

PLANIRANJE I KONTROLA PRODUKTIVNOSTI NA GRAĐEVINSKIM PROJEKTIMA

PRODUCTIVITY PLANNING AND CONTROL ON CONSTRUCTION PROJECTS



UDK: 624:005.8]:338
Originalni naučni rad

Doc. dr Dejan MARINKOVIĆ, dipl. građ. inž.
Doc. dr Zoran STOJADINOVIĆ, dipl. građ. inž.

REZIME

U radu su analizirani klasični i savremeni pristupi u planiranju i kontroli produktivnosti i prikazana moguća poboljšanja. Predložen je novi pristup koji se zasniva na formiranju posebnih ocena za produktivnost radne snage i produktivnost rada, definisanju ključnih organizacionih nivoa (tokovi rada i radne ekipe) za kontrolu produktivnosti i uvođenju kontrolnih tačaka zasnovanih na prostornom principu.

S obzirom na značaj planiranja za nivo ostvarene produktivnosti predlaže se uvođenje posebne ocene za proveru kvaliteta planova, zasnovane na poređenju kalkulisanе i planirane produktivnosti. Kalkulisana produktivnost proističe iz prihvaćene ponude izvođača i predstavlja etalon za kontrolu, a planirana produktivnost proističe iz usvojene organizacije rada i dinamičkog plana.

Studija slučaja je pokazala da se primenom predloženog pristupa može poboljšati efikasnost kontrole produktivnosti, brzo dostići planirane performanse proizvodnje i radnih ekipa, fokusirano primeniti korektivne mere, povećati brzina „odziva” sistema i podići produktivnost na građevinskim projektima.

Ključne reči: produktivnost, kontrola, ocena rada, ocena radne snage

SUMMARY

In this paper, traditional as well as contemporary approaches to productivity planning and control are analyzed and potential improvements are suggested. A new approach is proposed. It is based on: applying separate measures for work and for labor; defining organizational levels for application (work flow and crew level) and introducing space-based control points.

Having in mind the importance of planning for productivity, a separate measure for evaluating the quality of plans is proposed. That measure is based on comparing the calculated and planned productivity. The first originates from the bid and serves as benchmark for control and the second originates from the organization of works on site and planned crew capacities.

A case study showed that the application of the proposed approach enables more efficient productivity control, rapid achievement of planned crew and overall performance, more precise corrective measures, faster system response and enhancing productivity on construction projects.

Key words: productivity, control, work evaluation, labor force evaluation

1. UVOD

Brojna istraživanja u svetu pokazuju da produktivnost u građevinarstvu u poslednje tri decenije stagnira i da postoje mogućnosti za značajna poboljšanja [1], [2]. Nepotrebni troškovi prouzrokovani neefikasnim korišćenjem radne snage i materijala mogu dostići i do 30% ukupne cene projekta, čak i u razvijenim zemljama sveta [2]. Zbog toga je povećanje produktivnosti i smanjenje

„rastura“ materijala od izuzetnog značaja za građevinske firme, jer nepotrebne troškove mogu prevesti u dodatni profit ili poboljšati svoju konkurentnost na tržištu. Kao razlozi za neadekvatan rast produktivnosti u građevinarstvu i prepreke za njeno dalje poboljšanje navode se: segmentirani i nedovoljno povezani procesi planiranja, finansiranja, projektovanja, inženjeringa, nabavke, izgradnje i održavanja, velik broj raznovrsnih učesnika u realizaciji projekata, nedovoljna zastupljenost novih tehnologija, neodgovarajući kvalitet i osposobljenost radne snage, rad na otvorenom prostoru, podložnost promenama, nedostatak efikasnih mera za merenje napretka radova [1] itd. U sklopu istraživanja [1] iz 2008. navodi se

Adresa autora: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd
E-mail: dejan@grf.rs
jokazs@eunet.rs

5 glavnih mera za poboljšanje stanja u američkoj građevinskoj industriji, među kojima su veća primena tehnika zasnovanih na BIM-u (Building Information Modeling), poboljšanje efikasnosti merenja performansi u građevinarstvu i podrška inovacijama.

U radu se ukazuje na značaj planiranja za nivo ostvarene produktivnosti i analizira razlika između kalkulirane i planirane produktivnosti. Pri kontroli produktivnosti u praksi, kao jedan od osnovnih problema javlja se količina podataka koje treba izmeriti, evidentirati i obraditi. Kod grubih modela kontrole početna odstupanja ostaju prikriivena i kasno se identifikuju, a detaljni modeli zbog obrade velikog broja podataka, često daju zakasnele informacije usled čega dolazi do nagomilavanja odstupanja i dodatnih nepotrebnih troškova. Zbog toga je potrebno da izabrani model kontrole produktivnosti, poseduje dovoljnu tačnost i veliku „brzinu odziva sistema“.

Cilj rada je da se poboljšaju postojeći pristupi u merenju i kontroli produktivnosti, ubrza i olakša identifikacija uzroka odstupanja, sagleda značaj organizacionih nivoa projekta za merenje i dostizanje planiranih performansi proizvodnje i odrede prioritete. U radu će biti prikazani klasični i savremeni pristupi merenju i kontroli produktivnosti i analizirana njihova ograničenja i mogućnosti za poboljšanja. Razmotriće se uvođenje novog pristupa zasnovanog na formiranju razdvojenih ocena za produktivnost radne snage i ukupnu produktivnost rada, definisanju ključnih organizacionih nivoa sa aspekta kontrole i uvođenju kontrolnih tačaka. Očekuje se da takav pristup doprinese efikasnijem planiranju i kontroli produktivnosti.

2. KALKULISANA I PLANIRANA PRODUKTIVNOST

Izvođačke firme, pri izradi ponude za investitora i ugovaranju posla, vrše detaljnu procenu potrebnih resursa, vremena i troškova neophodnih za realizaciju konkretnog projekta. Na osnovu sprovedenih analiza definišu ukupnu cenu radova i rok za realizaciju projekta koje nude tokom konkurnog postupka. U ukupnu cenu radova pored direktnih troškova uključeni se i indirektni troškovi i profit. Detaljna procena se vrši na osnovu normativa i standarda rada u građevinarstvu i/ili internih normativa, usvojene tehnologije rada i organizacije posla, jediničnih cena resursa, uslova lokacije, uslova okruženja, stanja na tržištu, specifičnih zahteva investitora itd. Norme predstavljaju prosečan utrošak radnog vremena, materijala i mehanizacije za izradu jedinice mere pozicije prema tehničkim propisima. Izražene su pod pretpostavkom dobre organizacije radnog mesta i rada pod normalnim uslovima prosečnog radnika, pri čemu se ostvaruje dobar kvalitet građenja. Ukoliko uslovi rada (skućen prostor, usiljeni ritam rada i sl.) odudaraju od normalnih, predviđene su korekcije normativa pomoću koeficijenata redukcije. Nakon usvajanja ponude ili njene eventualne ispravke, detaljna analiza cena postaje etalon za statičku kontrolu troškova ali i kontrolu produktivnosti građevinske firme. Naime, za svaku poziciju definisana je količina, kao i potreban broj norma-sati, što su dovoljni elementi za pro-

račun kalkulirane produktivnosti. Naravno pri planiranju i kontroli produktivnosti, može se početi i od „najbolje prakse“ lidera u svetu, pri čemu se radnim ekipama daju manje norme vremena, a norme iz ponude postaju limit koji se ne bi smeo prekoračiti.

