DOI: 10.5937/eroz52-72627 ОРИГИНАЛНИ НАУЧНИ РАД

PRIMENA BAGERA U VODOPRIVREDI I NJIHOV UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU

APPLICATION OF EXCAVATORS IN WATER MANAGEMENT AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Tijana Vulević [1*1], NadaDragović[1], Mirko Šćepanović[2]

[1]Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd
[2]VD "Zapadna Morava" d.o.o Kraljevo, 36000 Kraljevo

Примљен: 19.08.2026. / ***Рецензиран:*** 17.09.2026. / ***Прихваћен:*** 06.10.2026.

APSTRAKT

Bageri su među najčešće korišćenim mašinama za izvođenje radova sa zemljištem i sličnim materijalima u oblasti zaštite zemljišta od erozije i bujičnih poplava. Vodoprivredna preduzeća u Srbiji ih koriste prvenstveno za uređenje i sanaciju rečnih korita, izgradnju nasipa i drugih objekata za zaštitu od štetnog dejstva voda. Potrošnja energije i emisija CO_2 predstavljaju, pored produktivnosti, troškova i trajanja radova, važne pokazatelje održivosti.
Za određene modele CAT i Komatsu bagera, na osnovu podataka proizvođača o potrošnji pogonskog goriva, određene su potrošnja energije i emisija CO_2. Dodatno je analizirano 17 modela bagera neto snage motora 70-151 kW kojima raspolažu tri vodoprivredna preduzeća. Pri srednjem prosečnom opterećenju motora, procenjena potrošnja energije iznosi 326,12-666,21 MJ/h, a emisija CO_2 24,07-49,17 kg/h. Za potpuniju ocenu emisija potrebno je razmotriti i vreme rada i produktivnost, jer veća časovna emisija ne mora nužno rezultirati većom ukupnom emisijom CO_2.

Ključne reči: bageri, vodoprivredna preduzeća, potrošnja energije, emisija CO_2

ABSTRACT

Excavators are among the most commonly used machines for earthworks related to soil protection against erosion and torrential flooding. Water management companies in Serbia primarily use them for riverbed regulation and rehabilitation, construction of embankments, and other structures for protection against the harmful effects of water. In addition to productivity, costs, and project duration, energy consumption and CO_2 emissions are important sustainability indicators.
For selected CAT and Komatsu excavator models, energy consumption and CO_2 emissions were determined based on manufacturers' fuel consumption data. Additionally, 17 excavator models with net engine power ranging from 70 to 151 kW, operated by three water management companies, were analysed. Under average engine load conditions, estimated energy consumption ranges from 326.12 to 666.21 MJ/h, while CO_2 emissions range from 24.07 to

[1] Tijana Vulević, email: tijana.andrijanic@sfb.bg.ac.rs, ORCID ID: 0000-0003-2417-653X; Nada Dragović ORCID ID: 0000-0001-8935-0717

49.17 kg/h. A more comprehensive assessment should also consider operating time and productivity, as higher hourly emissions do not necessarily result in higher total CO_2 emissions.

Keywords: excavators, water management companies, energy consumption, CO_2 emission

UVOD

U vodoprivrednoj delatnosti, za izvođenje radova na zaštiti zemljišta od erozije i bujičnih poplava primenjuju se različite građevinske mašine. U Srbiji je njihova primena krenula od 20. veka, prilikom uređenja Džepskih bujica u Grdeličkoj klisuri, kada su korišćeni prvi dozeri, utovarivači i bageri u reonskim sekcijama kako su se u to vreme zvala vodoprivredna preduzeća (Dragović, 2011). Prema podacima dostupnim u bazi CompanyWall, zasnovanim na podacima Agencije za privredne registre (APR), u Srbiji postoji 58 aktivnih privrednih subjekata, od čega 55 privrednih društava iz oblasti vodoprivrede, čija je pretežna delatnost izgradnja hidrotehničkih objekata.

Izvođenje, rekonstrukcija sanacija i održavanje različitih objekata (pregrada, nasipa, brana, kanala, crpnih stanica i dr.) preduzeća vrše primenom širokog spektra mehanizacije koji obuhvata bagere, dozere, kamione, utovarivače, kombinirke, uključujući pumpe za vodu, trimere, motorne testere, mešalice, vibronabijače i dr. Mašine koje imaju najširu primenu od pomenutih su bageri - mašine za radove sa zemljom i sličnim materijalima (Oljača et al. 20016) sa cikličnim načinom rada, svetskih proizvođača kao što su Kobelko, O&K, Volvo, Liebher, Komatsu, JCB, CAT, Sunward i dr. (Slika 1).



Slika 1. Primena bagera na izvođenju protiverozionih radova od strane vodoprivrednog društva "Erozija", Niš (Foto: Erozija, Niš)

Figure 1. Use of excavators in erosion control works by a water management company "Erozija", Niš (Foto: Erozija, Niš)

Bageri mogu imati različite priključke zahvaljujući kojima mogu obavljati brojne radove sa velikom efikasnošću, kao npr. demoliranje, ravnanje, podizanje i prenos terete, bušenje, ali se najčešće primenjuju za iskop i utovar materijala. S tim u vezi, najčešći priključni uređaj je dubinska kašika koja se koristi za iskop materijala ispod ravni oslanjanja građevisnke mašine. Kašika se nalazi na kraju ruke bagera (eng. arm) i zglobno vezana za strelu (eng. boom), a zajedno sva tri elementa, čine radni uređaj bagera.

