

## A MODERN POLLEN–CLIMATE CALIBRATION SET FROM EASTERN BULGARIA FOR 2018

**Abstract:** A data set consisting of 63 modern pollen surface samples from the basic plant communities along the North–South transect of the Bulgarian Black Sea Coast was created in order to obtain reliable modern pollen analogues for palaeoclimate reconstructions using the Modern Analog Technique (MAT). Pollen percentage values were calculated on a sum of 43 pollen taxa for each pollen sample. Climatological data for each site, including average annual temperature, average temperature of the warm and cold half–year and average annual precipitation were taken from the nearest meteorological station and were corrected with an altitudinal coefficient of temperature variation. Statistical analysis was used to reveal the relationships between individual pollen types and climate variables.

---

### Author information:

#### Stoyan Vergiev

Senior Assistant Professor, PhD  
Department of Plant Production  
Technical University of Varna  
✉ [stvergiev@gmail.com](mailto:stvergiev@gmail.com)  
🌐 Bulgaria

#### Keywords:

Modern pollen data, Modern pollen dataset, pollen, climate variables, modern analog technique (MAT), Eastern Bulgaria.

#### Mariana Filipova-Marinova

Professor, Dr. Sci.  
✉ [marianafilipova@yahoo.com](mailto:marianafilipova@yahoo.com)  
🌐 Bulgaria

### Увод

Класическите качествени интерпретации на фосилните поленови спектри, получени при спорово-поленовия анализ, са основа за интуитивни палеоклиматични реконструкции [1, 2]. Необходимостта, обаче, от точни количествени данни за палеоклиматите, налага прилагането на количествени математически модели, от които най-използван в последните години е Методът на съвременните аналози (МСА) [3, 4, 5]. Този подход се основава на събирането на съвременни повърхностни поленови проби и на сравнението на наличието и процентното участие на поленови типове в тях със съвременни климатични данни, като по този начин се установява зависимостта полен – климат [6]. Климатичните променливи свързани с най-сходната съвременна проба, могат да бъдат асоциирани към времето и мястото на фосилната проба, която се реконструира в рамките на даден географски район [3, 5].

Съвременните данни, които трябва да бъдат използвани при палеореконструкциите, за да се намери необходимия минимален брой съвременни аналози, са в линейна зависимост от мащаба на изследвания район, т.е. колкото по-голям е изследвания район, толкова повече съвременни аналози трябва да бъдат приложени [7]. Ето защо, от голямо значение е натрупването на база от съвременни калибрирани данни за прецизиране на моделите, допускане на относително по-малки грешки, а от там и до по-голяма точност на реконструкциите [1, 6].

Методът на съвременните аналози (МСА) е тестван и валидиран чрез симулации [1, 2] и приложен в Източна България в серия от палеоклиматични реконструкции [8, 9, 10], потвърждаващи данните от класическите интуитивни интерпретации на фосилни спектри от същите региони [11, 12, 13].

Целта на настоящото изследване е да се изготви съвременен калибрационен сет (СКС) за източна България за 2018, който да инкорпорира масивите от поленови данни от съвременни повърхностни проби и прилежащите им климатични параметри, като по този начин се остойности зависимостта полен-климат, така че да може да бъде използвана при палеоекологични реконструкции.

### **Материал и методика**

За изясняването на връзката полен-климат в съвременни условия, са събрани 63 съвременни повърхностни проби от Източна България (34 повърхностни почвени проби (ППП) и 29 повърхностни мъхови проби (ПМП) през 2018 г. по трансекта север-юг в 10 характерни за българското черноморско крайбрежие растителни съобщества (Табл. 1).

За анализ са вземани на случаен принцип 5 повърхностни почвени подпроби от по 2 – 3 cm<sup>3</sup> от почвения субстрат на дълбочина максимум до 5 cm и няколко подпроби от мъхове от различни видове в рамките на пробна площадка с размери 1 × 1 m. Впоследствие, подпробите са смесени в една и от нея е взето количество от 3 cm<sup>3</sup>.