Svako odstupanje od kalkulirane produktivnosti, utiče na povećanje troškova i smanjenje zarade. Odstupanja mogu nastati tokom izvođenja radova zbog loše organizacije posla, nedostatka materijala i mehanizacije, zastoja i drugih mnogobrojnih uzroka. Međutim, za deo odstupanja mogu biti odgovorni i sami planeri tokom izrade dinamičkih planova. Autori [3] su sprovedli studiju kojom su pokazali da se potreban nivo produktivnost rada ne postiže između ostalog i zbog toga što se pri planiranju inicijalno uključuje dodatni deo „rastura“ resursa (veći od normama predviđenog), što je postalo prihvaćen fenomen u građevinarstvu. Isti autori dalje navode da zbog toga postoje značajni potencijali za napredak u građevinarstvu.

Pored toga pri izradi dinamičkih planova neophodno je kontrolisati planiranu uposlenost kapaciteta radnih ekipa, posebno na nivou operativnih planova [4] i porediti je sa kalkulisanom produktivnošću iz usvojene ponude prema investitoru. Na taj način se mogu pravovremeno uočiti greške u planiranju i izvršiti dodatna optimizacija planova.

Uticaj dinamičkog planiranja na produktivnost može biti veoma značajan i zbog toga se u radu ukazuje na neka od istraživanja u kojima je razmatrana ova problematika. U radu [5] ukazuje se na ograničenja metode kritičnog puta, kao najčešće primenjivane tehnike planiranja. Naglašava se da se aktivnostima iz mrežnog plana ne modelira na pravi način tok ekipa i materijala, a veze između aktivnosti označavaju samo prvenstvo u redosledu izvođenja. Usled toga moguća je pojava prikriivenih grešaka u planu što može dovesti do smanjenja produktivnosti. Isti autori ukazuju na značaj uspostavljanja efikasnog sistema operativnog planiranja u kojem se precizno opisuju tokovi rada i tokovi ekipa na tom nivou. Sa druge strane, u cilju poboljšanja produktivnosti neophodno je uspostaviti bolju vertikalnu povezanost između nivoa planiranja, posebno između operativnog i dugoročnog planiranja, [6]. Pri tome za dugoročno planiranje metoda kritičnog puta je kao tehnika planiranja i dalje nezamenljiva i sastavni je deo savremenih pristupa planiranju.

Kontinuiranost i stabilnost radnih tokova predstavljaju veoma značajne preduslove za povećanje produktivnosti [7, 8]. Autori [9] su izvršili istraživanje u kojem zaključuju da se produktivnost povećava kada se radni tokovi učine više predvidim. U tom smislu posebno su značajni srednjoročni planovi (engl. lookahead planning) koji su uvedeni u novom sistemu operativnog planiranja pod nazivom „sistem poslednjih planera“ (engl. Last planner system), [10]. Srednjoročni planovi se rade za period od 4 do 6 nedelja i njihova osnovna funkcija je da obezbede preduslove za ostvarenje nedeljnih operativnih planova, [11]. Pri tome u nedeljnim planovima figurišu samo aktivnosti za koje su realno obezbeđeni svi uslovi

za nesmetano odvijanje. Na taj način se eliminišu nepotrebni zastoji i sprečava pad produktivnosti.

Bolja usklađenost tokova rada u dinamičkom planu, kao i pravovremena identifikacija potencijalnih prostorno-vremenskih sukoba radnih ekipa i eliminacija zastoja tokom izvođenja radova, svakako da doprinose povećanju produktivnosti na gradilištu.

U radu se potencira razlika između kalkulisanе i planirane produktivnosti, jer prva proističe iz ponude i kao takva predstavlja etalon koji ne bi trebalo prekoračiti, a druga predstavlja ocenu usvojene organizacije i dinamičkog plana. U praksi se ovoj problematici ne posvećuje dovoljna pažnja i zbog neadekvatnog planiranja već na samom početku dolazi do odstupanja i nepotrebnih troškova. Planirana produktivnost proističe iz projektovane organizacije građenja, usvojenih tehnoloških postupaka i usvojenog dinamičkog plana. Sračunava se na osnovu planiranog trajanja aktivnosti, usvojenog broja radnika i mehanizacije, planiranog radnog vremena i količina rada za aktivnosti. Za planiranu produktivnost posebno su značajni operativni planovi i mikro organizacija posla, koja se pre svega odnosi na organizaciju radnih mesta na nivou pojedinačnih ekipa i usklađivanje ekipa na dnevnom nivou.

S obzirom na različitu strukturu podataka u predmetu i predračunu i mrežnom planu neophodno je izabrati metode proračuna i merenja produktivnosti koje se mogu efikasno primeniti na oba nivoa i koje će obezbediti uporedive podatke. Izbor metoda takođe je bitan i sa aspekta odnosa troškova kontrole i potencijalnih koristi.