Bageri sa dubinskom kašikom imaju najširu primenu od svih bagera sa jednom kašikom i primenjuju se za iskop temeljnih jama i rovova, iskop kanala za vodovod i kanalizaciju, prokop regulacije, izradu nasutih brana odbrambenih nasipa, iskop materijala sa rečnih sprudišta i iz rečnih tokova i dr. (Dragović, 2011). Koriste se i za izradu zagata. Pored navedenog, bageri su od značaja i za održavanje izgrađenih objekata. Njihov izbor pri uređenju bujičnih slivova zavisi od vrste i obima radova, uslova terena i usvojene tehnologije izvođenja (Dragović, 2011; Vulević i sar., 2021).

Kapacitet (zapremina) kašike bagera je od ključnih parametara za određivanje njegove produktivnosti (količina iskopanog materijala u m^3 po jedinici vremena) i zavisi od veličine bagera na koji se kašika postavlja.

Bageri većih gabaritnih dimenzija imaju veću snagu motora i radni deo većeg kapaciteta (Holt & Edwards, 2015), što omogućava iskop i manipulaciju većim količinama materijala. Takve mašine su posebno zastupljene u površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina, gde je obim zemljanih radova znatno veći (Zdravković et al., 2025), dok se za izvođenje protiverozionih radova koriste bageri manje zapremine kašike koja obično iznosi od 0,5 do 1,5 m^3 (Dragović, 2011).

Pogonski mehanizam bagera je dizel motor, odnosno bageri koriste dizel gorivo, koje značajno doprinosi emisiji štetnih gasova u atmosferu, pre svega CO_2 (Jassim et al. 2017). Da bi se odredila potrošnja energije i emisija CO_2 od podataka su potrebni specifična potrošnju goriva, snaga motora mašine, kao i vrednost koeficijent opterećenja motora. Potrošnja goriva je količina goriva u litrima koju mašine utroše u toku jednog sata rada, odnosno u toku 50 minuta rada, jer se procenjuje da je to maksimalno moguće vreme za koje mašina može efektivno da radi (Ivanov & Tsonev, 2025). Potrošnja goriva je važan faktor ekonomičnosti rada bagera jer čini značajan deo operativnih troškova rada bagera. Pored toga, poznavanje potrošnje goriva građevinskih mašina je važno sa aspekta minimiziranja negativnih efekata na životnu sredinu, jer usled sagorevanja dizel-goriva dolazi do emisije CO_2. Potrošnja goriva zavisi od tipa i modela mašina, radne sredine, vrste materijala, načina rukovanja mašinom, snage motora mašine i koeficijenta opterećenja motora. Što je veća vrednost koeficijenta opterećenja motora, veća je potrošnja goriva. Specifična potrošnja goriva je odnos mase utrošenog goriva i proizvedene snage u jedinici vremena koja se može izraziti u kg/(kW·h). Za modernije i novije dizel motore, specifična potrošnja goriva obično iznosi 0,21 kg/(kW·h), a sa povećanjem starosti motora ona se povećava i za istrošene motore obično iznosi 0,26 kg/(kW·h) (Klanfar et al. 2016). Koeficijent opterećenja motora ima vrednosti koje običnu idu do 0,90. Veće vrednosti ovog parametra ukazuju na to da je više goriva potrebno za generisanje neophodne snage. Vrednost ovog parametra se može odrediti na osnovu časovne potrošnje goriva, snage motora, specifične potrošnje goriva i gustine dizela. Ukoliko su poznati ovi podaci, može se odrediti emisija CO_2 ne samo bagera već i čitavog mašino-sastava što je značajno za procenu uticaja radova na životnu sredinu i preduzimanja mera za ublažavanje tih uticaja.

Cilj rada je da utvrdi koje bagere primenjuju privredni subjekti u Srbiji koja se bave vodoprivrednom delatnošću, kolika je potrošnja energije i emisija CO_2 bagera na osnovu

raspoloživih podataka iz kataloga i priručnika proizvođača, i kolike bi vrednosti ovih parametara mogle biti za mehanizaciju koja vodoprivredna preduzeća primenjuju za izgradnju hidrotehničkih objekata.

MATERIJAL I METODE

Materijal

Materijal istraživanja predstavljaju podaci o građevinskoj mehanizaciji, odnosno bagerima, kojima raspolažu vodoprivredna preduzeća u Srbiji, kao i tehnički podaci o analiziranim modelima bagera. Podaci o raspoloživoj mehanizaciji prikupljeni su iz javno dostupnih izvora vodoprivrednih preduzeća, što je obuhvatilo i raspoložive podatke o tehničkim karakteristikama mašina, uključujući proizvođača, model, kapacitet radnog dela i neto snagu motora. Za pojedine modele bagera proizvođača Caterpillar i Komatsu korišćeni su i podaci o snazi motora, potrošnji goriva pri različitim uslovima odnosno režimima rada koji su preuzeti iz kataloga i priručnika proizvođača. Prikupljeni podaci sistematizovani su i korišćeni kao ulazni parametri za procenu potrošnje energije i emisije CO_2.

