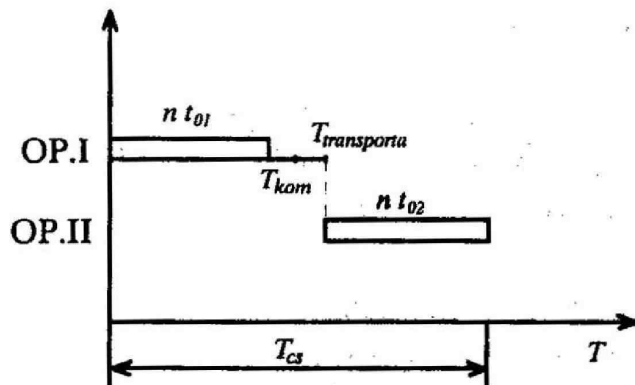
$$T_{cs} = T_{c \text{ opt}} + G_c \quad (2.7)$$

gde su:

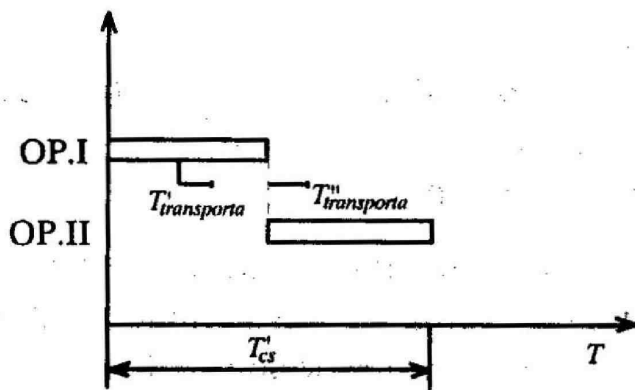
T_{cs} -stvarno trajanje proizvodnog ciklusa,

$T_{c\ opt}$ – optimalna dužina trajanja proizvodnog ciklusa,

G_c -gubici usled različitih nedostataka procesa.



a)



b)

Slika 2.8. Efekat pokrivenih vremena

Za utvrđivanje stvarnog trajanja proizvodnog ciklusa može se koristiti pogonska evidencija, direktno merenje rada na svakom radnom mestu ili metoda trenutnog zapažanja

Na slici 2.9 je dat primer liste za evidenciju vremena trajanja ciklusa proizvodnje. Na navedenoj listi su dati svi elementi proizvodnog i neproizvodnog vremena predstavljeni u prethodnom tekstu. Naravno, sadržaj liste sam po sebi, nije od suštinskog značaja, značajnija je tačnost unetih podataka i tačnost merenja vremena rada na svakom pojedinačnom radnom mestu.

Komponentna vremena			Stvarno stanje		Optimalno trajanje		Gubici	
			u čas.	%	u čas	%	u čas	%
Proizvodno vreme	Neposredno vreme	Pripremno završno vreme						
		Pomoćno vreme						
		Tehnološko vreme						
		Dopunsko vreme						
	Posredno vreme	Vreme za transport						
		Vreme za kontrolu						
		Ostalo						
		Σ						
ΣΣ								
Neproizvodno vreme	Objektivno uslovljena neproizvod. vremena	Projektovana neproizvod. vremena						
		Σ						
	Zastoji							
		Σ						
	ΣΣ							
ΣΣΣ								

Slika 2.9. Primer moguće evidencione liste za snimanje vremena trajanja proizvodnog ciklusa – iz literature

2.3. VRSTE TERMINIRANJA - PRIMERI

Zadatak 2.1. Izračunati ukupno vreme potrebno za izradu jedne serije od 36 komada, ukoliko je broj operacija koje treba izvršiti na svakom, da bi se dobio finalni proizvod, Broj operacije na predmetu rada je $k = 5$. Vreme trajanja pojedinih operacija je: $t_{01} = 6$, $t_{02} = 12$, $t_{03} = 24$, $t_{04} = 18$, $t_{05} = 48$ minuta.

Prilikom rešavanja ovog zadatka primeniti:

- uzastopan tip organizacije toka redosleda operacija,
- paralelni tip organizacije toka redosleda operacija
- kombinovani tok organizacije redosleda operacija.

Grafički prikazati dobijene rezultate za svaki od tipova organizacije toka redosleda operacija.

Rešenje:

- a) Ukupno vreme potrebno za izradu jedne serije, odnosno dužina proizvodnog ciklusa, za uzastopni tok operacija je:

$$T_{cu} = q \cdot \sum_{i=1}^k \frac{t_{0i}}{60} \text{ [h]}$$

Gde su:

