

Ocena nivoa kvaliteta simultano projektovanih specifičnih proizvoda za varijantnu obradu infrastrukturnih profila

Milan Kolarević^{1,*}, Arandel Babić¹, Nemanja Ilić¹, Marina Pljakić¹

¹ Univerzitet u Kragujevcu, Mašinski fakultet Kraljevo, Srbija

Upotreba sistema za mehaničko iskopavanje u rudarstvu i građevinarstvu sve više potiskuje konvencionalne tehnike bušenja i miniranja. Na ovaj način se povećava produktivnost i smanjuju troškovi u radu. Kao dodatna prednost, mehaničko iskopavanje uključuje značajno povećanu sigurnost u radu. U prethodnom periodu, u okviru projekata tehnološkog razvoja, su razvijene familije glodačkih doboša, glodačkih glava i glodačkih diskova. Nakon integrisanog projektovanja ovih sistema na nivou proizvoda, tehnologije i montaže, potrebno je proračunati nivo kvaliteta ovih sistema. U radu je prikazan proračun nivoa kvaliteta sistema za mehaničko iskopavanje pomoću metode Težinskih koeficijenata.

Ključne reči: glodački sistemi, nivo kvaliteta sistema, težinski koeficijenti

1 UVOD

Ovi proizvodi predstavljaju montažne podsisteme sistema za obradu infrastrukturnih objekata. Razvoj i istraživanje glodačkih glava i doboša se odvija na osnovu izuzetno velikog broja funkcionalnih zahteva i ograničenja definišući čitav spektar varijanti[3].

Sa ciljem da se postigne svetski nivo konkurentnosti, a s obzirom na izraženu kompleksnost ovih podsklopova, njihovo projektovanje je bilo nezamislivo bez primene savremenih kompjuterskih tehnologija. Osim razvoja familija ovih proizvoda izvršeno je modelovanje tehnologije izrade glodačkih diskova, glava i doboša, kao i modelovanje montažne strukture sistema za obradu infrastrukturnih objekata.

U ovoj fazi je neophodno oceniti nivo kvaliteta projektovanih proizvoda i ukazati na eventualna slaba

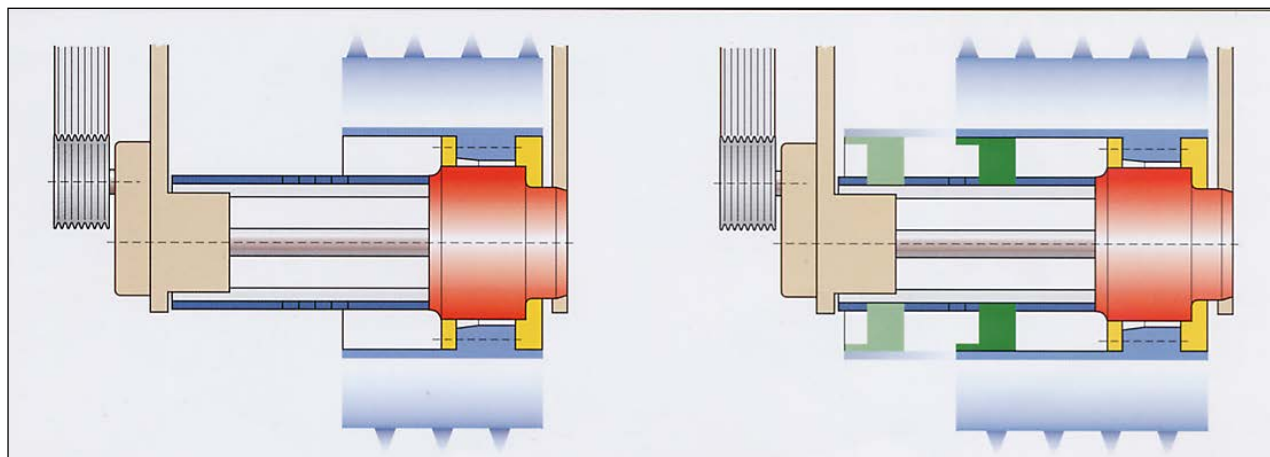
mesta i potrebu za određenim poboljšanjima proizvoda. U nastavku je prikazan proračun nivoa kvaliteta projektovanih proizvoda pomoću metode Težinskih koeficijenata.

