

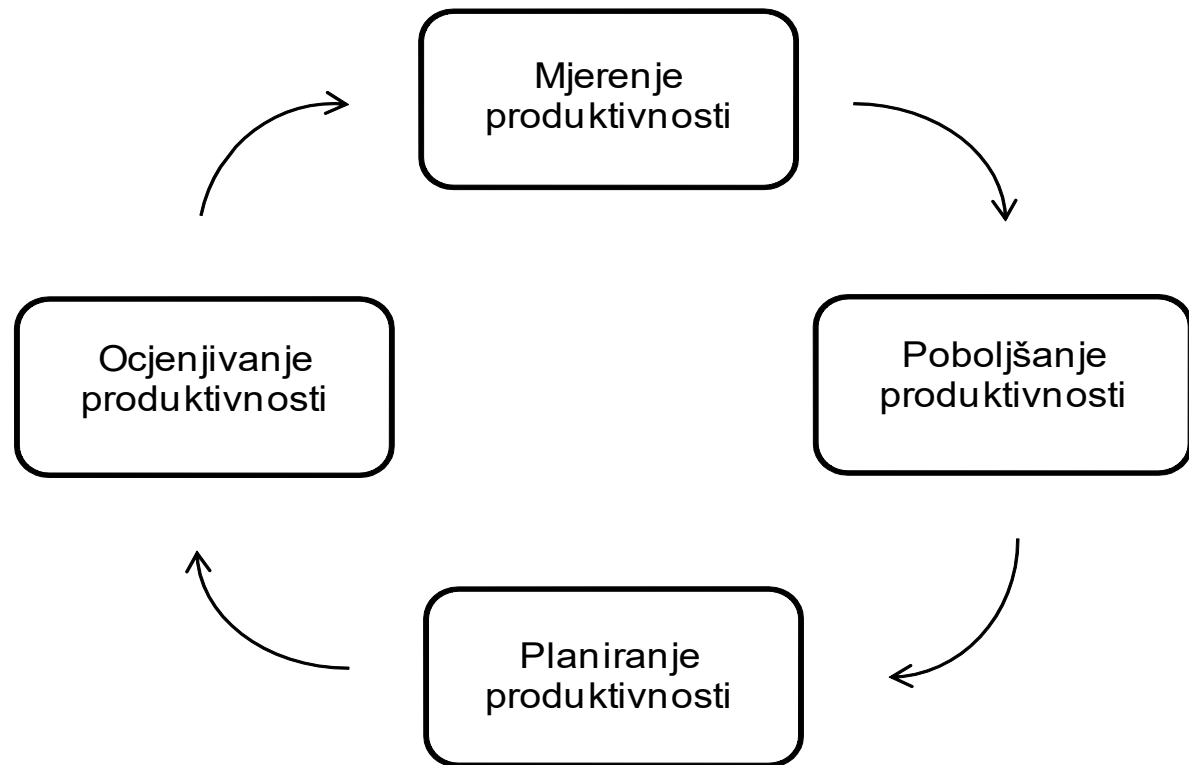
PRAĆENJE REALIZACIJE PLANOVA



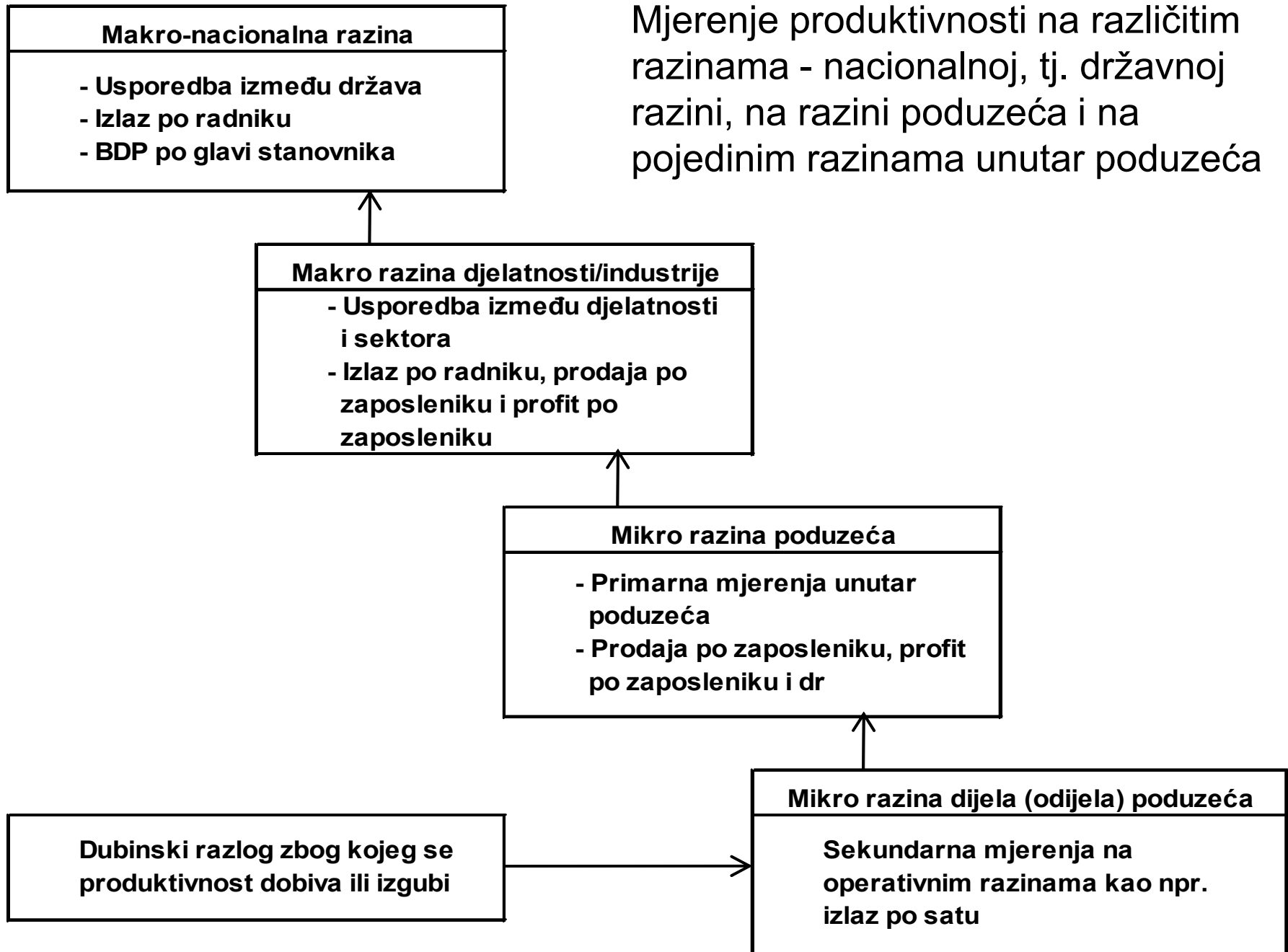
PRAĆENJE I MJERENJE PRODUKTIVNOSTI U GRAĐEVINARSTVU

- Redovito praćenje izvedbe i mjerenje ostvarene produktivnosti potrebno da bi se prikupile informacije za upravljanje tekućim građevinskim projektom i za pripremu realizacije i unaprijeđenje narednih projekata jer se prikupljeni podaci o produktivnosti projekta mogu koristiti i za buduće procjene .
- Chui i ostali (2011) smatraju da je jedna od glavnih prepreka napretku konkurentnosti održive gradnje na tržištu SAD-a to da “tradicionalni“ građevinski izvođači nemaju točne podatke o produktivnosti rada za održive građevinske projekte, što negativno utječe na njihovu sposobnost da pouzdano procijene vremenski plan (rok) i ukupne troškove građevinskog projekta.
- Da bi se sustav mjerenja izvedbe smatrao korisnim postupkom upravljanja, trebao bi djelovati kao sredstvo koje omogućuje procjenu, daje korisne informacije i otkriva probleme, omogućava prosuđivanje prema unaprijed određenim kriterijima te, što je još važnije, sustav bi trebao biti pregledan i ažuriran kao tekući proces (Benon; Milton, 2010).