3. KONTROLA PRODUKTIVNOSTI

Ukoliko izvođač tokom izrade planova obezbedi da planirana produktivnost bude jednaka kalkulisanom stvaraju se dobri preduslovi da ostvarena produktivnost bude na visokom nivou. Međutim, tokom izvođenja radova javljaju se mnogobrojni faktori poremećaja koje treba pravovremeno identifikovati i anulirati ili ako to nije moguće, njihov uticaj svesti na najmanju moguću meru. U tom smislu važan je način na koji se vrši kontrola produktivnosti, odnosno kako se meri, proračunava i kolika je "brzina odziva" sistema kontrole. Kontrola produktivnosti bi po pravilu trebalo da bude sastavni deo usvojenog sistema za kontrolu realizacije projekta. Za ocenu napredovanja radova ključne veličine predstavljaju procenat izvršenja plana, ostvareni nivo produktivnosti, kao i indeks iskorišćenosti troškova. U zavisnosti od načina na koji se meri, procenat izvršenja plana pokazuje koliko je po obimu posla, vremenski i troškovno ostvaren plan u prethodnom operativnom periodu ili kumulativno od početka radova. Nivo ostvarene produktivnosti ukazuje kakvo je stvarno stanje proizvodnih snaga firme i koliki je stepen organizacije posla na projektu. U tom smislu pri korekciji dugoročnih planova ili izradi novih operativnih planova neophodno je izvršiti analizu oba pokazatelja jer direktno utiču na trajanja aktivnosti i količinu resursa. Sa aspekta kontrole troškova bitan je i troškovni indeks efikasnosti koji pored uticaja na troškove od produktiv-

nosti, sadrži i uticaje drugih faktora kao što su promene jediničnih cena resursa, izmenjeni uslovi poslovanja i dr.

U našoj praksi produktivnost se meri nedovoljno često i uglavnom je sastavni deo postprojektnih analiza. Međutim, da bi se uticalo na tok projekta neophodno je da se produktivnost meri na nedeljnom i mesečnom nivou, a po potrebi i češće, kao što je slučaj i sa drugim veličinama koje se kontrolišu tokom realizacije projekta.

Za kontrolu produktivnosti može se primeniti isti pristup kao i kod kontrole bilo kog aspekta realizacije projekta, što podrazumeva sledeće: planiranje, uvid u stvarno stanje radova, poređenje planiranog i ostvarenog sa identifikacijom odstupanja i predlog korektivnih mera sa analizom očekivanih efekata njihove primene. Ovi elementi se ciklično ponavljaju po operativnim periodima, koji mogu biti u stalnim vremenskim razmacima (najčešće nedeljno i mesečno) ili se vezuju za završetak pojedinih celina na objektima (na primer tipska etaža kod stambenih objekata).

U slučaju odstupanja od osnovnog plana, veoma je važno da se umesto stalnog ažuriranja rasporeda, izvrši vraćanje na originalni raspored, jer se svi akteri u procesu proizvodnje oslanjaju na poslednji plan po kojem su urađeni resursni planovi, [7]. Ako se plan stalno menja, menjaju se i zahtevi za resursima na projektu, što dovodi do daljih poremećaja. Zbog toga je važno da se na gradilištu dostigne nivo planirane proizvodnje kako u pogledu vremenskog izvršenja plana, tako i u pogledu dostignutog nivoa produktivnosti. Pri tome, bitno je da se na vreme identifikuju odstupanja i spreči nagomilavanje grešaka. U tome posebnu ulogu imaju operativni planovi i kontrola na mikro nivou, odnosno nivou radnih ekipa.

Pri kontroli produktivnosti kao osnovna jedinica koja se kontroliše može se uzeti:

- pozicija rada iz predmeta i predračuna, odnosno mesečne situacije,
- aktivnost iz dinamičkog plana,
- tokovi rada (skup istorodnih aktivnosti koje se ponavljaju po različitim lokacijama) i
- radna ekipa.

Za upravljanje produktivnošću najefikasniji pristup je po tokovima rada i radnim ekipama, jer to najviše odgovara prirodi građevinske proizvodnje. Na tim nivoima lako se uočavaju i kvantifikuju odstupanja, uzroci odstupanja i odgovornosti, što dodatno motiviše sve učesnike na projektu. Kontrola produktivnosti na nivou pozicije rada i aktivnosti je veoma detaljna, zahteva dosta obimnu evidenciju, a pri tome ne daje potpunu sliku o stanju proizvodnih snaga firme i njenih komponenata, što je glavni cilj merenja produktivnosti.

3.1. Klasičan pristup

Prema klasičnom pristupu produktivnost P se u građevinarstvu definiše kao odnos količine ostvarenog proizvoda Q i utroška radne snage L , [12].

$$P = \frac{Q}{L} \quad (1)$$

Produktivnost se može i znatno šire posmatrati, odnosno ne mora se posmatrati samo u odnosu na radnu snagu, već i na bilo koji ulazni element, [12]. Klasičan pristup se može uspešno primeniti samo na nivou pozicije rada, gde postoji jedna vrsta ostvarenog proizvoda i jedna jedinica mere. Na svim drugim nivoima gde je potrebno sumiranje više pozicija rada sa različitim proizvodima i jedinicama mere, ovaj postupak se ne može primeniti. Sumiranje različitih pozicija treba izbegavati, a ako je to neophodno količine ostvarenih pozicija radova treba svesti na jednu uslovnu poziciju pomoću koeficijenta ekvivalentnosti, [13]. Ovi koeficijenti se određuju kao količnik norma sati za jedinicu mere svih pozicija radova koji se sumiraju i norma sati za jedinicu mere uslovne pozicije, [13]. Primena ovakvog postupka je za praksu dosta teška i neefikasna. U [14] se ukazuje na značaj merenja produktivnosti na nivou radne brigade angažovane na toku rada (skup istorodnih aktivnosti koje se ponavljaju po različitim lokacijama na objektu). Za prevazilaženje problema različitih jedinica mere po pozicijama rada uključenim u aktivnosti, mogu se primeniti težinski koeficijenti formirani na sličnim principima kao koeficijenti ekvivalentnosti. Međutim, i pored prednosti takvog pristupa, ostaje i dalje problem otežanog merenja i obrade podataka.

3.2. Indeks produktivnosti (Performance Index)

U cilju prevazilaženja nedostataka klasičnog pristupa u merenju produktivnosti, formirana je opšta bezdimenzionalna mera pod nazivom Performance Index (*PI*), koja se može efikasno primeniti na svim organizacionim nivoima (pozicija rada, aktivnost, tok rada, radna brigada, vrsta rada, projekat, firma i dr). *PI* predstavlja odnos dodeljenih norma sati i ostvarenih sati za određeni posao, [15]. Dodeljeni norma sati za jednu poziciju računaju se kao proizvod izvedene količine posla i odgovarajuće norme, a za grupu pozicija kao njihova suma. Za grupu pozicija radova koje izvode različite ekipe radnika, *PI* se može prikazati na sledeći način, [4]:

$$PI = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{k_j} (q_{i,j} * ns_{i,j})}{\sum_{j=1}^m os_j} \quad (2)$$

gde je:

PI – Performance Index (indeks produktivnosti)

$q_{i,j}$ – izvedena količina posla na pozicija rada „i“ koju izvodi ekipa E_j

$ns_{i,j}$ – normativ vremena za poziciju rada „i“ koju izvodi ekipa E_j

os_j – ostvareni sati ekipe E_j

k_j – broj pozicija rada koje izvodi ekipa E_j

m – broj ekipa

Ukoliko je *PI* manje od 1, ostvarena produktivnost je manja od kalkulisane (potrebne su korektivne mere), a

ako je *PI* veće od 1 ostvarena produktivnost je veća od kalkulisane (visok nivo građevinske proizvodnje).