2. SISTEMI GLODAČKIH ALATA U OBRADI INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA

2.1. Glodački doboši

Glodački doboši (Milling drums) su sistemi koji se uglavnom koriste za obradu putnih infrastrukturnih objekata za skidanje oštećenog sloja asfalta.

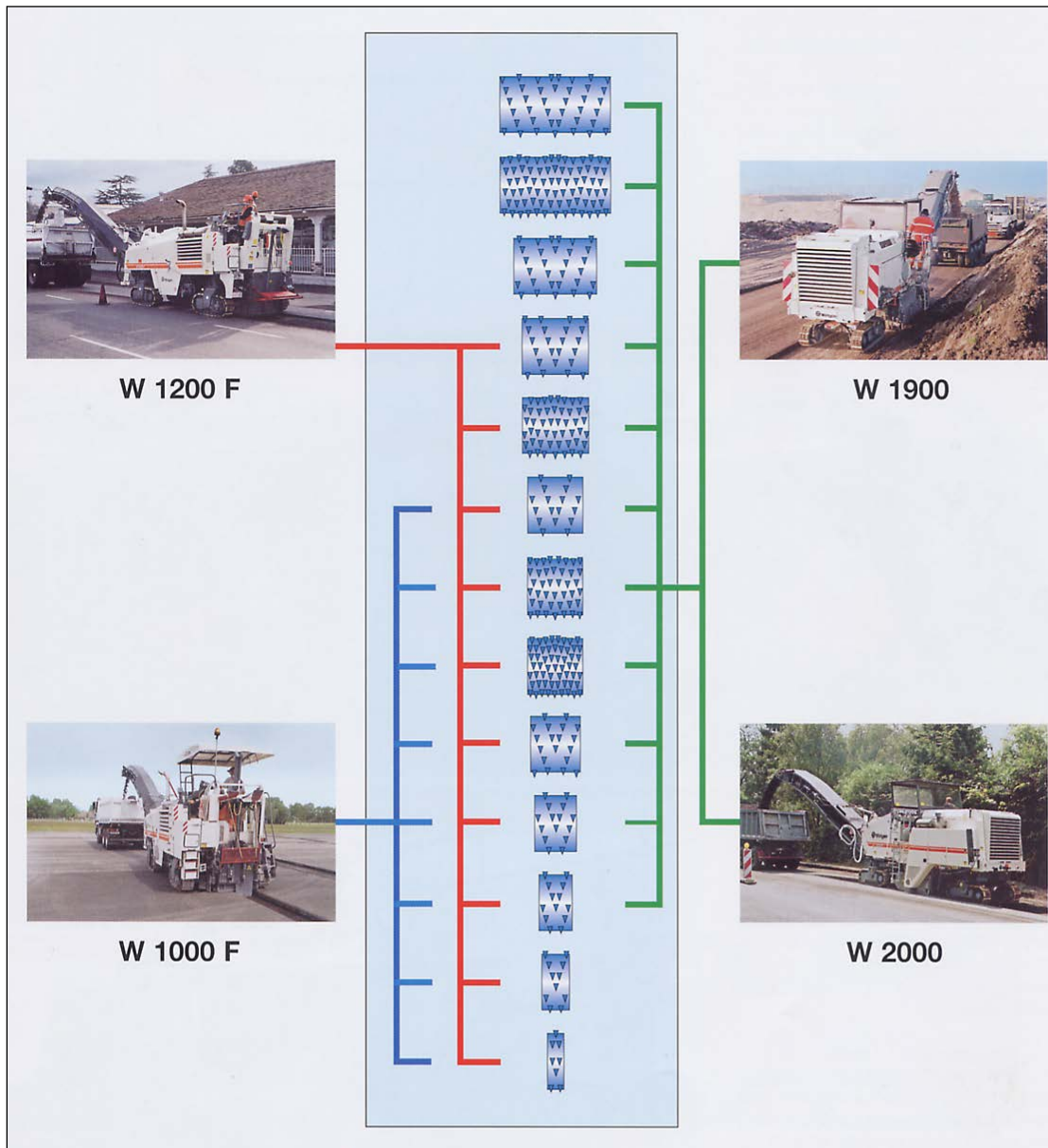
Varijantnom izradom glodačkih jedinica u različitim širinama i za različite radne uslove, kao i mogućnošću montaže varijantnih rešenja na jednu putnu glodalicu, obezbeđuje se fleksibilnost sistema za obradu putnih podloga (slika 1).