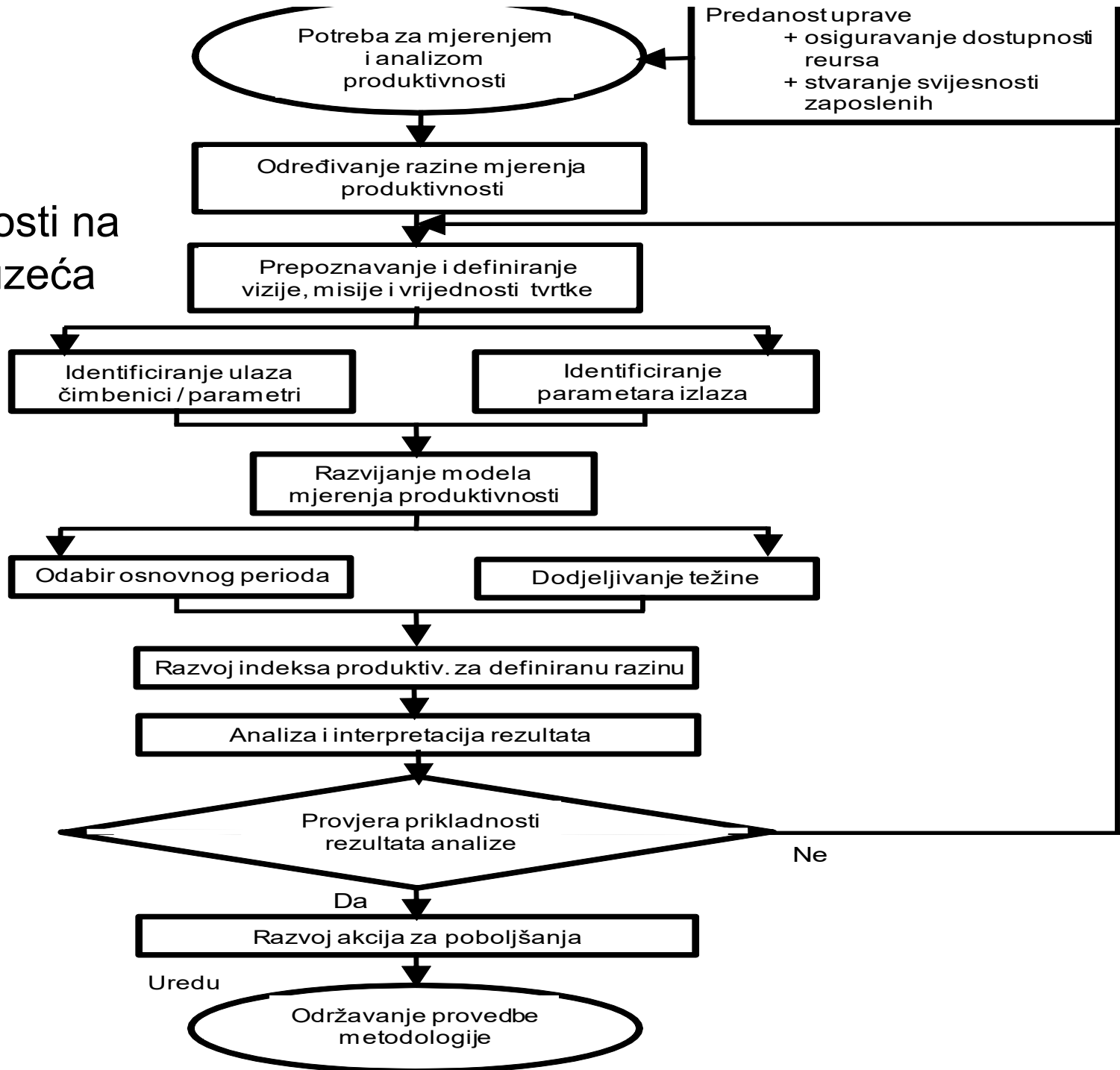
- „Što se mjeri, to se i napravi.“
- Onim što se mjeri može se i upravljati, te se smatra da se produktivnost u građevinarstvu može poboljšati samo ako se ispravno izmjeri (Daneshgari; Moore, 2011).
- Podaci o izvođenju su snažan alat organizacijskih promjena, obzirom da otkrivaju da li su performanse zadovoljavajuće, a ako nisu treba se osmišljavati odgovarajuće korektivne aktivnosti i/ili prilagodbe poslovanja organizacije.



Mjerenje produktivnosti na različitim razinama - nacionalnoj, tj. državnoj razini, na razini poduzeća i na pojedinim razinama unutar poduzeća



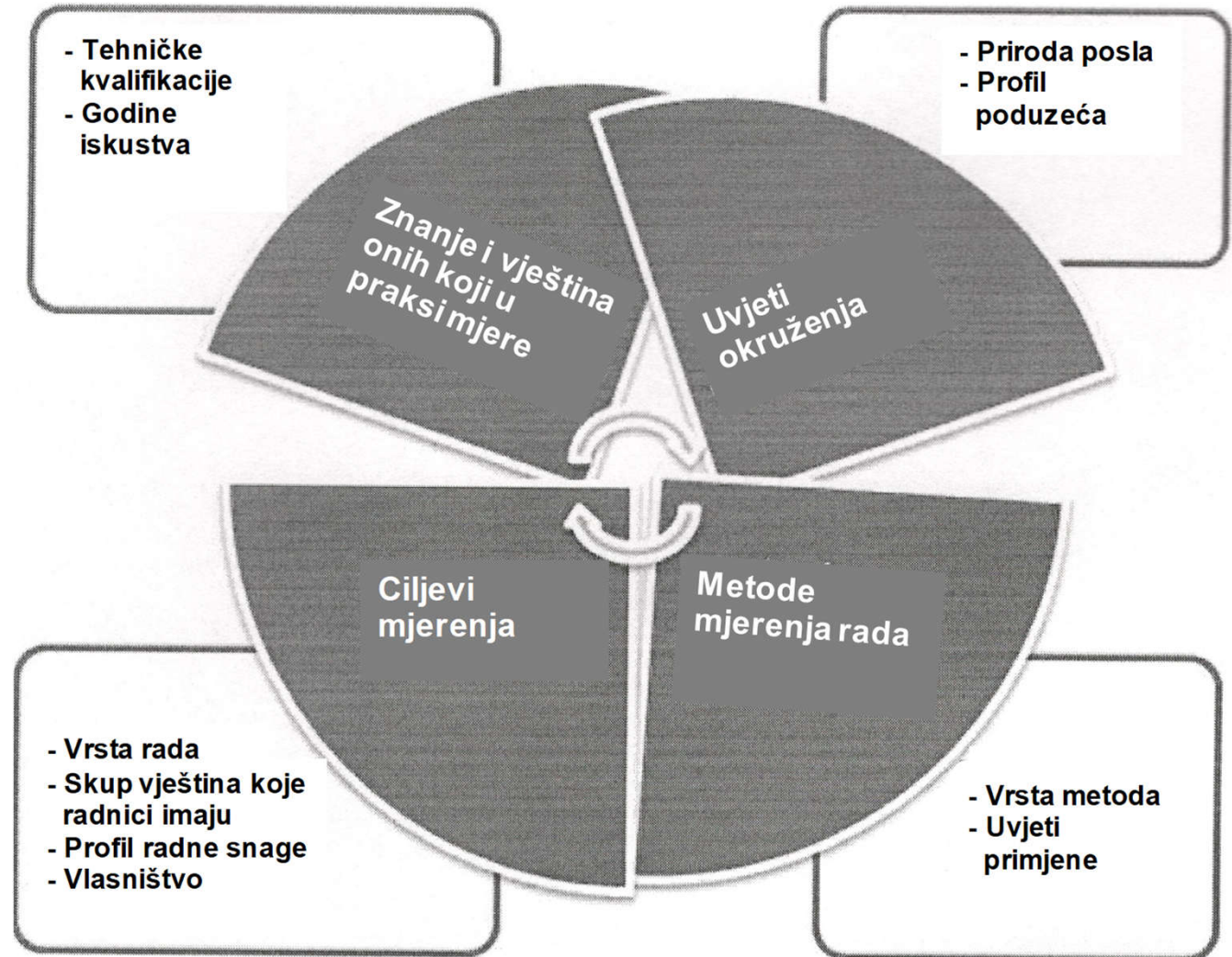
Algoritam mjerenja i analize produktivnosti na razini poduzeća



Generalno, pravilan sustav mjerenja produktivnosti treba:

- biti jednostavan i lako razumljiv,
- biti koristan na različitim razinama organizacije i
- posjedovati odgovarajuću strukturu baze podataka i omogućavati praćenje tijekom vremena.

Utjecaji na mjerenje rada



Hijerarhija organizacijske kulture

Nedostatak pune podrške

**Socijalne
prepreke**

Nevoljko pristupanje mjerenju

Strah od gubitka posla

Monotonost procesa mjerenja (dosada)

