



**DRUŠTVO GRAĐEVINSKIH
KONSTRUKTERA SRBIJE**

DGKS 13. KONGRES ZLATIBOR-ČIGOTA 22-24 SEPTEMBAR **2010.**

Gordana Topličić-Ćurčić¹, Zoran Grdić², Nenad Ristić³, Iva Despotović⁴

UTICAJ RAZLIČITIH VRSTA KUPNOG AGREGATA NA OTPORNOST BETONA NA HABANJE BRUŠENJEM

Rezime:

Otpornost betona na habanje brušenjem ima značajnu ulogu pri izradi betonskih ploča za popločavanje trotoara tj. pešačkih zona, betonskih kolovoza, industrijskih podova i drugog. U radu je dat prikaz eksperimentalnog istraživanja uticaja različitih vrsta krupnog drobljenog mineralnog agregata na otpornost betona na habanje brušenjem. Spravljene su betonske mešavine sa četiri vrste drobljenog mineralnog agregata: krečnjakom, andezitom, diabazom i bazaltom. Takođe je data zavisnost između otpornosti betona na habanje brušenjem u odnosu na vodocementni faktor i čvrstoću pri pritisku.

Ključne reči: habanje, vrsta agregata, čvrstoća pri pritisku betona, Bemeova mašina

INFLUENCE OF VARIOUS TYPES OF COARSE AGGREGATE ON CONCRETE RESISTANCE TO WEAR BY GRINDING

Summary:

Resistance of concrete to wear by grinding has an important role in production of concrete slabs for paving sidewalks and pedestrian pathways, concrete carriageways, industrial flooring and other. The paper presents experimental research of the influence of various kinds of coarse crushed mineral aggregate on the resistance of concrete to wear by grinding. Four concrete mixtures with four types of crushed mineral aggregate were made: with limestone, andesite, diabase, basalt. Also given are correlations between the concrete resistance to wear by grinding and water to cement ratio and compressive strength.

Key words: grinding, aggregate type, concrete compressive strength, Bohme's machine

¹ doktor, docent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš

² doktor, vanredni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš

³ doktorant, asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš

⁴ magistar, predavač, Visoka građevinsko - geodetska škola, Beograd

1 UVOD

Otpornost betona na habanje brušenjem zavisi od čvrstoće pri pritisku betona kao i od tvrdoće u površinskom sloju. Agregat od koga je spravljen beton mora biti dovoljno otporan na ovaj uticaj. Preporučuje se primena cemenata visokih klasa kao i spravljanje betonskih mešavina sa niskim vodocementnim faktorom. U slučaju ovakvih betona prednost ima drobljeni agregat, pri čemu treba težiti optimalnom učešću krupnih frakcija uz minimalno potrebno učešće sitnih frakcija.[1]