Slika 1. Šematski prikaz fleksibilnog sistema sa različitim radnim širinama

Takođe, varijantno projektovani glodački doboši mogu naći svoju primenu na različitim tipovima putnih

glodalica, što multiplicira spektar moguće primene sistema za obradu putnih podloga (slika 2).



Slika 2. Šematski prikaz široke primene putnih glodalica zahvaljujući velikom broju mogućih kombinacija

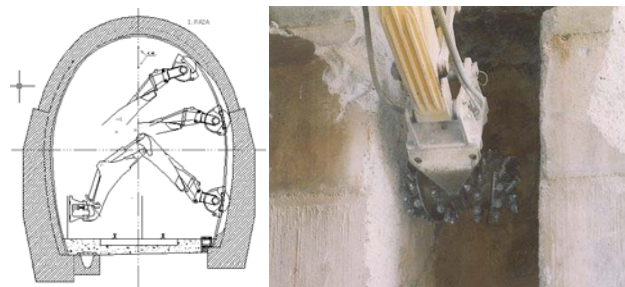
2.2. Sistemi glodačkih glava

Sistemi glodačkih glava imaju širok dijapazon primene. Pogodni su za obradu kalote tunela skidanjem unutrašnjeg sloja betona u slučaju da je potrebno dimenziono proširenje tunela ili skidanje postojećeg oštećenog sloja betona radi reparacije (slika 3.).

Sistemi glodačkih glava su sklopovi koji se koriste kao priključni uređaji na bagerima. Montiraju se zamenom već postojeće kašike na bageru. Projektovana je (varijantno i parametarski) familija ovih sistema za različite prečnike profila koji se obrađuje i sa različitim brojem noževa postavljenih u helikoidnom rasporedu.

Uvažavajući navedene kinematske parametre za usvojene funkcionalne zahteve kao i klasifikaciju pogonskih mašina sa aspekta mase i snage usvojena su tri

sistema glodačkih glava (slika 4.) pri čemu se kao osnovni parametar uzima prečnik doboša: GG700, GG900 i GG1100 (tabela 1)[5].



Slika 3. Glodačka glava u zahvatu pri obradi profila tunela

Tabela 1. Usvojena familija glodačkih glava

	GG 700			GG 900			GG 1100		
Osnovne karakteristike	D [mm]	n [kom]	s [mm]	D [mm]	n [kom]	s [mm]	D [mm]	n [kom]	s [mm]
	700	84	5.5	900	84	5.5	1100	84	5.5
		108	7.2		108	7.2		108	7.2
		132	11		132	11		132	11
Ukupan broj noževa (max)	84			108			132		



Slika 4. Familija sistema glodačkih glava [4]

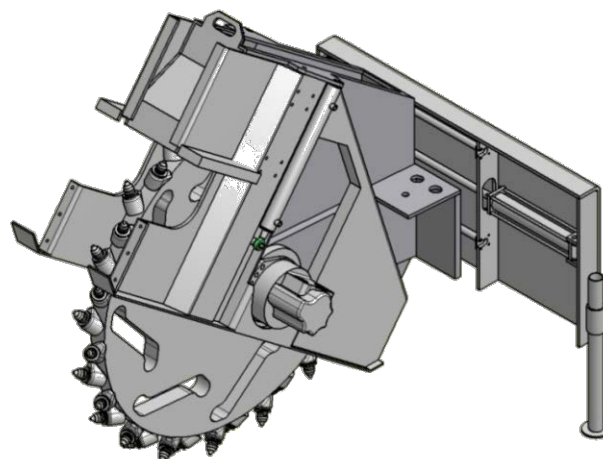
2.3. Glodački diskovi

Glodački diskovi su sistemi glodačkih alata koji su projektovani tako da omogućavaju obradu profila relativno male širine u odnosu na dubinu. Sistemi glodačkih diskova imaju širok dijapazon primene. Koriste se kao priključni uređaji na mini bagerima, mini utovarivačima i drugim građevinskim mašinama. Sistem glodačkih diskova (slika 5.) se sastoji od [5]:

- Diska sa noževima postavljenim po omotaču diska u tačno odgovarajućem rasporedu definisanom kinematikom procesa rezanja,
- Nosača preko koga se vrši povezivanje sistema na radnu mašinu,
- Noseće konstrukcije koja ima ulogu nosača diska i hidromotora, i
- Hidromotora kao pogonskog organa koji se preko hidrauličkog sistema radne mašine napaja uljem pod pritiskom.