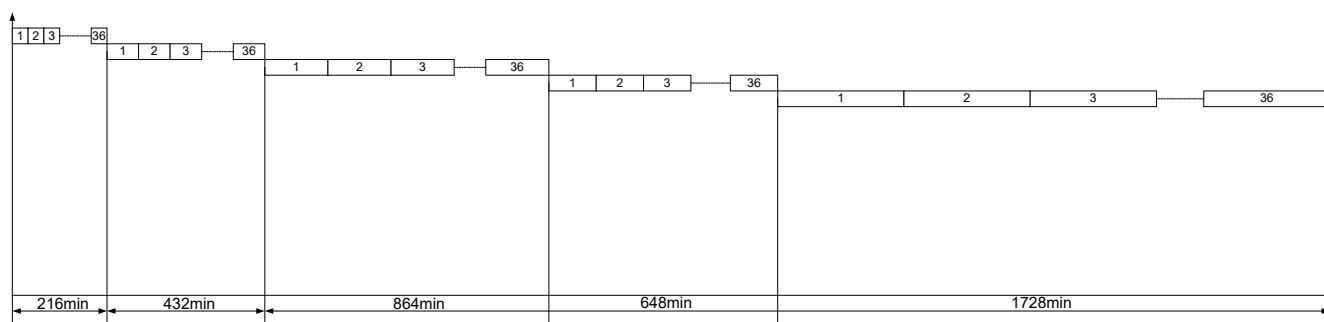
q- broj komada u seriji

t_{0i} - vreme trajanja pojedine operacije [min]

k - broj operacije za izradu svakog od proizvoda.

U konkretnom slučaju je: $q = 36$, $k = 5$.

$$T_{cu} = 36 \cdot \left(\frac{6}{60} + \frac{12}{60} + \frac{24}{60} + \frac{18}{60} + \frac{48}{60} \right) = 64.8 \text{ h}$$



Slika 2.10. Uzastopni tip terminiranja

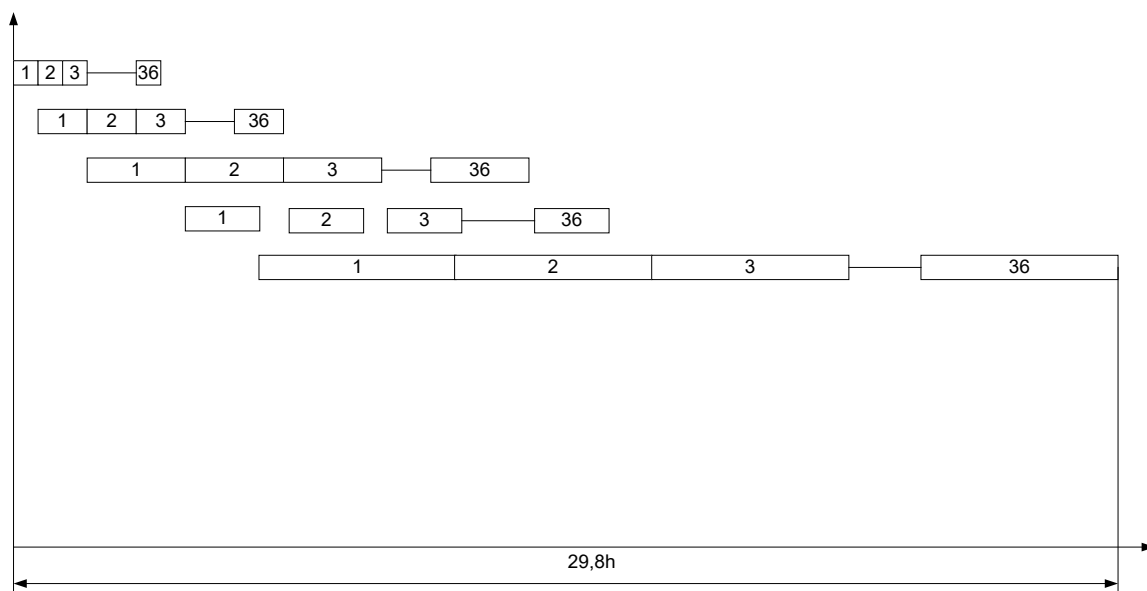
- b) Vreme trajanja izrade serije po paralelnom tipu proizvodnje računa se na osnovu obrasca:

$$T_{cp} = \frac{q-1}{60} \cdot t_{0\max} + \sum_{i=1}^k \frac{t_{0i}}{60} \text{ [h]}$$

Gde je: $t_{0\max}$, vreme trajanja najduže operacije

U konkretnom slučaju je:

$$T_{cp} = \frac{36-1}{60} \cdot 48 + \left(\frac{6}{60} + \frac{12}{60} + \frac{24}{60} + \frac{18}{60} + \frac{48}{60} \right) = 29.8 \text{ [h]}$$



Slika 2.11. Paralelni tip terminiranja

- c) Za izračunavanje vremenskog trajanja proizvodnog ciklusa za kombinovani tip proizvodnje koristi se sledeći obrazac:

$$T_{ck} = \frac{1}{60} \cdot \sum_{j=1}^k t_{0j} + \frac{(q-1)}{60} \cdot \left(\sum_{i=1}^k t_{0j}^I + \sum_{i=1}^k t_{0j}^{II} \right) [h]$$

Pri čemu je vreme t_{0j}^I , ono vreme za koje važi uslov:

