

Ратко Кадовић¹, Предраг Миљковић¹, Вељко Перовић², Никола Живановић¹,
Yousef Mansour Ali Bohajar³, Снежана Белановић Симић¹

Анализа еродибилне фракције песковитих земљишта Делиблатске пешчаре

An Analysis of Erodible Fraction of Sandy Soils in Deliblato Sands

¹ Универзитет у Београду Шумарски факултет

² Институт за земљиште, Београд

³ Универзитет у Београду Шумарски факултет, студент PhD

Извод

Еолска ерозија је широко распрострањени процес деградације земљишта, нарочито у аридним и семиаридним подручјима. Бројни аутори наводе значај еродибилне фракције као горње границе величине честица коју ветар може да покрене. На основу мултипле регресионе анализе, у односу на текстурне класе земљишта Делиблатске пешчаре, највећи утицај на еродибилну фракцију имају учешће песка, праха и хумуса, и то у 99,14% случајева за иловаста песак и песковиту иловачу, и у 98,77% случајева за песак са знатним утицајем калцијум-карбоната. Према анализама за подручје Европе, категорији високо еродибилних, спадају земљишта са $EF > 50\%$. Према овом критеријуму, земљишта на подручју Делиблатске пешчаре, тј. све издвојене текстурне класе припадају различитим категоријама еродибилности: високо еродибилна земљишта са 56,17% (текстурна класа – песак), средње еродибилна са 41,27% (текстурна класа – иловаст песак) и слабо еродибилна са 36,62% (текстурна класа – песковита иловача).

Кључне речи: Делиблатска пешчара, песковита земљишта, еолска ерозија, еродибилност земљишта, еродибилна фракција

Abstract

Wind erosion is widespread process of soli degradation, especially in arid and semi-arid areas. Numerous authors emphasize the importance of erodible fraction as the upper limit of particle size that wind may set in motion. Based on multiple regression analysis, sand, silt and organic matter content have the greatest impact on erodible fraction in the area of Deliblato sands, in 99,14% of cases for loamy sand and sandy loam soils, and in 98,77% of cases for sandy soils, with significant impact of calcium carbonate. According to analysis for Europe, soils with value of $EF > 50\%$ falls into the category of highly erodible land. According to the same criteria, in Deliblato sands soils, all the textural classes belong to different categories of erodibility: highly erodible lands with 56,17% (sandy soils), moderate erodible lands with 41,27% (loamy sand soils) and low erodible lands with 36,62% (sandy loam soils).

Keywords: Deliblato sands, sandy soils, wind erosion, soil erodibility, erodible fraction

Увод

Еолска ерозија је широко распрострањени процес деградације земљишта који се, нарочито јавља у аридним и семиаридним подручјима (FAO, 1960). Представља откидање и транспорт земљишних честица услед дејства ветра. Иако се еолска ерозија сматра природним процесом формирања земљишта, негативан утицај ветра се појачава антропогеним активностима, као што су претварање обрадивих површина у стање угара на дужи период, прекомерена испаша и, у мањој мери, прекомерена сеча вегетације (Borrelli et al., 2014). Сем тога, што под утицајем овог процеса, долази до премештања значајних количина земљишног материјала, ограничава се интензитет коришћења појединих типова земљишта, што даље доводи до деградације и одрживости појединих функција екосистема. Ветар утиче на губитке земљишта и изазива деградацију и на површинама удаљеним хиљадама километара, а емитовањем различитих честица, загађује и нарушава стање у атмосфери (Fryrear et al., 1991).

Прва истраживања процеса еолске ерозије, према Fryrear et al., (1991), започели су Bagnold (1943), Cheril i Milne (1939), а њихови резултати представљају важну везу и основу у дефинисању отпорности земљишта према овом ерозионом агенсу.

На основу резултата бројних проучавања, применом широког спектра метода за различите типове земљишта, услове климе и системе управљања, утврђено је да на учесталост и интензитет процеса ерозије ветром, могу снажно утицати поједина својства земљишта (David et al., 2003). Значај отпорности земљишта према ерозионим агенсима, генерално, препознат је у проучавањима ерозионих процеса. Концепт “еродибилности”, када су у питању проучавања водне ерозије, увео је Middleton (1930), а касније, у систем проучавања процеса еолске ерозије, увео је Cheril (1942). Изложен је као концепт “еродибилности земљишта ветром” (wind erodibility), да изрази осетљивост земљишта према ерозији ветром. Еродибилност земљишта дефинишу својства земљишта, тако да су резултати истраживања еродибилности и данас значајни за разумевање механизма еолске ерозије (Song et al., 2005).

Примарни фактори који утичу на отпорност земљишта на еолску ерозију су величина и стабилност структурних агрегата. У односу на еродибилност, Cheril је, углавном проучавао однос ерозије ветром и водоотпорних агрегата и суве грудвасте структуре (1942), сувих структурних агрегата (1950), густине и механичке стабилности структуре (1951), на основу чега је дефинисао индикаторе еродибилности земљишта. У периоду 1952. до 1955. године, Cheril је извео серију експеримената с циљем анализе фактора који утичу еродибилност. Ови фактори укључују суве структурне агрегате (1952), садржај CaCO_3 и разложену органску материју (1954), однос песка, праха и глине (1955). Експерименти су показали да висок утицај на еродибилност има текстура земљишта. Величина и стабилност земљишних агрегата су примарни фактори који одређују осетљивост земљишта према ерозији ветром. Агрегати $<0,84 \text{ mm}$ дијаметра су еродибилни у односу на ерозију ветром (Cheril, 1953), а учешће ових агрегата у површинском слоју од $25,4 \text{ mm}$ дефинише еродибилну фракцију (EF). У каснијим проучавањима, Skidmore (1982), је повезао састав честица са еродибилношћу и поделио их на два типа: нееродибилне честице величине $>0,84 \text{ mm}$ и еродибилне честице дијаметра $<0,84 \text{ mm}$, међу којима су најеродибилније честице дијаметра $0,05 - 0,25 \text{ mm}$.

