

## **Запас на органичен въглерод в Резерват „Торфено бранище“**

**Диана Малинова<sup>1\*</sup>, Камелия Петрова<sup>2</sup>, Павел Павлов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Факултет по Екология и Ландшафтна архитектура, Лесотехнически университет, София*

<sup>2</sup>*Факултет по Горско стопанство, Лесотехнически университет, София*

**E-mail\*:** dianamalinova@yahoo.com

### **Резюме**

Резерват „Торфено бранище“ представлява уникален за Природен парк „Витоша“ и страната ландшафт, притежаващ едновременно природоохранни, средообразуващи и естетически функции. Торфените почви се възприемат като балансиранни по отношение емисии/поглъщане на органичен въглерод. Промени в баланса могат да бъдат предизвикан под влияние на климатични промени и други природни и/или антропогенни фактори. Количествената оценка на тези емисии е възможна при наличие на изходна, базова информация за запаса на органичен въглерод (органичен С) в тях, както и на многогодишни данни за температурите и валежите. С настоящето изследване се оценява съдържанието и запаса на органичен С в ландшафти или в специфичния ландшафт от територията на резерват „Торфено бранище“, който е разположен в непосредствена близост до метеорологична станция „Черни връх“. Установява се силно вариране на запаса на органичен С в зависимост от обемната плътност на почвата и наклона на терена, както и мозаечно разпространение на планинско-ливадни торфенисто-блатни почви между торфените почви. Средният запас на органичен С в резервата е 102,88 t.ha<sup>-1</sup>, а в 30 cm почвен слой – общо 80791,66 t. Районът се характеризира с устойчивост на количествата на валежите и с увеличаване на абсолютните максимуми на температурите през последните 20 години. Събраната база от данни позволява дългосрочни наблюдения и оценка за насъпващи промени в запаса на органичен С в торфените ландшафти територията на резервата.

**Ключови думи:** Histosols, histic, климатични промени, мониторинг

## **Organic carbon stock in Nature Reserve „Torfeno Branishte“**

**Diana Malinova<sup>1\*</sup>, Kameliya Petrova<sup>2</sup>, Pavel Pavlov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Ecology and Landscape Architecture, University of Forestry, Sofia*

<sup>2</sup>*Faculty of Forestry, University of Forestry, Sofia*

**E-mail\*:** dianamalinova@yahoo.com

### **Abstract**

Malinova, D., Petrova, K., & Pavlov, P. (2019). Organic carbon stock in Nature Reserve „Torfeno Branishte“. *Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 53(2), 13-21.

Nature Reserve „Torfeno Branishte“ is unique for Vitosha Nature Park and the countryside landscape,

combining at the same time natural, environmental and aesthetic functions. Histosols are considered as balanced with respect to emissions/absorption of organic carbon. Changes in the balance may be caused by climate change and other natural and/or anthropogenic factors. The quantification of these emissions is possible with the baseline information available for the organic C stock in them, as well as multiannual data on temperatures and rainfall. The present study assesses the content of organic C and organic C stock in landscapes from the territory of the Reserve “Torfeno Branishte”, which is located close to the “Cherni Vrah” meteorological station. There is a strong variation in the organic C stock, depending on the soil bulk density and the slope of the terrain, as well as the mosaic distribution of the Umbrisols between the Histosols. The average stock of organic C in the Reserve is 102.88 t.ha<sup>-1</sup> and in a 30 cm soil layer - a total of 80791.66 tons.

The area is characterized by the persistence of the rainfall and the increase of the absolute maximum of the temperatures in the last 20 years. The collected database allows for long-term observations and evaluation of the organic C stock changes in peat landscapes on the territory of the Reserve.

**Keywords:** Histosols, histic, climate change, monitoring

Резерват „Торфено бранище“ създава специфичен ландшафт в сложната мозаечна структура на природен парк (ПП) Витоша. Освен характерната растителност, по която се различава от съседните ливадни ландшафти, той изпълнява специфичната функция да съхранява голямо количество органичен С в почвата. Промяната в запаса на органичен С в почвата е възприета като индикатор за влиянието на климатичните промени и други видове природни и/или антропогенни въздействия върху почвеното органично вещество (IPCC, 2003, 2006).