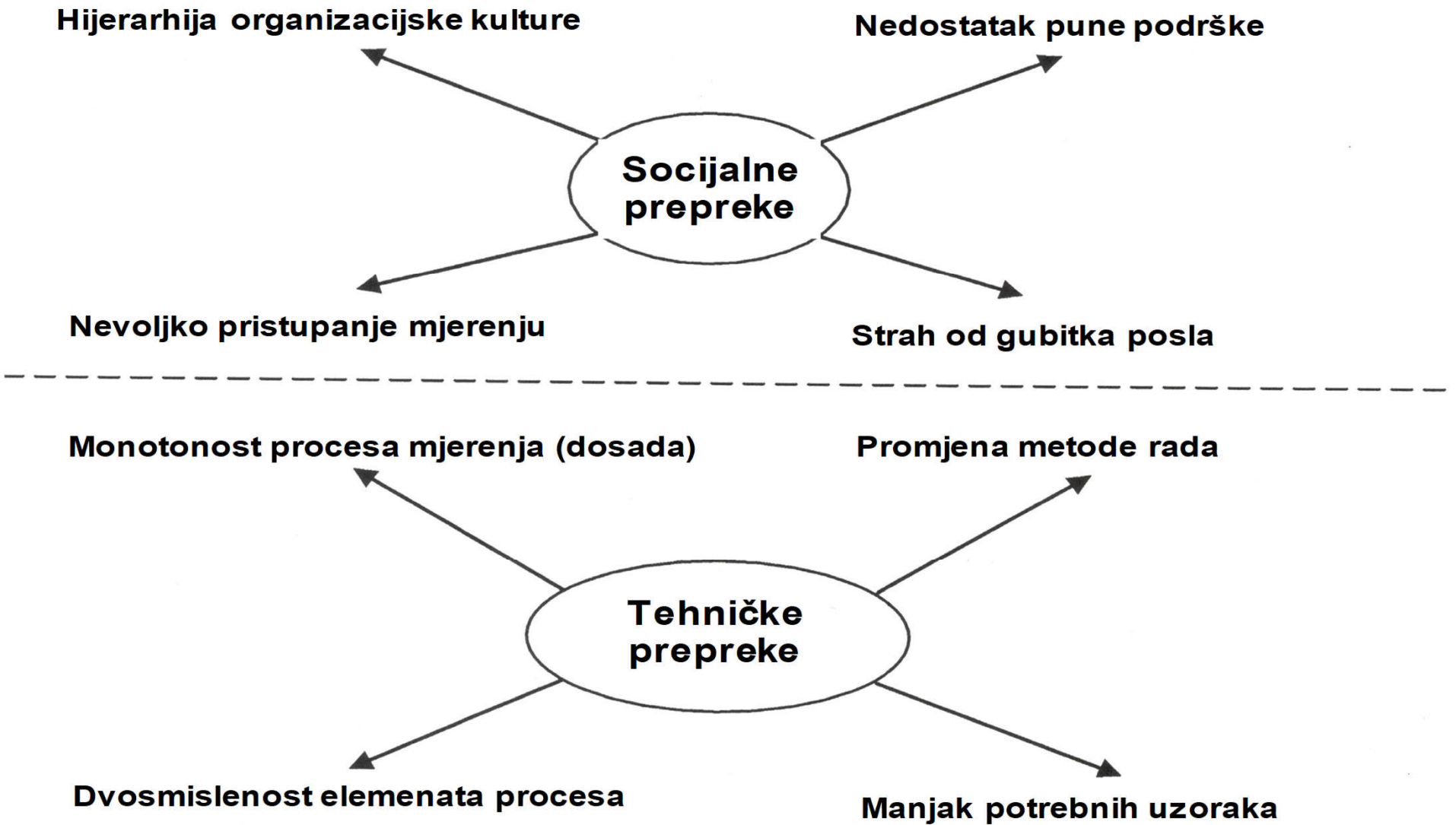
Promjena metode rada

**Tehničke
prepreke**

Dvosmislenost elemenata procesa

Manjak potrebnih uzoraka

Vrste prepreka mjerenju rada



- S mjerenjem produktivnosti i određivanjem poštene “porcije rada“ na znanstvenoj razini počelo se krajem 19 st. (prvo u industrijskoj proizvodnji) u okviru onoga što je zagovarao F. W. Taylor, začetnik klasične teorije organizacije.
- Starije, uvriježene metode mjerenja produktivnosti najčešće su fokusirane na računovodstvene mjere. (Zbog prirode računovodstvenih načela kojima se upravlja profitabilnošću poduzeća, **većina mjerenja produktivnosti zapravo su knjigovodstvena mjerenja proizvodnje.**)
- **Računovodstvene metode su prvenstveno izvješćivanje o kvantitativnim ili zarađenim vrijednostima i kao takve ne nude nikakve informacije za poboljšanje produktivnosti građevinskog projekta tijekom njegovog odvijanja.** Njihov nedostatak je nemogućnost pravovremenog izvješćivanja o tekućim događajima na mjestu rada kako bi se mogle donijeti odluke za poboljšanje produktivnost.

- Od 70-tih godina 20. st. razvijene postoje su različite metode za mjerenje produktivnosti u građevinarstvu. Za mjerenje produktivnosti građevinske radne snage najkorisnije može biti kada se koriste različite tehnike.

-Najjednostavniji oblik mjerenja produktivnosti je **dijeljenje količine predviđenog rada ostvarenom (urađenom) količinom rada**, što je lako izračunati za rad u tvorničkom pogonu gdje ima puno ponavljanja.

- Tehnike mjerenja produktivnosti spadaju u spektar između dvije široke **kategorije opservacijskih metoda - kontinuiranog promatranja** (npr. direktnog promatranja i studije rada) i **povremenog promatranja** (npr. audiovizualne metode, anketno ispitivanje zastoja i uzorkovanje aktivnosti).

- U građevinarstvu su najčešće korištene tehnike uzorkovanje aktivnosti (odnosno uzorkovanje rada), istraživanje zastoja (gubitaka vremena) od strane predradnika, grupna vremenska tehnika, tj. tehnika vremenskog uzorkovanja u grupama (poznata i kao trenutačno opažanje), studija vremena i analiza pokreta.

Uzorkovanje aktivnosti/rada

- Promatranje i nasumično uzorkovanje rada (*Work sampling*), odnosno uzorkovanje aktivnosti (*Activity sampling*) važna je tehnika u slučajevima kada analiza posla zahtijeva stvarno promatranje rada. - Kod ove tehnike istraživanje odabranih uzoraka obavlja se izravnim promatranjem operacija u ograničenom razdoblju, a zatim slijedi statistička analiza dobivenih podataka i iz čega se zaključuje koliko su promatrane aktivnosti produktivne. Zato je uzorkovanje rada fokusirano na način iskorištenja vremena ljudskih resursa na poslu.
- Nakon određivanja točne lokacije uzorka, status uzorka trebao bi se kontinuirano bilježiti s unaprijed određenom točnošću, a različite se situacije trebaju klasificirati ovisno o razini željene izvedbe. U tim opažanjima **uz vrijeme i količinu angažiranih resursa, da bi se riješile, odnosno izbjegle ili umanjile slabosti, bilježe se i prekidi, gubici vremena kao i njihovi uzroci i ubrzivači.**

Uzorkovanje rada procjenjuje postotak vremena kada je radnik produktivan u odnosu na ukupni vremenski period osobe koja je uključena u radnu operaciju. To se obavlja **sljedećim redoslijedom** :

- 1.) Razvrstati aktivnosti radnika na jedan od tri načina djelovanja ili stanja: produktivan (tzv. direktni ili osnovni rad koji se naplaćuje), poluproduktivan (kada su radnici uključeni u pomoćne aktivnosti za osnovni rad) i neproduktivan. (Za ovu klasifikaciju postoji niz mogućih varijacija, a može se i razviti vlastitu, u skladu s osnovnim konceptom uzorkovanja.)
- 2.) Kreirati obrazac za prikupljanje podataka koji će olakšati izračunavanje na temelju promatranja na mjestu rada, tj. gradilištu.
- 3.) Promatrati radnike uključene u određene operaciju na terenu. (Promatranje treba biti nasumično (znači bez pristranosti tko se promatra i da će svaki radnik imati iste šanse za promatranje kao i svaki drugi radnik) i ukazati na jednu od tri klasificirane mogućnosti djelovanja.)
- 4.) Zabilježiti sva opažanja na obrascu upisivanjem kvačice ili znaka "X", pod način rada ili nerada (u stupac) koji odgovara uočenom stanju.
- 5.) Zbrojiti sve oznake o svakom načinu rada i izračunati postotak. (U primjeru na slici postotak produktivnog izračunava se kao $4 / 9 = 45\%$, postotak poluproduktivnog kao $2 / 9 = 22\%$, a neproduktivnog $3 / 9 = 33\%$).

Formular za uzorkovanje rada			
Projekt:			
Datum:		Promatrač:	
Bilješke: <i>Proces koji se prati (zidanje, armiranje, betoniranje itd.), vrijeme mjerenja (sat) i dr.</i>			
Opazanje	Produktivan (Direktan rad)	Polu-produktivan (Pomoćni rad)	Neproduktivan (Zastoj - gubljenje vremena)
Br.			
1.	X		
2.		X	
3.	X		
4.			X
5.			X
6.			X
7.		X	
8.	X		
9.	X		
Ukupno	4	2	3
Postotak	45%	22%	33%

Primjer ispunjenog obrasca za prikupljanje podataka kod uzorkovanja rada

Primjeri klasificiranja aktivnosti za uzorkovanje rada

Klasifikacija	Produktivan (Direktini rad - radni proces)	Poluproduktivni (Indirektni rad - podrška za direktni rad)	Neproduktivan (Ne radi - zastoje tj. gubljenje vremena)
Opis	Korištenje alata odgovarajućih zanimanju	Podrška glavnu aktivnost	Ne doprinose aktivnosti
Primjeri	Zidar postavlja opeke, radnik spravlja mort, električar razvlači žicu, zavarivač vari cijevi, postavljanje i fiksiranje montažnog elementa	Majstor uzima materijal, odlazak na mjesto rada, davanje uputa, postavljanje stroja	Osobni prekidi, čekanje na opremu, čekanje na potrebne upute, kasni početak ili rani odlazak s posla