Na osnovu funkcionalnih zahteva definisanih preko veličine, oblika profila i kvaliteta površine koja se

obrađuje, usvojena je (konceptualno) familija sistema glodačkih diskova. Familija obuhvata tri veličine glodačkih diskova, za tri prečnika. čiji su eksploataciono tehnički parametri prikazani u tabeli 2.



Slika 5. Sistem glodačkog diska[4]

Tabela 2. Karakteristike sistema glodačkih diskova

		SGD 300	SGD 450	SGD 600
Dubina iskopavanja	mm	300	150-450	200-600
Širina	mm	80	130	130
Moguće širine diska	mm	50	80-160-200	80-160-200
Radni pritisak	bar	160-300	160-300	160-300
Protok ulja	l/min	60-80	70-110	90-130
Broj obrtaja rezne glave	min ⁻¹	75-95	60-90	52-72
Brzina rezanja	cm/min	50-600	50-500	40-400
Masa	kg	615	1150	1250

3. KARAKTERISTIKE KVALITETA NOVOG PROIZVODA

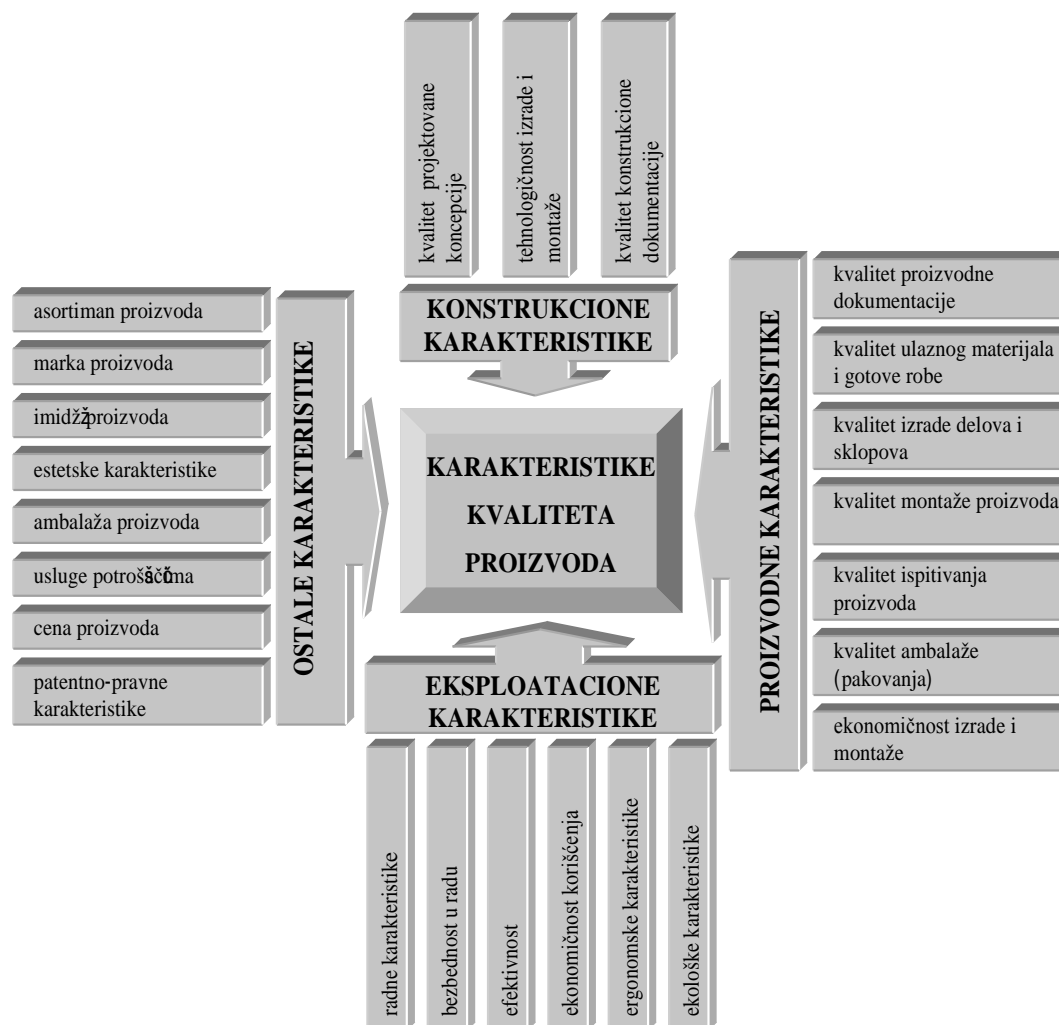
3.1. Kvalitet proizvoda

U fazi lansiranja novog proizvoda na tržište ključno mesto ima određivanje kvaliteta novog proizvoda s obzirom da kvalitativna svojstva proizvoda direktno utiču na intenzitet potražnje. Za razliku od proizvoda koji su već uključeni u proces razmene na tržištu i kod kojih postoji potreba za određenim usavršavanjima, kod lansiranja novog proizvoda na tržište proizvođač ima mogućnost da projektuje karakteristike kvaliteta novog proizvoda u skladu s odgovarajućim koncepcijama poslovne strategije.

Opšte je prihvaćena definicija da je *kvalitet skup karakteristika proizvoda ili usluga kojima se zadovoljavaju potrebe kupaca-korisnika*. Dobro dizajniran proizvod treba da zadovolji tehničke, funkcionalne, estetske, ergonomске, sociološke, ekonomske i druge zahteve. Međutim, obim zastupljenosti ovih faktora, tj. njihovo "doziranje" ima različite prioritete sprovođenja u zavisnosti od vrste proizvoda. Optimalni kvalitet određenog proizvoda je onaj koji u sebi ima skladno zastupljene sve ove zahteve.

3.2. Osnovne karakteristike proizvoda

Osnovne karakteristike kompleksnih proizvoda



Slika 6. Karakteristike kvaliteta proizvoda [1]

metaloprerađivačke industrije su prikazane na slici 6. i razvrstane su u četiri osnovne grupe[1]:

- konstruksione karakteristike,
- proizvodne karakteristike,
- eksploatacione karakteristike i
- ostale karakteristike.

3.3. Određivanje ukupnog nivoa kvaliteta proizvoda