Као резултат наведених проучавања, широко је прихваћен закључак да учешће земљишних агрегата у површинском слоју земљишта ($0-25 \text{ mm}$), представља еродибилну фракцију (EF), које се користи за прорачуне губитака и избор мера за заштиту од еолске ерозије (Borrelli et al., 2014). Fryrear et al., (1994) су развили мултиплу регресиону једначину за прорачун еродибилне фракције земљишта, базирану на текстурном саставу, садржају органске материје и CaCO_3 .

Утицај удара кишних капи на површину земљишта, води ка редистрибуцији честица земљишта и формирања покорице на површини. Зависно од својстава земљишта, покорица може да смањи или повећа потенцијал ерозије ветром (Zobeck, 1991). Fryrear et al. (2000) су развили регресиону једначину за прорачун SCF (Soil Crust Factor), базирану на садржају фракције глине и органске материје. Овај фактор је развијен с циљем да се процени утицај појаве покорице на осетљивост земљишта на развој ерозије ветром.

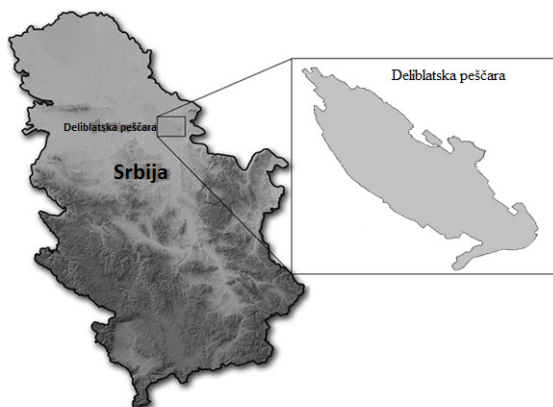
У моделу RWEQ (Revised Wind Erosion Equation) који су развили Fryrear et al. (1998), и који представља комбинацију емпиријског и процесног модела, фактори учешћа еродибилне фракције (EF) и фактор покорице (SCF), се користе за анализу еродибилности земљишта, док се, поред њих, од земљишних својстава, за прорачун губитака користе влажност и рапавост земљишта. Однос EF и својстава земљишта може да послужи за даље разумевање процеса еолске ерозије, како би се прецизније дефинисала еродибилност земљишта, а одређивање граничне вредности EF би послужило за мониторинг квалитета земљишта у проучаваном подручју (Lopez et al., 2007).

Имајући у виду наведено, основни циљ овог рада је да се прикаже учешће еродибилне фракције (EF) и фактора покорице (SCF) у моделу RWEQ, за песковита земљишта Делиблатске пешчаре. За издвојене текстурне класе, на основу анализа физичко-хемијских својстава земљишта, добијене су једначине регресије базиране на добијеним резултатима својстава земљишта.

Материјал и методе рада

Подручје проучавања

Делиблатска пешчара (слика 1) је највећа европска континентална пешчара, и налази се у југоисточном делу Панонске низије, у јужном Банату. Пешчара се простире у правцу југоисток-северозапад на око 350 km², елипсастог је облика са заталасаним, изразито динским рељефом. Настала је од силикатно-карбонатног песка, плавина банатских река и наноса Дунава, а умерено континентална клима, одсуство површинских токова, као и геолошка подлога, условили су појаву посебних животних заједница, али и појаву ерозионих процеса.



Слика 1 Подручје проучавања
Figure 1 Study area

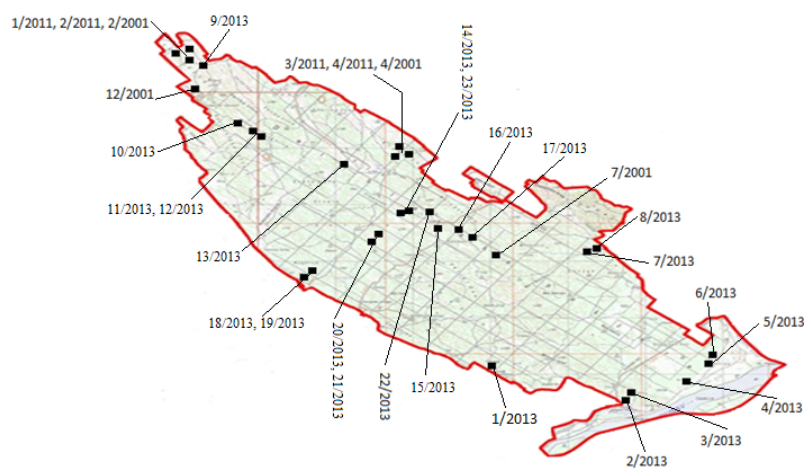
Делиблатска пешчара је углавном под утицајем семиаридне климе. На подручју Делиблатске пешчаре у великој мери преовлађују песковита земљишта. У неким деловима се пешчара ослања на чернозем, на којима су ту карактеристични песковити черноземи. Antić et al., (1969) су дали генетску класификацију земљишта Делиблатске пешчаре, где је иницијална фаза сирозем, крајња фаза парарендзина, са бројним прелазима између иницијалне и почетне фазе. Према WRB (Knežević et al., 2011), земљишта Делиблатске пешчаре су подељена у четири групе: I група – Protic Arenosol (Calcaric), II група – Arenosol (Haplic, Calcaric), III група – Černozem (Arenic), IV група – Gleysol (Calcaric, Arenic).