Kategorizacija za radove koje obavljaju radnici različitih zanimanja

	Zidanje	Žbukanje	Rad s oplutama	Armiranje
Direktni rad	Postavljanje opeka	Nabacivanje žbuke	Postavljanje oplatnih ploča	Postavljanje armature
	Postavljanje morta	Fina obrada	Povezivanje (zakivanje)	Povezivanje armature
	Fina obrada			
Indirektni rad	Spravljanje morta	Spravljanje žbuke	Skele	Obilježavanje
	Doprema	Doprema	Doprema	Doprema
	Rukovanje s materijal.	Rukovanje s materijal.	Rukovanje s materijal.	Rukovanje s materijalal.
Nema rada	Besposlenost - ljenčarenje	Besposlenost - ljenčarenje	Besposlenost - ljenčarenje	Besposlenost - ljenčarenje
(nije rad)	Razgovor - časkanje	Razgovor - časkanje	Razgovor - časkanje	Razgovor - časkanje

Prednosti metode uzorkovanja rada su [Picard, 2004], [Mantri, 2016]:

- može se istovremeno pratiti nekoliko radnika ili strojeva,
- iziskuje manje vremena i jeftinije je od tehnika kontinuiranog promatranja (kao npr. sa štopericom),
- uzrokuje manje anksioznosti i napetosti među radnicima od neprekidnog promatranja (promatrač nije stalno uz istog Radnika),
- nema ometanja u normalnih aktivnosti radnika ili je minimalno,
- ovu tehniku mogu provoditi promatrači s minimalnim specijalističkim osposobljavanjem (kratkom obukom),
- za promatrača manje dosadno (nije stalno na istom mjestu nego se pomiče),
- broj opažanja, odnosno trajanje promatranja može se prilagoditi kako bi se postigla željena razine točnosti,
- učinkovito je za prikupljanje korisnih činjenica tijekom izvršenja projekta koje obično nisu prikupljene drugim tehnikama.

Glavni nedostaci uzorkovanja rada su:

- Ako je aktivnost ili zastoje koje treba mjeriti tek mali dio ukupnog vremena, broj potrebnih opažanja promatranja za visoku točnost postaje vrlo velik;
- Negdje je teško identificirati vrijeme zastoja (izgubljeno vrijeme);
- Ako se radni uvjeti neprestano mijenjaju može se dogoditi da uzorak mjerenja nije adekvatan;
- Uzorkovanjem rada se ne mjeri stvarna produktivnosti rada već se ona samo **pokušava indirektno** izmjeriti.

Obzirom na sve navedeno, uzorkovanje rada je posebno prikladno za:

- praćenje grupe radnika,
- raznovrsni i neujednačeni rad (s puno aktivnosti) ili neponavljajući rad (kao što je često na gradilištima) i
- kontrolu proizvodnje.

5-minutno ocjenjivanje (opažanje)

Tehnika 5-minutnog ocjenjivanja (*5-minute rating*) **temelji se na zbrajanju rezultata promatranja**, odnosno opažanja operacije provedenim u kratkim (petominutnim) periodima.

Tehnika 5-minutnog ocjenjivanja, za razliku od uzorkovanja radova, ne temelji se na teoriji statističkih uzoraka. **Broj promatranja je obično premali za značajnu statističku pouzdanost, no ipak daje određeni uvid u učinkovitost radne grupe i može identificirati područja gdje je potrebno više promatranja.**

Okarakterizirana je kao brza i manje egzaktna procjena aktivnosti. Osim brzine procjene i jednostavnosti, **prednost** ove tehnike je i u tome što radnici ne znaju hoće li biti promatrani, pa ne reaguju na nazočnost promatrača. 5-minutna ocjena predlaže se za praćenje izvedbe radne grupe u cilju procjene vremena zastoja do kojih dolazi tijekom rada.

Nedostatak ove tehnike što joj pouzdanost nije tako dobra kao ona uzorkovanja rada i što nije pogodna za izvlačenje zaključaka kod velikih uzoraka.

Procedura provedbe tehnike 5-minutnog ocjenjivanja je sljedeća:

- 1.) Odrediti članove grupe (radnika i/ili strojeva) koje treba snimati i pripremiti obrazac s onima koje treba promatrati napisanim u zaglavljima stupaca i vremenom promatranja u retcima prvog stupca;
- 2.) Promatrati odabranu grupu na radu (u intervalima od 5 minuta, uz pomoć kronomrtra) i ako je član grupe aktivan više od 50% intervala promatranja označiti to u odgovarajuću rubriku s "X" (učinkovito), a ako nije onda ostaviti rubriku praznu (znači da je klasificirano kao zastoje);
- 3.) Kada se ispuni tablicu s rezultatima opažanja izračunava se učinkovitost, odnosno postotak stanja kategoriziranih kao učinkovito (naziva se i omjer učinkovitosti), dijeljenjem broja opažanja označenih s "X" s ukupnim brojem opažanja i množenjem sa 100. (Npr. na pokazanoj slici od ukupno 32 opažanja 22 je bilo pozitivno, odnosno učinkovito i izračunata učinkovitost je $(22 / 32) \times 100 = 69\%$.)

Vrijeme	Posipač	Vibro letva	Grejder	Gladilica
9:50	x	x	x	
9:55	x	x	x	
10:00				x
10:05	x	x	x	x
10:10	x		x	
10:15	x	x		x
10:20	x	x	x	x
10:25		x		x
Opaženo kao učinkovito	6	6	5	5
Ukupno opažanja = 32			Učinkovitost = 22/32	
Uočeno je učinkovito = 22			5-minutna ocjena = 69%	

Lista podataka zabilježenih 5-minutnim opažanjem grupe strojeva na operacijama niskogradnje s obradom rezultata

Primjeri 5-minutnog ocjenjivanja

Vrijeme	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9
11:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11:35	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11:40				X				X	X
11:45				X	X	X	X	X	
11:50				X					
11:55	X	X	X	X	X				
12:00	X	X	X	X	X	X	X	X	
12:05	X	X	X	X	X	X	X	X	
Opaženo kao učinkovito	5	5	5	8	6	5	5	6	3
Ukupno opažanja = 72		Učinkovitost = 48/72							
Uočeno je učinkovito = 48		5-minutna ocjena = 67%							

Vrsta radova/radnika	Ukupno opažanja	Opaženo kao aktivno	5-minutna ocjena
Armirači	260	165	63,46%
Tesari	138	102	73,91%
Betonirci	85	64	75,29%
Svi radovi/radnici	483	331	68,53%

5-minutno ocjenjivanje s definiranjem vrste (ne)aktivnosti
 (“E” – učinkovit, tj. produktivan rad, “NP” – neproduktivan rad, “C” rad koji doprinosi, odnosno pomaže da se izvedu produktivne radnje)
 [AMAC Consultants, 2004]

Vrijeme promatranja	Radnik 1	Radnik 2	Radnik 3
Povratak s ručka			
2:00	E zakiva	NP gleda	
2:05		C pomicanje	
2:10		E zakiva	
2:15	NP razgovara	E zakiva	NP razgovara
2:20	NP	E zakiva	C pomaže (podupire)
2:25	E buši	C hoda	NP gleda
2:30		E oplata	

Terensko ispitivanje anketiranjem

Terensko ispitivanje (*Field surveys*) je tako organizirano da uključuje u proces ocjenjivanja izvedbe radova na gradilištu i poboljšanja produktivnosti predradnike (poslovođe ili brigadire) i majstore (radnike građevinskih zanimanja) jer su oni dobro upoznati s radnim aktivnostima te lako mogu prepoznati uzroke zastoja.

Uobičajene metode za terensko ispitivanje su:

- Predaradnikovo istraživanje zastoja (*Foreman delay surveys – FDS*) i
- Ispitivanje, tj. upitnik za majstore (*Craftman questionnaire – CQ*).

Tehnika FDS se oslanja na upitnik koji predradnik ispunjava na kraju radnog dana, prema određenom rasporedu bilježenja (praćenja), npr. jedan radni tjedan u svakom mjesecu. Obrazac upitnika je primarno namijenjen identifikaciji broja dnevno izgubljenih sati zbog zastoja. Većina FDS-ova sadrži kategorije - ponovni rad i zastoj.

Ova metoda se može jednostavno stilizirati i provesti, pa je relativno jeftin način za analizu izvora zastoja tijekom građenja.

Tipičan obrazac za FDS [Dozzi; AbouRuzk, 1993]

Problem koji uzrokuje zastoј	Izgubljeni sati radnika		
	Broј izgubljenih sati	Broј radnika	Ukupno radnik-sati
Ponavljanje rada (pogreške ili promjene projekta)			
Ponavljanje rada (pogreške pri ugadbi, tj. montaži)			
Ponavljanje rada (pogreške u svezi gradilišta ili oštećenje)			
Čekanje na materijal (skladište)			
Čekanje na materijal (priprema dobavljača)			
Čekanje alata			
Čekanje građevinske opreme			
Kvar građevinske opreme			
Čekanje na informacije			
Čekanje na druge radne grupe			
Čekanje na pojedince/radnike iz radne grupe			
Neobjašnjivi ili nepotrebni pokret			
Drugo:			
Komentari:			
Izradio:			
Datum:			

Uz ime predradnika koji popunjava obrazac može se tražiti da se napiše i ime voditelja građenja, a može se zabilježiti i broj članova radne grupe.