Количеството и състава на почвеното органично вещество в България са добре проучени. Счита се, че горските територии, които не са засегнати от деградационни процеси са сравнително богати на органично вещество (Rousseva et al., 2014). Според различни разчети запасът на органичен С в почвите в страната е около 1,3 Gt, (Boyadgiev et al., 1994), а според Filcheva et al. (2004) – 1,5 Gt. Създадената база от данни е позволила групиране на почвите по състав на органичното вещество (Filcheva, 2014), прилагане на математико-статистически методи за различни анализи (Artinova, 2014), оценки по почвени дълбочини 25 cm, 50 cm, 100 cm, по почвени групи (Filcheva et al., 2002; Filcheva et al., 2004), по климатичните зони (Hristov et al., 2017) и др. Съставът на

почвеното органично вещество се наблюдава и в стационарите за интензивен мониторинг на горските екосистеми в м. Юндола (Filcheva et al., 2016) и м. Витиня (Filcheva et al., 2015a), в обекти със специфично почвообразуване като например кафяви горски почви развити върху варовик (Filcheva et al., 2015b) и др. Вниманието е насочено и към влиянието на климатичните промени върху запаса на органичен С. Не малко оценки са извършени върху точността на използваните методи за анализ (Kristanov et al., 1986; Filcheva et al., 1995; Filcheva & Tsadilas, 2002) и др.

Ландашафтите, в чиято структура присъстват органичните почви в България са обявени за резервати. В тях не се добива на торф, не се извършват мероприятия по дрениране и не се провежда друга антропогенна дейност, която би оказва влияние върху водния и температурния им режим. Поради тези причини Histosols не са обект на оценка по отношение настъпващи промени в запаса на органичен С в Националната инвентаризация за изчисляване на емисии и поглъщане на парникови газове от сектор „Използване на земята, промяна в използването на земята и горското стопанство”, съгласно РКОНИК (Рамковата конвенция на Организацията на Обединените Нации по изменение на климата) и Протокола от Киото. Приема се, че те не са източник на парникови

газове (IPCC, 2003, 2006). През 2012 г. пожарът в резерват „Бистришко бранище“ показва, че въздействия свързани със загуба на органичен С са възможни, но количествено трудно могат да бъдат оценени.

Събирането на информация и създаването на бази от данни може да допринесе за проследяване на настъпващи промени в запаса на органичен С под влияние на климатични промени и други видове въздействия антропогенна дейност и др. В Методичното ръководство на Международния панел за изменение на (IPCC, 2003, 2006) се препоръчва създаване на постоянни мониторингови площадки за набиране на времеви серии от данни за запаса на органичен С. За сега в страната има една такава площадка, която се намира в стационара за интензивен мониторинг на горските екосистеми в м. Юндола. Събират се данни за *Dystric Cambisols* (Malinova et al., 2011). Недостатък на този обект е краткосрочното наблюдение върху температурите и валежите – от 1998 (Kolarov et al., 2002).

Целта на настоящата работа е определяне на запаса на органичен С в почви от ландшафта на резерват „Торфено бранище“.

## Материали и методи

Резерват „Торфено бранище“ се намира на територията на природен парк „Витоша“, в непосредствена близост до Черни връх (2290 m н.в.), където от 1935 година се извършват измервания на температурите на въздуха и количествата на валежите. Наличната метеорологична станция дава възможност да се оценява взаимовръзката „запас на органичен С – климатични промени“, както и други видове въздействия свързани със загубата на органичен С.

Резерватът е природно-териториален комплекс, чийто физиономичен белег е ландшафтът на ливадните тревни съобщества, мъхове и водорасли. Срещат се хвойна и по-рядко боровинки. Дървесните видове са слабо представени предимно от високопланински върби. Местоположението на резервата е

между 1720 m и 2280 m н.в., върху северния склон на Витоша. Заема западния край на втората денудационна заравненост на Витоша. Почвобразуващата скала е представена от монзонит и левкосиенит.

