



POLLEN PRODUCTIVITY ESTIMATES OF KEY PLANT TAXA IN THE BALKAN MOUNTAINS REGION

Abstract: Pollen Productivity Estimate (PPE) is crucial parameters that is used for quantitative interpretation of fossil pollen data in palaeoecological and palaeolandscapes reconstructions. A dataset of pollen spectra from 20 modern pollen samples together with corresponding vegetation data, measured around each sample point in concentric rings, were collected in 2020 yr. Three submodels of the Extended R-Value (ERV) model were used to relate pollen production to vegetation composition. The plant abundance of each pollen type is weighed by distance in GIS environment in order to create a calibrated model. Poaceae is set as reference taxon with PPE = 1 and standard error = 0. The aim of the present study is to calculate PPE of 30 key plant taxa in Balkan Mountains region. Most of the tree taxa have PPE higher than 1 (ERV3 submodel). Aster-type, Fabaceae, and Cichoriceae had lower PPE.

Author information:

Stoyan Vergiev

Senior Assistant Professor, PhD
Department of Ecology and Environmental protection
Technical University of Varna
✉ stvergiev@gmail.com
🌐 Bulgaria

Keywords:

Modern pollen data, Pollen-vegetation relationship, Pollen Productivity Estimates, distance-weighted plant abundance, Balkan Mountains.

***Acknowledgements.** Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект НП7/2020 „Създаване на динамичен ГИС модел за ландшафтно-екологични изследвания чрез дистанционни методи на Долнокамчийския район“ в рамките на присъщата на ТУ-Варна научноизследователска дейност, финансирана целево от държавния бюджет.*

Въведение

Спорово-поленовият анализ и произтичащите от него интерпретации на фосилните поленови спектри е широко използван метод за палеоекологични и палеоландшафтни реконструкции, както и за оценка на еволюцията и антропогенизацията на ландшафтите [1, 2]. Прецизността и точността на реконструкциите и симулациите зависи до голяма степен от създаването на съвременни калибрирани модели, които отразяват съотношението полен–растителност в съвременни условия [3, 4].

Разработените математически модели се нуждаят от набор от данни и параметри, на базата на които да се осъществи количествения анализ и реконструкциите [5, 6, 7]. Един от най-важните, сравнително слабопроучен и с липса на експериментални данни параметър е оценка на поленовата продуктивност (ОПП) [8, 9].

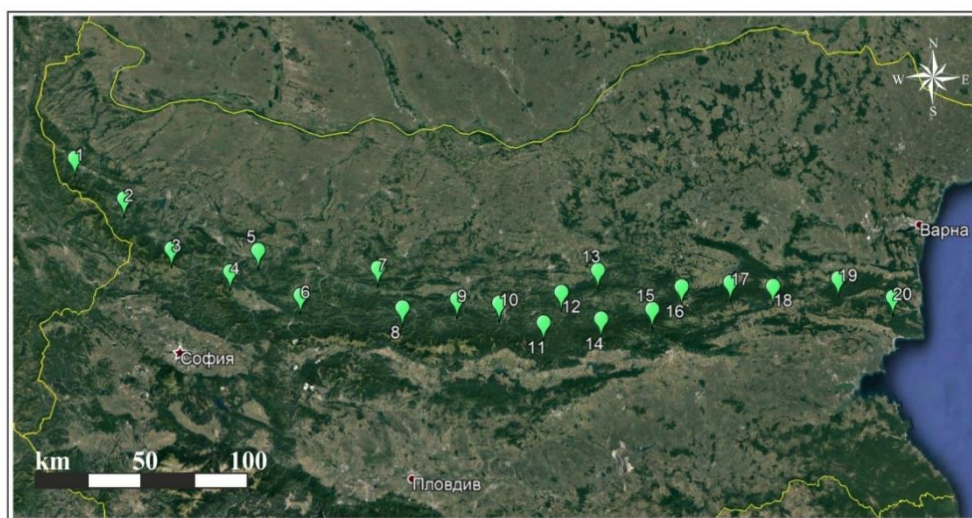
Различните растителни таксони имат различна поленова продуктивност и способност за разпространението му [10]. Докато някои таксони произвеждат много и лек полен, който се транспортира на големи разстояния и по този начин са свръхпредставени в поленовите спектри в сравнение с растителността, други произвеждат малко и тежък полен, който почти не се среща в поленовите спектри, въпреки голямото изобилие на таксона в растителността [11, 12]. Това в комбинация с факта, че производителността варира в зависимост от географската