Методе проучавања земљишта

Проучавања земљишта су обухватила две групе: теренска проучавања и лабораторијске анализе. Резултати ових проучавања су омогућили да се изврши анализа еродибилности земљишта.

Теренска проучавања земљишта

За потребе истраживања, у оквиру теренских проучавања земљишта, у току 2011. и 2013. године, отворено је укупно 27 педолошких профила. На основу резултата Кошанин (2001), у ова истраживања су укључена четири (4) педолошка профила. За 31 профил земљишта, 10 педолошких профила се налази на пашњацима, 16 педолошких профила се налази у шумама (природним шумама и шумским културама) и 5 педолошких профила се налази у подручју влажних ливада. На слици 2, приказан је распоред отворених педолошких профила. У оквиру теренског дела проучавања, извршен је морфолошки опис земљишта, са свим поступцима предвиђеним према методама JDPZ (1966, 1997).



Слика 2 Распоред педолошких профила на подручју Делиблатске пешчаре
Figure 2 Spatial distribution of soil profiles in the Deliblato Sands

Из отворених педолошких профила, узорци земљишта су узети из фиксних дубина, у складу са методама мониторинга земљишта ICPF (2010). За потребе анализа еродибилности земљишта према RWEQ, земљиште је узорковано из слоја 0-25 mm. Непоремећени узорци су

узорковани из слоја 0-10 цм, цилиндрима по Копецком.

Лабораторијска проучавања земљишта

Лабораторијска испитивања земљишта су извођена коришћењем JDPZ метода (1966, 1997), за сваки издвојени слој земљишта, у складу са класификацијом WRB (Knežević et al., 2011).

Гранулометријски састав земљишта је одређен пипет Б методом. Мерења рН вредности су вршена у H_2O и $CaCl_2$, коришћењем 1:3 односа земљиште:раствор. Садржај хумуса је одређен по методи Тјурина у модификацији Симакова. Калцијум-карбонат је измерен волуметријски, помоћу Scheibler-ovog калциметра.

Анализе еродибилности земљишта

За анализу еродибилности земљишта и његове осетљивости према ерозији ветром, примењене су једначине за прорачун учешћа еродибилне фракције (EF) и фактора покорице земљишта (SCF), према RWEQ (Revised Wind Erosion Equation) (Fryrear et al., 2001).

Учешће еродибилне фракције земљишта EF ($\%DA < 0,84 \text{ mm}$) се рачуна из израза, а односи се на учешће еродибилних агрегата у површинском слоју земљишта мањих од 0,84 mm, у функцији текстурне класе земљишта:

$$EF = \frac{29.09 + 0.31SA + 0.17Si + 0.33 \frac{SA}{CL} - 2.59OM - 0.95CaCO_3}{100} \quad (1)$$

где је:

SA – садржај песка (%)

Si – садржај праха (%)

CL – садржај глине (%)

OM – садржај органске материје (%)

$CaCO_3$ – садржај калцијум-карбоната (%)

Фактор покорице земљишта се рачуна из израза:

$$SCF = \frac{I}{1 + 0.0066(CL)^2 + 0.021(OM)^2} \quad (2)$$

Статистичка и геостатистичке анализе

За одређивање статистичких значајности међу варијабилама коришћена је анализа варијансе и мултирегресиона анализа помоћу STATGRAPHIC Centurion програма.

Геостатистичке методе тј. просторне интерполације су често заступљене у GIS апликацијама. Интерполацијом се добију вредности на основу познатих атрибута за поједине карактеристичне тачке. У изради тематских слојева коришћен је Ordinary Kriging. Ова метода представља најпознатији геостатистички поступак или алгоритам. Претходи јој одређивање вариограмске анализе тј. просторне зависности.

Резултати

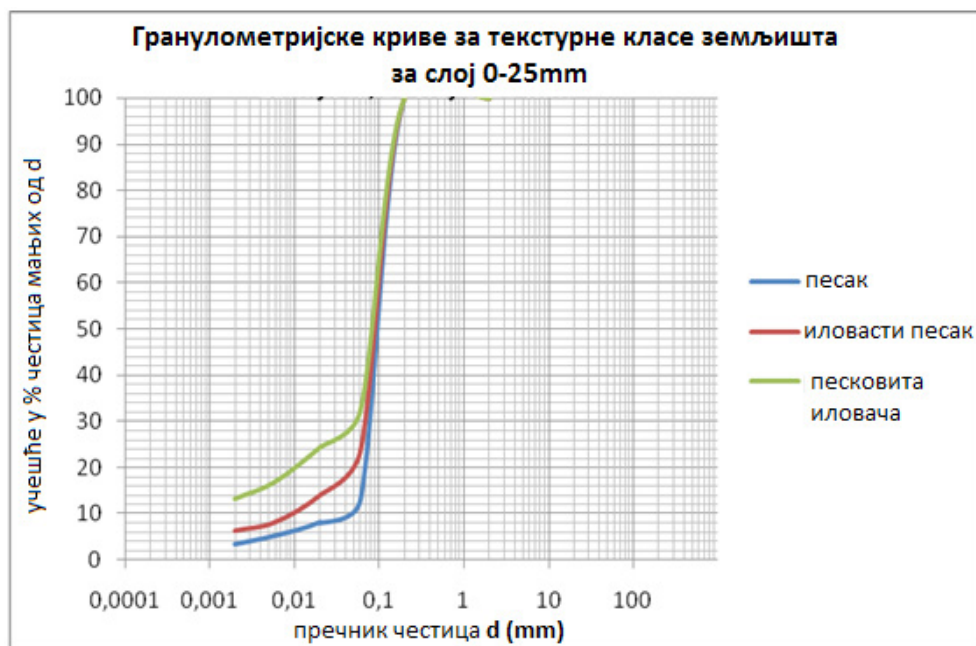
Прорачун еродибилне фракције и фактора покорице земљишта

На основу података о анализама механичког састава земљишта за слој 0-25 mm, сви проучавани профили земљишта су подељени у класе према текстури земљишта. Издвојене су три текстурне класе земљишта, према текстурном троуглу (по Attebergu): песак, иловаст песак и песковита иловача. У табели 1, приказани су основни статистички параметри текстуре земљишта за издвојене текстурне класе.