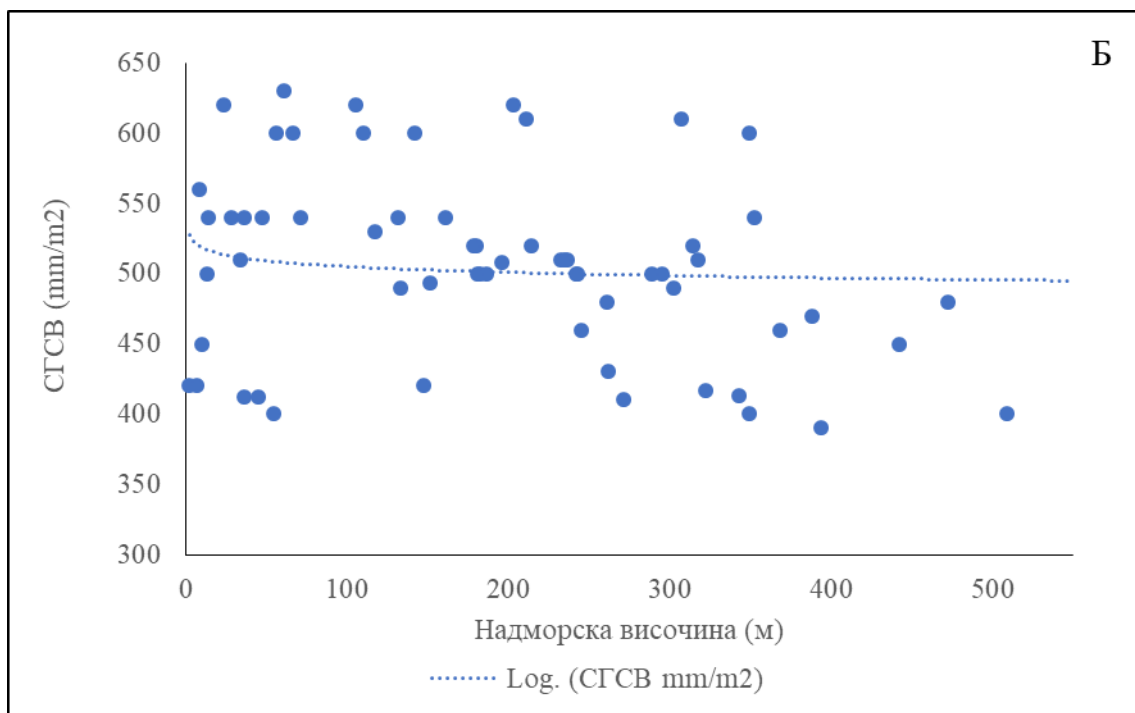
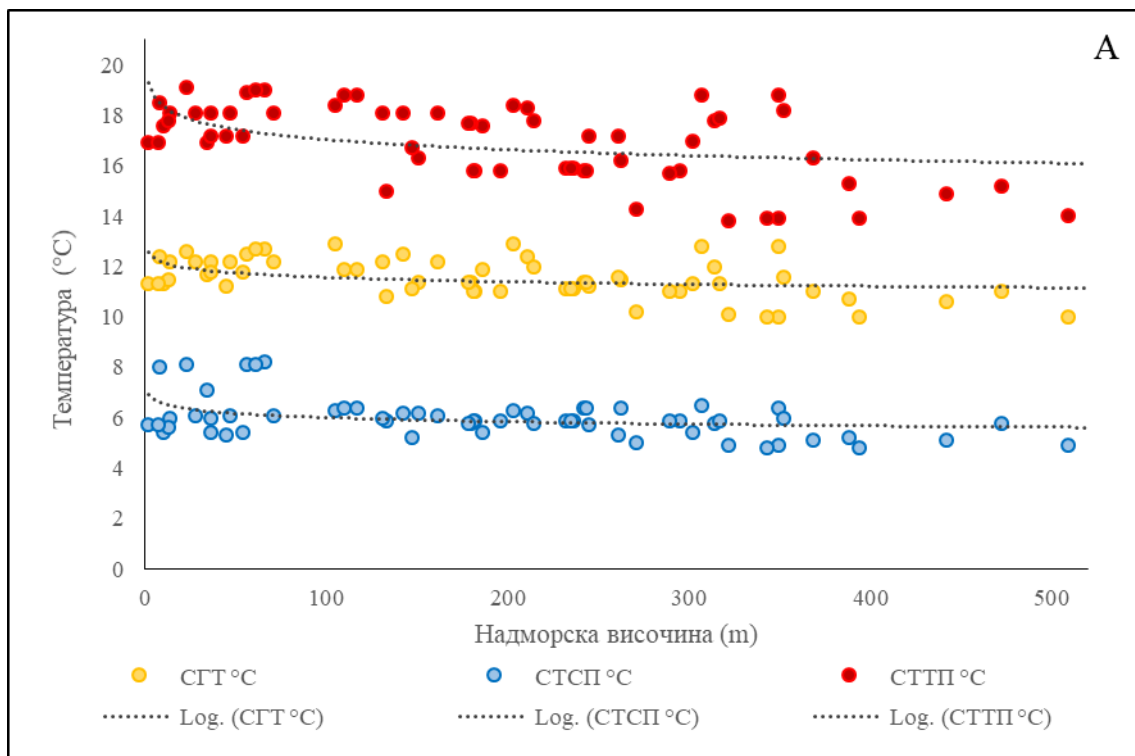
Лабораторната обработка на пробите е извършена в Лабораторията по базови биологични дисциплини към катедра „Растениевъдство“, Технически университет – Варна в съответствие със стандартния ацетолизен метод [14, 15]. За определяне на статистическите зависимости в поленовите спектри са изготвени нетрайни глицеринови микроскопски препарати, в които са изброявани и определяни до най-ниско таксономично ниво всички срещащи се в пробите поленови зърна и спори.