PI definiše metriku za određivanje produktivnosti ali se ne bavi utvrđivanjem načina na koji treba vršiti merenja (učestalost merenja, trendovi, merenja po intervalima i kumulativno i dr.), što smanjuje očekivane koristi od njegove primene u praksi.

3.3. Mera produktivnosti posla (Job Productivity Measurement)

Američko društvo za testiranje i materijale (American Society of Testing and Materials – ASTM) je tokom 2009. redefinisalo i usvojilo standardni pokazatelj za merenje produktivnosti u građevinarstvu pod nazivom Job Productivity Measurement (*JPM*). *JPM* se računa kao odnos ostvarenih izlaza proizvodnje po jedinici ulaza. Pri tome se ostvareni rezultati prikazuju preko potrebnog rada za njihovu realizaciju, odnosno preko potrebnih norma sati. Poređenjem potrebnih i ostvarenih radnih sati određuje se *JPM*, [16]. Prema *JPM* smatra se da je posao završen tek ako je zvanično prihvaćen od strane ovlašćenih predstavnika investitora. Na taj način se ovom merom, preko dodatnih radnih sati za popravke radova, obuhvata i kvalitet, što je veoma značajno za realnu ocenu ostvarene produktivnosti.

Produktivnost se meri tokom celokupne realizacije projekta. Pored određivanja trenutnog nivoa produktivnosti, *JPM* se može koristiti i za: merenje produktivnosti između dva preseka stanja radova, proračun promene produktivnosti tokom vremena, određivanje prosečne produktivnosti od početka radova, utvrđivanje trendova i anomalija koje proističu iz promena na gradilištu, [16]. Takav pristup obezbeđuje pravovremenu identifikaciju odstupanja, sprečava nagomilavanje grešaka i omogućava da menadžeri projekta, nadzor i poslovođe reaguju i poboljšaju produktivnost tokom realizacije projekta. Mereći porast produktivnosti između dva perioda, stvaraju se preduslovi za ocenu primenjenih korektivnih mera. *JPM* je univerzalna mera koja se može primeniti na nivou: građevinskih elementa, aktivnosti, projekata, učesnika u poslu (podizvođači, radne brigade izvođača itd.), po organizacionim nivoima firme i na nivou nacionalnih građevinskih industrija. Pri tome *JPM* omogućava realno poređenje ostvarenih produktivnosti na potpuno različitim poslovima i za različite učesnike u poslu, što primenom ostalih pristupa (izuzev Performance Index) nije moguće. Primenom *JPM* može se povećati produktivnost i povećati profit firme.

3.4. Calibre alat za merenje i poboljšanje produktivnosti

Centar za unapređenje performansi u građevinarstvu (*CPIC* – Centre for Performance Improvement in Construction) razvio je Calibre alat za merenje i poboljšanje produktivnosti na gradilištu. Calibre je razvijen da pomogne firmama da poboljšaju produktivnost na gradilištu na „dan-po-dan, projekat-po-projekat“ bazi, [2]. Pristup je napravljen za *CPIC*-ovog obučenog posmatra-

ča (ili od CPIC-a treniranog člana projektnog tima) koji obilazi gradilište u jednakim intervalima i beleži preuzete zadatke svakog radnika. Ovim sistemom, produktivnost se može porediti na dnevnom nivou, po podizvođačima, radnim ekipama i gradilištima.

Primena Calibre alata podrazumeva sprovođenje četiri osnovna procesa: mapiranje procesa na izgradnji objekta, identifikovanje i kodiranje zadataka i aktivnosti, praćenje napretka na gradilištu i izveštavanje sa analizom i povratnim informacijama.

Prema Calibre alatu za svaku aktivnost se prate četiri kategorije vremena, [17]:

- vreme potrošeno na operacije koje direktno dodaju vrednost objektu,

- vreme potrošeno na operacije koje predstavljaju podršku za izvođenje aktivnosti,

- vreme potrošeno za poštovanje zakonskih propisa (obavezne pauze, bezbednost na radu i drugo) i zastoji zbog lošeg vremena i

- vreme potrošeno na operacije koje ne dodaju vrednost (odsustvo radnika sa posla, vreme koje je radnik proveo na gradilištu, a nije radio, vreme potrošeno na ispravke u kvalitetu itd.).

Svaka od navedenih kategorija vremena, odnosno operacija se dalje rasčlanjuje na podkategorije (na ukupno 17 stavki), što omogućava „mapiranje“ svih procesa po svim aktivnostima na gradilištu. Ovakav pristup je veoma detaljan, pogotovu ako se ima u vidu da se merenje potrošenog vremena spušta do nivoa radnika. Na osnovu izmerenih vremena po navedenim kategorijama i podkategorijama, za svaku aktivnost se utvrđuju ostvarene vrednosti i upoređuju sa etalomom. Prema Calibre alatu za etalon se najčešće uzima sličan objekat koji je ranije izveden ili sličan objekat koji se istovremeno izvodi. Osim toga vrši se i upoređivanje različitih merenja na istoj aktivnosti, odnosno objektu u cilju utvrđivanja poboljšanja produktivnosti. Dalje se sumiranje navedenih kategorija i podkategorija vrši na nivou: sumarne aktivnosti, vrste radnika i na nivou objekta, odnosno projekta. Za nivo projekta uglavnom se daje nedeljni pregled sa prikazom 4 osnovne kategorije vremena, [18].

Sa aspekta kompletnog sagledavanja svih radnih procesa, detaljnosti i tačnosti merenja produktivnosti i uzroka odstupanja od usvojenog etalona, Calibre alat ima veoma dobar pristup i daje dobre rezultate. Međutim, na velikim objektima ili na objektima sa visokim intenzitetom radova veoma je teško sprovesti ovako detaljan pristup, koji bi zahtevao prisustvo većeg broja kontrolora. Istovremeno sa tim postavlja se i pitanje brzine obrade podataka, kao i brzine izbora i primene korektivnih akcija.

Za efikasno upravljanje projektom, potrebne su brze i pouzdane informacije, dovoljno tačne, sa jasno vidljivim uzrocima odstupanja, na svakom organizacionom nivou (od nivoa radne ekipe do nivoa firme).