Proračun potrošnje energije

Časovna potrošnja energije građevinskih mašina (Ec) se može proceniti na osnovu formule (Kecoljevic & Komljenovic, 2011; Klanfar et al. 2016; Jassim et al. 2017):

$$Ec = FC \cdot Ecf \ [MJ/h]$$

Gde je:

Ec – časovna potrošnja energije (MJ/h)

FC –potrošnja goriva u l/h, koja se dobija iz izraza:

$$FC = \frac{SFC \cdot P \cdot LF}{\rho_f} \quad [l/h]$$

SFC – specifična potrošnja goriva u kg/(kW·h)

P – snaga motora u kW

LF – koeficijent opterećenja motora

ρ_f – gustina dizela, ρ_f = 0,85 kg/l

Ecf – faktor koji konvertuje svaki l dizel goriva u energiju; Ecf=36 MJ/l.

Proračun emisije CO_2

Časovna emisija CO_2 usled potrošnje dizel goriva građevinskih mašina se može odrediti primenom formule:

$$E_{CO_2} = FC \cdot Emcf \quad [kgCO_2/h]$$

Gde je:

E_{Co_2} – emisija CO_2 u $kgCO_2/h$

FC – potrošnja goriva u l/h

$Emcf$ – faktor koji konvertuje svaki l dizel goriva CO_2 , tj. Emcf=2,6569 $kgCO_2/l$.

REZULTATI I DISKUSIJA

Vodoprivredna preduzeća u Srbiji imaju u svom vlasništvu različiti broj bagera, koji se razlikuju po tehničkim karakteristikama i godini proizvodnje, i koji se mogu koristiti za izvođenje brojnih vrsta radova. Dragović i Vulević (2016) analiziraju primenu mehanizacije u 5 vodoprivrednih preduzeća u Srbijii i zaključuju da preduzeća raspolažu sa 2 do 5 bagera, sa kratkim i dugim strelama, pri čemu jedno od razmatranih preduzeća raspolaže i sa plovnim bagerima. U pitanju je pretežno mehanizacija nabavljena posle 2004. god, ali ukazuju na to da je potrebna nabavka novih mašina, za šta su potrebna veća ulaganja u vodoprivredu.

Pojedina vodoprivredna preduzeća na svojim internet stranicama, samo navode realizovane i aktivne projekte, bez spiska mehanizacije sa kojom raspolažu, dok druga preduzeća daju brojno stanje mehanizacije u okviru tehničke opremljenosti, ali bez tehničkih karakteristika. Npr. VPD „Regulacije“ iz Sremske Mitrovice raspolaže sa preko 20 specijalizovane mehanizacije koja uključuje i bagere (Regulacije d.o.o., n.d.), dok VPD „Erozija“ doo, Niš raspolaže sa 4 bagera proizvođača Kobelko, O&K i Volvo (Erozija Niš, n.d.).

Vodoprivredno pivredno društvo „Smederevo” d.o.o. raspolaže sa bagerima JCB 210LC Dual, Sunward SWE 210 ELR, Hidromek HMK 310 LC, Sunward SWE 150W i Sunward SWE 120 ELR.

Vodoprivredno privredno društvo „Hidrosrem”, d.o.o. iz Sremske Mitrovice raspolaže sa bagerima točkašima i guseničarima koji se koristi pretežno za iskop i uklanjanje akvatične vegetacije, karakteristika datih u tabeli 1. Vodoprivredno društvo “Zapadna Morava” d.o.o., Kraljevo raspolaže sa tri bagera čije su karakteristike date u tabeli 2. Vodoprivredno društvo Jugokop-Podrinje doo, Šabac ima 6 JCB, 4 VOLVO, 1 O&K i 1 Liebher bager, čije su karakteristike date u tabeli 3 (Jugokop-Podrinje d.o.o., n.d.).

U pojedinim preduzećima su još uvek u upotrebi bageri proizvodnje „Radoje Dakić” iz Podgorice proizvedeni pre nekoliko decenija, ali preduzeća kupuju nove mašine u cilju efikasnijeg izvršenja radova i danas pretežno raspolažu bagerima proizvedenim posle 2000. godine. Vodoprivredna preduzeća, pored cilja da obezbede funkcionisanje stanja vodnih objekata za zaštitu od štetnog dejstva voda kao i blagovremenu relakcije na rizik od poplava, nastoje i da unaprede i modernizuju mehanizaciju. Na osnovu podataka postupnim u Izveštaju o poslovanju, može se videti da preduzeća ulažu u nabavku novih mašina. Npr. VP „Sibnica“ je u period od 2021-2026. nabavilo pored druge mehanizacije 1 bager (VD „Sibnica“, 2026.). VPD „Galovica“ je u periodu 2023-2026. nabavilo 9 bagera, kao i 2 mini bagera za priključcima za rad u urbanim uslovima i bager guseničar sa hidrauličkim bagerskim tarupom (VPD „Galovica“ d.o.o., 2026).