При установяване на зависимостта полен-климатични фактори е приложен Анализът на остатъците (Redundancy Analysis, RDA) [16, 17], като статистическата обработка на данните и графичното представяне е осъществено с помощта на софтуерния продукт CANOCO 4.5 [18].

### **Резултати и обсъждане**

При събирането на климатични данни са взети предвид 4 основни параметъра на климата: средногодишна температура (СГТ), средна температура на студеното полугодие (СТСП), средна температура на топлото полугодие (СТТП) и средногодишна сума на валежите (СГСВ).

Тези данни са взети от най-близката до пробата метеорологична станция [19]. При отдалечени проби е извършена корекция на метеорологичните стойности, в зависимост от разликата в надморската височина между метеорологичната станция и опробвания терен. С цел да се получат тези корекционни фактори беше извършен анализ на наличните данни от станциите и надморската височина на която се намират. Логаритмичната зависимост показва близки корелационни стойности, съответно и възможност да бъдат изчислени корекционните фактори (Фиг. 1). За СГТ – беше получен коефициент 0,52°C на 100 m надморска височина. Полученият резултат е близък до използвания в световната практика коефициент на температурно отклонение от 0,57°C на 100 m надморска височина [20] и превишаващ получения от Luo *et al.* [21] – 0,46°C/100 m. За другите променливи бяха получени следните данни: СТСП – 0,52°C/100 m; СТТП – 0,52°C/100 m и СГСВ – 45 mm/m<sup>2</sup>/100 m.



Фиг. 1. Логаритмична зависимост между надморската височина и а) термалните климатични параметри и б) сумата на годишните валежи.

В таблица 1 са представени координатите на изследваните проби, както и прилежащите им климатични данни с извършена корекция на метеорологичните стойности.

Таблица 1. Атрибутивна таблица с данни.

*СГТ* – средногодишна температура, *СТСП* – средна температура на студеното полугодие, *СТТП* – средна температура на топлото полугодие, *СГСВ* – средногодишна сума на валежите, *ППП* – Повърхностна почвена проба, *ПМП* – Повърхностна мъхова проба