Ocena nivoa kvaliteta proizvoda se rešava primenom odgovarajućih sistemskih metoda od kojih je najpoznatija *metoda težinskih koeficijenata* [2]. Ova metoda podrazumeva sledeće faze:

- izbor osnovnih pokazatelja kvaliteta
- utvrđivanje značaja pokazatelja i
- utvrđivanje ukupnog nivoa kvaliteta proizvoda.

Pokazatelji (karakteristike) kvaliteta q_i zavise od vrste proizvoda i pogodno je dati ih u normalizovanom obliku što se najčešće izvodi deljenjem vrednosti svakog pokazatelja sa vrednošću razmatranog pokazatelja odabranog etalon proizvoda. Tako izračunati pokazatelj ima vrednost $0 \leq q_i \leq 1$. Utvrđivanje značaja pokazatelja (težinskih koeficijenata) se rešava primenom metoda ekspertnih ocena

Primenom metode težinskih koeficijenata vrednost nivoa i -tog pokazatelja kvaliteta Q_i se dobija kao proizvod njegove normalizovane vrednosti q_i i pripadajućeg težinskog koeficijenta k_i , tj.:

$$Q_i = k_i q_i \quad (1)$$

U opštem slučaju se može napisati da je:

$$\begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_i \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & k_2 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & k_i & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & k_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_i \\ \vdots \\ q_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

ili kraće:

$$\mathbf{Q} = \mathbf{q} \mathbf{K} \quad (3)$$

gde je:

\mathbf{Q} - vektor nivoa kvaliteta proizvoda

\mathbf{K} - matrica težinskih koeficijenata (dijagonalna)

\mathbf{q} - vektor pokazatelja kvaliteta

Elementi matrice težinskih koeficijenata imaju

sledeću karakteristiku:

$$\sum_{i=1}^n k_i = 1, \text{ tj. } \text{tr} \mathbf{K} = 1$$

Ukupni nivo kvaliteta proizvoda je:

$$Q_0 = \sum_{i=1}^n Q_i = \sum_{i=1}^n k_i \cdot q_i \quad (4)$$

ili :

$$Q_0 = [k_1 \quad k_2 \quad \dots \quad k_n] \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

4. NIVO KVALITETA SPECIFIČNIH PROIZVODA ZA VARIJANTNU OBRADU INFRASTRUKURNIH PROFILA

Na osnovu analize specifičnih proizvoda za varijantnu obradu infrastrukturnih profila karakteristike kvaliteta su razvrstane u četiri grupe (tabela 3):

- konstruktivne karakteristike Q_I
- proizvodne karakteristike Q_{II}
- eksploatacione karakteristike Q_{III} i
- ostale karakteristike Q_{IV} .