Статистички параметри	Песак			Иловаст песак			Песковита иловача		
	Песак	Прах	Глина	Песак	Прах	Глина	Песак	Прах	Глина
N	11	11	11	11	11	11	9	9	9
$\bar{X}$	91.88	4.66	3.46	85.78	7.92	6.3	75.45	11.31	13.24
Max	94.7	6.9	6.2	88.3	11.9	8.7	82.8	21.6	21.1
Min	89.4	3.2	2.1	81.9	5.9	4.6	62.0	6.9	8.0
SD	1.68	1.05	1.11	1.89	1.76	1.08	6.73	4.58	4.8
CV	1.83	22.59	32.12	2.21	22.17	17.07	8.93	40.47	36.27

Табела 1 Основни статистички параметри текстурних класа земљишта

Table 1 Basic statistical parameters of the soil textural classes



Слика 3 Гранулометријска крива за текстурне класе земљишта за слој 0 – 25 mm

Figure 3 Grain-size distribution curve of soil textural classes in the layer 0 – 25 mm

Према подацима о средњим вредностима учешћа појединих фракција, за издвојене текстурне класе земљишта урађене су гранулометријске криве, које су приказане на слици 3, а на основу којих су одређене вредности еродибилне фракције ($< 0,84 \text{ mm}$).

У табели 2, приказани су основни статистички параметри садржаја хумуса и CaCO_3 за издвојене текстурне класе земљишта.

Статистички параметри	Садржај хумуса %			Садржај CaCO_3 %		
	Песак	Иловаст песак	Песковита иловача	Песак	Иловаст песак	Песковита иловача
N	11	11	9	11	11	9
$\bar{X}$	2.55	5.76	5.64	5.81	2.66	2.85
Max	6.71	8.15	7.36	9.76	5.43	3.62
Min	0.59	3.64	3.89	1.19	0	2.11
SD	1.639	1.382	0.97	2.28	1.58	0.45
CV	64.26	23.99	17.23	39.31	59.51	15.89

Табела 2 Основни статистички параметри садржаја хумуса и CaCO_3 за издвојене текстурне класе земљишта

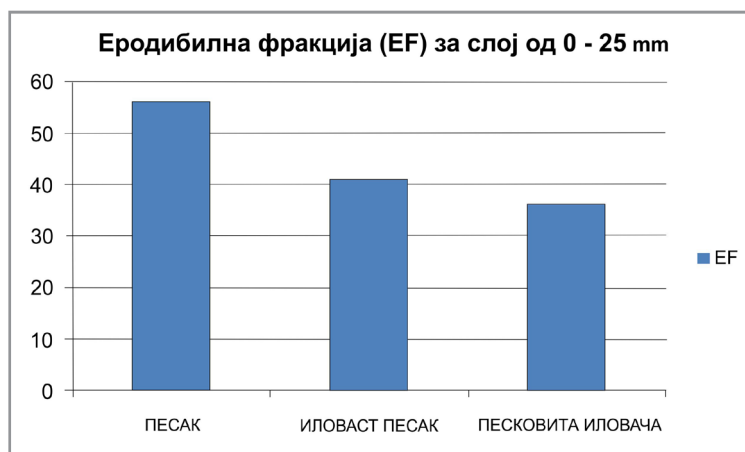
Table 2 Basic statistical parameters of humus and CaCO_3 content by soil textural classes

На основу прорачуна према једначини 1, израчунате су вредности еродибилне фракције (EF). У табели 3, приказани су основни статистички параметри EF за издвојене текстурне класе, а средње вредности су приказане су на слици 4. Просторни распоред вредности еродибилне фракције приказан на слици 5.

Статистички параметри	Еродибилна фракција, EF			Фактор покорнице земљишта, SCF		
	Песак	Иловаст песак	Песковита иловача	Песак	Иловаст песак	Песковита иловача
N	11	11	9	11	11	9
$\bar{X}$	60.98	55.72	51.38	0.81	0.55	0.37
Max	66.68	56.96	58.18	0.96	0.82	0.57
Min	57.02	53.37	46.32	0.49	0.34	0.21
SD	6.05	5.64	5.00	0.129	0.13	0.113
CV	10.77	13.67	13.65	15.94	23.58	30.52

Табела 3 Основни статистички параметри за еродибилну фракцију и фактор покорнице земљишта

Table 3 Basic statistical parameters of erodible fraction and the soil crust factor



Слика 4 Вредности еродибилне фракције (EF) за поједине текстурне класе за слој земљишта 0 – 25 mm