Местоположението на резервата може да се отнесе към чувствителните територии по отношение влиянието на климатичните промени върху почвите. Счита се, че почвите от високопланинските територии са най-чувствителните към повишаване на температурите, поради съчетаване на тези условия с процесите на вкисляване и повишаване на мобилността на определени фракции на органичното вещество (Kulhavý et al., 2009).

В границите на резервата са заложили 9 почвени профила. За определяне запаса на органичен С са взети проби от дълбочини 0-10 cm, 10-20 cm и 20-30 cm. Запасът на органичен С е изчислен за повърхностния 30 cm слой, който е обект на наблюдение и оценка на почви съгласно Методичното ръководство на Международния панел за изменение на (IPCC, 2003, 2006). С цел проследяване профилното разпределение на органичен С в дълбочина един от почвените профили (№ 2) е пълен.

Определено е: съдържание на органичен С - модифициран метод на Тюрин (120 °C, 45 мин. и катализатор  $Ag_2SO_4$ ) и метод на Кононова - Белчикова (Kononova, 1963; Filcheva & Tsadilas, 2002), обемна плътност - ISO 11272. Запасът на органичен С в резервата е изчислен съобразно неговата площ 785,442 ha (ДВ бр. 38 от 26.05.2015 г.). Статистическата обработка на данните е извършена с програма Statistica 8.

## Резултати и дискусия

Изследваната почва в резерват „Торфено бранище“ удовлетворява диагностичните критерии на WRB (2006, 2007, 2014) за присъствие на histic хоризонт, което позволява класифицирането ѝ като Histisols. Повърхностният 10 cm (и повече) слой на почвата се състои от диагностични органични материали (органичен С > 18%). Фиг. 1 представя профилното разпределение

на количеството органичен С в заложен пълен почвен профил, чиято дълбочина надвишава 110 cm. В цялата мощност на профила съдържанието на органичен С е по-високо от 18%.

Това се отнася и за прикопките с мощност до 30 cm, от които се набира информацията за запаса на органичен С в територията на резервата. В отделни участъци обаче съдържанието на органичен С в повърхностния 10 cm почвен слой е по-ниско или е на границата 18% (табл. 1).

То спада и под нея - до 17,20% - 15,76% в профили № 5 и № 6. В по-долу лежащия слой 10-20 cm намалява още повече. Тази разлика се наблюдава в транзитна част на ландшафта, където наклонът е 12%. Релефът е предпоставка за по-интензивно изнасяне на материали в дълбочина и по склона под влияние на валежите и снеготопенето. Съдържанието на органичен С в тези участъци не съответства на характеристиките на histic хоризонт. Диагностиката на почвите от високопланинската част на Витоша е описана в „Монография на почвите в България“, където те се разделят на същински торфено-блатни и планинско-ливадни торфенисто-блатни почви. На основата на типичните характеристики на торфените почви Boyadzhiev et al. (1992) ги посочва като основни при изясняване диагностиката и класификацията на този почвен тип в страната. В конкретния случай може да се приеме, че е налице мозаечно участие на планинско-ливадни торфенисто-блатни почви, развити върху по-стръмни терени. При тях почвената повърхност е разкъсана от големи скални късове. Те се показват на повърхността или са с тревно покритие, разположено директно върху скалата. Специфичното е, че частично разложена част от тревното покритие се използва като хранителен субстрат през следващия вегетационен период, което създава много големи туфи. В такива случаи растителният отпад замества почвообразуващата скала. Това явление е описано подробно и в други източници (Encyclopedia of Soil Science, 2006).

Профили №№ 1, 2, 3 и 4 заемат терени с по-малък наклон между 3%-6%. Съдържанието на органичен С в тях е високо, в границите на

18,72%-37,04% и съответства на критериите за диагностика на Histosols (WRB, 2006; 2007, 2014).