| СК<br>С<br>№ | Тип | Координати        |                   | Надм.<br>височина<br>(m) | Климатични фактори |            |            |            |
|--------------|-----|-------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|------------|------------|------------|
|              |     | ширина            | дължина           |                          | СГТ °<br>С         | ТСМ °<br>С | ТТМ °<br>С | СГСВ<br>mm |
| 1            | ППП | 42°57'16.34"<br>С | 27°31'9.82"И      | 182                      | 11                 | 5.9        | 15.8       | 500        |
| 2            | ППП | 42°35'49.07"<br>С | 27°31'48.46"<br>И | 56                       | 12.5               | 8.1        | 18.9       | 600        |
| 3            | ППП | 42°53'15.99"<br>С | 27°52'33.77"<br>И | 34                       | 11.7               | 7.1        | 16.9       | 510        |
| 4            | ППП | 43°13'41.16"<br>С | 27°46'38.67"<br>И | 36                       | 12.2               | 6          | 18.1       | 540        |
| 5            | ППП | 43°11'10.22"<br>С | 27°43'11.99"<br>И | 71                       | 12.2               | 6.1        | 18.1       | 540        |
| 6            | ППП | 43°17'37.87"<br>С | 27°56'13.58"<br>И | 314                      | 12                 | 5.8        | 17.8       | 520        |
| 7            | ППП | 42°10'19.18"<br>С | 27°44'37.45"<br>И | 105                      | 12.9               | 6.3        | 18.4       | 620        |
| 8            | ППП | 42°56'35.08"<br>С | 26°51'53.41"<br>И | 442                      | 10.6               | 5.1        | 14.9       | 450        |
| 9            | ППП | 43°26'6.47"С      | 28°<br>7'24.25"И  | 186                      | 11.9               | 5.4        | 17.6       | 500        |
| 10           | ППП | 43°29'49.11"<br>С | 28°29'39.20"<br>И | 54                       | 11.8               | 5.4        | 17.2       | 400        |
| 11           | ППП | 42°<br>7'57.63"С  | 27°25'3.34"И      | 349                      | 12.8               | 6.4        | 18.8       | 600        |
| 12           | ППП | 42°44'45.01"<br>С | 27°49'4.83"И      | 262                      | 11.5               | 6.4        | 16.2       | 430        |
| 13           | ППП | 42°49'34.15"<br>С | 27°13'5.06"И      | 472                      | 11                 | 5.8        | 15.2       | 480        |
| 14           | ППП | 43°22'47.29"<br>С | 27°30'15.65"<br>И | 302                      | 11.3               | 5.4        | 17         | 490        |
| 15           | ППП | 43°13'30.05"<br>С | 27°<br>9'15.71"И  | 368                      | 11                 | 5.1        | 16.3       | 460        |
| 16           | ППП | 42°21'19.06"<br>С | 27°20'4.48"И      | 66                       | 12.7               | 8.2        | 19         | 600        |
| 17           | ППП | 42°18'43.24"<br>С | 27°41'21.17"<br>И | 61                       | 12.7               | 8.1        | 19         | 630        |
| 18           | ППП | 42°25'1.65"С      | 26°44'26.05"<br>И | 317                      | 11.3               | 5.9        | 17.9       | 510        |
| 19           | ППП | 42°37'37.10"<br>С | 27°<br>3'43.93"И  | 352                      | 11.6               | 6          | 18.2       | 540        |
| 20           | ППП | 43°36'12.91"<br>С | 27°40'5.14"И      | 245                      | 11.2               | 5.7        | 17.2       | 460        |
| 21           | ППП | 43°<br>1'59.95"С  | 27°<br>6'12.85"И  | 133                      | 10.8               | 5.9        | 15         | 490        |
| 22           | ППП | 42°43'37.53"<br>С | 27°21'14.47"<br>И | 242                      | 11.4               | 6.4        | 15.8       | 500        |
| 23           | ППП | 42°45'9.55"С      | 26°29'48.96"<br>И | 612                      | 10                 | 4.9        | 14         | 400        |
| 24           | ППП | 43°10'36.84"<br>С | 27°47'39.40"<br>И | 47                       | 12.2               | 6.1        | 18.1       | 540        |
| 25           | ППП | 42°43'40.16"<br>С | 27°51'32.12"<br>И | 151                      | 11.4               | 6.2        | 16.3       | 493        |
| 26           | ППП | 43°10'9.88"С      | 27°51'43.33"<br>И | 161                      | 12.2               | 6.1        | 18.1       | 540        |