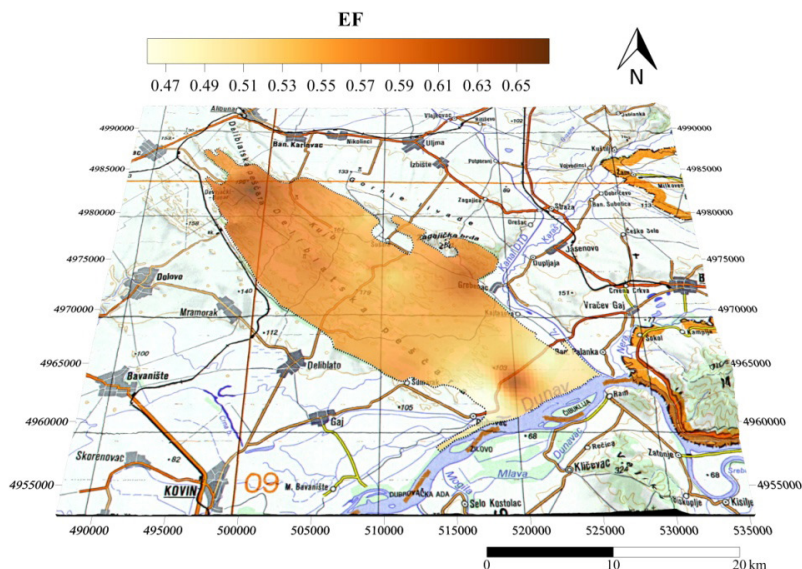
Figure 4 Erodible fraction (EF) values of textural classes in the soil layer 0 - 25 mm

Резултати анализе варијансе за еродибилну фракцију између појединих текстурних класа приказани су у табели 4. На основу LSD методе на нивоу значајности 95% утврђено је да постоји значајна разлика у еродибилној фракцији код песковитих земљишта у односу на друге две текстурне класе.

EF	95% LSD метод	SCF	95% LSD метод
F	р-вредност	F	р-вредност
Текстурна класа	Просечна вредност	Текстурна класа	Просечна вредност
Пескуша	56.17% a	Пескуша	0.807 a
Иловаст песак	41.27% b	Иловаст песак	0.519 b
Песковита иловача	36.62% b	Песковита иловача	0.371 c

Табела 4 Анализа варијансе еродибилне фракције и фактора покорице земљишта

Table 4 Analysis of variance for erodible fraction and the soil crust factor



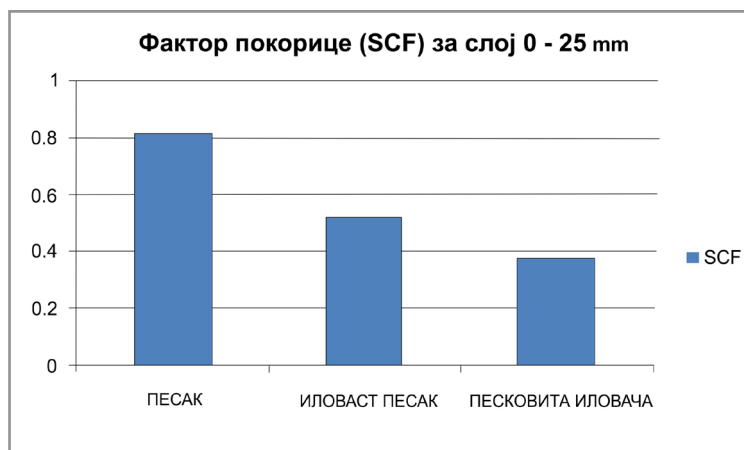
Слика 5 Просторни распоред вредности еродибилне фракције
Figure 5 Spatial distribution of erodible fraction values

У табели 5, су приказани резултати мултирегресионе анализе еродибилне фракције по текстурним класама, на нивоу значајности од 99%.

Текстурне класе	Једначина регресије	F	P - вредност	R2	Ст. грешка
Песак	$EF = -160,68 + 2,39709 \cdot SA + 1,84248 \cdot Si - 2,78739 \cdot Humus - 0,893647 \cdot CaCO_3$	120,79	0,0000	98,77	0.906
Ил.песак + песк.иловача	$EF = 10,2692 + 0,569198 \cdot SA + 0,374759 \cdot Si - 3,65027 \cdot Humus$	614,76	0,0000	99,14	0.605

Табела 5 Резултати регресионе анализе еродибилне фракције по текстурним класама
Table 5 Regression analysis of erodible fraction and soil properties

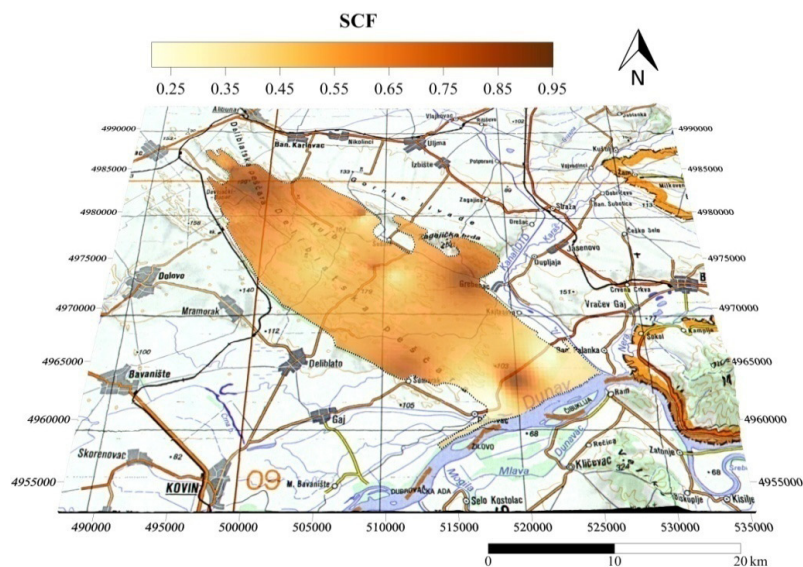
На основу прорачуна према једначини 2, добијене су вредности фактора покорице земљишта (SCF). Основни статистички параметри су приказани у табели 3, а средње вредности по текстурним класама приказане су на слици 6. Графички приказ просторног распореда SCF приказан је на слици 7.



Слика 6 Вредности фактора покорице земљишта (SCF) за поједине текстурне класе за слој земљишта 0 – 25

Figure 6 Soil crust factor (SCF) values for textural classes in the soil layer 0-25 mm

Резултати анализе варијансе за фактор покорице између појединих текстурних класа приказана је у табели 4. На основу LSD методе на нивоу значајности 95% утврђено је да постоји значајна разлика у фактору покорице између свих текстурних класа проучаваних земљишта.