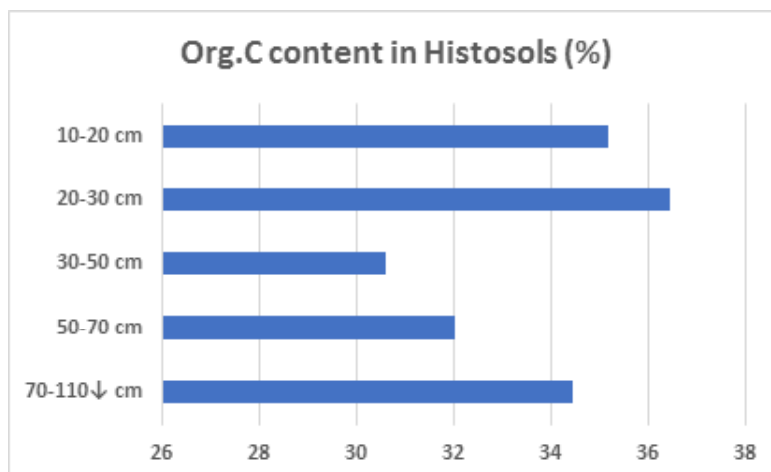
Най-ниско разположените разрези се намират между 1963 m - 1990 m н.в. Теренът е с много малък наклон 1%-2%. Въпреки това в профилите (№ 7, 8 и 9) се съдържа не много високо количеството на органичен С, сравнено с по-стръмните участъци. Това може да се обясни с отмиващото действие на водата, която се концентрира от по-високо разположената част на резервата с по-голям наклон и преминава като мрежа от малки потоци през тази по-ниско разположена територия.

Обемната плътност на почвата е ниска (табл. 1). Стойностите ѝ варират много силно от 0,067 g.cm<sup>-3</sup> до 0,386 g.cm<sup>-3</sup>. Факторите които влияят на този процес са много – количеството и вида на растителния материал, степента на разложеност, участието на минерални частици и др. След дрениране и изсушаването на горния слой на органичните почви според Ilnicki et al. (2003) плътността и обема на твърдата фаза се увеличават. Установено е, че една част от твърдите частици на почвата се утаят под влияние на собствената си маса (Caron et al., 2015). Друга част мигрира от повърхностния богат на органично вещество слой към по-долу лежащите слоеве. За тези процеси допринасят и макропорите, които според Boul et al. (2011) са в голямо количество в Histosols. Вертикалното движение на частиците се прекратява при достигането на слой с по-слабо разложена органична маса и там се акумулират. Доказано е, че движението на водата през органична почва се променя в зависимост от степента на разложеност на органичната материя (Boelter, 1969; Millette et al., 1982; Kechavarzi et al., 2010). Всички тези фактори оказват влияние върху величината на обемната плътност на почвата.

Фиг. 2 представя взаимовръзката между количеството на органичен С и стойностите на обемната плътност на изследваната почва. Тя е отрицателна и се доказва с висок корелационен коефициент ( $r = -0,94$ ), т.е. с увеличаване на съдържанието на органичен С обемната

**Таблица 1.** Съдържание на органичен С, обемна плътност и запас на органичен С  
**Table 1.** Organic C content, bulk density and organic C stock

Профил №	Координати	Надморска височина m	Дълбочина cm	Органичен С %	Q g.cm <sup>-3</sup>	Органичен С t.ha <sup>-1</sup>
1	42°58'25N 23°27'97E	2003	0-10	35,59	0,0743	26
			10-20	36,22	0,0700	25
			20-30	37,50	0,0772	29
2	42°58'21N 23°27'95E	2005	0-10	37,04	0,0735	27
			10-20	35,17	0,0802	28
			20-30	36,45	0,0843	31
3	42°58'24N 23°27'98E	2008	0-10	34,78	0,0673	23
			10-20	36,30	0,0990	36
			20-30	35,61	0,0837	30
4	42°58'30N 23°27'94E	1992	0-10	18,72	0,1547	29
			10-20	14,37	0,3052	44
			20-30	12,42	0,3386	42
5	42°58'32N 23°27'94E	1999	0-10	17,20	0,2641	45
			10-20	12,36	0,3168	39
			20-30	11,18	0,3531	39
6	42°58'32N 23°27'93E	1963	0-10	15,76	0,3091	49
			10-20	12,17	0,3097	38
			20-30	9,72	0,3518	34
7	42°58'48N 23°27'86E	1990	0-10	18,35	0,3017	55
			10-20	13,12	0,3026	40
			20-30	6,27	0,3863	24
8	42°58'49N 23°27'85E	1993	0-10	33,32	0,0789	26
			10-20	32,34	0,1212	39
			20-30	16,59	0,1497	25
9	42°58'49N 23°27'85E	1993	0-10	20,23	0,1705	34
			10-20	16,83	0,2201	37
			20-30	12,14	0,2614	32