|    |          |                      |                      |     |      |     |      |     |
|----|----------|----------------------|----------------------|-----|------|-----|------|-----|
| 27 | ППП<br>П | 43°12'23.49"<br>С    | 27°55'54.37"<br>И    | 14  | 12.2 | 6   | 18.1 | 540 |
| 28 | ПМ<br>П  | 43°10'43.96"<br>С    | 27°49'41.85"<br>И    | 28  | 12.2 | 6.1 | 18.1 | 540 |
| 29 | ПМ<br>П  | 42°14'6.90"<br>С     | 26°52'42.02"<br>И    | 180 | 11.4 | 5.8 | 17.7 | 520 |
| 30 | ПМ<br>П  | 42°39'14.76"<br>С    | 26°43'7.31"<br>И     | 271 | 10.2 | 5   | 14.3 | 410 |
| 31 | ПМ<br>П  | 43°21'3.57"<br>С     | 27°17'29.52"<br>И    | 147 | 11.1 | 5.2 | 16.7 | 420 |
| 32 | ПМ<br>П  | 42°32'4.02"<br>С     | 27°12'28.10"<br>И    | 110 | 11.9 | 6.4 | 18.8 | 600 |
| 33 | ПМ<br>П  | 42°40'52.19"<br>С    | 27°40'57.31"<br>И    | 8   | 12.4 | 8   | 18.5 | 560 |
| 34 | ПМ<br>П  | 42°<br>6'53.85"<br>С | 27°35'6.04"<br>И     | 307 | 12.8 | 6.5 | 18.8 | 610 |
| 35 | ПМ<br>П  | 43°32'21.10"<br>С    | 27°57'25.81"<br>И    | 261 | 11.6 | 5.3 | 17.2 | 480 |
| 36 | ПМ<br>П  | 42°54'35.92"<br>С    | 27°<br>0'17.73"<br>И | 388 | 10.7 | 5.2 | 15.3 | 470 |
| 37 | ПМ<br>П  | 42°56'13.46"<br>С    | 27°33'10.23"<br>И    | 295 | 11   | 5.9 | 15.8 | 500 |
| 38 | ПМ<br>П  | 43°13'6.86"<br>С     | 27°42'22.75"<br>И    | 131 | 12.2 | 6   | 18.1 | 540 |
| 39 | ПМ<br>П  | 42°43'45.84"<br>С    | 27°47'0.41"<br>И     | 236 | 11.1 | 5.9 | 15.9 | 510 |
| 40 | ПМ<br>П  | 43°<br>0'16.85"<br>С | 27°53'10.76"<br>И    | 2   | 11.3 | 5.7 | 16.9 | 420 |
| 41 | ПМ<br>П  | 43°24'35.18"<br>С    | 28°29'28.50"<br>И    | 36  | 11.8 | 5.4 | 17.2 | 412 |
| 42 | ПМ<br>П  | 43°24'58.65"<br>С    | 28°22'44.39"<br>И    | 45  | 11.2 | 5.3 | 17.2 | 412 |
| 43 | ПМ<br>П  | 43°40'17.55"<br>С    | 28°33'25.22"<br>И    | 10  | 11.3 | 5.4 | 17.6 | 450 |
| 44 | ПМ<br>П  | 43°34'32.37"<br>С    | 28°34'5.48"<br>И     | 13  | 11.5 | 5.6 | 17.8 | 500 |
| 45 | ПМ<br>П  | 43°<br>0'56.55"<br>С | 27°52'2.30"<br>И     | 7   | 11.3 | 5.7 | 16.9 | 420 |
| 46 | ПМ<br>П  | 42°19'02"<br>N       | 27°43'05"<br>E       | 23  | 12.6 | 8.1 | 19.1 | 620 |
| 47 | ПМ<br>П  | 43°<br>8'46.64"<br>С | 26°45'12.79"<br>И    | 394 | 10   | 4.8 | 13.9 | 390 |
| 48 | ПМ<br>П  | 43°<br>6'20.13"<br>С | 26°50'17.62"<br>И    | 349 | 10   | 4.9 | 13.9 | 400 |
| 49 | ПМ<br>П  | 42°<br>2'52.83"<br>С | 27°47'24.36"<br>И    | 142 | 12.5 | 6.2 | 18.1 | 600 |
| 50 | ПМ<br>П  | 42°<br>3'52.28"<br>С | 27°50'26.21"<br>И    | 211 | 12.4 | 6.2 | 18.3 | 610 |
| 51 | ПМ<br>П  | 42°<br>2'6.47"<br>С  | 27°49'16.45"<br>И    | 203 | 12.9 | 6.3 | 18.4 | 620 |
| 52 | ПМ<br>П  | 43°8'58.38"<br>С     | 27°4'48.14"<br>И     | 322 | 10.1 | 4.9 | 13.8 | 417 |
| 53 | ППП<br>С | 43°13'41.11"<br>С    | 26°48'59.81"<br>И    | 343 | 10   | 4.8 | 13.9 | 413 |
| 54 | ПМ<br>П  | 43°5'20.92"<br>С     | 27°11'37.39"<br>И    | 181 | 11   | 5.9 | 15.8 | 500 |