ширина и типовете растителни съобщества произвели полена, налага този показател да бъде изчислен за различни региони и таксони, както и за всеки специфичен ландшафт, преди да бъде използван при моделирането [3, 5, 8].

Настоящото изследване има за цел да определи параметъра оценка на поленовата продуктивност за 30 таксона в типични растителни съобщества в Стара Планина за вегетационен период 2020 г. Получените данни ще послужат при проследяването на годишните вариации на този параметър и ще даде възможност да се изготви калибриран модел, отразяващ съвременната растителност и поленовите спектри, необходим при палеоекологични и палеоландшафтни реконструкции.

Материал и методика

Определянето на поленовата продуктивност беше осъществено на база 20 повърхностни почвени проби разположени в типични растителни съобщества в Стара Планина (Фиг. 1).

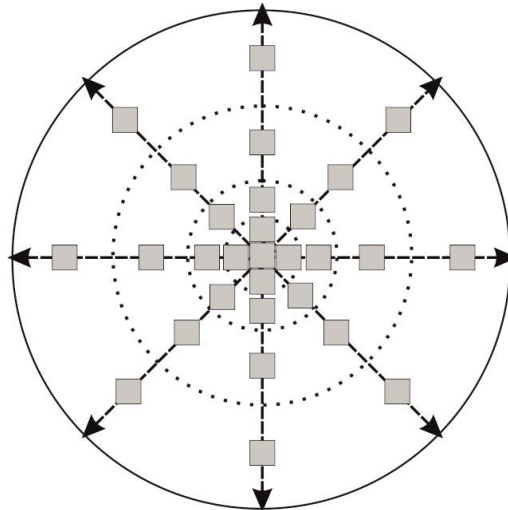


Фиг. 1. Местоположение на съвременните повърхностни проби.

Всяка проба е с количество от 3 cm³ взето от смесена проба от събрани на случаен принцип 5 подпроби от почвения субстрат на дълбочина максимум до 5 cm в рамките на пробна площадка с размери 1 × 1 m.

Лабораторната обработка на пробите беше извършена в Лабораторията по биологични дисциплини към катедра „Екология и опазване на околната среда“, Технически университет – Варна в съответствие със стандартния ацетолузен метод на Faegri & Iversen [13] и Birks & Birks [14]. За определяне на поленовите спектри бяха изготвени нетрайни глицеринови микроскопски препарати, в които бяха изброявани всички срещащи се в пробите поленови зърна и спори (минимална поленова сума от 250 поленови зърна), като бяха определени до най-ниско таксономично ниво и бяха отнесени към определен поленов тип.

Фитоценологичното обследване на растителността около пробните площадки беше извършено през 2020 г. в съответствие с методиката на Bunting *et al.* [15], модифицирана за големи територии [4, 9] (Фиг. 2). Количественото участие на видовете беше описано в 4 концентрични пръстена, по 8 равноотдалечени трансекта, започващи от точката на вземане на пробата и насочени навън. Оценката на покритието и степента на обилие беше извършено визуално, в пробни площадки от 1 × 1 m за тревни съобщества и 5 × 5 m за горски и храстови съобщества, в съответствие със скалата на Braun-Blanquet [16]. Пробните площадки бяха разположени в съответствие с методиката на Broström *et al.* [8], с модификации по Vergiev [4] и Vergiev *et al.* [9].