Primjer rezultata FDS-a [Dozzi; AbouRuzk, 1993]

Problem koji uzrokuje zastoј	Izgubljeni sati radnika	Postotak
Ponavljanje rada (pogreške ili promjene projekta)	122	2,3
Ponavljanje rada (pogreške pri ugradni, tj. montaži)	24	0,5
Ponavljanje rada (pogreške u svezi gradilišta ili oštećenje)	52	1,0
Čekanje na materijal (skladište)	33	0,6
Čekanje na materijal (priprema dobavljača)	22	0,4
Čekanje alata	12	0,2
Čekanje građevinske opreme	56	1,1
Kvar građevinske opreme	15	0,3
Čekanje na informacije	12	0,2
Čekanje na druge radne grupe	14	0,3
Čekanje na pojedince/radnike iz radne grupe	10	0,2
Neobjašnjivi ili nepotrebni pokret	20	0,4
Drugo:	70	1,3
Ukupno	482	8,9
Ukupno radih sati radnika	5210	

Tehnika CQ se zasniva na popunjavanju upitnika s kojima se pokušava riješiti probleme koji se odnose na produktivnost i motivaciju građevinskih majstora. Osnovna ideja je distribuirati majstorima jednostavni upitnik i pomoću rezultata tog ispitivanja identificirati glavne čimbenike koji sprječavaju njihovu produktivnost te utvrditi tjedno izgubljene radne sate zbog specificiranih uzroka (upitnik traži procjenu tjedno izgubljenih radnih sati po majstoru za svaki od navedenih uzroka).

Upitnik može sadržavati 50 kratkih i jasnih pitanja, koja se odnose na važna područja kao što su dostupnost materijala, raspored na gradilištu, dostupnost opreme i alata, ponovni rad i uzroke ponavljanja, miješanje (nadležnosti) menadžmenta i dr., a uz to mogu biti i prijedlozi za poboljšanje procesa koji iz toga proslaze.

Npr, upitnik može, ovisno o vrsti radova, sadržavati pitanja kao što su:

-o materijalima: “Da li se nepotrebno gubi vrijeme na traženje i uzimanje materijala (ako nije dobro složen i lako pristupačan)“;

- o opremi: “Da li je u potrebna oprema za rad u prihvatljivom stanju?“, “Da li ima dovoljno opreme za sve radove na gradilištu kod kojih je potrebna?“, “Koliko sati procjenjujete da se tjedno gubi zbog nedostatka opreme ili njenog lošeg stanja?“;

- o ponovnom radu: “Da li radnicima nedostaje znanja/iskustva zbog kojeg se urađeno mora popravljati?“, “Da li nedostaje pravovremeni nadzor i upute za rad zbog čega se poslije mora dodatno raditi na već urađenom poslu?“, “Koliko procjenjujete da se tjedno gubi vremena zbog ponavljanja rada, odnosno dodatnog rada na već urađenim poslovima (popravci i sl.)?“;

- o sigurnosti: “Da li je raspoloživa sva potrebna oprema za ZNR?“, “Da li su radnici upućeni kako potrebne radove izvoditi na siguran način?“, “Koliko procjenjujete da se tjedno gubi vremena zbog neraspoložive opreme za ZNR ili izvođenja radova na nesiguran način?“;

- o drugom: “Da li su strojevi koji se koriste u dobrom stanju?“, “Da li su korišteni strojevi pogodni za radove na kojima rada?“, “Da li se mora čekati na potrebne strojeve i vozila (premalo strojeva, kasna doprema na gradilište, kvarovi itd.)?“, “Koliko sati procjenjujete da se tjedno gubi zbog neraspoloživosti strojeva ili njihovog lošeg stanja?“, “Da li vremenski uvjeti (kiša, vjetar, niske temperature, magla i sl.) ometaju dinamiku izvođenja radova?“, “Koliko procjenjujete da se tjedno gubi vremena zbog loših vremenskih uvjeta?“, “Da li na gradilištu postoje potrebni uvjeti za odgovarajući odmor radnika“, “Da li radnici unutra gradilišta gube puno vremena na dolazak/premještanje na radno mjesto“, “Koliko procjenjujete da se tjedno gubi vremena zbog nedostataka organizacije gradilišta“, “Da li dolazi do promjene nacrtu zbog grešaka projektanta ili promjena zahtjeva investitora?“, “Da li postoji problem zbog nedovoljne razrađenosti nacrtu i tehničkih specifikacija projekta?“, “Koliko procjenjujete da se tjedno gubi promjena nacrtu ili njihove nedovoljne razrađenosti?“.

Primjer upitnika za
građevinskemajstore
[Dozzi; AbouRuzk,
1993]

Osobni podaci	Upisati X u odgovarajuću rubriku (okvir) za DA ili NE ili ispuniti rubriku s potrebnim informacijama	
Zanimanje majstora		
Lokacija		
Vrsta rada		
Drugo		
	DA	NE
Materijal		
Da li je materijal uvijek raspoloživ kada ga se treba?		
Koliko sati se po vašoj procjeni tjedno izgubi zato što materijal nije raspoloživ?	_____ h	
Alati		
Da li su alati uvijek raspoloživi kada su potrebni?		
Jesu li alati u prihvatljivom stanju?		
Jesu li alati uvijek dobri za posao?		
Postoje li nedostatak nekih specifičnih alata (molimo vas navesti)?		
Koliko sati se po vašoj procjeni tjedno izgubi zbog toga što alat nije dostupan ili nije prihvatljiv za posao?	_____ h	
Oprema		
Pitanje 1 (Dodajte još pitanja kao kod materijala i alata)		
Pitanje 2 (Dodajte još pitanja kao kod materijala i alata)		
Koliko sati procjenjujete da se tjedno gubi zbog ...	_____ h	
Ponovni rad		
Pitanje 1 (Dodajte još pitanja kao kod materijala i alata)		
Pitanje 2 (Dodajte još pitanja kao kod materijala i alata)		
Koliko sati procjenjujete da se tjedno gubi zbog ...	_____ h	
Briga za sigurnost na radu		
Pitanje 1 (Dodajte još pitanja kao kod materijala i alata)		
Pitanje 2 (Dodajte još pitanja kao kod materijala i alata)		
Koliko sati procjenjujete da se tjedno gubi zbog ...	_____ h	
Drugo		
Pitanje 1 (Dodajte još pitanja kao kod materijala i alata)		
Pitanje 2 (Dodajte još pitanja kao kod materijala i alata)		

Primjer obrađenih rezultata CQ-a

Problem/Uzrok gubljenja vremena	Tjedno izgubljeni sati radnika	Postotak za tjedan
Materijal nije raspoloživ ili je loše smješten	5,2	13,0
Alat nije raspoloživ ili nije pogodan	3,2	8,0
Oprema nije raspoloživa ili je za popravak	2,0	5,0
Prepravljanje posla (ponovni rad)	4,8	12,0
Ispreplitanje menadžmenta	2,1	5,3
Drugo	2,5	6,3
Ukupno	19,8	49,5

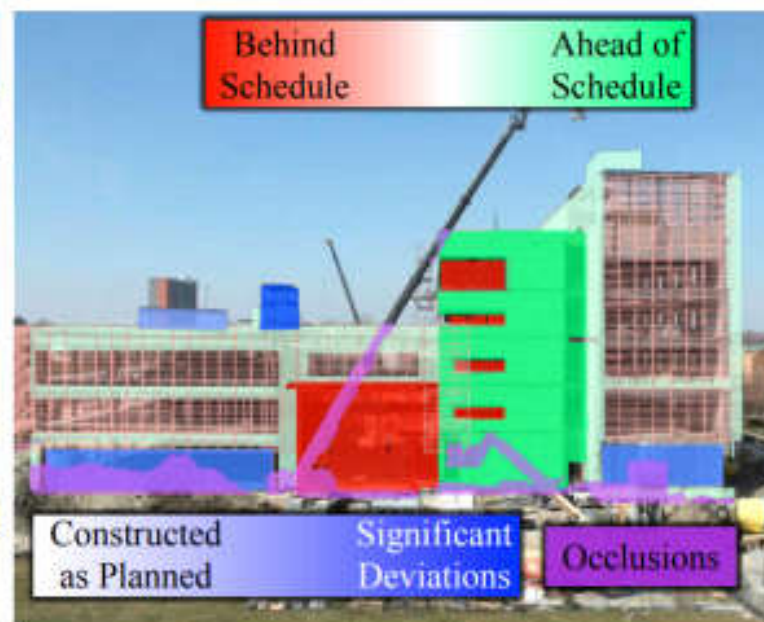
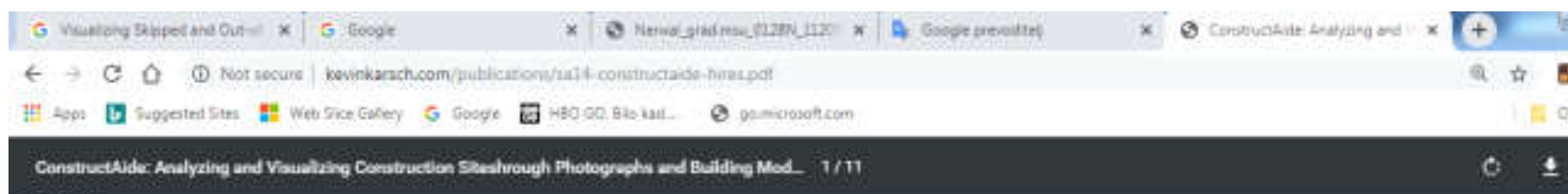
Tijek vremena zabilježen fotografijama isprekidanog filma/ video-snimanjem

Snimanje toka vremena dobro je prilagođeno dugim i neredovitim ciklusima te simulatnom snimanju grupe radnika i opreme.

