

МАГНЕТОСТРАТИГРАФИЈА ЛЕСНОГ ПРОФИЛА ЧОТ У СТАРОМ СЛАНКАМЕНУ

MAGNETOSTRATIGRAPHY OF THE STARI SLANKAMEN LOESS-PALEOSOL SEQUENCES (VOJVODINA, SERBIA AND MONTENEGRO)

Марковић Б. Слободан¹, Heller Friedrich², Kukla J. George³, Gaudenyi Tivadar¹,
Јовановић Млађен¹ и Миљковић Љупче¹

Резиме

Профил Чот у Старом Сланкамену налази се у североисточном делу Сремске лесне заравни, уз десну обалу Дунава, тачно наспрам ушћа Тисе. Моћност откривених лесно-палеоземљишних секвенци износи приближно 40 т. На основу досадашњих истраживања овај профил се сматра једним од најзначајнијих лесно-палеоземљишних локалитета на простору централне Европе. Резултати истраживања приказани у овој студији не само да потврђују, већ у знатној мери апострофирају значај овог профила, не само у регионалним већ, и у глобалним размерама.

Укупно 59 оријентисаних узорака анализирано је у GMA лабораторији Геофизичког института у Цириху (Швајцарска). Вредности карактеристичне реманентне магнетизације (ChRM), добијене након демагнетизације у наизменичним магнетним пољима, показују да се граница између Матујама реверсне и Бринес (MBB) нормалне палеомагнетске епохе налази на приближно 36 т дубине, у доњем делу најстаријег лесног хоризонта SL L8. Детаљна мерења магнетног суцептибилитета (MS) су обављена на терену (доњи део профила), односно у Геофизичкој лабораторији Ламонт-Доерти геолошке опсерваторије у Палисадама (САД)

¹ Центар за квартарна истраживања, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Трг Доситеја Обрадовића 3, 21000 Нови Сад; E-mail: zbir@im.ns.ac.yu

² Institut für Geophysik, ETH Hönggerberg, CH-8093, Zürich, Switzerland

³ Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Rt. 9W, Palisades NY 10964, USA

(горњи део профила). Промене вредности MS лесно-палеоземљишних секвенци профила Чот пружају могућност корелације са најзначајнијим лесним локалитетима дунавског лесног појаса као и маринско-изотопском стратиграфијом (MIS). Добијени резултати сугеришу на потребу значајне ревизије предходних хроностратиграфских модела.

Abstract

The Stari Slankamen section is located in the eastern part of the Srem Loess Plateau on the right bank of the Danube river opposite the Tisa (Tisza) river junction. The approximately 40-m thick steep cliff built of loess intercalated with 10 pedocomplexes. According to previous investigations, loess exposure in Stari Slankamen is considered as one of the most important section in the Carpathian (Pannonian) basin area. It is confirmed by our results and significance of this section has also been elucidated and emphasize during our investigation.

A number of 59 oriented samples were taken and measured in Zürich GMA laboratory. The characteristic remanent magnetization obtained after alternating field demagnetization gives clear evidence of the Matuyama-Bruhnes boundary (MBB) at profile depths 36 m in down part of last loess layer. Detailed low magnetic susceptibility measurements was realized in the field for lower part of exposure and in Lamont-Doherty geophysics laboratory in Palisades for upper loess-paleosol sequences. The Stari Slankamen's magnetic susceptibility record provides possibilities for correlation with key Central Europe, Chinese loess sites and the marine oxygen isotope stratigraphy. Thus diagnose magnetostratigraphy suggested seriousness revision of hitherto chronostratigraphic subdivisions and established this exposure as one of key loess sections in the Danube loess area. Earlier age estimations, including the thermoluminescence determinations, had to be revised, mostly downwards.