Фиг. 2. Методика за описание на растителността около точката на вземане на пробата и местоположение на пробните площадки в концентричните кръгове (по Bunting *et al.* [15], Broström *et al.* [8], с модификации по Vergiev [4] и Vergiev *et al.* [9]).

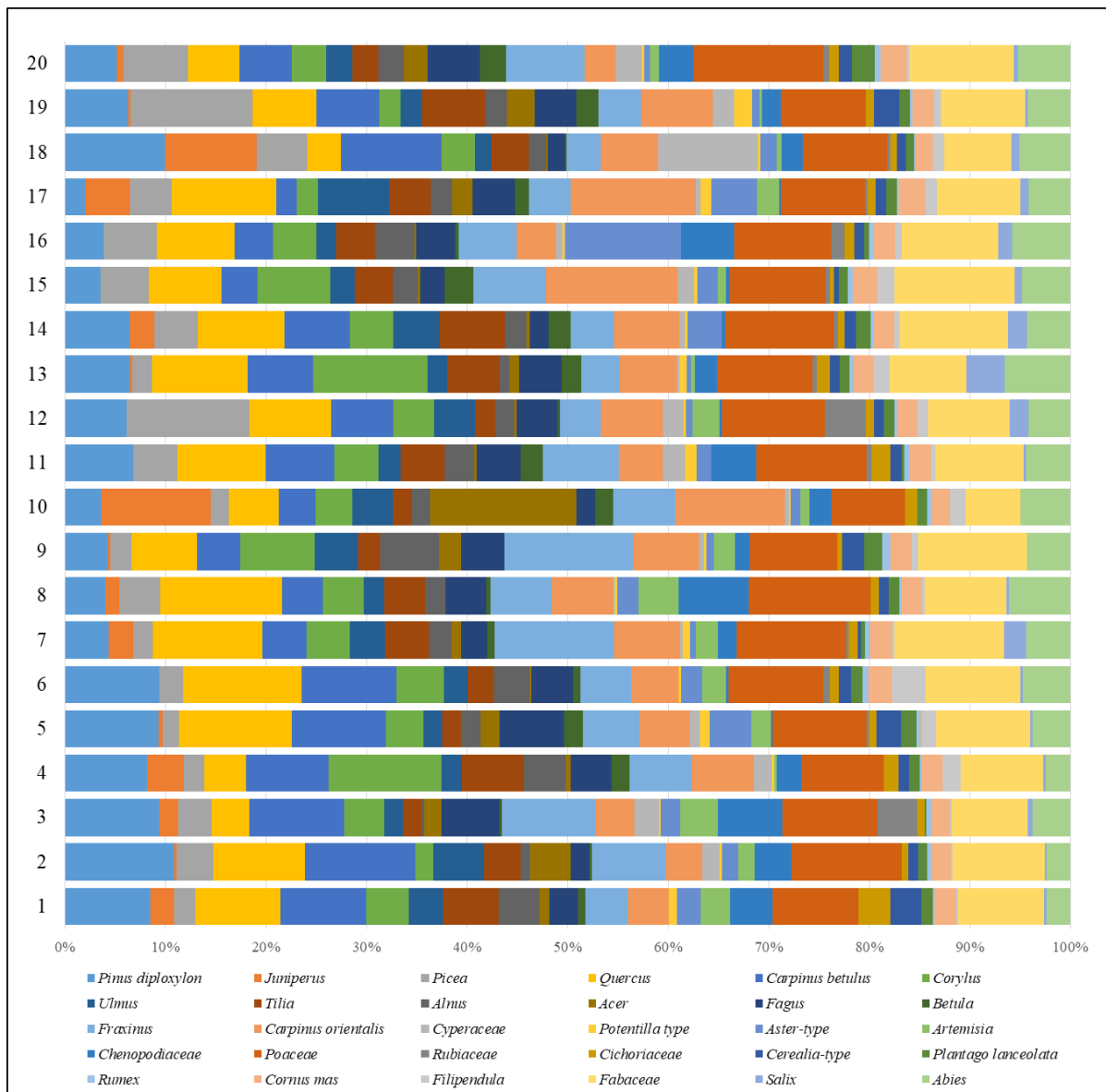
Получените данни за разпространението и покритието бяха дигитализирани във векторен формат с помощта на софтуерния продукт QGIS 3.20 Odense с цел по-лесната им статистическа обработка.