Tabela 1. Karakteristike bagera kojim raspolaže VPD „Hidrosrem"
Table 1. Characteristics of excavators used by water management company "Hidrosrem"

Proizvođač i model bagera	Mehanizam kretanja	Tip strele	Snaga motora	Godina proizvodnje
CAT 325CL	gusenični	sa standardom i dugom strelom dohvata 18m	129 kW	2003.
Komatsu PC 210-8	gusenični	sa standardnom strelom	110 kW	2006.
Komatsu PC 210 NLC-8	gusenični	sa standardnom strelom	110 kW	2007.
Komatsu PC 240-8	gusenični	sa standardom i dugom strelom dohvata 18m	125 kW	2008.
RD600	točkovi		70 kW	1991.

Tabela 2. Karakteristike bagera vodoprivrednog društva"Zapadna Morava" d.o.o., Kraljevo
Table 2. Characteristics of excavators used by water management company "Zapadna Morava" d.o.o., Kraljevo

Proizvođač i model bagera	Mehanizam kretanja	Tip strele/Kašika	Snaga motora	Radna težina mašine	Godina proizvodnje
O&K RH 22	gusenični	dužina strele 5,6m +3,2m; kapacitet kašike 0,95m^3	131kW	23t	2000.
Volvo EC 210C	gusenični	duzina strele 5,7m kapacitet kašike 0,92 m^3	123 kW	22,5t	2008.
Volvo EC210B	gusenični	Dužina strele 5,7m Kapacitet kašike 1,5m^3	119kW	22t	2005.

Tabela 3. Karakteristike bagera vodoprivrednog društva„Jugokop-Podrinje" d.o.o, Šabac
Table 3. Characteristics of excavators used by water management company "Jugokop-Podrinje" d.o.o Šabac

Proizvođač i model bagera	Mehanizam kretanja	Tip strele	Težina mašine	Godina proizvodnje
JCB 220 LC	gusenični	Kratka + duga ruka 17m	22 t	2002.
JCB 220 XD	gusenični	Kašika za iskop 5 m^3	22 t	2001.
JCB 220 NC	gusenični	Profilna kašika 2-2,5 m	22 t	2001.
JCB 220 NC	gusenični	Kratka + duga ruka 17m	22 t	2003.
JCB 240 LC	gusenični	Kratka + duga ruka 15,5m	25 t	2001.
JCB 210 L	gusenični	Insstalacije za čekić	22t	2001.
VOLVO 290 BLC	gusenični	Kašika za iskop 1,8 m^3	30t	2003.
VOLVO 290 NLC	gusenični	Kašika za iskop 2 m^3	30t	2001.
VOLVO 210 LC	gusenični	Hidraulički čekić 1800 kg	22t	1998.
VOLVO 160 B	točkovi	Kašika za iskop, profilna kašika, kašika za bankine	16t	2006.
O&K RH 9 LC	guseničar	Kašika za iskop 2 m^3	32t	1998.
Liebherr 902	Točkovi	Kašika za iskop, profilna kašika, kašika za bankine	14t	1996.

Produktivnost bagera, kao i njihov uticaj na životnu sredinu, preko emisije CO_2 i dr. gasova, zavisi od više faktora, među kojima je potrošnja goriva. Potrošnja goriva kod bagera je podatak koji je potrebno odrediti na terenu, ali postoje i teorijske vrednosti dostupne u priručnicima proizvođača.

Za Komatsu bagere, časovna potrošnja goriva zavisi od intenziteta rada mašine koji može biti nizak (iskorišćenost radnog vremena manja od 65%), srednji (iskorišćenost radnog vremena od 65% do 80%) i visok (iskorišćenost radnog vremena preko 80%) (Tabela 4) (Komatsu Ltd., 2019). U tabeli 4 je data snaga motora i potrošnja goriva (FC) Komatsu bagera koja je preuzeta iz priručnika proizvođača (Komatsu Ltd., 2019).

Na osnovu podataka iz tabele 4, može se zaključiti da potrošnja goriva za Komatsu bagere snage motora od 65 do 200 kW ima vrednost od 4,0 l/h do 37,9 l/h koje su veće ukoliko je veći stepen iskorišćenosti mašine.