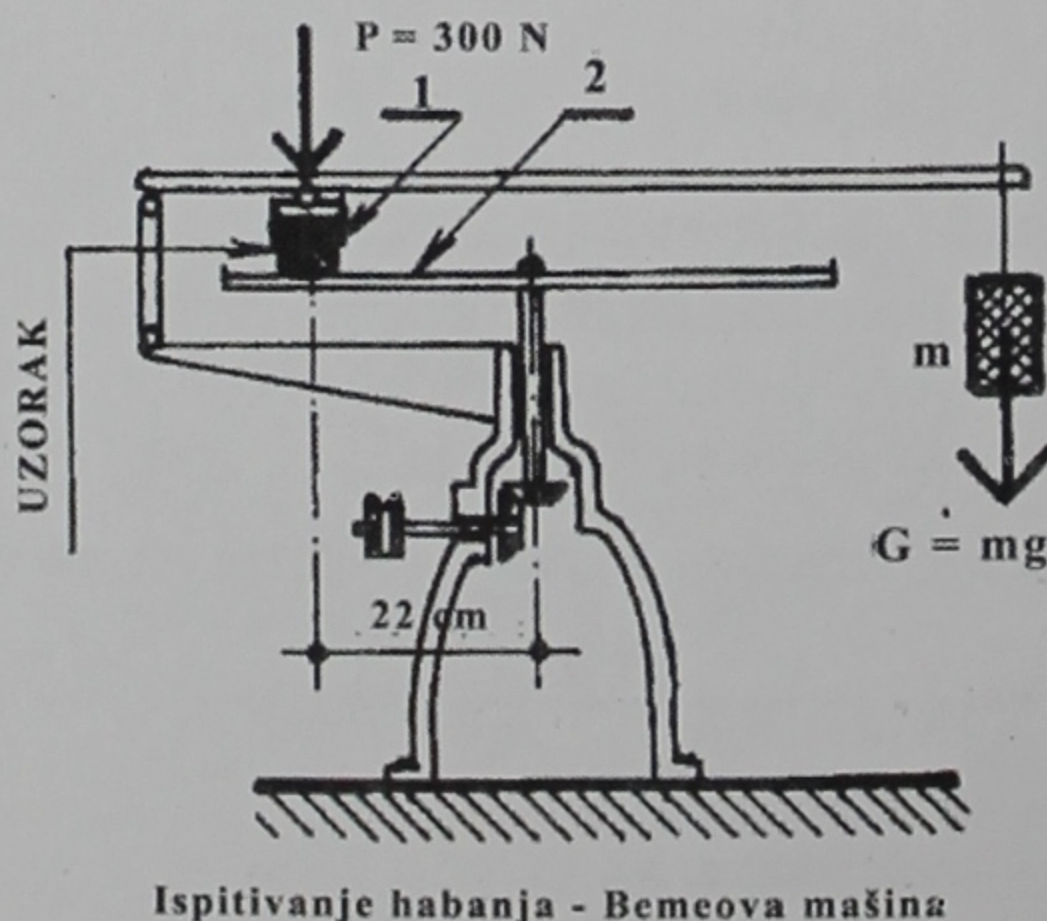
Osobine drobljenog mineralnog agregata zavise od osobina stenske mase od koje je dobijen, konkretno od njene otpornosti na habanje. Habanje stena zavisi od: tvrdoće minerala, strukture i teksture tj. oblika zrna, njihove veličine, cepljivosti, načina povezanosti, vrste i količine cementa kod posredno vezanih stena, od postojanja defekta u steni kao i stanja svežine.

Najveće habanje imaju stene izgrađene od minerala sa malom relativnom tvrdoćom po Mosovoj sali. Takve su hloridne i sulfatne stene. Manje habanje imaju karbonatne stene, a najmanje stene izgrađene od tvrdih minerala (kvarc, amfiboli, pirokseni, olivini i dr.), konkretno siciliske stene. Kod posredno vezanih stena većim habanjem odlikuju se stene sa vezivom manje čvrstoće (limonitsko, glinovita veziva i sl.), a manjim habanjem stene sa vezivom veće čvrstoće (kvarcno, hematitsko karbonatna veziva i sl.). Kod metamorfnih stena veće habanje imaju škriljci nižeg kristaliteta tj. stene sa dosta talka, hlorita, liskuna i sličnih minerala. [2]

Otpornost betona na habanje bušenjem može se odrediti na Bemeovoj mašini prema standardu SRPS B.B8.015. Skica je data na slici 1.

Metoda Bemea se sastoji u habanju uzorka betona oblika kocke ivice dužine 7,07cm tj. površine 50 cm². Za ispitivanje treba pripremiti najmanje tri uzorka. Površina koja se izlaže habanju mora biti glatka. Uzorci se osuše do konstantne mase i odredi im se zapreminska masa. Uzorak se stavi u aparat i optereti silom od 300N. Po putanji uzorka pospe se brusni prah elektrokorund u propisanoj težini. Zatim se brusna ploča okreće brzinom i na način kako je dato u standardu.

Otpornost prema habanju brušenjem izražava se ukupnim gubitkom mase u odnosu na stvarnu površinu uzorka izloženu habanju.



Slika 1 – Bemeova mašina za merenje otpornosti na habanje brušenjem

2 EKSPERIMENTALNI DEO

Za spravljanje betona korišćen je cement Holcim PC 35M (S-Q) 42,5N u količini od 380 kg/m³ betona. Ovaj cement je odabran zato što je najzastupljeniji u građevinskoj praksi u Jugoistočnom delu Srbije.