При изчисляването на ОПП бяха използвани алгоритмите на трите подмодела на Модела ERV (Extended R-value model) [17, 18, 19]. За математическата и статистическа обработка на данните беше използвана програмата PoIERV v.4.0 (HUMPOL v. 3.1) [20].

Резултати и обсъждане

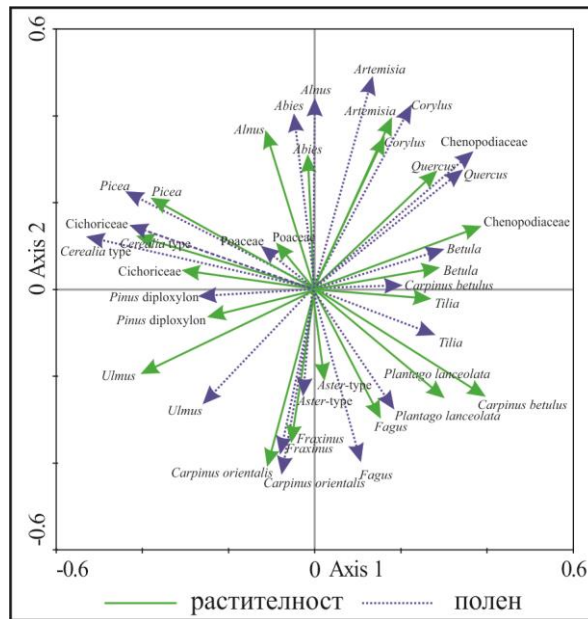
При фитоценологичното обследване на пробните периметри беше изчислено процентното участие в растителността и покритието на 30 ключови таксона. Това ограничение се налага от слабопроучения параметър скорост на утаяване на поленовите зърна, който се определя експериментално и е наличен само за ограничен брой таксони [8, 19, 21].

В съвременните поленови спектри бяха идентифицирани 93 поленови таксона, но беше отчитан и статистически обработен само броя на поленовите зърна на 30-те ключови таксона, като процентното им участие във всеки поленов спектър беше преизчислено до 100% (Фиг. 3).