Key words: loess, paleoclimate, paleomagnetism, Pleistocene and Stari Slankamen

Увод

Пре три деценије група чешких научника (Bucha et al., 1969; Koči, 1969) је отпочела пионирска истраживања палеомагнетских карактеристика копнених квартарних седимената. Примена палеомагнетске стратиграфије при дефинисању палеоклиматског записа лесно-палеоземљишних секвенци омогућила је Кукли (Kukla, 1970, 1975, 1977, 1978) да установи сигнификантну подударност са плеистоценим пулсацијама климе детектованим у дубокоморским седиментима. Тако су у великој мери ревидирана класична схватања о стратиграфији плеистоцена. Истраживање европских лесно-палеоземљишних секвенци била су увертира за проучавање више од 150 m моћних и око 2,5 милиона година старих лесних наслага у Кини. Истражујући кинеске лесне седimente швајцарски геофизичар Хелер и кинески геолог Лиу (Heller and Liu, 1982) су установили да промене вредности магнетног суспектибилитета (MS) представљају сензитиван индикатор палеоклиматских збивања. Тако су криве MS употпуњене утврђивањем граница палеомагнетских епоха и епизода опште прихваћене при дефинисању и међусобном корелирању стратиграфских јединица лесно-палеоземљишних слојева (Kukla, 1987; Kukla and An, 1989; Kukla et al., 1988; Foster and Heller, 1994; Heller and Evans, 1995; Evans and Heller, 2001).

Лесни профил Чот у Старом Сланкамену (ϕ 45°7'58", λ 20°18'44") налази се у североисточном делу Сремске лесне заравни, односно северозападном делу косе Одушевци, непосредно наспрам ушћа Тисе у Дунав (карта 1). Овај профил представља један од најкомплетнијих средње и горње плеистоцених лесно-палеоземљишних серија у Европи (Butrim, 1974; Bronger, 1976, 2003; Singhvi et al., 1989; Marković and Kukla, 1999). Крајем деведесетих година прошлог века Центар за квартална истраживања Департамана за географију, туризам и хотелијерство из Новог Сада отпочиње систематска палеомагнетска истраживања на локалитету Чот у сарадњи са Џорџом Куклом (Ламонт-Доерти геолошка опсерваторија Колумбија универзитета, САД) и колегама из Геофизичког завода "Милутин Миланковић" из Београда. Резултати ових истраживања публиковани су у студијама Марковић и сар. (1998, 1999) и Marković and Kukla (1999). Наведене публикације приказују прелиминарна хроностратиграфска схватања заснована на детаљном запису промена вредности MS и иницијалним мерењима палеомагнетског поларитета доњег дела профила. У циљу дефинисања поуздане магнетостратиграфске слике лесно-палеоземљишних секвенци профила Чот, током 2001. године реализована су детаљна мерења палеомагнетског поларитета у сарадњи са Фридрихом Хелером (Геофизички институт у Цириху, Швајцарска) водећим светским стручњаком у овој области.

Материјал и методе истраживања

Мерења вредности MS лесно-палеоземљишних секвенци профила Чот, реализована су у две етапе. Вредности MS за доњи део профила (од палеоземљишта SL S8 до лесног хоризонта SL L5) утврђене су на терену 1997. године. За мерење је коришћен Бартингтон портабл суцептибилитетни мерач са радном фреквенцом 0,58 kHz. На сваком мерном нивоу рађено је 10 независних мерења након чега је израчуната њихова аритметичка средина. Вредности MS горњег дела профила у Старом Сланкамену измерене су у Ламонт-Доерти геолошкој опсерваторији, на лабораторијском Бартингтон суцептибилитет мерачу са радном фреквенцом 0,47 kHz. У палеоземљиштима вредности MS су мерене на сваких 10 cm, а у лесним хоризонтима у интервалима од 15 cm.