Za spravljanje etalon betona korišćen je rečni separisani agregat iz reke Južne Morave. Za spravljanje ostalih betonskih mešavina korišćene su četiri vrste krupnog drobljenog agregata: krečnjak iz kamenoloma "Koreni" iz Nišora kod Pirota, andezit iz "Velike Bisine" kod Raške, diabaz iz kamenoloma "Tavani" kod Rume i bazalt iz kamenoloma "Zebrnik" kod Kumanova. Sve vrste agregata su podeljene u tri osnovne frakcije 0/4, 4/8 i 8/16 mm. Kod svih betonskih mešavina sitan agregat je bio poreklom rečni.

Bez obzira na vrstu agregata granulometrijski sastav mešavine za spravljanje betona bio je jednak, uz prihvatljiva odstupanja. Inače, granulometrijski sastav je odgovarao srednjoj vrednosti standardnih granulometrijskih sastava A i B.

Konačno, za spravljanje betona korišćena su tri vodocementna faktora 0,45, 0,55 i 0,65 čime su pokrivenе sve četiri vrste konzistencije betona. Svi korišćeni materijali su ispunjavali uslove kvaliteta za spravljanje betona propisane srpskim standardima.

Beton je spravljan i negovan u kontrolisanim termohigrometrijskim uslovima. Na svežem i očvrslom betonu je ispitin veći broj njegovih svojstava pri različitim starostima, ali će u ovom radu biti prikazani samo rezultati dobijeni merenjem habanja betona brušenjem na Bemeovoj mašini.[3]

Dobijeni rezultati dati su tabelarno (tabela 1).

Tabela 1 – Vrednosti otpornosti na habanje brušenjem pomoću Bemeove mašine

Betonska mešavina	Vrsta krupnog agregata u betonu	Vodocementni faktor	Habanje [cm ³ /50 cm ²]	Čvrstoće pri pritisku u MPa
1.	Rečni	0,45	14,14	52,55
2.		0,55	16,03	41,99
3.		0,55	19,17	34,88
4.	Krečnjak	0,45	16,34	50,99
5.		0,55	18,46	47,77
6.		0,55	20,26	33,44
7.	Andezit	0,45	14,72	54,66
8.		0,55	16,20	50,44
9.		0,55	18,67	35,16
10.	Diabaz	0,45	14,12	65,10
11.		0,55	16,82	58,55
12.		0,55	18,43	44,44
13.	Bazalt	0,45	13,92	70,77
14.		0,55	15,24	55,44
15.		0,55	17,46	47,33

Određene su funkcije korelacione zavisnosti i koeficijent korelacije za zavisnost između otpornosti na habanje brušenjem na Bemeovoj mašini i vodocementnog faktora u funkciji vrste krupnog drobljenog mineralnog agregata (tabela 2). Najbolje rezultate korelacije dala je logaritamska funkcija sa visokom vrednošću korelacionog koeficijenta.

Tabela 2 – Funkcije korelacione zavisnosti i koeficijent korelacije za zavisnost između otpornosti na habanje brušenjem na Bemeovoj mašini i vodocementnog faktora u funkciji vrste krupnog drobljenog mineralnog agregata

Vrsta krupnog agregata u betonu	Logaritamske funkcije	
Andezit	$y_a = 10.63\text{Ln}(x) + 23.004$	$R^2 = 0.9619$
Krečnjak	$y_k = 10.657\text{Ln}(x) + 24.844$	$R^2 = 1$
Diabaz	$y_d = 11.778\text{Ln}(x) + 23.63$	$R^2 = 0.9915$
Bazalt	$y_b = 9.5256\text{Ln}(x) + 21.342$	$R^2 = 0.9611$
Rečni	$y_r = 13.537\text{Ln}(x) + 24.692$	$R^2 = 0.9624$

Slika 2 – Otpornost na habanje brušenjem na Bemeovoj mašini u zavisnosti od vodocementnog faktora i vrste krupnog drobljenog mineralnog agregata