Tabela 4. Potrošnja goriva Komatsu bagera

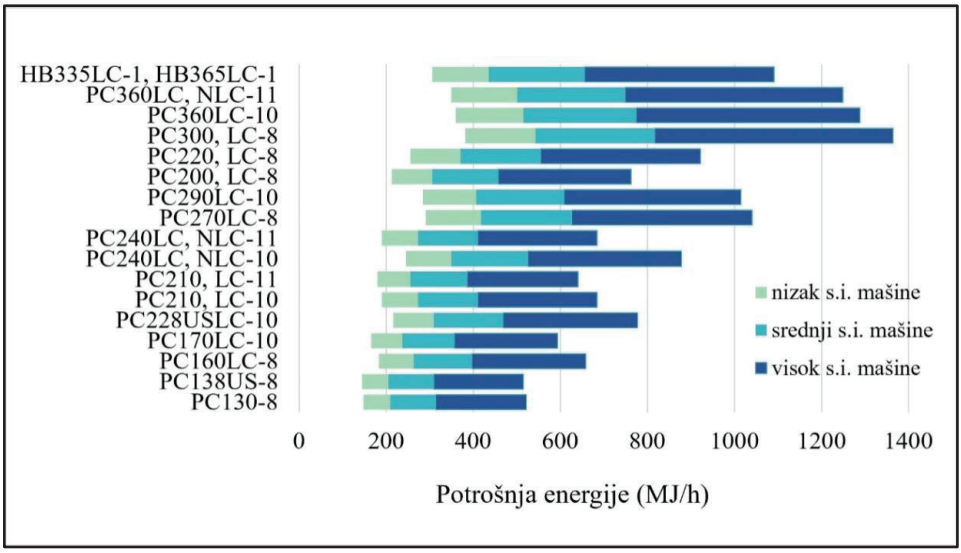
Table 4. Fuel consumption of Komatsu excavators

Bager	Snaga motora	Potrošnja goriva		
	kW	l/h		
		Nizak stepen iskor. mašine	Srednji stepen iskor. mašine	Visok stepen iskor. mašine
PC130-8	68	4,1-5,8	5,8-8,7	8,7-14,5
PC138US-8	68,4	4,0-5,7	5,7-8,6	8,6-14,3
PC160LC-8	86	5,1-7,3	7,3-11	11-18,3
PC170LC-10	86	4,6-6,6	6,6-9,9	9,9-16,5
PC200, LC-8	110	5,9-8,5	8,5-12,7	12,7-21,2
PC228USLC-10	116	6,0-8,6	8,6-13,0	13,0-21,6
PC210, LC-10	118	5,3-7,6	7,6-11,4	11,4-19
PC210, LC-11	123	5,0-7,1	7,1-10,7	10,7-17,8
PC220, LC-8	125	7,1-10,3	10,3-15,4	15,4-25,6
PC240LC, NLC-10	132	6,8-9,7	9,7-14,6	14,6-24,4
PC240LC, NLC-11	132	5,3-7,6	7,6-11,4	11,4-19,0
PC270LC-8	140	8,1-11,6	11,6-17,4	17,4-28,9
PC290LC-10	147	7,9-11,3	11,3-16,9	16,9-28,2
PC300, LC-8	184	10,6-15,1	15,1-22,7	22,7-37,9
HB335LC-1, HB365LC-1	189	8,5-12,1	12,1-18,2	18,2-30,3
PC360LC-10	192	10-14,3	14,3-21,5	21,5-35,8
PC360LC, NLC-11	192	9,7-13,9	13,9-20,8	20,8-34,7

Potrošnja energije Komatsu bagera (Ec) je dobijena primenom formule 1, odnosno na osnovu potrošnje goriva bagera i konverzionog faktora energetskog sadržaja dizel goriva koji iznosi 36 MJ/l. Najniže vrednosti potrošnje energije među razmatranim bagerima ima bager PC138US-8 i te vrednosti se kreću od 144,00 do 205,2 MJ/h pri niskom stepenu iskorišćenja mašine, od 205,2 do 309,6 pri srednjem i od 309,6 do 514,8 MJ/h pri visokom stepenu iskorišćenja mašine (Slika 2). Najviše vrednosti potrošnje energije su dobijene kod bagera PC300 LC-8 koje pri visokom stepenu iskorišćenja mašine dostižu vrednosti i do 1364,40 MJ/h (Slika 2), dok odgovarajuća emisija CO_2 iznosi 100,70 kg/h. Emisija CO_2 Komatsu bagera je

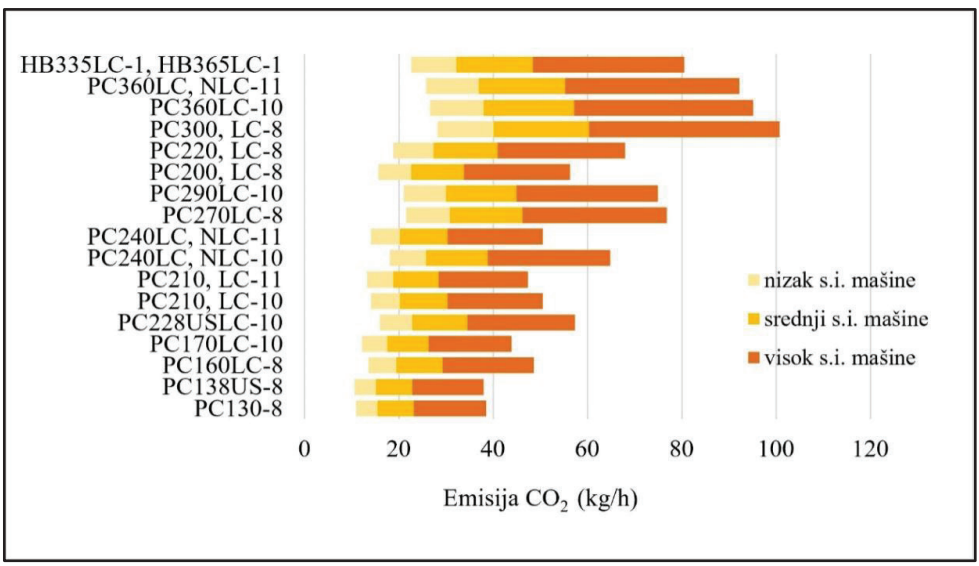
dobijena primenom formule 3, odnosno na osnovu potrošnje goriva u l/h i emisionog faktora koji iznosi 2,6569 (Jassim et al. 2017) i prikazana je na slici 3.