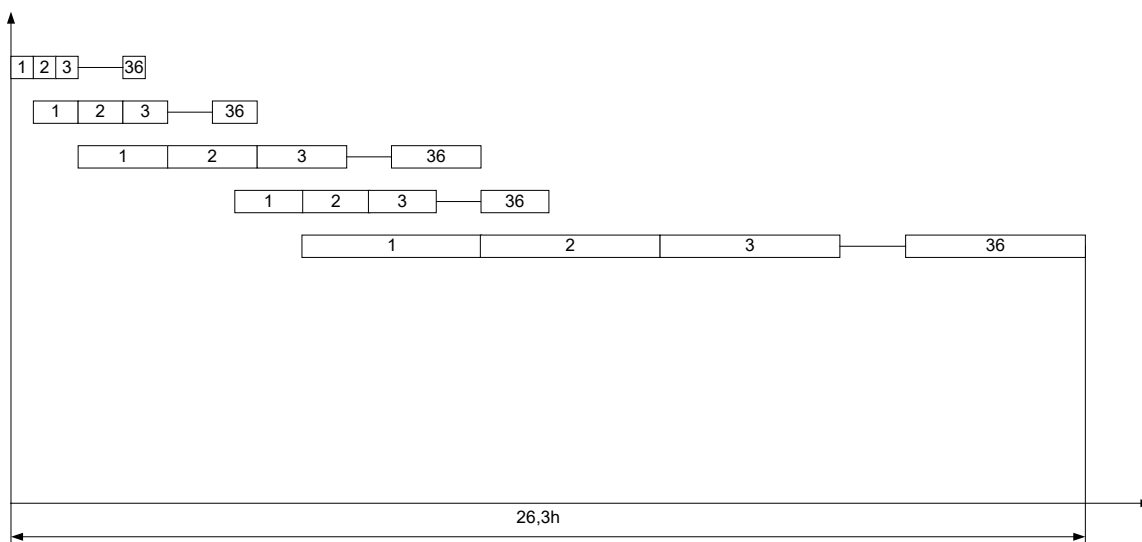
$$t_{0j-1} < t_{0j} > t_{0j+1}$$

dok je t_{0j}^{II} ono vreme za koje važi uslov:

$$t_{0j-1} > t_{0j} < t_{0j+1}$$

U našem slučaju $t_{0j}^I = t_{03}$ i $t_{0j}^{II} = t_{04}$, te je

$$T_{ck} = \frac{1}{60} \cdot (6 + 12 + 24 + 18 + 48) + \frac{36-1}{60} \cdot (24 + 18) = 26.3 \text{ h}$$



Slika 2.12. Kombinovani tip terminiranja

Zadatak 2.2. U jednom pogonu vrši se proračun ukupnog vremena trajanja izrade probne serije od $q=5$ kom. Broj operacija koje treba izvršiti da bi se dobio gotov proizvod je $k = 5$. Vremena trajanja pojedinih operacija su: $t_{01} = 1$ min; $t_{02} = 4$ min; $t_{03} = 5$ min; $t_{04} = 3$ min i $t_{05} = 2$ min. Izračunati koji tip organizacije toka redosleda operacija treba primeniti i rezultate prikazati grafički.

Rešenje:

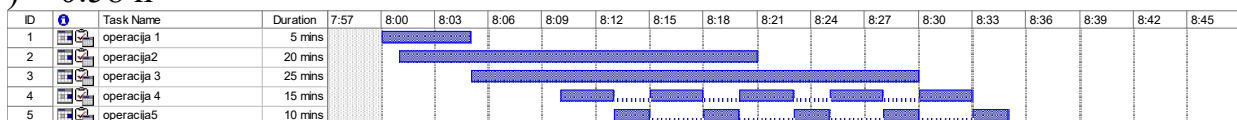
a) Uzastopni tip proizvodnje:

$$T_{cu} = q \cdot \sum_{i=1}^k \frac{t_{0i}}{60} \text{ [h]} = 5 \cdot \left(\frac{1}{60} + \frac{4}{60} + \frac{5}{60} + \frac{3}{60} + \frac{2}{60} \right) = 1.25 \text{ h}$$



b) Paralelni tip proizvodnje

$$T_{cp} = \frac{q-1}{60} \cdot t_{0\max} + \sum_{i=1}^k \frac{t_{0i}}{60} \text{ [h]} = \frac{5-1}{60} \cdot 5 + \left(\frac{1}{60} + \frac{4}{60} + \frac{5}{60} + \frac{3}{60} + \frac{2}{60} \right) = 0.58 \text{ h}$$



c) Kombinovani tip

$$T_{ck} = \frac{1}{60} \cdot \sum_{j=1}^k t_{0j} + \frac{(q-1)}{60} \cdot \left(\sum_{i=1}^k t_{0j}^I + \sum_{i=1}^k t_{0j}^{II} \right) \text{ [h]}$$

U ovom slučaju $t_{0j}^I = t_{03}$ i $t_{0j}^{II} = 0$ (ne postoji), te je

$$T_{ck} = \frac{1}{60} \bullet (1 + 4 + 5 + 3 + 2) + \frac{5-1}{60} \bullet (5) = 0.58 \text{ h}$$

[illegible]