Fotografije vremenski isprekidanog filma imaju prednost u odnosu na bilježenje pomoću štoperice u tome što se tijekom jednog ciklusa može odrediti vremena djelovanja za svakog člana radne grupe, dok uporaba štoperice zahtijeva uzorkovanje iz više ciklusa kako bi se zabilježila vremena aktivnosti svakog člana radne grupe.



Današni računalni sustavi sposobni su za korisnike brzo i jednostavno uskladiti 4D arhitektonski /građevinski model i setove fotografije s velikom točnošću. To omogućuje kretanje po gradilištu u budućnost i vraćanje u prošlo vrijeme, ocjenjivanje napretka u gradnji i analiziranje odstupanja od vremenskih planova realizacije.



Metoda modela zastoja produktivnosti

Metodu modela zastoja, odnosno gubljenja produktivnosti (*Method Productivity Delay Model* – MPDM) služi za mjerenje, predviđanje i poboljšanje produktivnosti određene metode građenja. Kroz MPDM detektiraju se problematična područja koja smanjuju produktivnost, na čega se onda nadovezuje predviđanje i poboljšavanje produktivnosti radova. Podaci koji se tijekom građevinskih procesa prikupljaju za MPDM razvrstavaju se u pet glavnih grupa u svezi kojih dolazi do gubljenja vremena.

Okolina	Oprema	Radna snaga	Materijal	Menadžment
<ul style="list-style-type: none">- Promjena u uvjetima tla- Promjene u presjeku zida- Ekstremni vremenski uvjeti ometaju izvedbu	<ul style="list-style-type: none">- Postavljanje opreme- Privremeni kvar- Održavanje izvan predviđenog rasporeda- Nedostaje pojedini dio opreme- Oprema nepogod. za obavljani posao	<ul style="list-style-type: none">- Svojevoljni prekidi rada pojedinaca- Traženje materijala ili alata- Dobivanje uputa- Kašnjenje na posao i ranije odlaženje s posla- Nesreća zbog nepoštivanja pravila ZNR- Neobučenost	<ul style="list-style-type: none">- Nije raspoloživ kada je potreban- S greškom i mora se zamijeniti- Deponiran na lošem mjestu na gradilištu	<ul style="list-style-type: none">- Slabo planiranje- Neodlučnost u tome što treba učiniti- Nedostupni za davanje uputa- Miješanje više operacija na istom prostoru- Slaba kontrola radova

Provođenje MPDM-a se oslanja na promatrača na gradilištu, tj. mjestu rada, koji na posebnom obrascu prikuplja podatke u svezi vremena ciklusa vodećeg resursa u operaciji. Pri tome se bilježi i priroda zastoja tijekom perioda promatranja. Nakon dovršetka prikupljanja podataka provodi se proračun kojim se izračunava produktivnost operacije, ukazuje na glavne izvore zastoja i daje druge korisne podatke.

Koraci provedbe MPDM-a	Sadržaj i pojašnjenje koraka
1. Identifikacija jedinice proizvodnje i proizvodnog ciklusa	Jedinica proizvodnje definira se kao mjerljiva količina rada koju promatrač može vizualno prepoznati bez puno truda (npr. korpa ili posuda, tzv. “raketa“ betona, kamion s otpadnim materijalom ili niz opeka), a proizvodni ciklus je ukupno vrijeme za koje radna grupa mora napraviti jednu jedinicu proizvodnje.
2. Identifikacija vodećeg (ključnog) resursa	Vodeći resurs je onaj resurs uključen u rad koji ima najveć utjecaj na produktivnost i ako taj resurs prestane raditi operacija će se zaustaviti. (To su npr. dizalica ili betonska pumpa u prijenosu i ugradbi betona, zidar u postavljanju opeka ili dozer u operaciji iskopa zemlje u slojevima.) Resurs određen kao vodeći biti će u fokusu promatranja i određivanja vremena ciklusa.
3. Identifikacija vrsta zastoja, odnosno gubljenja vremena do kojih može doći u procesu	Iskustvo pokazuje da je najbolje da svatko sam odredi vrste zastoja koje mu se događaju, prema podjeli u pet glavnih vrsta (kako je prethodno navedeno u tablici).

4. Prikupljanje podataka

Od promatrača se zahtjeva da odredi proizvodni ciklus za svaku jedinicu proizvodnje. Uz to, mora utvrditi je li došlo do zastoja, tj. gubitka vremena tijekom određenog ciklusa i ako jeste, mora to kategorizirati prema njegovoj prirodi u neku od vrsta (grupa) definiranih u prethodnoj fazi. Potencijalni izvori zastoja također se bilježe kada god su uočeni. Kako bi se olakšalo prikupljanje podataka promatrač može koristiti obrazac kao štp je pokazan na slici. (Npr. u prvom ciklusu nije bilo zastoja i dizalici je trebalo 354 sekunde da stavi krovni nosač, što je upisano u stupac 1. U drugom ciklusu koji je trajao 465 sekundi zabilježen je zastoj zbog opreme i uz trajanje ciklusa u stupcu 1u pripadni red unesen je "x" u stupac 3 kako bi se označilo da je taj zastoj zbog opreme. Na taj način se ispunjava cijeli obrazac za prikupljanje podataka.) Kada se tijekom jednog ciklusa opazi zastoj koji se može povezati s više od jednim područjem uzroka (može svrstati u više od jedne kategorije) to treba zabilježiti u odgovarajućim postotcima. Ako je dostupna tehnika vremenski isprekidnog filma, mogu se snimiti kratki ciklusi procesa.

5. Obrada podataka, analiza modela i preporuke

Obrada podataka za MPDM provodi se popunjavanjem liste - obrasca za prikupljanje podataka te tablica koje su namijenjene transparentnoj obradi podataka. Prvo mora biti dovršen stupac 7 označen na obrascu pokazanog u primjera na slici, koji se jednostavno izračunava kao trajanje ciklusa (stupac 1) minus prosječno vrijeme ciklusa u kojima nije došlo do zastoja. Iskustvo s MPDM pokazalo je da je bolje kada se provodi elektronski, u nekom tabelarnom kalkulatoru na računalu (kao npr. u *Microsoft Excelu*). Svaka se takva proračunska tablica može lako automatizirati i generalizirati pomoću makronaredbi, tako da je nakon unosa rezultata promatranja daljnje računanje automatsko.

Primjer
ispu-
njenog
obrasc
a za
MPDM

Obrazac za prikupljanje podataka za MPDM							
						Datum: 04.06.2012.	
Operacija: Postavljanje krovih nosača				Promatrač: Ivo Ivić			
Jedinica proizvodnje: Jedan nosač				Jedinica vremena: sekunda			
Ciklus proizv.	Trajanje ciklusa	Zastoji zbog okoline	Zastoji zbog opreme	Zastoji zbog radnika	Zastoji zbog materijala	Zastoji zbog menadž.	Obrada podataka
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	354						12,83
2	465		x				98,17
3	343						23,83
4	445	x					78,17
5	504				x		137,17
6	470		x				103,17
7	395						28,17
8	345						21,83
9	360						6,83
10	400						33,17
11	460		x				93,17
12	385						18,17
13	360						6,83
14	353						13,83
15	372						5,17
16	505			50%		50%	138,17
17	465					x	98,17
18	440					x	73,17
19	430	x					63,17
20	360						6,83
21	375						8,17
22	405		x				38,17
23	475		x				108,17

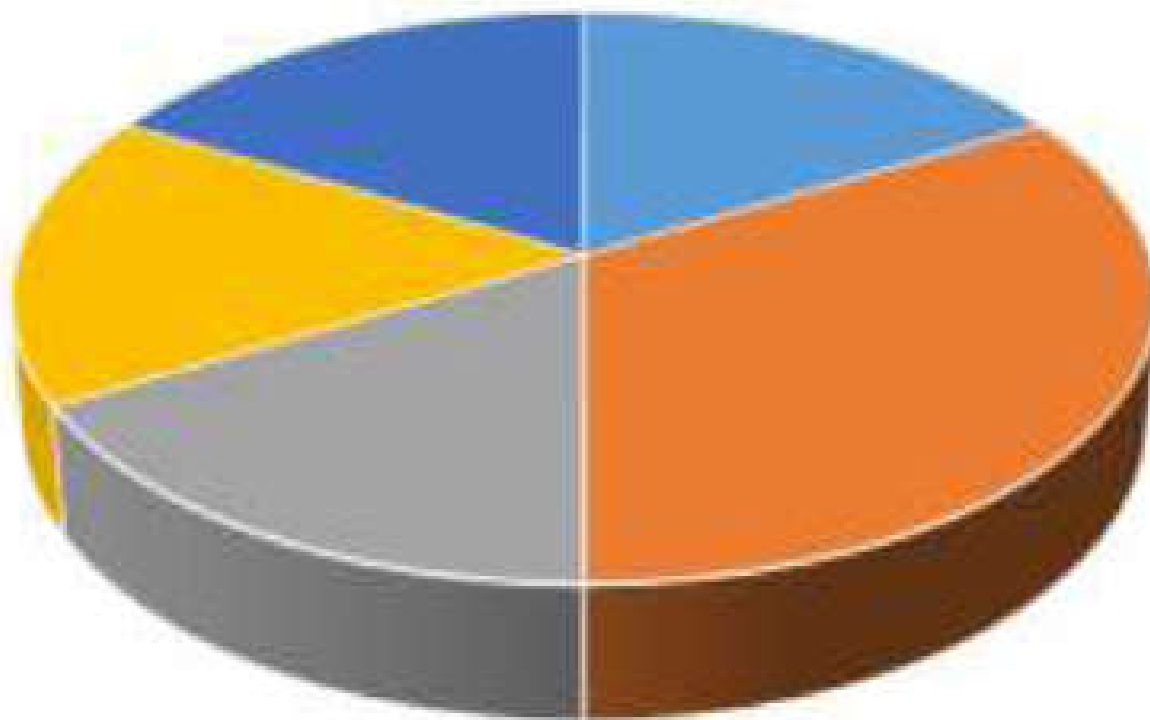
Sažetak izračuna MPDM [Dozzi; AbouRuzk, 1993]