Rezultati pokazuju da bageri koji imaju najveće vrednosti potrošnje goriva, imaju i najveću potrošnju energije, kao i emisiju CO_2.



Slika 2. Potrošnja energije Komatsu bagera (Source: Autor)

Figure 2. Fuel consumption for Komatsu excavators (Source: Author)



Slika 3. Emisija CO_2 Komatsu bagera (Izvor: Autor)

Figure 3. CO_2 emission of Komatsu excavator (Source: Author)

U CAT priručniku iz 2022. Godine (Caterpillar Inc., 2022) navode se podaci za potrošnju goriva u zavisnosti od vremena koje mašina radi bez praznog hoda (motor radi, ali mašina ne obavlja koristan rad). Odnosno, potrošnja goriva je niska, srednja ili visoka ukoliko je vreme rada motora u praznom hodu 50%, 30% ili 10% (Tabela 5).

Tabela 5. Potrošnja goriva, potrošnja energije i emisija CO_2 CAT bagera

Table 5. Fuel consumption, energy consumption and CO_2 emissions of CAT excavators

Bager	Snaga motora	Potrošnja goriva			Potrošnja energije			Emisija CO_2		
	kW	l/h			MJ/h			kg CO_2/h		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c
CAT 313-07	80,9	6,21	7,99	9,73	223,56	287,64	350,28	16,50	21,23	25,85
CAT 320-07	128,5	9,16	11,62	14,08	329,76	418,32	506,88	24,34	30,87	37,41
CAT 323-07	128,5	10,26	13,06	15,82	369,36	470,16	569,52	27,26	34,70	42,03
CAT 325-07	128,5	8,52	10,94	13,36	306,72	393,84	480,96	22,64	29,07	35,50
CAT 326-07	149,8	12,45	15,79	19,15	448,2	568,44	689,4	33,08	41,95	50,88
330-07 GC	150	13,29	17,03	20,78	478,44	613,08	748,08	35,31	45,25	55,21

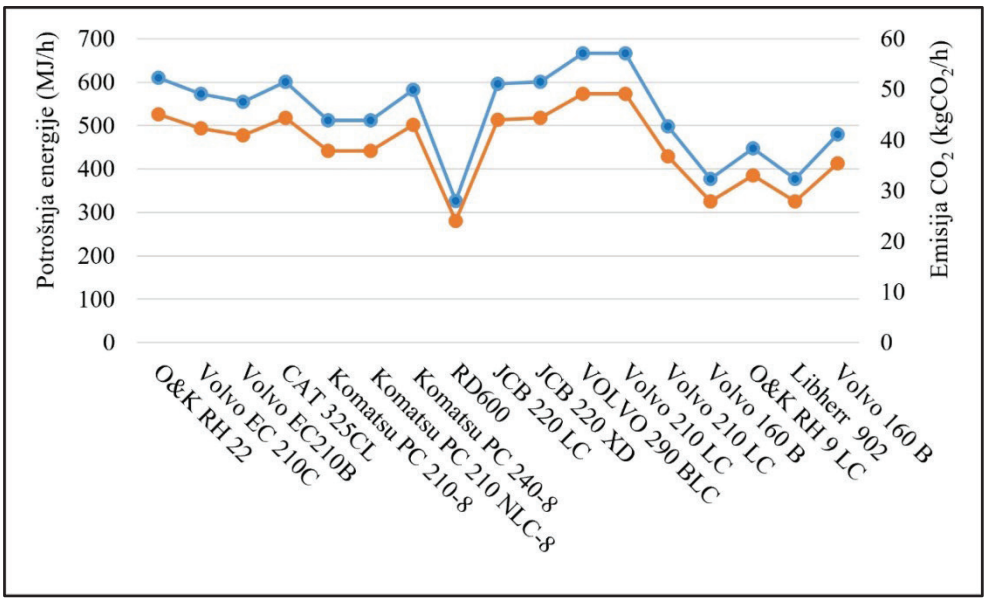
a-niska potrošnja goriva, vreme rada motora u praznom hodu 50%; b-srednja potrošnja goriva, vreme rada motora u praznom hodu 30%; c-visoka potrošnja goriva, vreme rada motora u praznom hodu 10%.

Za odabrane modele CAT bagera snage motora od 80 do 150 kW, potrošnja goriva ima vrednosti od 6,21 do 20,78 l/h, odnosno srednja potrošnja goriva se kreće od 7,99 do 17,03 l/h (Tabela 5). Na osnovu formule 1, istim postupkom kao za Komatsu bagere, izračunate su vrednosti potrošnje energije koja se za razmatrane bagere kreće u rasponu od 223,56 do 748,08 MJ/h. Primenom formule 3 su izračunate vrednosti emisije CO_2 čije vrednosti idu od 16,50 kg CO_2/h do 55,21 kg CO_2/h u zavisnosti od udela vremena u kojem motor radi u praznom hodu.