**Фиг. 1.** Съдържание на органичен С в почвен профил на Histosols  
**Fig. 1.** Content of organic C in the soil profile of Histosols

плътност намалява.

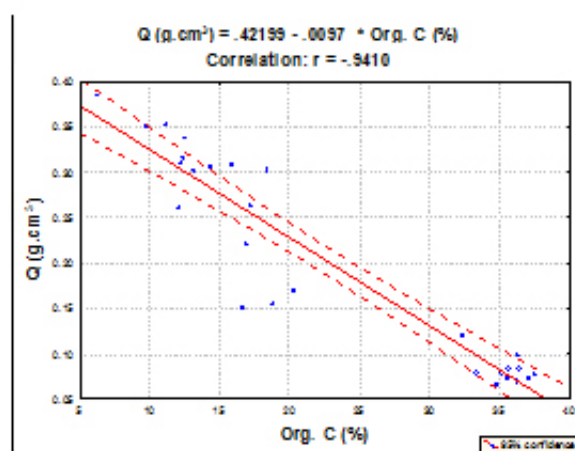
Запасът на органичен С също варира много силно. В повърхностния слой той е между 23 t.ha<sup>-1</sup> и 55 t.ha<sup>-1</sup>. Стойностите му нарастват с увеличаване на обемната плътност на почвата, но както може да се проследи от фиг. 3 има и изключения, поради което корелационният коефициент е по-нисък ( $r = 0,60$ ), сравнено с този от фиг. 2. Взаимовръзката е представена на фиг. 3.

В таблица 2 е посочен запасът на органичен С в 30 cm почвен слой. Най-високото установено количество е в профили № 5 и 6, които заемат най-стръмната част в резервата. На този терен съдържанието на органичен С е ниско, но за сметка на това са повишени стойностите на обемната плътност на почвата, както е илюстрирано на фиг. 2. Средният запас на

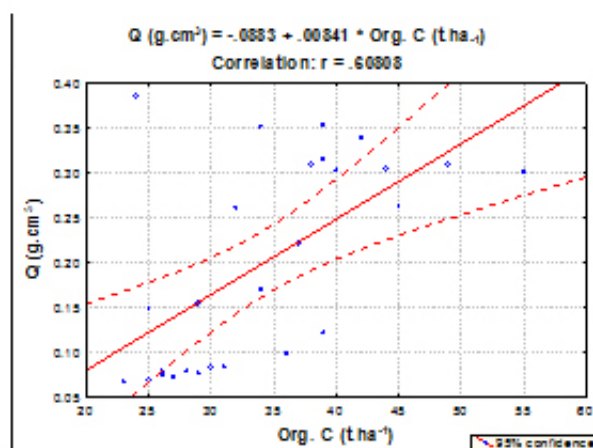
органичен С е 102,88 t.ha<sup>-1</sup>.

В 30 cm почвен слой на резерват „Торфено бранище“ е 80791,66 t.

Така изчисленият запас на органичен С е формиран в климатични условия, чийто актуални характеристика са анализирани подробно в План за управления на ПП „Витоша“ (2014). В обобщен вид те показват, че абсолютните минимума на температурите за периодите (1961-2010 г.) и (1961-1990 г.) не са променени, но абсолютните максимуми са по-високи през последните 20 години. За последните 115 години годишната сума на валежите е намаляла в териториите с надморска височина до около 1800-1900 m. За по-високо разположените части на Парка намаляването годишната сума на валежите е слабо изразено.