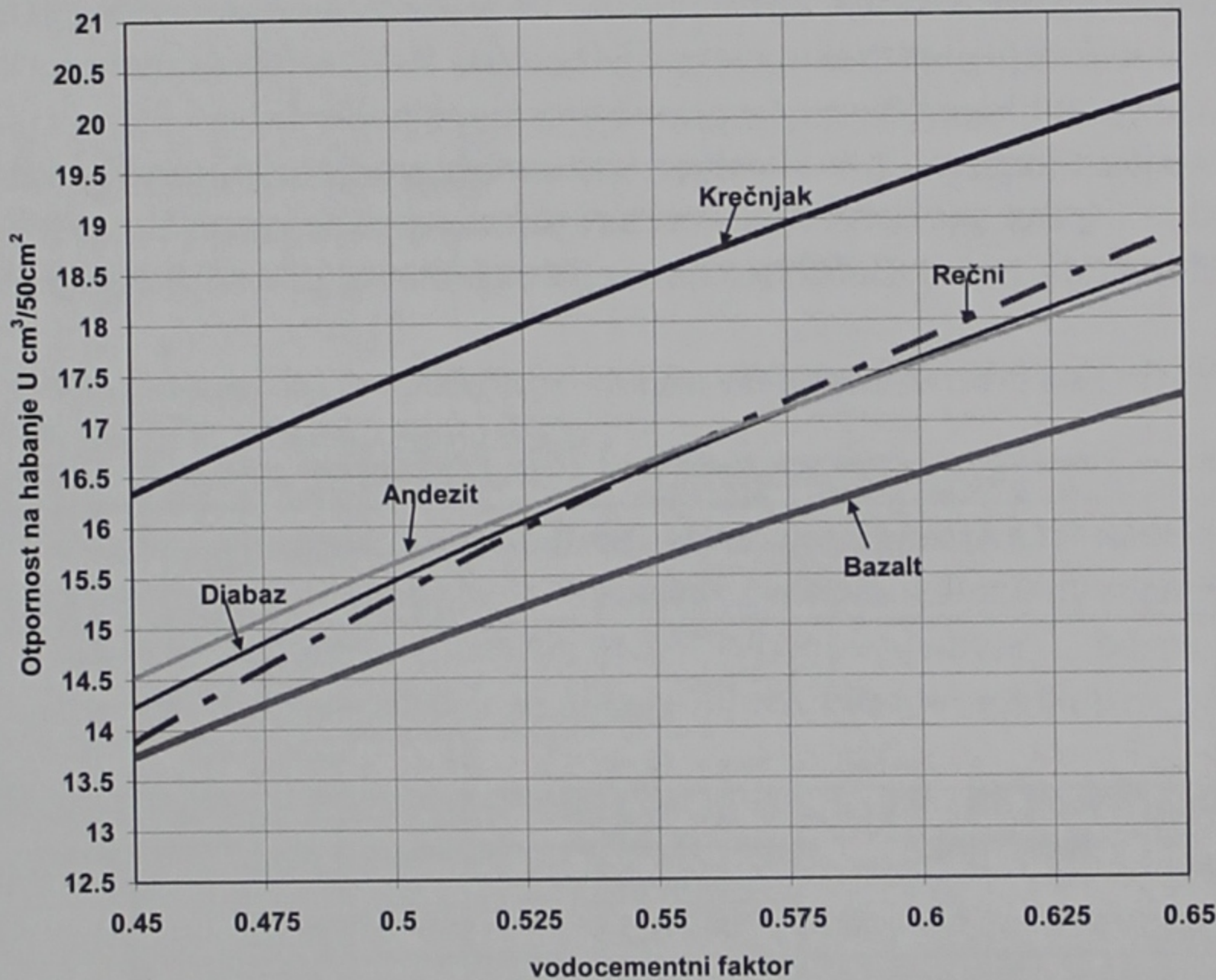