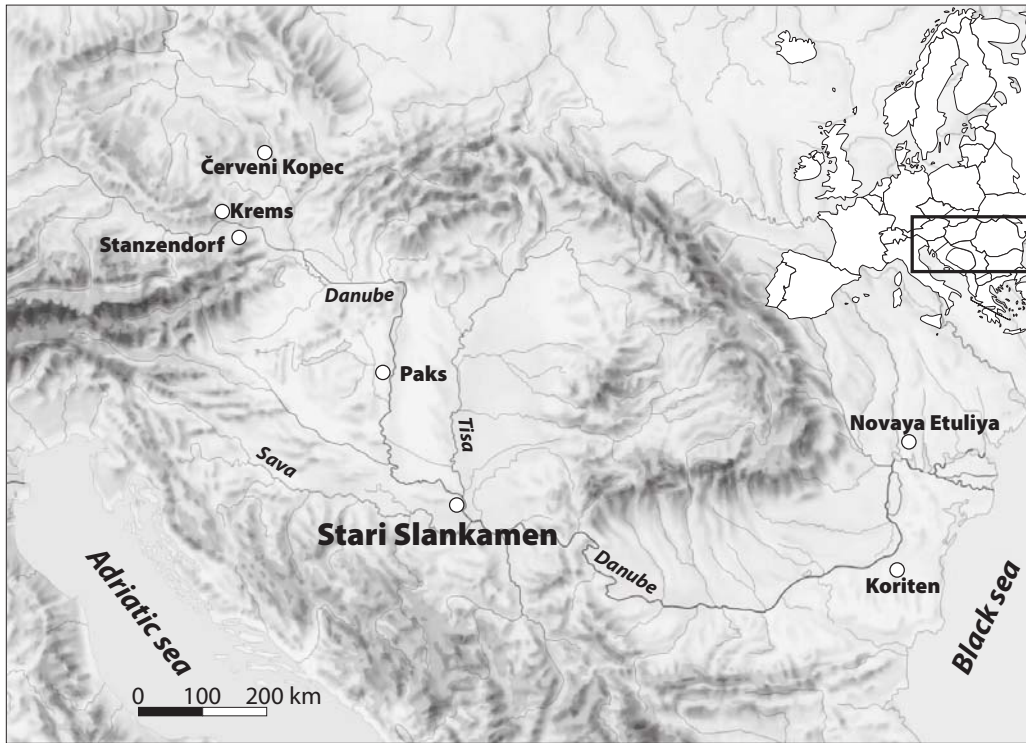
Утврђивање карактеристичне реманентне магнетизације (ChRM) извршено је у GMA лабораторији Геофизичког института у Цириху. Мерења су обављена на 59 оријентисаних узорак (димензија 2x2-2x2 cm) након AF демагнетизације у променљивим вредностима интензитета магнетног поља.

Резултати и дискусија

На слици 1. је приказан детаљан запис вредности MS и ChRM, односно промене вредности палеомагнетске инклинације и деклинације, лесно-палеоземљишних секвенци профила Чот. Транзициона зона промене палеомагнетског поларитета се јасно уочава у доњем делу профила. Граница између Бринес нормалне и Матујама (MBB) реверсне палеомагнетске епохе налази се на приближно 36 m дубине. Према опште прихваћеним палеомагнетским временским скалама (Cande and Kent, 1992) старост MBB границе износи 780.000 година.

Наведене магнетостратиграфске одредбе указују на потребу значајне ревизије досадашњих одредби старости лесно-палеоземљишних секвенци профила Чот. Да би схватили опсег поменуте ревизије неопходно је изнети кратак преглед најважнијих досадашњих хроностратиграфских схватања.

Марковић-Марјановић (1972a, 1972b) је приказала стратиграфску шему по којој прво фосилно земљиште (рачунајући од топографске површине) одговара палеопедолошким творевинама Strifild B



Карта 1. Географски положај профила Чот у Старом Сланкамену и осталих најзначајнијих лесно-палеоземљишних локалитета у сливу Дунава

Map 1 Geographical position of Stari Slankamen exposure and other key loess sites in Danube loess area

(Паудорф) у Аустрији или чешком РК I. Друго фосилно земљиште, мркоцрвенкасти чернозем, одговара горњем делу аустријског Strifild-a A, односно чешком РК II. Трећи, ружичасто-кестењасти, фосилни чернозем представља доњи хоризонт двочланог педокомплекса Strifild A (Амерсофорт) и РК II и временски је еквивалент најстаријем интерстадијалу вирма. Четврти трочлани педокомплекс временски одговара интерстадијалу рис-вирм односно базалном делу Strifild-у A, и чешком педокомплексу РК III. Пети педокомплекс је настао током интерстадијала рис I-II. Шести четворочлани комплекс би одговарао великом интерстадијалу миндел-рис. Седми педокомплекс није заступљен, док осми представља гранично земљиште према плиоцену и одговара вилафранку.