Слика 7 Приказ просторног распореда вредности фактора покорице

Figure 7 Spatial distribution of soil crust factor values

У табели 6 су приказани резултати мултирегресионе анализе фактора покорице по текстурним класама за подручје Делиблатске пешчаре, на нивоу значајности од 99%.

Текстурне класе	Једначина регресије	F	P - вредност	R2	Ст. грешка
Песак	$SCF = 1.09718 - 0.033417 * g_{lina} - 0.0683873 * Humus$	213.64	0.000	98.16	0.0188
Иловаст Песак	$SCF = 1.06736 - 0.0276117 * g_{lina} - 0.0661086 * Humus$	881.09	0.000	99.55	0.0075
Песковита иловача	$SCF = 0.861642 - 0.024756 * g_{lina} - 0.0248918 * Humus$	100.67	0.000	97.10	0.0321

Табела 6 Резултати регресионе анализе фактора покорице по текстурним класама

Table 6 Regression analysis of soil crust factor and soil properties

Дискусија

Еродибилност земљишта је комплексан концепт који је условљен бројним факторима. Својства земљишта утичу на осетљивост према процесу еродирања и укључују унутрашња (суштинска) и динамичка својства. Унутрашња (суштинска) својства земљишта се споро мењају током времена и односе се на текстуру, водни капацитет, садржај $CaCO_3$, СЕС, садржај глине, органске материје, минерале, док су динамичка својства, која се брже мењају током времена, условљена системом управљања или климатским утицајима, укључују микротопографију, појаву покорице, запреминску масу површинског слоја и дистрибуцију структурних агрегата (Song et al., 2005).

Генерално, земљишта крупније (грубље) текстуре, као песковита земљишта, су много еродибилнија него земљишта финије текстуре, односно глиновито-иловаста земљишта. Текстура земљишта и садржај калцијум-карбоната су основна својства земљишта која се, током времена, мењају врло споро, мада Zobeck i Van Pelt (2014), сматрају да је могућа бржа промена текстуре. Карбонатна земљишта садрже довољно калцијум-карбоната да са киселим супстанцама узрокују одређене хемијске реакције, које индиректно утичу на структуру земљишта. Значајна је разлика у садржају калцијум-карбоната, због тога што су земљишта са високим садржајем $CaCO_3$ (> 5%) знатно еродибилнија (Klik, 2008).

У моделу RWEQ, осетљивост земљишта према процесу ерозије ветром, дефинисана је учешћем еродибилне фракције (EF), која садржи честице земљишта <0,84 mm. Еродибилна фракција зависи од физичко-хемијских својстава земљишта која укључују садржај песка, праха и глине, садржај органске материје и $CaCO_3$, у површинском слоју 0-25 mm (Fryrear et al., 1994).

На основу извршених анализа, на подручју Делиблатске пешчаре, издвојене су три текстурне класе земљишта: песак, иловаст песак и песковита иловача. Вредности EF за текстурну класу – песак се крећу од 42,20 до 65,50% (просечно 56,17%); за текстурну класу - иловаст песак, од 30,33 до 48,97% (просечно 41,27%) и за текстурну класу - песковита иловача, од 27,18 до 45,68% (просечно 36,62%).

На основу мултипле регресионе анализе, на подручју Делиблатске пешчаре, највећи утицај на еродибилну фракцију имају учешће песка, праха и хумуса, и то у 99,14% случајева

за иловасти песак и песковиту иловачу, и у 98,77% случајева за пескуше, са знатним утицајем калцијум-карбоната. Глина, прах, песак, органска материја и калцијум-карбонат су својства земљишта која дефинишу инхерентну еродибилност земљишта (SIWE - Soil-Inherent Wind Erodibility) на еолску ерозију, а од посебног значаја је агрегатна стабилност земљишта (Merrill et al., 1997).

Средње вредности еродибилне фракције за европска земљишта се крећу у распону 3,6 - 69%, а највеће вредности имају песковита земљишта Северне Европе са преко 40% учешћа еродибилне фракције. За подручје Европе анализе су показале да су земљишта слабо еродибилна ако је EF <40%, средње еродибилна 40 - 50% и високо еродибилна у случају EF>50% (Borrelli et al., 2014). Према овој подели, на подручју Делиблатске пешчаре, текстурне класе земљишта припадају различитим категоријама еродибилности: високо еродибилна земљишта са 56,17% (песак), средње еродибилна земљишта са 41,27% (иловаст песак) и слабо еродибилна земљишта са 36,62% (песковита иловача).

На еродибилност земљишта утиче и реакција земљишног раствора која се мења услед антропогених утицаја као што су депозиције ваздушних полутаната. На подручју Делиблатске пешчаре, у ранијим проучавањима утврђене су ваздушне депозиције сулфата и нитрата. Услед повећаних емисија сумпорних и азотних једињења антропогеног порекла, убрзава се природни ток процеса ацидификације земљишта (Beloica et al., 2013). Kadović et al. (1994), наводе резултате Кнежевића за период 1970-1980. године, у којем се депозиција S кретала од 3,3-7,0 tSkм-2, податке NILU за период 1990-1993. године, који карактерише депозиција сумпора од 7,3 tSkм-2 и према сценарију IASSA за 2000. годину од 8,9 tSkм-2. На основу мерења на подручју Делиблатске пешчаре у току 1993. године, влажна депозиција сумпора је износила 11,8 tSkм-2, док је влажна депозиција азота била 0,055 tNкм-2 (Kadović et al., 1994). На основу резултата ЕМЕР за Србију из 2010. године (Gauss et al., 2012), депозиција оксидованог сумпора је износила (на подручју Делиблатске пешчаре) 0,0264-0,0297 tSkм-2, а оксидованог азота 0,045-0,079 tNкм-2. Ови подаци указују да су се током времена значајно мењале депозиције сумпора и азота на овом подручју, и да су, у појединим периодима, могле имати утицај стабилност структурних агрегата, односно на еродибилну фракцију.