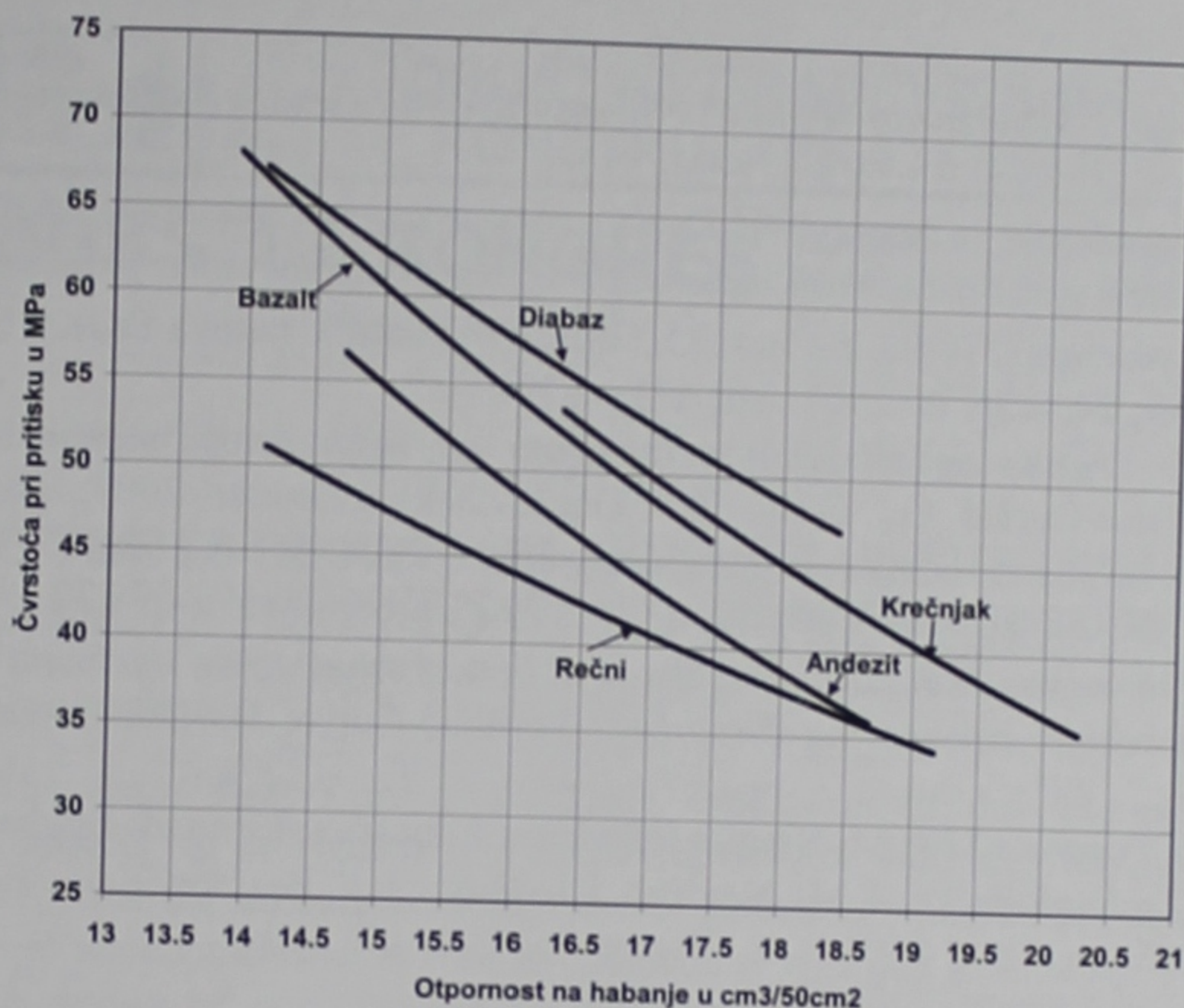