Према немачком педологу Бронгеру (Bronger, 1976) палеземљишта F₂, F₃ и F₄ лесног профила Стари Сланкамен формирана су током вирма. Марковић-Марјановић (1972a, 1972b) за еквивалент интергласијала рис-вирм сматра двочлани педокомплекс који одговара палеоземљиштима F₄ и F₅ Бронгерове номенклатуре. Према Бронгеровој хроностратиграфској одредби током последњег интергласијала формирано је само фосилно земљиште F₅. Поменута хроностратиграфска шема је модификована након публикованих резултата термоминисцентног датирања (TL) по којима палеоземљиште F₂ одговара маринско изотопском стадијуму MIS 5a, док је педохоризонт F₃ формиран током интергласијала рис-вирм, односно MIS 5e (Singhvi et al., 1989).

Резултати TL датирања Сингвија и сарадника (Singhvi et al., 1989) и Зеремског и сарадника (1991) палеоземљишта F₂ (SL S₁) и леса изнад њега су готово у потпуности сагласни. Међутим,

результати TL датирања за све остале лесне и палеоземљишне секвенце значајно се разликују. Примера ради, приближно једнаку вредност TL датације су имали палеоземљиште F₅ (SL S4) – 314.000 година (Singhvi et al., 1989) и реликтни педохоризонт п₃ 319.000±46.000 (Зеремски и сар., 1991), који заправо представља еквивалент палеоземљишта F₈ (SL L7SS1).

У светлу нових сазнања пелеомагнетне и δO¹⁸ стратиграфије, Бронгер и сарадници (Bronger et al., 1995, 1998) износе нове спекулативне информације о хроностратиграфији лесних наслага профила Чот. Према овим резултатима, палеоземљиште F₆ лесног профила у Старом Сланкамену одговара педокомплексу S₅ у кинеским лесним профилима (Kukla, 1987), односно педокомплексима PK V и PK VI лесног профила Карамајдан у Таџикистану (Forster and Heller, 1994), чији су временски еквиваленти MIS 13, 14 и 15 SPECMAP (Imbrie et al., 1984) палеоклиматског модела који одговарају временском интервалу од 478.000 до 620.000 година уназад. Истраживања презентована у овој студији су потврдила ово становиште.

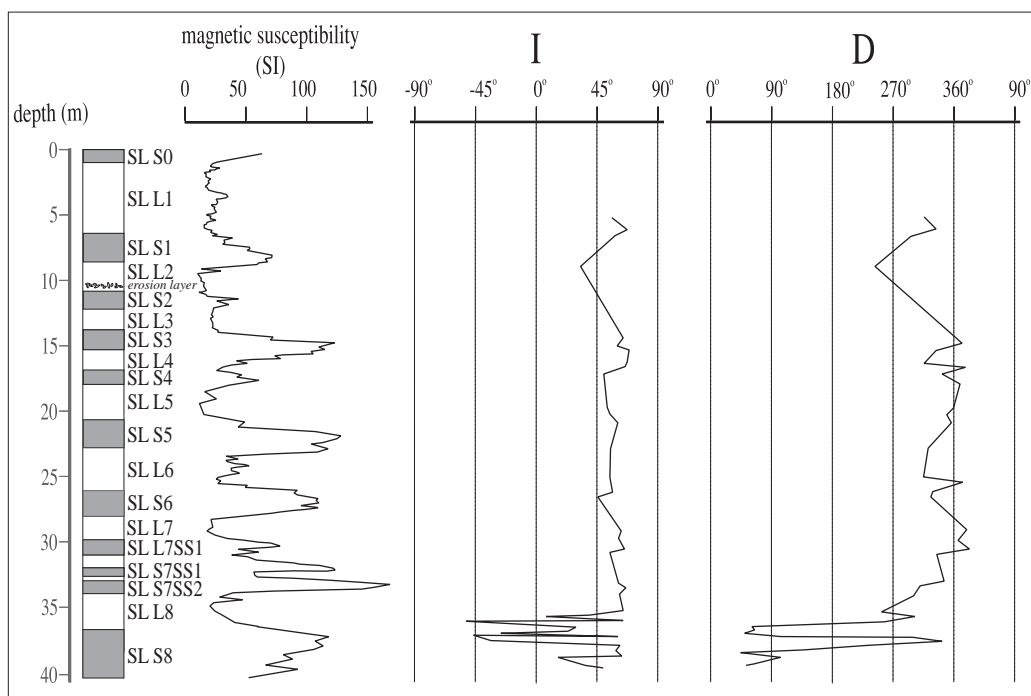
У табели 1. је дат упоредни приказ предходно наведених хроностратиграфских схватања и актуелног магнетостратиграфског модела. Номенклатура лесно палеоземљишних секвенци профила Чот је дефинисана по узору на стратиграфију кинеског леса (Kukla, 1987) уз додатак префикса SL који представља ознаку локалитета (Marković and Kukla, 1999). Магнетостратиграфски резултати презентовани у овој студији указују на знато већу старост лесно-палеоземљишних секвенци профила Чот него што је било назначено у ранијим истраживањима. Положај MBW палеомагнетске границе у средишњем делу лесног хоризонта SL L8 представља суштински хронолошки репер за дефинисање хроностратиграфског модела. Детаљан запис промене вредности магнетног суспензибилитета лесно-палеоземљишних секвенци профила Чот пружају могућност за корелирање са одговарајућим стратиграфским моделима најзначајнијих лесних локалитета и MIS дубокоморских седимената.