4. PREDLOŽENI PRISTUP ZA KONTROLU PRODUKTIVNOSTI

Brojna istraživanja u svetu, ukazuju na veliki broj veoma značajnih faktora, koji doprinose poboljšanju produktivnosti u građevinarstvu. Sagledavanjem ovih faktora obezbeđuju se dobri početni uslovi za izvođenje i kontrolu radova. Međutim, u toku realizacija projekta, merenje produktivnosti se vrši uglavnom preko opštih pokazatelja, što nije dovoljno za efikasnu identifikaciju i eliminaciju uzroka odstupanja. Pri tome, odstupanja su najčešće kompleksna i predstavljaju proizvod istovremenog dejstva nekoliko uzroka, pa je njihovo rano otkrivanje i struktuiranje od izuzetnog značaja.

Izbor organizacionih nivoa na kojima se vrši merenje i kontrola produktivnosti ima izuzetan značaj jer od toga zavisi da li će proces kontrole produktivnosti imati aktivnu ulogu u upravljanju realizacijom projekta ili će se svesti samo na informisanje. U postojećim pristupima ovoj problematici nije posvećena adekvatna pažnja. Načelno se navode nivoi na kojima se mogu uspešno primeniti pojedini pristupi, bez analize prioriteta u njihovoj primeni.

Sa aspekta primenljivosti u praksi, važno je da proces evidencije i kontrole bude što efikasniji i da se uspostavi dobar odnos između koristi i troškova kontrole.

Imajući u vidu ograničenja i mogućnosti za poboljšanja postojećih pristupa, u radu se predlaže novi pristup koji se zasniva na:

- formiranju posebnih ocena za produktivnost radne snage i produktivnost ukupnog rada,

- definisanju tokova rada i radnih ekipa, kao ključnih organizacionih nivoa za efikasno upravljanje produktivnošću i

- uvođenju kontrolnih tačaka za merenje produktivnosti.

Sastavni deo predloženog pristupa je i ocena kvaliteta dinamičkih planova zasnovana na poređenju kalkulirane i planirane produktivnosti.

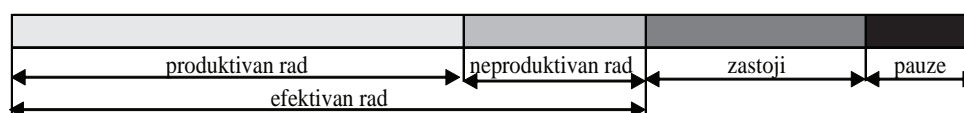
4.1. Ocena radne snage i ocena ukupnog rada

Primenom predloženih ocena mogu se istovremeno pratiti činioci koji doprinose poboljšanju kvaliteta i efikasnosti radne snage i činioci koji su posledica same organizacije posla i drugih okolnosti na koje radna snaga objektivno nije mogla da utiče. Predloženo grupisanje činilaca može se povezati sa matricom odgovornosti na projektu.

Od postojećih pristupa, jedino je u Calibre alatu predviđeno merenje vremena za stvaranje nove vrednosti (kao posebne celine), ali bez eksplicitnog izdvajanja produktivnog i neproduktivnog rada. Osim toga prema Calibre alatu utvrđivanje efekata rada zasnovano je na poređenju (benchmarking) utrošenog vremena sa prethodnim preseccima ili sličnim objektom, što uz preveliku detaljnost, može otežati i ograničiti njegovu primenu.

Za potrebe određivanja predloženih ocena radne snage i ukupnog rada na slici 1 je prikazana struktura radnog vremena. Na osnovu nje mogu se dalje sagledati

Struktura radnog vremena



Slika 1. Struktura radnog vremena

i analizirati objektivni i subjektivni faktori koji utiču na produktivnost radne snage.

Radno vreme može se podeliti na: efektivan rad, zastoje i zakonske pauze. Efektivan rad sastoji se od produktivnog i neproduktivnog rada. Pod efektivnim radom podrazumeva se vreme koje radnici stvarno provedu radeći konkretne poslove na određenoj aktivnosti, obuhvatajući pri tom i sve pripremne radnje predviđene normativima i standardima rada u građevinarstvu. Pod produktivnim radom podrazumeva se rad pri kojem se ostvaruju planirane norme, odnosno norme sadržane u kalkulaciji ugovorenih cena radova ili preuzete iz „najbolje prakse“. Neproduktivni rad predstavlja razliku između efektivnog i produktivnog rada i ne obuhvata zastoje i zakonske pauze (ručak, odmor itd). Zastoji mogu nastati usled brojnih uzroka, kao što su: uticaj vremenskih prilika (padavine, ekstremne temperature i dr.), nedostatak materijala, opreme i mehanizacije, nedovoljan kapacitet ključnih mašina, neusklađenost radova i radnih brigada, čekanje na odluke odgovornih rukovodilaca, nerešeni detalji u projektnoj dokumentaciji i drugo.

Ocena radne snage O_{rs} predstavlja produktivnost na nivou efektivnog rada i određuje se kao odnos potrebnih norma sati Ns_{pot} za izvedene količine aktivnosti i utrošenih radnih sati na efektivnom radu $O_{s_{ef}}$ (razlika ukupno utrošenih sati i sati potrošenih na zastoje na gradilištu i zakonske pauze).

$$O_{rs} = \frac{Ns_{pot}}{O_{s_{ef}}} \quad (3)$$

Na taj način se meri kakve rezultate objektivno postiže radna brigada dok radi i koliko je sposobna da izvršava svoje zadatke pod normalnim uslovima rada, odnosno koliko se može popraviti njena efikasnost ne računajući negativne uticaje iz uslova okruženja.

Ocena ukupnog rada O_r predstavlja produktivnost na nivou ukupnog radnog vremena i određuje se kao odnos potrebnih norma sati Ns_{pot} za izvedene količine aktivnosti i stvarno utrošenih radnih sati O_s za njihovu realizaciju sa svim zastojima i pauzama. Ova ocena odgovara meri produktivnosti izražene preko *JPM*.

$$O_r = \frac{Ns_{pot}}{O_s} \quad (4)$$

Ocena ukupnog rada predstavlja sumarnu ocenu produktivnosti za posmatrani organizacioni nivo, uključuje uticaj svih faktora i pokazuje za koliko je treba popraviti u odnosu na ponudu ili etalon preuzet iz „najbolje prakse“ (benchmarking).

Razlika ocene ukupnog rada i ocene produktivnosti radne snage predstavlja ocenu uticaja zastoja na produktivnost rada.