Na slici 4 su date vrednosti potrošnje energije i emisije CO_2 za određene modele bagera sa kojim raspolažu VD „Zapadna Morava“ d.o.o Kraljevo, „Hidrosrem“ vodoprivredno privredno društvo d.o.o iz Sremske Mitrovice i VD „Jugokop-Podrinje” d.o.o Šabac. Analizom su obuhvaćeni bageri, točkaši i guseničari, koji imaju snagu motora između 70 i 151 kW za koje je utvrđeno da potrošja energije ide od 326,12 do 666,21 MJ/h, a emisija ugljen-dioksida ima vrednosti od 24,07 do 49,17 kg CO_2/h. Prilikom proračuna ovih vrednosti, usvojen je koeficijent opterećenja motora LF od 0,50 (rad bagera pri srednjem prosečnom opterećenju), što odgovara vrednostima koje je su predložene od strane Caterpillar Inc. (2019) i specifična

potrošnja goriva SFC koja iznosi 0,22 kg/(kW·h). Koeficijent opterećenja se može odrediti shodno uslovima rada, koji se mogu definisati na osnovu tipa materijala, odnosno njegove gustine u kg/m^3 i vremena rada mašine (Trani et al. 2016).

Prema vrsti materijala Trani et al. (2016) izdvajaju vrednosti LF koje imaju opseg od 20% za humusni horizont zemljišta do 80% za mešoviti material koji je po sastavu 75% stena i 25% zemljište. Caterpillar u priručniku daje vrednosti LF u zavisnosti od vrste posla i intenziteta rada to: LF=20-40%, LF=40-60% i LF=60-80% (Caterpillar Inc., 2019).



Slika 4. Procena potrošnje energije i emisije CO_2 bagera vodoprivrednih preduzeća u uslovima srednjeg prosečnog opterećenja motora (Izvor: Autor)

Figure 4. Estimated energy consumption and CO_2 emissions of excavators used by water management companies under medium average engine load conditions (Source: Author)

Komatsu daje vrednosti potrošnje goriva za određene modele bagera u zavisnosti od stepena iskorišćenja mašina (Table 4). Za bager PC200, LC-8, pri visokom stepenu iskorišćenja mašine, potrošnja goriva je u rasponu od 12,7-21,2 l/h. Primenom formule 2 za bager Komatsu PC 210-8 iste snage motora, uz usvojene vrednosti SFC i LF, dobijena je potrošnja goriva od 14,24 l/h, koja se nalazi unutar intervala potrošnje goriva koje Komatsu vezuje za intenzivne uslove korišćenja mašine.

Kowalski et al. (2023) su za 11 građevinskih mašina su evidentirali utrošeno gorivo i emisiju CO_2. Za Komatsu PW200 su izmerili 515 časova rada, 5216 l utrošenog dizela i emisiju od 13.978,88 kg CO_2 što je 27,14 kg CO_2/h.

U slučaju manjeg opterećenja motora, što je kod prime u lakšim uslovima rada, npr. iskopa suvog, rastresitog zemljišta, kada se može usvojiti LF oko 0,2-0,4 (Trani et al. 2015) vrednosti potrošnje energije i emisije CO_2 mašina koje su razmatrane u ovom radu (Slika 4) imale bi

vrednosti manje od onih prikazanih na Slici 4 i do 60%. Takođe, za smanjenje emisije CO_2, otrebno je razmotriti primenu alternativnih niskougljeničnih goriva i izvršiti elektrifikaciju pogona, pri čemu elektrifikacija može eliminisati direktne emisije na mestu rada.

ZAKLJUČAK

Bageri su mašine koje vodoprivredna preduzeća najčešće koriste pri izvođenju zemljanih radova u oblasti zaštite od erozije, bujičnih poplava i štetnog dejstva voda.

Preduzeća raspolažu sa bagerima guseničarima ili točkašima, sa dubinskom kašikom, proizvedenih nakon 2000. godine. Dok pojedina preduzeća ulažu u modernizaciju i nabavljaju nove mašine, određena preduzeća nemaju dovoljno investicija za to.

Rezultati analize potrošnje energije i emisije ugljen-dioksida pokazuju da ove vrednosti zavise od snage motora i uslova njegovog opterećenja. Za analiziranih 17 modela bagera, neto snage motora od 70 do 151 kW, u uslovima relativno visokog prosečnog opterećenja motora procenjena je potrošnja energije od 326,12 do 666,21 MJ/h, dok se emisija ugljen-dioksida kreće od 24,07 do 49,17 kg CO_2/h. Dobijeni rezultati ukazuju da izbor i način korišćenja mehanizacije mogu imati značajnu ulogu u smanjenju potrošnje energije i emisije CO_2 pri izvođenju zemljanih radova. Međutim, časovna emisija CO_2 sama po sebi nije dovoljna za ocenu efikasnosti i održivosti primene određene mašine. Bager sa većom časovnom emisijom može, zahvaljujući većoj produktivnosti i kraćem vremenu potrebnom za izvršenje istog obima radova, ostvariti manju ukupnu emisiju CO_2. Zbog toga bi pri izboru mehanizacije, pored časovne potrošnje goriva i emisije CO_2, trebalo razmatrati i produktivnost, ukupno vreme rada i emisiju po jedinici izvedenog rada.