Треба истаћи, да је у време формирања лесног хоризонта SL L2 и фосилног земљишта SL S2 створен ерозивни ниво у виду стенских одломака различите величине, дебљине око 30 cm који се може видети и на суседном профили у сурдуку између Новог и Старог Сланкамена. На тај начин

Табела 1. Хроностратиграфски модели лесно-палеоземљишних секвенци профила Чот у Старом Сланкамену

Table 1 Chronostratigraphy models of the Stari Slankamen loess-paleosol sequences

Bronger (1976)		Singhvi et al. (1989)	Bronger and Heinkele (1989)	Зеремски и сар. (1991)	Наш модел Our model	
Литологија lithology	Алпска стратиграфија Alpine subdivision	MIS	MIS	MIS	Литологија lithology	MIS
F2	Вирмска палеоземљишта Würm paleosols W	5a	5a	5a	SL S1	5
F3		5e	5e	5c	SL S2	7
F4				5e	SL S3	9
F5	R-W		9 или/or 11	7	SL S4	11
F6			13-15	9	SL S5	13-15
F7				9	SL S6	17
F8					SL L7SS1	18,3
F9					SL S7SS1	19,1
F10					SL S7SS2	19,3
F11					SL S8	21



Слика 1. Магнетостратиграфија лесног профила Чот у Старом Сланкамену

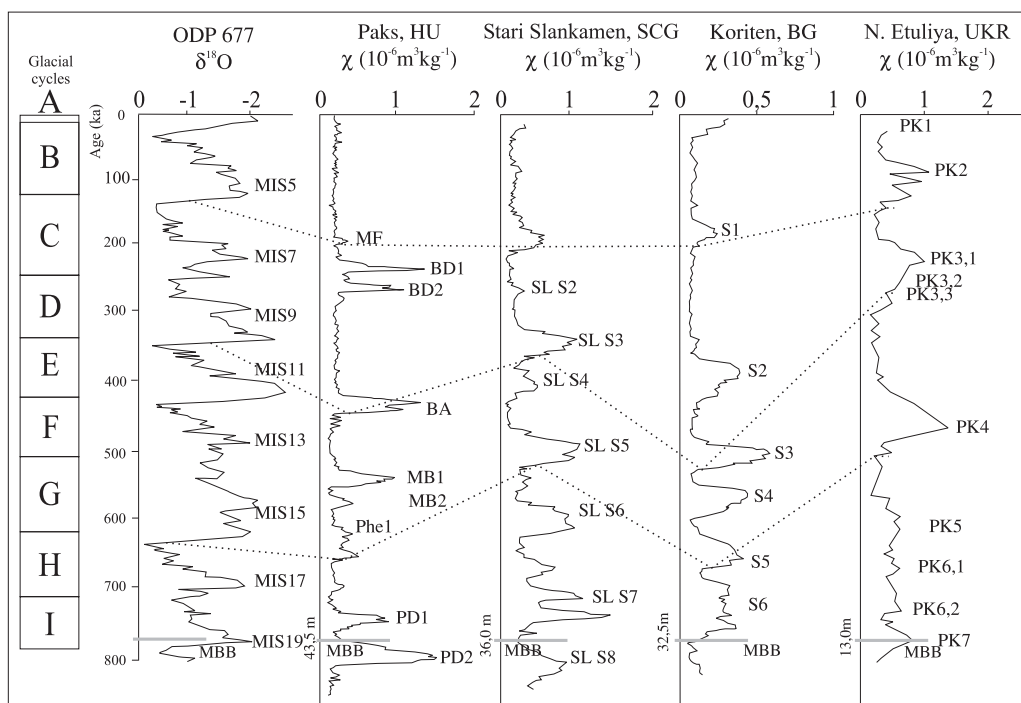
Figure 1 Magnetostratigraphy of Stari Slankamen loess-paleosol exposure