4.2. Organizacioni nivoi za ocenu radne snage i ocenu ukupnog rada

S obzirom na značaj organizacionih nivoa za kontrolu produktivnosti, u radu se predlažu nivoi koji najviše doprinose aktivnom upravljanju produktivnošću tokom svog vremena realizacije projekta. To se pre svega odnosi na nivo tokova rada, jer oni predstavljaju međusobno zavisne „tehnološke linije“ na projektu za čije je izvođenje odgovorna po jedna radna brigada. Poremećaji na jednom toku izazivaju dopunske poremećaje na preostalim nezavršenim tokovima rada, a samim tim i pad produktivnosti. Kontrolom produktivnosti na ovom nivou, pravovremeno se mogu sagledati i izbeći potencijalna ukraštanja radnih brigada i sprečiti dodatni zastoji.

Sa aspekta mikro organizacije posla svaka radna brigada se može podeliti na više manjih ekipa koje obavljaju delove od ukupnog posla na toku rada, formirajući tako podtokove. Podtokovi za ekipe se u procesu planiranja usklađuju unutar svakog toka rada posebno. Oni su međusobno zavisni i poremećaji se prenose sa jednog na drugi podtok, što utiče na ostvarenu produktivnost ekipa. Za pravilnu ocenu radne snage i efikasnu identifikaciju uzroka odstupanja, neophodno je sagledati uticaj odstupanja sa jednog podtoka na druge podtokove, kao i uticaj odstupanja sa jednog toka na druge tokove.

Da bi se pri merenju produktivnosti, obezbedila dovoljna tačnost i istovremeno izbegla prevelika detaljnost, za najniži organizacioni nivo predložen je nivo radnih ekipa. Iako Calibre alat predviđa mogućnost merenja performansi i na nivou svakog radnika čime se obezbeđuje još preciznija slika, treba istaći da je ekipa osnovna funkcionalna jedinica na gradilištu i da kao takva ostvaruje jedinstven učinak i produktivnost bez obzira na različite mogućnosti pojedinih radnika iz njenog sastava.

4.3. Kontrolne tačke za merenje produktivnosti

U cilju ubrzanja i pojednostavljenja postupka merenja produktivnosti u radu se predlaže formiranje kontrolnih tačaka po prostornom principu. U visokogradnji kontrolne tačke se mogu uspostaviti po etažama ili delovima etaže (taktovi). Na taj način planski podaci u pogledu potrebnih norma sati po ekipama, radnim brigadama i tokovima rada se mogu pripremiti unapred, nezavisno od napredovanja radova na projektu, a na gradilištu se mere samo utrošeni sati i evidentiraju zastoji i njihova struktura. Izradom dnevnih planova po ekipama rada moguće je po potrebi izvršiti i merenje produktivnosti na dnevnom nivou.

5. STUDIJA SLUČAJA

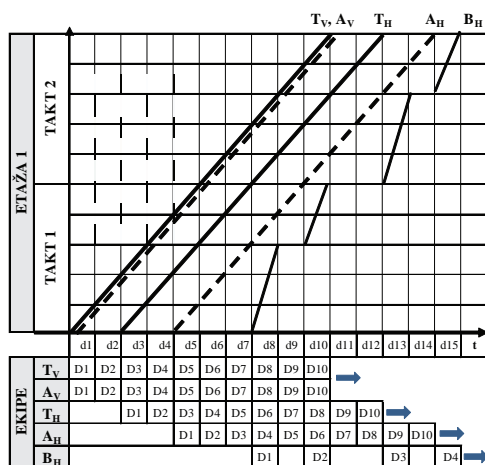
Predloženi pristup za ocenu radne snage i ocenu ukupnog rada primenjen je na studiji slučaja koja obuhvata izvođenje konstrukcije stambenog objekta C sa jednom podzemnom i 5 nadzemnih etaža. Konstrukcija objekta je skeletna sa liftovskim i stepenišnim jezgri-ma, a osnova objekta je površine 1.075 m². Za izvođenje konstrukcije predviđeno je 5 radnih ekipa: a) tesari T_V i armirači A_V za vertikalne elemente i b) tesari T_H , armirači A_H i betonirci B_H za horizontale elemente konstrukcije.

Kolika će biti planirana produktivnost u odnosu na kalkulisanu između ostalog zavisi i od usvojenog broja dana za aktivnosti i usvojenog broja radnika. Iz iskustava autora, planirana produktivnost za ekipe na izradi konstrukcije tipskih etaža stambeno poslovnih objekta može odstupati od kalkulisane i do 5-7%. Zbog toga je veoma važno koliko će radovi trajati po etaži i da li će pri tom radnici biti u potpunosti uposleni.

U navedenom primeru proračunata je uposlenost kapaciteta radnih ekipa za trajanja aktivnosti od 8 do 12 radnih dana po etaži. Najbolji rezultati su postignuti za trajanja od 10 dana gde prosečno odstupanje planirane od kalkulisane produktivnosti u ponudi, iznosi 1.27%. Pri tome je predviđeno da se radovi odvijaju na dva takta po 5 radnih dana. Navedena odstupanja su dobri pokazatelji koji mogu pomoći kalkulantom pri davanju ponude, ali sa druge strane i ukazati planerima koje norme realno treba dostići da bi se poslovalo bez gubitaka.

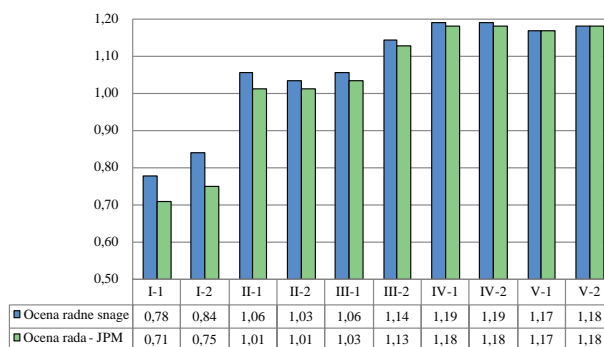
Detaljni i operativni planovi su urađeni tako da broj radnika po ekipama bude konstantan i da sve ekipe imaju kontinuirano angažovanje (osim B_H koji se po potrebi dovede iz betonskog pogona). Time su obezbeđeni preduslovi za maksimizaciju produktivnosti. Betoniranje vertikalnih elemenata konstrukcije povereno je ekipi tesara T_V koja ima obučene pojedince i za ovu vrstu posla. Na slici 2 prikazani su podtokovi ekipa na nivou etaže i način na koji su usklađeni.