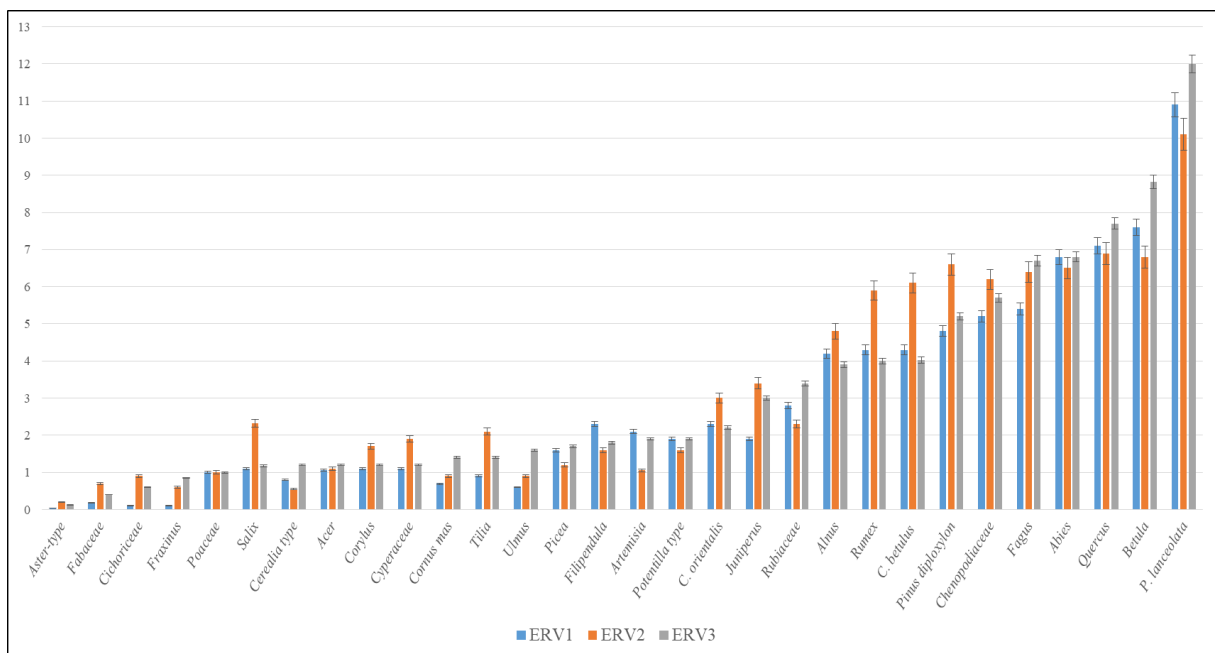
Фиг. 3. Поленови спектри на съвременните повърхностни проби

Обобщените данни от процентното участие на 30-те поленови типа в поленовите спектри и данните за произвелата ги растителност (в рамките на различните зони от точката за вземане на пробата) бяха подложени на многовариантен анализ на данните за растителността, като беше определено съответствие между двата набора от данни. На ординационната диаграма на анализа на остатъците (RDA) (Фиг. 4) се наблюдава малък ъгъл на общата насоченост между двата вектора (растителност и поленови данни) и ниски стойности на значението на двете оси [4, 7]. Това показва висока корелация и силна връзка между стойностите на полена и растителността. В допълнение към статистическия анализ на данните беше приложен стохастичният статистически метод „Монте Карло“, чиито пермутации демонстрират ниска стойност на p (0,01). Най-голяма степен на съответствие показват *Abies*, *Picea*, *Quercus* и *Fraxinus*. Закономерно, референтният таксон *Poaceae* също показва висока статистическа зависимост. Големи отклонения и респективно високи стойности на p се отбелязват за поленовите таксони *Chenopodiaceae*, *Ulmus* и *Carpinus betulus*.



Фиг. 4. Ординационна диаграма на анализ на остатъците (RDA). Биплот на съотношението растителност-поленови данни.

Оценките на поленовата продуктивност за 30-те ключови таксона (Фиг. 5), бяха изчислени и с трите подмодела на ERV. С цел да се получат по-точни резултати и да се пренебрегне всяко възможно изменение, което може да настъпи под въздействието на външни фактори извън зоната, беше изчислена и осреднената производителност и стандартното отклонение за всеки таксон до 5000 m.



Фиг. 5. Оценка на поленовата продуктивност и допустимата грешка за 30 таксона.

Следвайки използваните модели и методи за изчисляване на ОПП в северното полукълбо [5, 8, 22], за референтен таксон беше избран *Rosaceae* и всички стойности на ОПП са изчислени спрямо него, поради междинната относителна поленова производителност близка до 1,0 и при допускане на стандартна грешка равна на 0 [8].

Изчисленията при подмодела ERV1 показват, че девет от изследваните таксони имат ОПП под тази на референтния таксон *Poaceae* (*Aster*-type, *Fraxinus*, *Cichoriceae*, *Fabaceae*, *Ulmus*, *Cornus mas*, *Cerealia*-type, *Cyperaceae* и *Tilia*). Всички останали показват по-високи стойности, като максимуми имат *Plantago lanceolata* (10,9), *Betula* (7,6) и *Quercus* (7,1). *Plantago lanceolata*, *Betula* и *Chenopodiaceae* показват голяма стандартна грешка - индикатор за големи вариации в ОПП на тези таксони от разстоянието на прилежащата зона източник на полен [3].