је еродиран већи део лесног хоризонта SL L2. Наша мерења на профили Чот су показала знатно мање вредности MS у палеоземљишту SL S2 које се крећу од $3,11$ до $4,24 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{kg}$, него исти земљишни хоризонт у сурдуку између Новог и Старог Сланкамена где су Хелерова непубликована мерења показала знатно већу вредност MS од $9,21 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{kg}$ (Heller, усмено саопштење).

Сукцесија палеоземљишта од шумских рубификованих земљишта, преко типичних шумских педолошких творевина и деградираних чернозема до типичних степских земљишта (Bronner, 1976), указује на изразиту палеоклиматску транзицију која се догодила током последњих приближно 850.000 година. Тако се у доњем делу профила јавља већи број палеоземљишта раздвојених танким лесним слојевима. Палеоземљиште SL S8 највероватније одговара MIS 21. Следећа два палеоземљишта SL S7SS1 и SL S7SS2 формирана су током MIS 19. Педохоризонт SL L7SS1 је настао током тоглог периода који је егзистирао у средишњем делу MIS 18. Педогенеза палеоземљишта SL S6 је трајала током MIS 17, а фосилно земљиште изразито црвене боје SL S5 је формирано током дугог временског периода који одговара MIS 15, 14 и 13. Смањење хумидности и све изразитији тренд захлађења условио је да се током топлих палеоклиматских периода формирају појединачна палеоземљишта тако да су SL S4, SL S3, SL S2 и SL S1 настали током MIS 11, 9, 7 и 5.

Ревизију хроностратиграфије лесно-палеоземљишних секвенци профила Чот приказану у овој студији подржавају и прелиминарни резултати аминокиселинско-геохронологије (AAR) који указују на поуздане корелације са резултатима AAR мерења на лесним локалитетима у Европи (Oches, усмено саопштење).

На слици 2. је приказана корелација магнетостратиграфије лесно-палеоземљишних секвенци профила Чот и одговарајућих хроностратиграфских модела дубокоморске бушотине ODP 677 (Shackleton et al., 1990), лацијалних циклуса (Kukla, 1975), профила Пакш у Мађарској (Sartori et al., 1999), Кори-



Слика 2. Корелација глацијалних циклуса (Кукла, 1975), хроностратиграфског модела дубокоморске бушотине ODP 677 (Shackleton et al., 1990) и магнетостратиграфских модела најзначајнијих лесно-палеоземљишних профила у сливу Дунава: Паки у Мађарској (Sartori et al., 1999), Чот у Старом Сланкамену, Коритен у Бугарској (Jordanova and Petersen, 2001) и Новаја Етулија у Украјини (Tsatskin et al., 2001)

Figure 2 Correlation between glacial cycles according Kukla (1975), chronostratigraphy of deep see site ODP 677 (Shackleton et al., 1990) and magnetostratigraphy models of key loess sites in Danube loess area Paks (Sartori et al., 1999), Stari Slankamen, Koriten (Jordanova and Petersen, 2001) and Novaya Etuliya (Tsatskin et al., 2001)

тен у Бугарској (Jordanova and Petersen, 2001) и Новаја Етулија у Украјини (Tsatskin et al., 2001). На овај начин је употпуњена слика стратиграфије лесних седимената дунавског лесног појаса раније дефинисана на основу истраживања профила Червени Копец у Чешкој и Кремс и Штанендорф у Аустрији (Kukla, 1975, 1977, 1978; Kukla and Cilek, 1996) (географски положај профила је приказан на карти 1).