Tabela 3 – Funkcije korelacione zavisnosti i koeficijent korelacije za zavisnost između otpornosti na habanje brušenjem na Bemeovoj mašini i čvrstoće pri pritisku u funkciji vrste krupnog drobljenog mineralnog agregata

Vrsta krupnog agregata u betonu	Eksponencijalne funkcije	
Andezit	$y_a = 308.56e^{-0.1152x}$	$R^2 = 0.9573$
Krečnjak	$y_k = 299.78e^{-0.1054x}$	$R^2 = 0.8288$
Diabaz	$y_d = 218.58e^{-0.0835x}$	$R^2 = 0.8511$
Bazalt	$y_b = 311.5e^{-0.1092x}$	$R^2 = 0.9296$
Rečni	$y_r = 156.51e^{-0.0792x}$	$R^2 = 0.9616$



Slika 3. Zavisnost između otpornosti na habanje brušenjem i čvrstoće pri pritisku u funkciji vrste krupnog drobljenog mineralnog agregata

Za zavisnost između otpornosti na habanje brušenjem i čvrstoće pri pritisku u funkciji vrste krupnog drobljenog mineralnog agregata dobijena je eksponencijalna funkcija korelacije, tabela 3, slika 3.

3 DISKUSIJA REZULTATA I ZAKLJUČCI

Na osnovu dobijenih krivih (slika 2) zaključuje se da sa porastom vodocementnog faktora dolazi do povećanja vrednosti habanja brušenjem. Stene od kojih su napravljeni drobljeni agregati imaju skoro iste vrednosti habanja po Bemeu. Kamen bazalt – $11,9 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$; kamen diabaz – $11,9 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$; kamen andezit – $11,7 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$. Nešto veću vrednost habanja ima krečnjak : $16 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$. Uočava se, da skoro iste vrednosti, tj. dijagrame korelacije (slika 2) imaju betoni spravljeni sa krupnim agregatom od andezita, diabaza i rečnog. Zanemarljivo manje vrednosti habanja ima beton spravljen sa krupnim agregatom od bazalta. Beton sa krupnim agregatom od krečnjaka ima neznatno veće vrednosti habanja. [4]

Na osnovu prethodnog se zaključuje da vrednost habanja betona zavisi od otpornosti na habanje samog agregata, odnosno od stene od koje je spravljen agregat.

U tabeli 3 i na slici 3, data je zavisnost između otpornosti na habanje brušenjem na Bemeovoj mašini i čvrstoće pri pritisku betona u funkciji vrste krupnog drobljenog mineralnog agregata. Iz dijagrama se zaključuje da sa porastom čvrstoća pri pritisku betona raste i otpornost na habanje brušenjem.[5] Ta korelaciona zavisnost je uslovljena vrstom krupnog drobljenog mineralnog agregata, odnosno čvrstoćom pri pritisku stene od koje je dobijen agregat [6],[7].

LITERATURA

- [1] *“Osnovi teorije i tehnologije betona”* / Muravljov M.//Građevinska knjiga, Beograd, 1991.
- [2] *“Inženjerska geologija”* / Jevremović D. // Građevinsko – arhitektonski fakultet u Nišu
- [3] *“Uticaj različitih vrsta drobljenih mineralnih agregata na čvrstoću pri pritisku betona merenu skerometrom”*/Topličić-Ćurčić G., Grdić Z.//:Zbornik radova DGKS Simpozijum 2008., Zlatibor, 24. – 26. 09.2008., str. 673 – 679.
- [4] *“Uticaj vrste drobljenog mineralnog agregata na neka fizičko-mehanička svojstva betona”*/Topličić-Ćurčić G., Grdić Z.// Građevinski kalendar 2009, vol.41, Savez građevinskih inženjera Srbije, Beograd, decembar 2008. UDK: 624(059) YU ISSN 0352-2733 COBISS.SR-ID 43031, p.p. 147 – 170., UDK: 620.173:691.32
- [5] *“Uticaj fizičko-mehaničkih karakteristika drobljenog mineralnog agregata na svojstva betona sa posebnim osvrtom na čvrstoću”*/ Topličić-Ćurčić G.//Doktorska disertacija, 17.02.2009.
- [6] *“Properties of concrete”* / A.M. Neville // Pearson Education Limited, England, 2005.
- [7] *“Concrete Technology”* / A.M. Neville, J.J. Brooks // Pearson Education Limited, England, 2005.