Данните при ERV2 показват големи вариации с големи стандартни грешки. Максимуми се отчитат при *Plantago lanceolata* (10,1), *Quercus* (6,9) и *Betula* (6,8), като при тях се отбелязва и най-голяма грешка. Седем таксона имат продуктивност под 1,0. Големите вариации и стандартни грешки определят този подмодел като най-малко приложим на територията на България, като това се доказва и от предходни изследвания [2, 4, 5].

При ERV3, от дървесните таксони единствено *Fraxinus* показва стойност по-ниска от 1,0. Стойността (0,85) е близка до тази на *Fraxinus* в изцяло горски съобщества по българското черноморско крайбрежие, където надвишава тази на референта. Останалите тревисти таксони под 1,0 са *Aster*-type (0,12), *Fabaceae* (0,4) и *Cichoriceae* (0,6).

Максимуми в продуктивността се отбелязват при *Plantago lanceolata* (12,0), *Betula* (8,82) и *Quercus* (7,7). В сравнение с другите подмодела, ERV3 показва най-ниски стойности на стандартната грешка, което определя този модел като най-подходящ за извършване на реконструкциите за района на Стара планина.

При сравнението на данни за ОПП от настоящото изследване и такива от черноморското крайбрежие се наблюдават близки стойности, като разликите попадат в рамките на стандартната грешка.

При повечето дървесни таксони стойностите са по-високи от 1,0, което е в съответствие с изследвания на ОПП в различни части на Европа [5, 8, 22]. Тревистите видове, които се опрашват от насекоми по правило имат ниска поленова продуктивност [23, 24]. Такъв таксон, показващ ниски стойности е *Fabaceae*.

Изводи

На базата на извършения спорово-поленов анализ на съвременни повърхностни проби и обобщени данни за растителността, е установена линейна зависимост за връзката полен-растителност за 30 растителни таксона за района на Стара планина. Получените данни показват, че в сравнение с другите подмодела, ERV3 показва най-ниски стойности на стандартната грешка при ОПП, което го определя като най-подходящ за извършване на палеоекологични реконструкции в района на Стара планина.

При сравнението на данни за ОПП от настоящото изследване и такива от черноморското крайбрежие се наблюдават близки стойности, като разликите попадат в рамките на стандартната грешка.

References:

1. **Overpeck, J., Webb III, T., Prentice, I. 1985.** Quantitative interpretation of fossil pollen spectra: dissimilarity coefficients and the method of modern analogs. *Quat. Res.*, 23(1): 87-108.
2. **Vergiev, S., Filipova-Marinova, M., Toneva, D., Stankova, T., Dimova, D., Lesidrenski, K. 2021.** Key parameters for landscape evolution and anthropogenisation estimation in the Kamchia River downstream region (Eastern Bulgaria). *Annual journal of Technical University of Varna, Bulgaria*, 5(1):86-93.
3. **Sugita, S. 1994.** Pollen representation of vegetation in quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation, *J. Ecol.*, 82:881-897.