	Ukupno vrijeme proizvodnje	Broj ciklusa	Srednje trajanje ciklusa	Σ (Trajanje ciklusa bez zastoja) / n
	(1)	(2)	(3)	(4)
Proizvodni ciklusi bez zastoja	Zbroj svih ciklusa (u stupcu 1 obrasca) gdje pri promatranju nije bilo zastoja	Broj ciklusa kod kojih nije došlo do zastoja	Stupac 1 / Stupac 2	Stupac 7 na slici za cikluse bez zastoja / Stupac 2
Ukupni (svi) ciklusi proizvodnje	Zbroj svih ciklusa (u stupcu 1 obrasca)	Ukupan broj ciklusa	Stupac 1 / Stupac 2	Stupac 7 na slici za sve cikluse / Stupac 2

MPDM obrada podataka za pokazani primjer

	Ukupno vrijeme proizvodnje	Broj ciklusa	Srednje trajanje ciklusa	Σ (Trajanje ciklusa bez zastoja) / n
	(1)	(2)	(3)	(4)
Proizvodni ciklusi bez zastoja	4.402	12	366,83	15,47
Ukupni (svi) ciklusi proizvodnje	9.466	23	411,57	52,81

Primjer modela gubitaka produktivnosti



- Gubici okoline
- Gubici opreme
- Gubici radne snage
- Gubici materijala
- Gubici upravljanja

Mjrenje ostvarene produktivnosti za usporedbu s osnovnom (ili prema normativu)

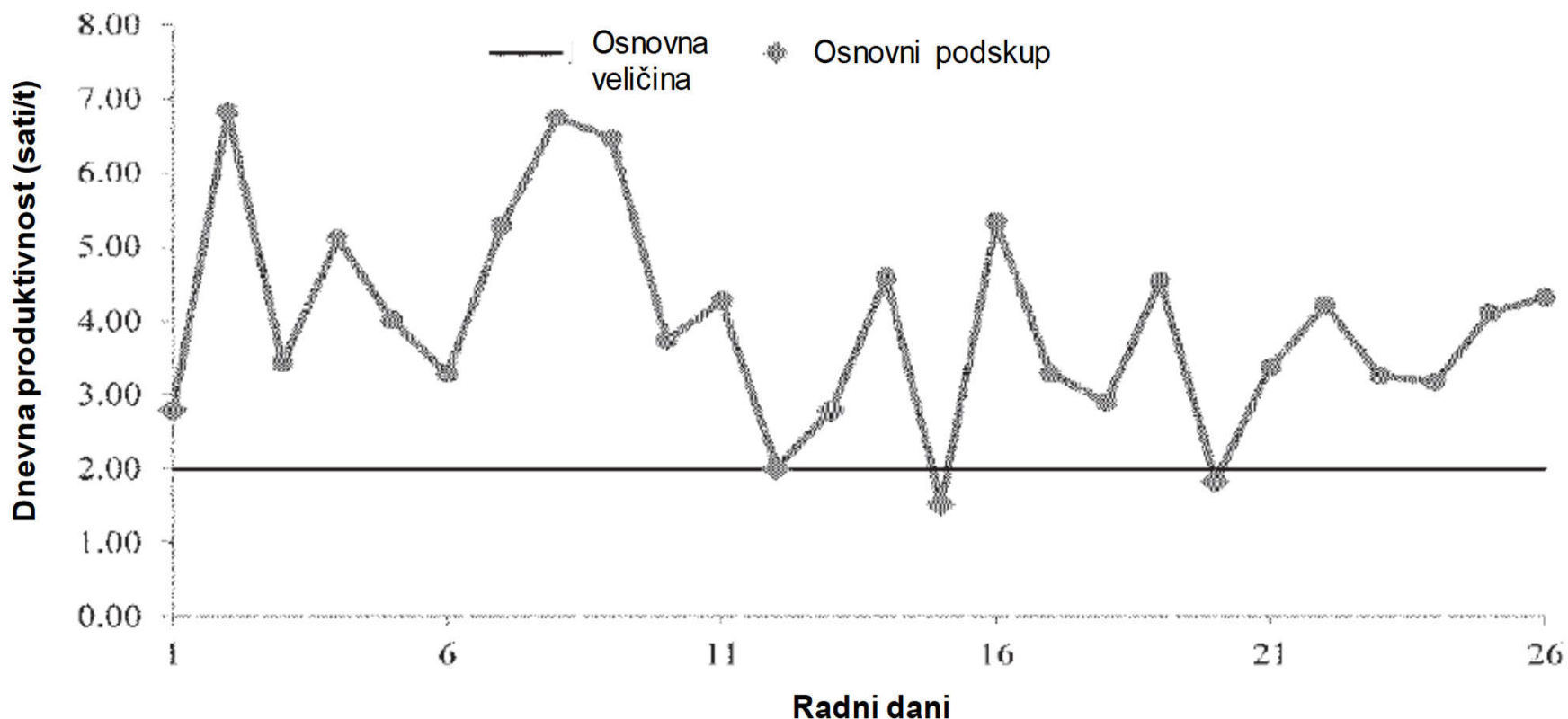
Ghoddousi i ostali (2014) daju primjer mjerenja produktivnosti za aktivnosti postavljanja armaturnih konstrukcija. Pri tome su usvojili armaturu greda kao standard, a postavljanje armature stupa umanjuju u odnosu na stupove (ukupna težina armature izračunava se zbrajanjem težine armature greda i tona postavljene armature stupova pomnožene s 0,4734). Prikupljeni su podaci mjerenja sa šest građevinskih projekata u Teheranu kod kojih je bila ista složenost projekata i način gradnje te slične metode rukovanja materijalima. Slični su i financijski odnosi s dobavljačima i stopa radne snage angažirane za motrene aktivnosti. Zbog toga su slične i vještine raspoređenih radnika u svim tim projektima.

Sljedeća tablica prikazuje rezultate tipičnog prikupljanja podataka i određivanje dnevne produktivnosti na projektu br. 1. (Najveće veličine produktivnosti, odnosno najmanje sati/t, uvršetene su u osnovnu podskupinu.) [Ghoddousi i dr., 2014]

Podaci prikupljeni na jednom od građevinskih projekata u Iranu

Radni dani	Težina postavljene konstrukcije (t)		Ukupna količina	Radni sati	Produktivnost	Osnovni podskup
Br.	Stupovi	Grede	(t)	(sati)	(sati/t)	*
1	11	25	30,21	84	2,78	*
2	10	7	11,73	80	6,82	
3	26	11	23,31	80	3,43	
4	9	13	17,26	88	5,10	
5	20	19	28,47	114	4,00	
6	0	25	25,00	82	3,28	
7	18	7	15,52	88	5,28	
8	17	5	13,05	88	6,74	
9	0	13	13,00	84	6,46	
10	0	15	15,00	56	3,73	
11	14	14	20,63	88	4,27	
12	55	18	44,04	88	2,00	*
13	27	16	28,78	80	2,78	*
14	10	14	18,73	86	4,59	
15	0	57	57,00	86	1,51	*

Osnovna i izmjerena produktivnost po radnim danima kada je praćena [Ghoddousi i dr., 2014]



Za svih šest projekata na kojima je istraživana produktivnost izračunata je prosječna osnovna produktivnost 2,07 sati/t. Dani u kojima je veličina dnevne produktivnosti dvostruko veća od 2,07, odnosno $> 4,14$ sati/t (zapravo dvostruko slabija od prosječne) smatraju se nenormalnim ili neuobičajenim (znači da su s nekim poremećajem).

Prosječna količina betona, trajanje i ostvarena produktivnost na gradilištima - prosječne vrijednosti u jednom procesu betoniranja na području Niša [Matejević; Zlatanović, 2017]

Oznaka gradilišta	Broj betoniranja	Kat	Količina betona po betoniranju (m ³)	Trajanje betoniranja (min)	Ostvarena produktivnost (m ³ /h)
1	10	Temelj-VI	102,37	336	19,59
2	3	V-VII	182,67	608	18,49
3	9	Po-VI	66,11	228	18,46
4	5	II-VI	89,80	308	18,02
5	8	Po-VI	71,13	216	21,36
6	4	III-Pk	65,66	341	11,72
7	8	Po-Pk	69,75	213	20,50
8	34	Temelj-V	197,82	453	26,06

Nadalje je prezentiran primjer određivanja produktivnosti armirača, montera oplata (tesara) i betoniraca na temelju tromjesečnog praćenja rada na pet gradilišta iz studije slučaja Gavili i Mortaheba. Produktivnost radnika pojedinih zanimanja praćena je na svakom gradilištu kod izvedbe različitih a.b. elemenata (to je prikazano za armirače na gradilištu A).