Закључак

Профил Чот представља први лесно-палеоземљишни локалитет на простору Србије са детаљно истраженим магнетостратиграфским својствима. Утврђивање МВВ палеомагнетске границе у најстаријем лесном хоризонту SL L8 доказује константан процес навејавања леса у овом делу Панонског басена током средњег и горњег плеистоцена. На основу позиционирања МВВ палеомагнетске границе и детаљног записа MS креиран је магнетостратиграфски модел који упућује на неопходност значајне ревизије постојећих хроностратиграфских схватања. Према овом хроно-

стратиграфском моделу, старост лесно-палеоземљишних секвенци је углавном знатно већа него што су то показивала ранија истраживања.

Утврђена магнетостратиграфија лесног профила Чот у Старом Сланкамену представља поуздан временски оквир за реконструкцију палеогеографских збивања у овом делу Европе током најмлађег дела доњег, средњег и горњег плеистоцена. У исто време приказани резултати апострофирају овај ленси профил као један од најпотпунијих палеоклиматских архива на европском копну током последњих приближно 850.000 година.

Литература

- Bronger, A. (1976): Zur quartären Klima - und Landschaftentwicklung des Karpatenbeckens auf (paläo-) pedologischer und bodengeographischer Grundlage. Kieler geographische Schriften band 45. Im Selbstverlag des geographischen Instituts der Universität, Kiel.
- Bronger, A. (2003): Correlation of loess-paleosol sequences in East and Central Asia with SE Central Europe - Towards a continental Quaternary pedostratigraphy and paleoclimatic history. *Quaternary International* 106-107, 11-31.
- Bronger, A. and Heinkele, T. (1989): Micromorphology and genesis of paleosols in the Luochuan loess section, China: Pedostratigraphical and environmental implications. *Geoderma* 45.: 123-143.
- Bronger, A., Winter, R., Derevjanko, O. and Aldag, S. (1995): Loess-Palaeosol-Sequences in Tadjikistan as a Paleoclimatic Record of the Quaternary in Central Asia. *Quaternary Proceedings* 4: 69-81.
- Bronger, A., Winter, R. and Sedov, S. (1998): Weathering and clay mineral formation in two Holocene soils and in buried paleosols in Tadjikistan towards a Quaternary paleoclimatic record in Central Asia. *Catena* 34: 19-34.
- Bucha, V., Horaček, A., Koči, A. and Kukla, J. (1969): Pleomagnettische Messungen in Loesse. In: Periglazialzone, loess und Paleolithikum der Tschechoslowakei, Demek, J. and Kukla (eds.) Tschechoslowakische Akademie der Wissenschaften, Geographisches Institut in Brno: 123-131.
- Butrim, J. (1974): Profil lessowy Stari Slankamen - Čot Jugoslawia. *Annales UMCS, sec. B.*, 26: 113-133.
- Evans, M. and Heller, F. (2001): Magnetism of loess-paleosol sequences: recent developments. *Earth-Science Reviews* 54: 129-144.
- Зеремски, М., Марушчак, Х. и Бутрим, Ј. (1991): Проблеми хроностратиграфије леса Војводине. Зборник радова ГИ Јован Цвијић 43: 17-32.
- Imbrie, J., Hays, J. D., Martinson, D. G., McIntyre, A., Mix, A. C., Morley, J. J., Pisias, N. G., Prell, W. L. and Shackleton, N. J. (1984): The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine O18 record, in: Berger, A. L., Imbrie, J., Hays, J., Kukla, G. and Saltzman, B. (eds.), *Milankovitch and Climate, part 1*: 269-305.
- Jordanova, D. and Petersen, N. (1999): Paleoclimatic record from a loess-soil profile in northeastern Bulgaria II. Correlation with global climatic events during the Pleistocene. *Geophys. J. Int.* 138: 533-540.
- Koči, A. (1969): Inversion of the geomagnetic field determined by paleomagnetic investigations of Quaternary sediments. *Studia geoph. et geod.* 13: 326-331.
- Kukla, G. J. (1970): Correlations between loess and deep-sea sediments. *Geologiska Foreningen i Stockholm Forhandlingar* 92: 148-180.
- Kukla, G. J. (1975): Loess Stratigraphy of Central Europe.: 99-187. In: *After Australopithecines*. Butzer, K, W. and Isaac, L., I. eds. Mouton Publishers, The Hague.
- Kukla, G. J. (1977): Pleistocene land-sea correlations. *Earth Science Review* 13: 307-374.