Preseci stanja su rađeni po prostornom principu. Za kontrolne tačke su izabrani taktovi rada (2 takta na jednoj etaži). Za svaku ekipu su sračunate pripadajuće količine



Slika 2. Podtokovi ekipa na toku rada „Izrada konstrukcije za objekat C“

Ocene radne snage i ocene rada po lokacijama



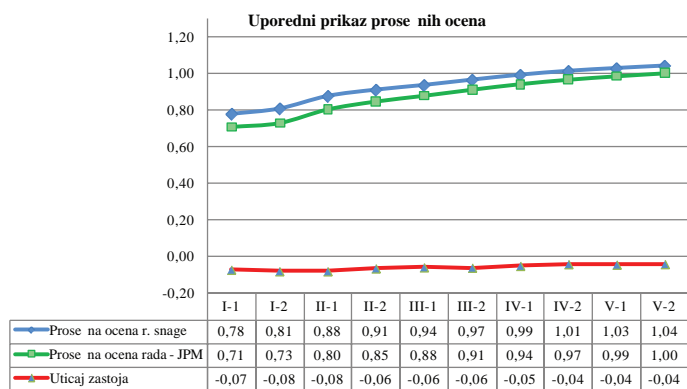
Slika 3. Ocene radne snage i ocene rada za ekipu tesara T_V

posla po taktovima i potrebni norma sati. Merenje utrošenih radnih sati je vršeno na dnevnom nivou, a podaci su sumirani po taktovima rada. Pri tome za svaku ekipu su mereni efektivni radni sati, zastoji i ukupno utrošeni radni sati. Ocena radne snage izvršena je posebno za svaku ekipu i zbirno za sve radnike angažovane na izradi konstrukcije. Za ocenu rada korišćena je ostvarena produktivnost na nivou ukupnog radnog vremena. Kao ilustracija, na slici 3 su prikazane navedene ocene za ekipu tesara T_V angažovanu na izradi vertikalnih elementa.

Ocene su prikazane posebno za svaki takt kako bi se efekti rada pratili na kraćim vremenskim intervalima (5 dana po taktu rada, odnosno 10 dana za etažu) i sprečilo nagomilavanje grešaka. Pored toga, ovakav pristup omogućava merenje efekata primenjenih korektivnih mera i njihovu brzu izmenu ukoliko nisu postignuti očekivani rezultati. Na slici 3 se uočava da ocena radne snage na taktovima prve etaže nije zadovoljavajuća (0.78 do 0.84). Još niža ocena ukupnog rada (0.71 do 0.75) pokazuje da je udeo zastoja značajan i da je generalno neadekvatna organizacija posla. Analizom evidentiranih zastoja utvrđeni su njihovi uzroci: kašnjenja u dopremi opreme, čekanje kрана i nerešeni projektantski detalji. U tom smislu, korektivne akcije su preduzete istovremeno u dva pravca: a) poboljšanje efikasnosti radne snage i podizanje performansi ekipa (izvršena dodatna obuka) i b) eliminacija zastoja. Na drugoj etaži su dostignute performanse, kalkulisane u ugovorenoj ponudi. Međutim, nezadovoljavajući rezultati ekipa na početku radova negativno su uticali na ukupni rezultat.

Na slici 4 su prikazane prosečne ocene mereno od početka radova i to: ocena radne snage, ocena uticaja zastoja na produktivnost i ukupna ocena produktivnosti rada. Merenje produktivnosti na ovakav način nije moguće primenom postojećih pristupa. Uočava se da je prosečna ocena radne snage na kraju objekta viša za 4% od planirane vrednosti.

Prosečna ocena ukupnog rada, kojom su obuhvaćeni svi faktori odstupanja, je dostigla kalkulisanu vrednost iz ponude, ali je niža od ocene radne snage, zbog značajnog uticaja zastoja na početnim etažama objekta. Porast prosečnih ocena između prve i poslednje etaže je značajan i iznosi 26 % za ocenu radne snage i 29% za prosečnu ocenu rada. Dobrim rezultatima doprinelo je: rano otkrivanje



Slika 4. Uporedni prikaz prosečnih ocena za ekipu tesara T_v

uzroka odstupanja, brza i fokusirana primena korektivnih mera, pravovremeno sagledavanje mogućnosti i nedostataka proizvodnih snaga, kao i na toj osnovi poboljšano operativno planiranje. Paralelno sa ocenom produktivnosti za ekipu tesara T_v određene su i ocene produktivnosti za ostale ekipe, kao i za celokupnu radnu brigadu angažovanu na izradi konstrukcije objekta C. Pri tome su dobijeni slični krajnji rezultati.

Pored produktivnosti koju postižu tokom izvođenja radova, kao bitan element za konačnu ocenu ekipa, javlja se i kvalitet izvođenja radova. Ukoliko radovi ne odgovaraju zahtevanim standardima, izvođač je dužan da izvrši popravke o svom trošku. Da bi se dobila konačna ocena ekipa i ocena rada neophodno je izvršiti merenje dodatnih radnih sati utrošenih na popravke, odnosno merenje ponovnog rada. Na posmatranim objektima kvalitet rada je bio zadovoljavajući tako da nije bitno uticao na konačnu ocenu, odnosno produktivnost ekipa i ukupnu produktivnost rada.

U studiji slučaja, predloženi pristup je uspešno primenjen za izvođenje radova na armirano-betonskoj konstrukciji objekta, što je posebno značajno imajući u vidu da se radi o jednom od najkompleksnijih planerskih zadataka, gde postoji složena tehnologija rada, veliki broj međusobno zavisnih ekipa i veliki broj potencijalnih tačaka njihovog sukobljavanja.

6. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani klasični i savremeni pristupi u merenju i kontroli produktivnosti i analizirane njihove mogućnosti i ograničenja. Klasični pristup se može efikasno primeniti samo na nivou pozicije rada, dok savremeni pristupi poput *PI* i *JPM* poseduju univerzalne mere i mogu se primeniti na svim organizacionim nivoima projekta. Calibre alat za merenje produktivnosti je veoma precizan i može dati dobre rezultate ali je zbog prevelike detaljnosti njegova primena otežana i zahteva prisustvo većeg broja kontrolora. Merenje produktivnosti kod postojećih pristupa vrši se preko opštih pokazatelja, što zahteva naknadnu analizu uzroka odstupanja. Usled toga smanjuju se mogući efekti kontrole i upotrebljivost ovih pristupa.