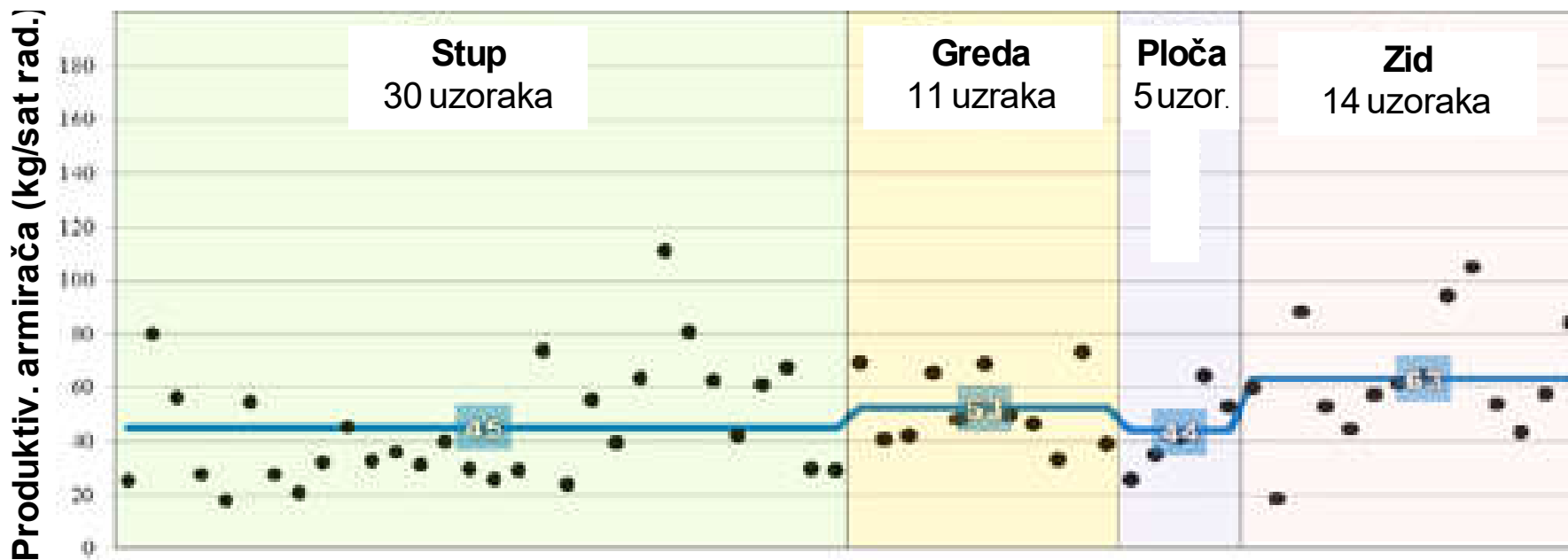
	Gradilište A	Gradilište B	Gradilište C	Gradilište D	Gradilište E
Armatura (t)	4.476	4.292	5.682	3.357	4.179
Oplata (m²)	54.307	39.037	62.608	21.979	43.0647
Armirani bet. (m³)	22.251	16.363	24.519	9.620	16.382

	Gradilište A	Gradilište B	Gradilište C	Gradilište D	Gradilište E
Armirači (sati rada)	239.088	194.263	324.304	139.120	315.872
Monteri opl. (sati rad)	239.320	198.288	313.440	124.680	298.672
Izravni rad (sati rada)	478.408	392.552	637.744	263.800	614.544

	Gradilište A	Gradilište B	Gradilište C	Gradilište D	Gradilište E
Armirači (kg/satu rada)	18,70	22,10	17,50	24,10	13,20
Monteri opl. (m²/satu rada)	0,23	0,20	0,20	0,18	0,14
Betonirci (m³/satu rada)	0,047	0,0427	0,038	0,036	0,027

Mikro produktivnost armirača (kg/sat rada radnika) [Gavili; Mortaheb, 2015]

	Gradilište A	Gradilište B	Gradilište C	Gradilište D	Gradilište E
Stup	45,2	56,0	44,5	40,4	33,5
Greda	52,5	53,5	52,6	54,4	31,9
Ploča	43,9	52,0	75,1	80,7	59,6
Zid	63,4	53,1	42,0	29,8	32,9
UKUPNO	50,7	54,2	50,9	47,8	36,7



Pokazatelji uspješnosti poslovanja na temelju produktivnosti

Omjer izvedbe (*Performance ratio – PR*) je jedna od mjera produktivnosti koju zbog relativnosti prirode produktivnosti, voditelji projekata i građevinski stručnjaci često koriste kod definiranja produktivnosti rada [Yi; Chan, 2013]. Izračunava se dijeljenjem kumulativne produktivnosti s očekivanom, odnosno idealnom ili osnovnom produktivnošću:

$$PR = \text{Ostvarena produktivnost} / \text{Očekivana produktivnost}$$

Stupanj postizanja postavljenih normativa ima isto značenje kao *PF* jer je to kvocijent između normiranog i stvarno utrošenog vremena. Sposobni radnici uglavnom prekoračuju normu, dok slabi podbacuju. Pinter i Lončarić (2006) navode da su kod ovoga granice od - 30% (podbačaj) do + 40% (prebačaj), a ako većina radnika ne dostiže normirano vrijeme ili većina znatno prebacuje, tada treba provesti kontrolu i jednom od poznatih metoda obaviti mjerenje i utvrditi nove normative.

Indeks poremećaja (*Disruption index* – DI) koristi se kao jedno od mjerila za *benchmarking* produktivnosti rada, a jednostavno se izračunava iz sljedećeg odnosa:

DI = Broj nenormalnih dana (s poremećajem) / Ukupni broj rad. dana

Određivanje broja dana s poremećajem, tzv. nenormalnih dana, je prema odstupanju ostvarene produktivnosti u odnosu na osnovnu (kada je više nego duplo slabija).

Što je DI veći, to znači da je projekt imao više “nenormalnih” radnih dana i to je onda slab projekt (jer se pod poremećajima podrazumijevaju isključivo oni s negativnim djelovanjem na produktivnost). Npr. projekti s $DI < 0,1$ su uspješni, a za projekte kod kojih je $DI > 0,4$ smatra se da su slabo izvođeni [Shehata; El-Gohary, 2011].

Faktor iskorištenja rada, tj. radne snage (*Labour Utilisation Factor - LUF*) osnovna je mjera relativnog produktivnog vremena rada operacije. Izračunava se prema izrazu [AMAC, 2004]:

$$\text{LUF} = (\text{Produktiv. vrijeme rada} + (0,25 \times \text{pomoć. vrij.})) / \text{Ukup. vrij. rada}$$

U studiji koju je napravio *AMAC Consultants* (2004) rezultati slučajnih uzoraka korišteni su od 5-minutnog ocjenjivanja, budući da se tijekom tih perioda može napraviti preciznije opažanje prirode produktivnog, pomoćnog ili neproduktivnog rada, odnosno vremena tijekom radne smjene. U sljedećoj tablici su dobiveni rezultati primjera jednog takvog mjerenja. Faktor iskorištenja radne snage koji množi vrijeme pomoćnog rada s 0,25 iznosi 53,6%.

	Broj opažanja		
	Produktivno	Pomoćni rad	Ne doprinosi
1. dan	66	78	17
1. dan	55	36	20
1. dan	57	44	33
Zbroj	178	158	70
$\text{LUF}_{(25)} = (178 + 0,25 \times 158) / (178 + 158 + 70) = \mathbf{53,6\%}$			

Srednje vrijednosti LUF-a za 7 razdoblja tijekom dana, za pet radnih dana
[O'Neill; Panuwatwanich, 2013]

Dan Vrijeme	Ponedjeljak	Utorak	Srijeda	Četvrtak	Petak	Dnevni prosjeak
6:30	76,3%	77,5%	92,5%	83,8%	76,3%	81,3%
8:00	85,0%	85,0%	92,5%	88,8%	81,3%	86,5%
10:00	88,8%	88,8%	92,5%	88,8%	85,0%	88,8%
10:30	92,5%	85,0%	85,0%	89,4%	80,0%	86,4%
13:00	83,3%	81,3%	92,5%	88,8%	78,8%	84,9%
14:00	85,0%	81,3%	85,0%	85,0%	68,8%	81,0%
16:30	70,2%	73,8%	77,5%	76,3%	48,8%	69,3%
Prosječno	83,0%	81,8%	88,2%	85,8%	74,1%	

Stopa (stupanj) direktnog rada (*Direct work rate*) također služi za sagledavanje i uspoređivanje udjela direktnog, odnosno izravnog proizvodnog rada u ukupnom radu na gradilištu/projektu, a izračunava se kao omjer broja opažanja izravnog proizvodnog rada i ukupnog broja opažanja [Zhang, 2014]:

Stopa direkt. rada = Opažanja direkt. rada / Ukupan broj opažanja