Фиг. 2. Взаимовръзка между съдържание на органичен С и обемната плътност на почвата  
 Fig. 2. Relationship between organic C content and soil density



Фиг. 3. Взаимовръзка между запас на органичен С и обемната плътност на почвата  
 Fig. 3. Relationship between organic C stock and volumetric soil density

Таблица 2. Запас на органичен С  
 Table 2. Stock of Organic C

Наклон	1-2%	3-6%	12%
Запас на органичен С (t.ha <sup>-1</sup> )			
mean	104,00	92,50	122,00
SD	14,52	15,45	1,41

## Заклучение

Събрана е база от данни за съдържанието и запаса на органичен С в торфения ландшафт на резерват „Торфено бранище“, която позволява дългосрочни наблюдения и оценки за насъпващи промени в запаса на органичен С в неговата територията. Наличната метеорологична станция на Черни връх, в която се събира регулярна информация за температурите на въздуха и количествата на валежите позволява анализ на взаимовръзката „запас на органичен С – климатични промени“.

**Благодарности** – статията е разработена и публикувана с финансовата помощ на проект № 22/2018 на НИС Лесотехнически университет.

## Литература

**Artinova, N.** (2014). Characteristic and grouping on the content and composition of humus in soils in Bulgaria through mathematical and statistical methods. In: Soil organic matter and fertility of soils in Bulgaria. Bulgarian Humic Substances Society. 75-87, ISBN 978-619-90189-1-0 (Bg).

**Boelter, D. H.** (1969). Physical properties of peats as related to degree of decomposition. *Soil Science Society of America Journal*, 33, 606–609. doi:10.2136/sssaj1969.03615995003300040033x

**Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C., & McDaniel, P. A.** (2011). Soil genesis and classification. *John Wiley & Sons*, ISBN – 13.978-0-8138-0769-0.

**Boyadzhiev, T., Filcheva, E., Ilieva, R., & Ruseva, S.** (1992). On the diagnostics of peat soils in Bulgaria. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 27(2), 12-14 (Bg).

**Boyadgiev, J., Filcheva, E., Petrova, L.** (1994). Organic matter composition of the main groups in Bulgaria. In: Humic substances in the Global Environment and Implications on Human Health. (Senesi N.&T.M. Miano eds.). *Elsevier Science B.V.* 535-540.

**Caron, J., Price, J. S., & Rochefort, L.** (2015). Physical properties of organic soil: adapting mineral soil concepts to horticultural growing media and histosol characterization. *Vadose Zone Journal*, 14(6). doi:10.2136/vzj2014.10.0146

**Encyclopedia of Soil Science.** (2006). Vol. 1. Second edition. Edited by Rattan Lal. 830-833.

**Innicki, P. & Zeitz, J.** (2003). Irreversible loss of organic soil functions after reclamation. In: Organic soils and peat materials for sustainable agriculture. CRC Press,

Boca Raton, FL. p. 15–34.

IPCC. (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Chapter 3. Section 3.2. Intergovernmental panel on climate change. 83.

IPCC. (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 4. Section 4.2.3. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC, Intergovernmental panel on climate change. 83.

**Filcheva, E., Malinova, L.** (1995). Comparative Assessment of Organic Carbon Soil Determination Methods in Soils. Jubilee scientific session “70 years of Forestry Education”. 7-9 VI, 3, 19-25 (Bg).

**Filcheva E., Rouseva, S., Kulikov, A., Nedyalkov, S., & Chernogorova, Tz.** (2002). Organic carbon stocks in soils of Bulgaria. In: J.M.Kimble, R. Lal, R.F. Follett (eds.) Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil. *Lewis Publ.*, Boca Raton, FL, USA, 471-476.

**Filcheva, E. G., & Tsadilas, C. D.** (2002). Influence of clinoptilolite and compost on soil properties. *Communications in soil science and plant analysis*, 33(3-4), 595-607.