4. **Vergiev, S., 2014.** Paleoekologiya i geoarheologiya na gornopleystotshenski i holotshenski sedimenti po danni ot dulbokovodnata chast na Cherno more i Varnenskoto ezero. Ph. D. Thesis. IO-BAN, Varna, AI "prof. M. Drinov", BAN, Sofia, (in Bulgarian).
5. **Twiddle, L., Jones, R., Caseldine, C., Sugita, S.** 2012. Pollen productivity estimates for a pine woodland in eastern Scotland: The influence of sampling design and vegetation patterning. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 174:67-78.
6. **Vergiev, S., Filipova-Marinova, M., Giosan, L., Pavlov, D., Slavchev, V.** 2014. Pollen-based quantitative reconstruction of holocene vegetation in Varna Lake area (Northeastern Bulgaria) using modelling and simulation approach. *Comptes Rendus de L'Academie Bulgare des Sciences*, 67(6):831-834.
7. **Vergiev, S., Filipova-Marinova, M.** 2018. Estimating pollen productivity of key plant taxa and relevant source area of pollen in northeastern Bulgaria. *SocioBrains*, 52:162-170.
8. **Broström, A., Sugita, S., Gaillard, M-J.** 2004. Pollen productivity estimates for the reconstruction of past vegetation cover in the cultural landscape of southern Sweden. *The Holocene*, 14(3):368-381.
9. **Vergiev, S., Filipova-Marinova, M., Plamenov, D., Naskova, P., Dimitrova, R.** 2019. GIS-based estimating pollen productivity of key plant taxa in agrocenoses and relevant source area of pollen in Eastern Bulgaria. *SocioBrains*, 54:209-215.
10. **Andersen, S.** 1970. The relative pollen productivity and pollen representation of North European trees and correction factors for tree pollen spectra, *Danm. Unders.*, 96(2):1-99.
11. **Prentice, I. C.** 1985. Pollen representation, source area, and basin size: Toward a unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research*, 23(1):76-86.
12. **Prentice, I. C., Webb, T.** 1986. Pollen percentages, tree abundances and the Fagerlind effect, *J Quaternary Sci*, 1(1):35-43.
13. **Faegri, K., Iversen, J.** 1989. *Textbook of pollen analysis*, John Wiley, Sons, Chichester.
14. **Birks, H., Birks, H.** 1980. *Quaternary Palaeoecology*, Edward Arnold, London.
15. **Bunting, M., Farrell, M., Broström, A., Hjelle, K., Mazier, F., Middleton, R., Nielsen, A., Rushton, E., Shaw, H., Twiddle, C.** 2013. Palynological perspectives on vegetation survey: a critical step for model-based reconstruction of Quaternary land cover, *Quaternary Science Reviews*, 82:41-55.
16. **Braun-Blanquet, J.** 1964. *Pflanzensociologie: Grundzuge der Vegetationskunde*. 3te aufl. Springer-Verlag, Wein.
17. **Parsons, R., Prentice, I.** 1981. Statistical approaches to R-values and the pollen-vegetation relationship, *Rev Palaeobot Palynol*, 32:127-152.
18. **Prentice, I., Parsons, R.** 1983. Maximum likelihood linear calibration of pollen spectra in terms of forest composition, *Biometrics*, 39:1051-1057.
19. **Sugita, S., Gaillard, M., Broström, A.** 1999. Landscape openness and pollen records: a simulation approach, *Holocene*, 9:409-421.
20. **Bunting, M., Middleton, R.** 2005. Modelling pollen dispersal and deposition using HUMPOL software, including simulating windroses and irregular lakes, *Rev Palaeobot Palynol*, 134:185-196.
21. **Fredh, D., Broström, A., Zillén, L., Mazier, F., Rundgren, M., Lagerås, P.** 2012. Floristic diversity in the transition from traditional to modern land-use in southern Sweden A.D. 1800-2008, *Vegetation History and Archaeobotany*, 21(6):439-452.
22. **Mazier, F., Broström, A., Gaillard, M., Sugita, S., Vittoz, P., Buttler, A.** 2008. Pollen productivity estimates and relevant source area of pollen for selected plant taxa in a pasture woodland landscape of the Jura Mountains (Switzerland). *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(5); 479-495.
23. **Jackson, S., Lyford, M.** 1999. Pollen dispersal models in quaternary plant ecology: assumptions, parameters, and prescriptions, *Bot. Rev.*, 65:39-75.
24. **Real, L.** 1983. *Pollination biology*, Orlando, FL: Academic Press Inc.