Navedene grupe su dalje razvrstane u 24 osnovne podgrupe a ove na elementarne karakteristike kvaliteta. Za osnovne pokazatelje kvaliteta su usvojene podgrupe

pokazatelja označene sa ($q_1 \dots q_{24}$).

Proračun ukupnog nivoa kvaliteta za svaki proizvod je izvršen pomoću metode težinskih koeficijenata. Procenjene vrednosti težinskog koeficijenta k_i za svaki od 24 pokazatelja kvaliteta proizvoda i proračunate vrednosti svakog pokazatelja kvaliteta q_i su prikazane u tabeli 4. U istoj tabeli su izračunati i proizvodi $k_i \cdot q_i$, a ukupni nivo kvaliteta dobijen sumiranjem ovih proizvoda za svaki realizovani projekat je prikazan u poslednjem redu tabele.

Tabela 3. Karakteristike kvaliteta proizvoda

GRUPA KARAKTERISTIKA	PODGRUPA KARAKTERISTIKA
KONSTRUKCIONE KARAKTERISTIKE PROIZVODA Q_I	q_1 - Kvalitet projektovane koncepcije
	q_2 - Tehnoložičnost izrade i montaže
	q_3 - Kvalitet konstruktivne dokumentacije
PROIZVODNE KARAKTERISTIKE Q_{II}	q_4 - Kvalitet proizvodne dokumentacije
	q_5 - Kvalitet ulaznog materijala i gotove robe
	q_6 - Kvalitet izrade delova i sklopova
	q_7 - Kvalitet montaže proizvoda
	q_8 - Kvalitet ispitivanja proizvoda
	q_9 - Kvalitet ambalaže (pakovanja)
	q_{10} - Ekonomičnost izrade i montaže
	q_{11} - Radne karakteristike
EKSPLOATACIONE (FUNKCIONALNE) KARAKTERISTIKE Q_{III}	q_{12} - Bezbednost (sigurnost) u radu
	q_{13} - Efektivnost
	q_{14} - Ekonomičnost korišćenja
	q_{15} - Ergonomske karakteristike
	q_{16} - Ekološke karakteristike
OSTALE KARAKTERISTIKE Q_{IV}	q_{17} - Asortiman (raznovrsnost) proizvoda
	q_{18} - Marka proizvoda
	q_{19} - Imidž proizvoda
	q_{20} - Estetske karakteristike
	q_{21} - Ambalaža (pakovanje) proizvoda
	q_{22} - Usluge potrošačima
	q_{23} - Cena proizvoda
	q_{24} - Patentno-pravne karakteristike

5. ZAKLJUČAK

Sistemi glodačkih alata za obradu putnih i železničkih infrastrukturnih objekata su veoma kompleksni proizvodi. Složenost se ogleda u broju komponenata kao i u obezbeđivanju odgovarajućeg prostornog rasporeda među njima. To se prvenstveno odnosi na podsklop noža (reznih elemenata) da bi se ispunili kinematski zahtevi rezanja i obezbedila odgovarajuća kretanja.

Projektovanje ovih sistema u CAD/CAA okruženju i projektovanje tehnologije u CAM-u je pored skraćivanja vremena projektovanja obezbedilo visok nivo kvaliteta ovih proizvoda u fazi projektovanja a mogućnost pojave grešaka u procesu izrade i montaže je svedena na najmanju moguću meru. Virtuelni protip proizvoda je omogućio analizu velikog broja varijanti proizvoda i proveru tehnologije izrade i montaže proizvoda što će kao posledicu imati i znatno smanjenje troškova razvoja ovih proizvoda.