Pri tome, važno je proceniti stvarnu potrošenju pogonskog goriva tokom izvođenja radova, kao i utrošeno vreme rada mašina, kako bi se dobile realne emisije CO_2, a ne procene, što je pravac budućih istraživanja.

Zahvalnica

Rad je realizovan u okviru projekta institucionalnog finansiranja od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije pod ugovorom broj 451-03-34/2026-03/200169 od 05.02.2026. godine.

LITERATURA

1. Caterpillar Inc. (2019). *Caterpillar performance handbook* (49th ed., SEBD0351-49). Caterpillar Inc.
2. Caterpillar Inc. (2022). *Caterpillar performance handbook* (50th ed., SEBD0351-50). Caterpillar Inc.
3. Dragović, N., & Vulević, T. (2016). Primena mehanizacije u vodoprivredi: Analiza stanja i perspektive razvoja. Traktori i pogonske mašine, 21(4), 1–116
4. Vodoprivredno privredno društvo Erozija Niš. (n.d.). *Objekti i tehnička opremljenost*. https://erozija-nis.rs/objekti-i-tehnicka-opremljenost
5. Holt, G. D., & Edwards, D. J. (2015). Analysis of interrelationships among excavator productivity modifying factors. *International Journal of Productivity and Performance* Management, 64(6), 853–869. https://doi.org/10.1108/IJPPM-02-2014-0026

6. Ivanov, P. & Tsonev, V. (2025). Improving Fuel Efficiency of Crawler Excavator VOLVO EC300EL with Hybrid System. *Proceedings of the Technical University of Sofia, 75*(2). https://doi.org/10.47978/TUS.2025.75.02.001
7. Kecojevic, V., & Komljenovic, D. (2011). Impact of bulldozer's engine load factor on fuel consumption, CO_2 emission and cost. *American Journal of EnvironmentalSciences, 7*(2), 125–131. https://doi.org/10.3844/ajessp.2011.125.131
8. Klanfar, M., Korman, T., & Kujundžić, T. (2016). Fuel consumption and engine load factors of equipment in quarrying of crushed stone. Tehnički vjesnik, 23(1), 163–169. https://doi.org/10.17559/TV-20141027115647
9. Komatsu Ltd. (2019). *Specifications & application handbook* (32nd ed.). https://gams.net.au/wp-content/uploads/2022/06/Komatsu-Performance-Handbook.pdf
10. Kowalski, J., Lendo-Siwicka, M., Wrzesiński, G., & Trach, R. (2023). Verification of performance standards for construction equipment in terms of CO_2 emissions. *Sustainability, 15*(21), 15188. https://doi.org/10.3390/su152115188
11. Oljača, M. V., Raičević, D. M., & Gligorević, K. B. (2016). *Mehanizacija u melioracijama zemljišta* (2. dopunjeno izd.). Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
12. Vodoprivredno privredno društvo Regulacije d.o.o. (n.d.) *Zašto mi*. https://regulacije.rs/zasto-mi/
13. Trani, M. L., Bossi, B., Gangolells, M., & Casals, M. (2016). Predicting fuel energy consumption during earthworks. *Journal of Cleaner Production, 112*, 3798–3809. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.027
14. Vodoprivredno društvo „Sibnica" d.o.o. (2006). Izveštaj o poslovanju za 2026. godinu chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.sibnica.co.rs/upl///Izve%C5%A1taj%20o%20poslovanju%2001.01.-31.03.2026.pdf
15. Vodoprivredno privredno društvo „Galovica" d.o.o. Beograd (2026). *Izveštaj o poslovanju od 01.01. do 30.06.2026***.** https://regulacije.rs/zasto-mi/
16. Vodoprivredno privredno društvo „Hidrosrem" d.o.o. (n.d.). *Mehanizacija***.** https://hidrosrem.rs/mehanizacija/
17. Vulević, T., Dragović, N., Šoškić, T., & Todosijević, M. (2021). Racionalni izbor mehanizacije za izvođenje zemljanih radova kod uređenja bujičnih slivova na primeru Petrovačkog potoka. *Erozija*, *47*, 59-72. https://doi.org/10.5937/erozija2147059V
18. Zdravković, J., Vulević, T., Dragović, N., & Baumgertel, A. (2025). Primena mehanizacije u eksploataciji i rekultivaciji površinskog kopa Kolubara. *Erozija, 51*, 49–64. https://doi.org/10.5937/erozija2551049Z
19. Dragović, N. (2011). Mehanizacija u protiverozionim radovima. Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet
20. Jugokop-Podrinje d.o.o. (n.d.). *Pregled mehanizacije i opreme*. https://www.jugokop.com/download.html?utm_source=chatgpt.com