- Kukla, G. J. (1978): The classical European Glacial stages: Correlation with deep-sea sediments. Transcriptions of Nebraska Academy of Sciences Vol. 6.: 57-92.
- Kukla, G. J. (1987): Loess Stratigraphy in Central China. *Quaternary Science Reviews* 6: 191-219.
- Kukla, G. J. and An, Z. (1989): Loess stratigraphy in Central China. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 72: 203-225.
- Kukla, G. J. and Cilek, V. (1996): Plio-pleistocene megacycles: record of climate and tectonics. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 72: 171-194.
- Kukla, G. J., Heller, F., Liu, X. M., Xu, T. C., Liu, T. S., An, Z. S. (1988): Pleistocene climates in China dated by magnetic susceptibility. *Geology* 16: 811-818.
- Марковић-Марајановић, Ј. (1972a): Распрострањење и стратиграфија леса у Југославији. Гласник природњачког музеја, серија А 27: 93-107.
- Марковић-Марајановић, Ј. (1972b): Могућности одређивања релативне хронологије неких типова земљишта у Југославији. *Земљиште и биљка* 21, 2.: 321-330.
- Marković, S. B. and Kukla, G. J. (1999): Magnetic susceptibility and grain size record in Stari Slankamen section. *Book of abstract Loessfest 99, Bonn*: 152-153.
- Марковић, С. Б., Kukla, G. J., Томић, П., Ковачев, Н. и Јовановић, М. (1998): Заштита лесног профила Чот у Старом Сланкамену. *Заштита природе* 50: 431-437.
- Марковић, С. Б., Kukla, G. J., Михајловић, С., Јанковић, Ј., Вујовић-Михић, Д. и Јовановић, М. (1999): Палеомагнетске карактеристике лесног профила Чот у Старом Сланкамену. *Зборник радова симпозијума посвећеног у част 120 година рођења Милутина Миланковића и 90 година доласка на Београдски универзитет*: 88-101.
- Sartori, M., Heller, F., Forster, T., Borkovec, M., Hammann, J. and Vincent, E. (1999): Magnetic properties of loess grain size fractions from section Paks (Hungary). *Phys. Earth Planet Inter.* 116: 53-64.
- Shackleton, N.J., Berger, A. and Peltier, W.A. (1990): An alternative astronomical calibration of the lower Pleistocene timescale based on ODP site 677. *Trans R. Soc. Edinburgh Earth Sci.* 81: 251-263.
- Singhvi, A. K., Bronger, A., Sauer, W. and Pant, R. K. (1989): Thermoluminescence dating of loess - paleosol sequences in the Carpatian Basin. *Chemical Geology* 73: 307-317.
- Tsatskin, A., Heller, F., Gendler, T. S., Virina, E. I., Spassov, S., Du Pasquier, J., Hus, J., Hailwood, E. A., Bagin, V. I. and Faustov, S. S. (2001): A new scheme of terrestrial paleoclimatic evolution during the last 1.5 Ma in the western Black sea region: Integration of Soil studies and loess magnetism. *Phys. Chem. Earth* 26, 11-12: 911-916.
- Forster, Th. and Heller, F. (1994): Paleomagnetism of loess deposits from the Tajik depression (Central Asia). *Earth Planetary Science letters* 128: 501-512.
- Heller, F. and Liu, T. S. (1982): Magnetostratigraphical dating of loess deposits in China. *Nature*, 300: 431-433.
- Heller, F. and Evans, M. E. (1995): Loess magnetism. *Reviews of Geophysics*, 33, 2: 211-140.
- Cande, S. C. and Kent, D. V. (1992): A new geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal Geophysical Research* 97: 13917-13951.