Tabela 4. *Ostvarene vrednosti nivoa kvaliteta*

Karakteristika kvaliteta	k	GD		GG		SGD		
		q_i	$k \cdot q_i$	q_i	$k \cdot q_i$	q_i	$k \cdot q_i$	
Q_I	q_1	0,2	0,82	0,16	0,86	0,17	0,81	0,16
	q_2	0,1	0,81	0,08	0,85	0,09	0,85	0,09
	q_3	0,04	0,80	0,03	0,83	0,03	0,95	0,04
Q_{II}	q_4	0,03	0,80	0,02	0,82	0,02	0,90	0,03
	q_5	0,04	0,92	0,04	0,92	0,04	0,92	0,04
	q_6	0,04	0,90	0,04	0,90	0,04	0,90	0,04
	q_7	0,04	0,93	0,04	0,93	0,04	0,93	0,04
	q_8	0,03	0,90	0,03	0,90	0,03	0,90	0,03
	q_9	0,03	0,93	0,03	0,93	0,03	0,93	0,03
Q_{III}	q_{10}	0,04	0,90	0,04	0,90	0,04	0,90	0,04
	q_{11}	0,04	0,80	0,03	0,84	0,03	0,82	0,03
	q_{12}	0,04	0,97	0,04	0,97	0,04	0,97	0,04
	q_{13}	0,05	0,83	0,04	0,87	0,04	0,85	0,04
	q_{14}	0,05	0,82	0,04	0,87	0,04	0,84	0,04
	q_{15}	0,04	0,97	0,04	0,86	0,03	0,97	0,04
Q_{IV}	q_{16}	0,03	0,95	0,03	0,95	0,03	0,95	0,03
	q_{17}	0,02	0,83	0,02	0,87	0,02	0,85	0,02
	q_{18}	0,02	0,92	0,02	0,92	0,02	0,92	0,02
	q_{19}	0,01	0,90	0,01	0,90	0,01	0,90	0,01
	q_{20}	0,02	0,89	0,02	0,92	0,02	0,90	0,02
	q_{21}	0,02	0,94	0,02	0,94	0,02	0,94	0,02
	q_{22}	0,03	0,88	0,03	0,88	0,03	0,88	0,03
	q_{23}	0,03	0,82	0,02	0,86	0,03	0,84	0,03
q_{24}	0,01	0,70	0,01	0,70	0,01	0,70	0,01	
Σ	1,00		0,861		0,879		0,876	

Zahvalnost. Autori žele da izraze zahvalnost Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za podršku ovom istraživanju kroz projekte TR37020 i TR14028.

6. LITERATURA

- [1] Kolarević M. "Brzi razvoj proizvoda", monografija, Zadužbina Andrejević, Beograd, 2004.
- [2] Durković R. "Tehnički nivo u sistemu kvaliteta proizvoda-Pokazatelji i sistemske metode ocene", Nacionalni naučno stručni časopis: Menadžment totalnim kvalitetom, JUSK, VOL. 26. br. 2, Beograd, 1998, str. 97-100.
- [3] Babić, A., Ilić, N., „Savremen koncept projektovanja glodačkih glava u rudarstvu i izradi profila tunela“, 31. Savetovanje proizvodnog mašinstva Srbije i Crne Gore, Kragujevac 2006, Zbornik radova, str 114-120., ISBN 86-80581-92-5
- [4] Ilić, N., Petrović, A., Babić, A., Pljakić M., "Modelling of milling tools in the procession of road and railway infrastructure facilities", May 2010, Opatija, Croatia, Zbornik radova, str. 971-975., ISBN 978-953-6272-37-2
- [5] Ilić, N., Petrović, A., Babić, A., Pljakić, M., "Modelovanje montažne strukture sistema glodačkih diskova u CAD/CAA okruženju", 36. JUPITER konferencija, Beograd Maj 2010, Zbornik radova na CD-u, str. 3.47-3.52., ISBN 978-86-7083-696-9
- [6] Kolarević M., Radičević B., Premović B., Živković O. "Indeksi za ocenu sposobnosti procesa", IMK-14 Istraživanje i razvoj, Godina XVI, Broj 37 4/2010, str. 31-36, ISSN 0354-6829
- [7] Babić, A., Ilić, N., Pljakić M., Žukovski A. „Procesi CAD/CAA u projektovanju reznih podsklopova glodačkog diskova“, IMK-14 Istraživanje i razvoj, Godina XVI, Broj 37 4/2010, str. 81-84, ISSN 0354-6829