**Filcheva E., Rouseva, S.** (2004). Organic carbon stocks in Bulgarian soils grouped according to the revised legend of the FAO-UNESCO soil map of the world. In: Modern Physical and Physicochemical Methods and their Applications in Agroecological Research. Lublin-Sofia, 36-42.

**Filcheva, E.** (2014). Humus formation, composition of soil organic matter and organic carbon stocks by soil groups and soil differences. In: Soil organic matter and fertility of soils in Bulgaria. Bulgarian Humic Substances Society. 88-106, ISBN 978-619-90189-1-0 (Bg).

**Filcheva, E., & Malinova, L.** (2015a). Composition of soil organic matter in Dystric Cambisols in stationary sample plot for intensive monitoring „Vivtinia”. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*. XLIX, 3-7. ISSN 0861-9425 (Bg).

**Filcheva, E., & Malinova, L.** (2015b). Composition of soil organic matter in Eutric Cambisols developed on marble. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, XLIX(4), 8-12. ISSN 0861-9425 (Bg).

**Filcheva, E., Malinova, L.** (2016). Composition of soil organic matter in Eutric Cambisols in stationary sample plot for intensive monitoring „Yundola”. “Humus substances and their role in mitigating climate change”, 4th National conference with international participation, 8-10 September. Faculty of Biology, Sofia University “St. Kl. Ohridski “. 157-165 (Bg).

**Hristov, B., & Filcheva, E.** (2017). Soil organic matter content and composition in different pedoclimatic zones of Bulgaria. *Eurasian Journal of Soil Science*, 6(1), 65.

**Kecharvarzi, C., Dawson, Q., & Leeds-Harrison, P. B.** (2010). Physical properties of low-lying agricultural peat soils in England. *Geoderma*, 154(3-4), 196-202. doi:10.1016/j.geoderma.2009.08.018

**Kolarov, D., Pavlova, E., Pavlov, D., Doncheva-Boneva, M., Malinova, M., Tsvetkova, N., ... & Bencheva,**



- S. (2002). Intensive monitoring of forest ecosystems in Bulgaria. *Publishing house to University of forestry*, Sofia, ISBN 954-8783-57-6 (Bg).
- Kononova, M.** (1963). Soil Organic Mater. Nature, Properties and Methods Studies. *ANSAC*, Moscow, 314 (Ru).
- Kristanov, S., Konishev, P., Filcheva, E., & Petrova, L.** (1986). To the methodology for calculating humus content of soils. *Forest science*, 6, 11-15 (Bg).
- Kulhavý, J., Marková, I., Drápelová, I., & Truparová, S.** (2009). The effect of liming on the mineral nutrition of the mountain Norway spruce (*Picea abies* L.) forest. *Journal of Forest Science*, 55(1), 1–8.
- Malinova, L., Molle, E., Lyubenov, Y.** (2011). Study on the variation of organic carbon stock in Cambisols from stationary sample plot “Yundola”. International Conference “100 Years of Soil Science in Bulgaria”. May 16-20. Sofia, part 1, 171-175 (Bg).
- Management Plan of Vitosha Park. (2014). Preparation of Water Balance “Vitosha”, 2014 (Bg).
- Millette, A., Vigier, B., & Broughton, R.** (1982). An evaluation of the drainage and subsidence of some organic soils in Quebec. *Can. Agric.*, 24, 5–10.
- Rousseva S., & Marinov, I.** (2014). Loss of organic matter due to soil erosion and soil erosion control measures . Soil organic matter and fertility of soils in Bulgaria. Bulgarian Soil Society, 305-330.
- World Reference Base for Soil Resources. (2006). World Soil Resources Reports 103. FAO, Rome. p. 67. ISBN 92-5-105511-4.
- World Reference Base for Soil Resources. (2007). First update. World Soil Resources Reports No. 103, FAO Rome.110.
- World Reference Base for Soil Resources. (2014). World Soil Resources Reports No. 103, FAO Rome.181.