Da bi se postigla visoka produktivnost građevinske proizvodnje, neophodno je da pravovremeno budu sagledani, planirani i obezbeđeni svi potrebni preduslovi, u čemu posebno značajnu ulogu imaju mikro organizacija posla, srednjoročno i kratkoročno planiranje, kao i dobra vertikalna povezanost između dugoročnog i operativnog planiranja. Kvalitet planova bitno utiče na nivo ostvarene produktivnosti i u tom smislu je važno da se izvrši optimizacija planova i obezbedi da tokovi rada budu što više kontinuirani, stabilni, pouzdani i predvidivi. U tom smislu u radu se predlaže posebna ocena za proveru kvaliteta svih nivoa planiranja zasnovana na poređenju kalkulisanog i planiranog produktivnosti. Kalkulisana produktivnost proizilazi iz usvojene ponude izvođača, a planirana direktno zavisi od usvojene organizacije rada i stepena optimizacije dinamičkih planova.

Imajući u vidu ograničenja i mogućnosti za poboljšanje postojećih pristupa u radu se predlaže novi pristup zasnovan na: formiranju posebnih ocena za produktivnost radne snage i produktivnost rada, definisanju ključnih organizacionih nivoa sa aspekta kontrole produktivnosti i uvođenju kontrolnih tačaka zasnovanih na prostornom principu. Ocena produktivnosti radne snage pokazuje kako je stvarno stanje proizvodnih snaga i koliko se može popraviti njihova efikasnost ne računajući negativne uticaje iz uslova okruženja. Produktivnost rada predstavlja sumarnu ocenu produktivnosti za posmatrani organizacioni nivo, uključuje uticaj svih faktora i pokazuje za koliko je treba popraviti u odnosu na ponudu. Na taj način istovremeno se prate činioци koji doprinose poboljšanju efikasnosti radne snage i činioци koji su posledica same organizacije posla, što pojednostavljuje i ubrzava proces identifikacije i eliminacije uzroka odstupanja.

Predložene ocene se mogu primeniti na svim organizacionim nivoima, a posebno je važno da se ocenjivanje vrši na nivou tokova rada i radnih ekipa, jer su oni ključni sa aspekta kontrole produktivnosti i upravljanja poslom. Takav pristup obezbeđuje fokusiranu kontrolu proizvodnih snaga i uočavanje organizacionih propusta, brzu identifikaciju odstupanja, uzroka odstupanja i odgovornih lica, što dodatno motivise sve učesnike na projektu.

U cilju ubrzanja i pojednostavljenja postupka merenja produktivnosti, u radu se predlaže formiranje kontrolnih tačaka po prostornom principu. U visokogradnji kontrolne tačke se mogu uspostaviti po etažama ili delovima etaže (taktovi).

Studija slučaja je pokazala da se primenom predloženog pristupa, može poboljšati efikasnost kontrole, brzo dostići planirane performanse proizvodnje i radnih ekipa, fokusirano primeniti korektivne mere, povećati brzina "odziva" sistema kontrole i obezbediti uslovi za kvalitetno operativno planiranje. Sve navedeno, doprinosi povećanju nivoa produktivnosti na građevinskim projektima, što je i osnovni cilj bavljenja ovom značajnom problematikom.

LITERATURA

- [1] National Research Council: Advancing the Competitiveness and Efficiency of the U.S. Construction Industry, Committee on Advancing the Competitiveness and Productivity of the U.S. Construction Industry, National Academies Press, Washington, 2009.
- [2] Cain, C.T.: Performance Measurement for Construction Profitability, Blackwell Publishing, 2004.
- [3] Koskenvesa, A., Koskela, L., Tolonen, T., and Satu Sahlstedt, S.: Waste and labor productivity in production planning case Finnish construction industry, Proceedings IGLC-18, Technion, Haifa, Israel, July 2010, pp. 477-486
- [4] Marinković, D., Stojadinović, Z., Ivanišević, N.: Dinamički planovi utemeljeni na ciklusima rada, Građevinar 65 (2013) 11, str. 993-1002.
- [5] Brodetskaia, I., Sacks R. and Shapira, A.: A workflow model for systems and interior finishing works in building construction, Construction Management and Economics, decembar 2011, 29, 1209–1227
- [6] Kankainen, J. & Seppänen, O.: A Line-of-Balance based schedule planning and control system, Proceedings of the 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, July 22-24, 2003, Blacksburg, Virginia
- [7] Kolhonen, R., Kankainen, J., Junnonen, M.: Rakenushankkeen ajallinen hallinta, (Time management of construction projects), Helsinki University of Technology, Construction Economics and Management Publications 217. Espoo, Finland, 2003.
- [8] Seppanen, O.: Empirical research on the success of production control in building construction projects, PhD dissertation, Faculty of Engineering and Architecture, Helsinki University of Technology, 2009.
- [9] Liu, M., Ballard, G., Ibbs, W.: Work Flow Variation and Labor Productivity: Case Study, Journal of Management in Engineering, Oct. 2011, Vol. 27 Issue 4, pp.236-242
- [10] Ballard, G.: The Last Planner System of production control, PhD thesis, University of Birmingham, Birmingham, UK, 2000.
- [11] Ballard, G.: Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control, Proc. 5th Annual Conf. Int'l. Group for Lean Constr., Gold Coast, Australia, pp. 1-13., 1997.
- [12] Prašćević, Ž., Ivković, B.: Istraživanja faktora koji utiču na produktivnost i ekonomičnost u prefabrickaciji i montažnoj gradnji, Zbornik radova, 1983, Arandelovac, str. 522-544.
- [13] Medanić, B.: Management u građevinarstvu, Građevinski fakultet u Osijeku, 1997.
- [14] Marinković, D.: Model za ocenu i kontrolu uspešnosti poslovanja malih i srednjih građevinskih preduzeća, doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2008, Beograd
- [15] Orczyk, J.: Progress Measurement and Earned Value (Chapter 14), Skills & Knowledge of Cost Engineering, 5th Edition, AACE International, ed. S. Amos, USA, 2004, pp. 14.1-14.6.
- [16] ASTM Releases New Standard for Productivity Measurement, P. Daneshgari, H. Moore, http://www.constructionexec.com/Issues/January_2011/Bottom_Line.aspx
- [17] Winch, G., Carr, B.: Benchmarking on-site productivity in France and the UK: a CALIBRE approach, Construction Management and Economics 19, 577-590, 2001.
- [18] CALIBRE, <http://projects.bre.co.uk/BREslam/download/1tmdbi9.pdf>

Напомена: Радо саопштен на конференцији Савеза грађевинских инжењера и техничара Србије, на Сајму грађевинарства SEEBE 2015 у Београду, 17. априла 2015.године