За песковита земљишта или за земљишта са значајним учешћем песка, са слабо везаним слојевима, еродибилне честице песка формирају на површини грубу покорицу, тако да се ове честице песка лако еродирају ветром (Frygear et al., 1998). Стварање покорице зависи и од концентрације електролита у земљишном раствору и кишници, од којих се издвајају сумпорна и азотна киселина (Remley, Bradford, 1989). У зависности од земљишних својстава, покорица може да повећа или смањи потенцијалну еолску ерозију (Zobeck, 1991).

Фактор покорице земљишта се користи како би се проценио утицај покорице која се ствара на површини, на осетљивост европских земљишта на еолску ерозију (Frygear et al., 2000). Представља емпиријски развијен однос којим се тестирала отпорност земљишних агрегата и покорице на честице песка ношене ветром (Hagen et al., 1992).

Фактор SCF рефлектује промене абразионе отпорности површине земљишта када је површина модификована падавинама. Зависно од текстуре земљишта, падавине на агрегираној површини могу да доведу до распадања осетљивих земљишних агрегата, остављајући врло глатку површину са слабо везаним, еродибилним, песком. На основу оваквих лабораторијских тестова, развијен је SCF за RWEQ. Ерозија може бити контролисана на земљиштима fine текстуре и може бити појачана на грубо текстурним земљиштима.

Слично као и за EF, вредности фактора покорице варирају (слика 7), односно смањују се у правцу од севера према југо-истоку, што се може објаснити променом текстурних класа

земљишта. За локалитете са високим садржајем песка, и нижим вредностима глине и органске материје у земљишту, вредности фактора покорнице су високе у профилима земљишта – Protic Arenosol(Calcaric) и појединим профилима земљишта – Chernozem (Arenic).

Резултати анализе варијансе показују да вредности фактора покорнице земљишта за текстурне класе песак, иловаст песак и песковита иловача имају статистички значајне разлике, па су за проучавано подручје приказане зависности за сваку текстурну класу између фактора покорнице и садржаја глине и хумуса. На подручју Делиблатске пешчаре, средња вредност SCF за пескуше је 0,81 и моделом је објашњена у 98,16% случајева. Вредности SCF за иловаст песак и песковиту иловачу су 0,52 и 0,37, и објашњене су у 99,55% односно 97,10% случајева. За европска земљишта, вредности SCF варирају од 0,02-1, а средње вредности за све три текстурне класе земљишта проучаваног подручја су веће од средње вредности за европска земљишта 0,39 (Borrelli, et al., 2014). У земљиштима Северне Европе, и у земљиштима са високим садржајем песка, постоје веће могућности за стварање аеродинамички глатке покорнице која се лакше еродира, док се у земљиштима са високим садржајем глине, ствара покорница, која лимитира утицај ветра (Borelli et al., 2014).

Закључци

На подручју Делиблатске пешчаре, вршена су проучавања песковитих земљишта. Узорци земљишта узети су са 27 педолошких профила, по фиксним дубинама 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm и 20-40cm. Са циљем одређивања EF и SCF и утицаја механичког састава и садржаја CaCO₃ на еродибилност земљишта проучаваног подручја, узети су узорци земљишта и из слоја 0-25mm.

На основу резултата гранулометријске анализе, издвојене су три текстурне класе земљишта: песак, иловаст песак и песковита иловача. Еродибилна фракција укључује честице пречника <0,84mm, само у слоју од 0-25mm. Највеће вредности EF се налазе на профилима са највећим садржајем песка, и предложени модел може послужити за предикцију просторног распореда вредности EF на проучаваном подручју.

Према подели европских земљишта у односу на вредности EF, земљишта на подручју Делиблатске пешчаре, тј. све издвојене текстурне класе припадају категорији високо еродибилних земљишта са 56,17% (текстурна класа – песак), 41,27% (текстурна класа – иловаст песак) и 36,62% (текстурна класа – песковита иловача).

Сличан закључак се може извести за SCF. Вредности фактора покорнице се смањују са повећањем садржаја глине, па је SCF за земљишта текстурне класе песак, иловаст песак и песковита иловача 0,81, 0,52 односно 0,37. Највеће вредности фактора покорнице карактеришу земљишта типа Protic Arenosol(Calcaric), и веће су од просечне вредности фактора покорнице за европска земљишта.

Summary

Based on the numerous results, it is widely acceted conclusion that the part of soil aggregates in the surface soil layer (0-25 mm), represents erodible fraction (EF), which is used for calculations of soil losses and choice of measures for protection from wind erosion. Numerous authors emphasize the importance of erodible fraction as the upper limit of particle size that wind may set in motion.

According to analysis for Europe, soils with value of EF >50% falls into the category of

highly erodible land. According to the same criteria, in Deliblato sands soils, all the textural classes belong to different categories of erodibility: highly erodible lands with 56,17% (sandy soils), moderate erodible lands with 41,27% (loamy sand soils) and low erodible lands with 36,62% (sandy loam soils).

Mean values of soil crust factor (SCF) for all textural classes in Deliblato sands soils, are above the mean SCF value for european soils (0,39).

ЛИТЕРАТУРА:

(1966): Хемијске методе испитивања земљишта - приручник за испитивање земљишта. Београд - Нови Сад: Југословенско друштво за проучавање земљишта/ЈДПЗ, књига 1

(1997): Методе истраживања и одређивања физичких својстава земљишта. Нови Сад: Југословенско друштво за проучавање земљишта/ЈДПЗ, Приручник за испитивање земљишта

(2010): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil http://www.icp-forests.org/pdf/FINAL_soil.pdf

Антић М., Авдаловић В., Јовић Н. (1969): Еволуција, генетичка повезаност и еколошка вредност појединих врста пескова Делиблатске пешчаре. Делиблатски песак, Зборник радова I, Југословенски пољопривредно-шумарски центар и Шумско-индустријски комбинат Панчево, Београд, 47-66 стр.

Белоица Ј., Кадовић Р., Перовић В., Тодосијевић М., Чакмак Д., Белановић С. (2013): Утицај киселих депозиција на реакцију земљишног раствора у сливу реке Расине, Ерозија, бр. 38, 45-59 стр.

Borrelli P., Ballabio C., Panagos P., Montanarella L. (2014): Wind erosion susceptibility of European soils, *Geoderma* 232–234, 471–478

Chepil W.S. (1942): Relation of wind erosion to water stable and dry clod structure of soil. *Soil Sci.*, 55: 275–287.

Chepil W.S. (1950): Properties of soil which influence wind erosion: II. dry aggregate structure as an index of erodibility. *Soil Science*, 69: 403–414

Chepil W.S., (1953): Field structure of cultivated soils with special reference to erodibility by wind. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 17, 185-190

David D.B., Jeffrez J.W., Mathew P.J. (2003): Wind and water erosion and transport in semi-arid shrubland, grassland and forest ecosystems: quantifying dominance of horizontal wind-driven transport. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28: 1189-1209

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (1960): Soil erosion by wind and measures for its control on agricultural lands. FAO Agricultural Development Paper No. 71

Fryrear D.W., Stout J.E., Hagen L.J., Vories E.D. (1991): Wind Erosion: Field Measurement and Analysis, Soil and Water Division, Trans.ASAE, vol.34, 155-160

Fryrear D.W., Krammes C.A., Williamson D.L., Zobeck T.M. (1994): Computing the wind erodible fraction of soils, *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 49 no. 2, 183-188 str

Fryrear D.W., Saleh A., Bilbro J.D., Schomberg H.M., Stout J.E., Zobeck T.M. (1998): Revised Wind Erosion Equation (RWEQ). Wind Erosion and Water Conservation Research Unit, USDA-ARS, Southern Plains Area Cropping Systems Research Laboratory. Technical, Bulletin No. 1. Internet address: <http://www.csrl.ars.usda.gov/wewc/rweq/readme.htm>

Fryrear D.W., Bilbro J.D., Saleh A., Schomberg H.M., Stout J.E., Zobeck T.M. (2000): RWEQ:improved wind erosion technology. *J. Soil Water Conserv.* 55, 183–189

Fryrear D.W., Sutherland P.L., Davis G., Hardee G., Dollar M. (2001): Wind erosion estimates with RWEQ i WEQ. In: Stott, DE, Mohtar, RH, Steinhardt, GC (eds.), *Sustaining the global farm. Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting held on may 24-29 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory*, 760-765

Gauss M., Nyiri A., Steensen B.M., Klein H. (2012): Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM in 2010 – Serbia, METEOROLOGISK INSTITUTT, Norwegian Meteorological Institute, ISSN 1890-0003, 13-14

Hagen L.J., Skidmore E.L., Saleh A. (1992): Wind erosion: prediction of aggregate abrasion coefficients, Transactions of the ASAE, 35 (1992), 1847–1850

Кадовић Р., Вујановић В., Караџић Д. (1994): Степен оптерећености шумских екосистема Делиблатске пешчаре полутантима. Делиблатски песак, Зборник радова VI (гл. Уредник П. Маринковић), ЈП за газдовање шумама “Србијашуме”, Београд, 547-554 стр.

Klik A., (2008): Wind Erosion Assessment in Austria Using Wind Erosion Equation and GIS. BOKU – University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna

Кнежевић М., Ђорђевић А., Кошанин О., Милетић З., Голубовић С., Пекећ С., Животић Љ., Николић Н., Жарковић М. (2011): Усклађивање номенклатуре основне педолошке карте са WRB класификацијом, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд, 103 стр.

Košanin O. (2001): The role of Organic Matter in Morphological Evolution of Soils as Part of A-C Study in Deliblato Sands, Master Paper, Faculty of Forestry, Belgrade

Lopez M.V., Dios Herrero J.M., Hevia G.G., Gracia R., Buschiazzi D.E. (2007): Determination of wind-erodible fraction of soils using different methodologies, Geoderma, Volume 139, Issues 3–4, 407-411

Merrill S., Black A., Halvorson A. (1997): Soil-inherent wind erodibility: Progress and prospects. Proceedings, Wind Erosion: An International Symposium/Workshop, Manhattan, Kansas

Middleton H.E. (1930): Properties of soils which influence soil erosion. USDA, Technical Bulletin 178, 16 pp.

Remley P.A., Bradford J.M. (1989): Relationship of soil crust morphology to inter-rill erosion parameters., Soil Sci Soc Am J 53: 1215-1221

Skidmore E. L., Powers D.H. (1982): Dry soil-aggregate stability: energy-based index. Soil Sci. Soc. Am. J., 46: 1274–1279

Song Y., Liu L., Yan P., Cao T. (2005): A review of soil erodibility in water and wind erosion research, Journal of Geographical Sciences 15, 167-176

Zobeck T.M., Van Pelt R.S. (2014): "Wind Erosion", Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. Paper 1409. <http://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/1409>

Zobeck T.M. (1991): Soil properties affecting wind erosion. J. Soil Water Conserv. 46:112-117