|    |         |                   |                   |     |      |     |      |     |
|----|---------|-------------------|-------------------|-----|------|-----|------|-----|
| 55 | ППП     | 43°14'11.31"<br>С | 27°12'12.00"<br>И | 232 | 11.1 | 5.9 | 15.9 | 510 |
| 56 | ППП     | 43°32'51.25"<br>С | 27°16'4.56"<br>И  | 289 | 11   | 5.9 | 15.7 | 500 |
| 57 | ПМ<br>П | 43°46'17.19"<br>С | 27°46'40.70"<br>И | 214 | 12   | 5.8 | 17.8 | 520 |
| 58 | ППП     | 43°24'14.40"<br>С | 26°59'9.55"<br>И  | 243 | 11.4 | 6.4 | 15.8 | 500 |
| 59 | ППП     | 43°25'9.98"<br>С  | 27°56'1.70"<br>И  | 178 | 11.4 | 5.8 | 17.7 | 520 |
| 60 | ППП     | 43°10'22.65"<br>С | 26°35'39.11"<br>И | 235 | 11.1 | 5.9 | 15.9 | 510 |
| 61 | ПМ<br>П | 42°57'52.38"<br>С | 26°42'29.03"<br>И | 509 | 10   | 4.9 | 14   | 400 |
| 62 | ПМ<br>П | 42°56'41.82"<br>С | 27°25'37.34"<br>И | 196 | 11   | 5.9 | 15.8 | 508 |
| 63 | ППП     | 43°3'56.37"<br>С  | 27°28'53.80"<br>И | 117 | 11.9 | 6.4 | 18.8 | 530 |

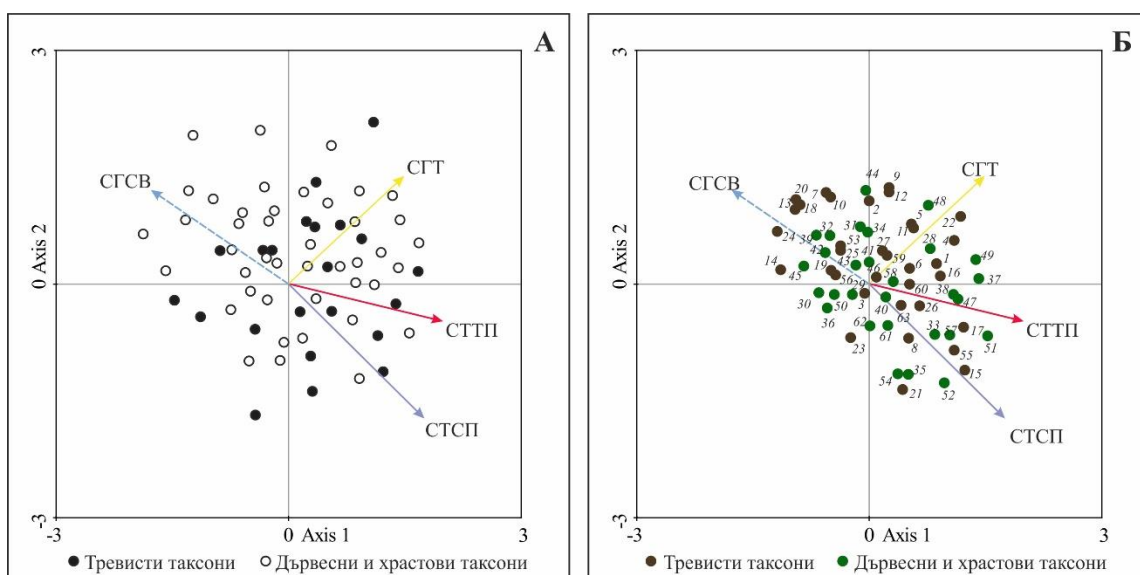
При извършения спорово–поленов анализ на съвременните проби са установени 43 поленови таксона, които се срещат и в изследваните фосилни проби в района.

От голямо значение за интерпретацията на зависимостта полен–климат е намирането на статистическа зависимост в съвременните проби и след това интерполирането ѝ за фосилните. При анализа на тази зависимост, за всеки отделен поленов таксон, може да се прецени пригодността му и дали той да бъде включен или изключен като индикатор.

С цел да се гарантира, че рядко срещаните, но важни за крайните резултати поленови таксони няма да отпаднат, беше приложен метода „Square–root transformation“ и беше изчислена общата сума на квадратните отклонения на процентното участие на всеки от поленовите типове. Същевременно бяха изчислени и корелационните коефициенти на Pearson между процентното участие на всеки от поленовите типове във всяка проба и климатичните променливи (Фиг. 2а).

По този начин бяха идентифицирани някои аномалии и отклонения, бяха интерпретирани взаимоотношенията между поленовите типове и климатичните променливи и бяха определени индикаторните видове, които да бъдат включени при изчисленията в съответствие с изискванията [22].

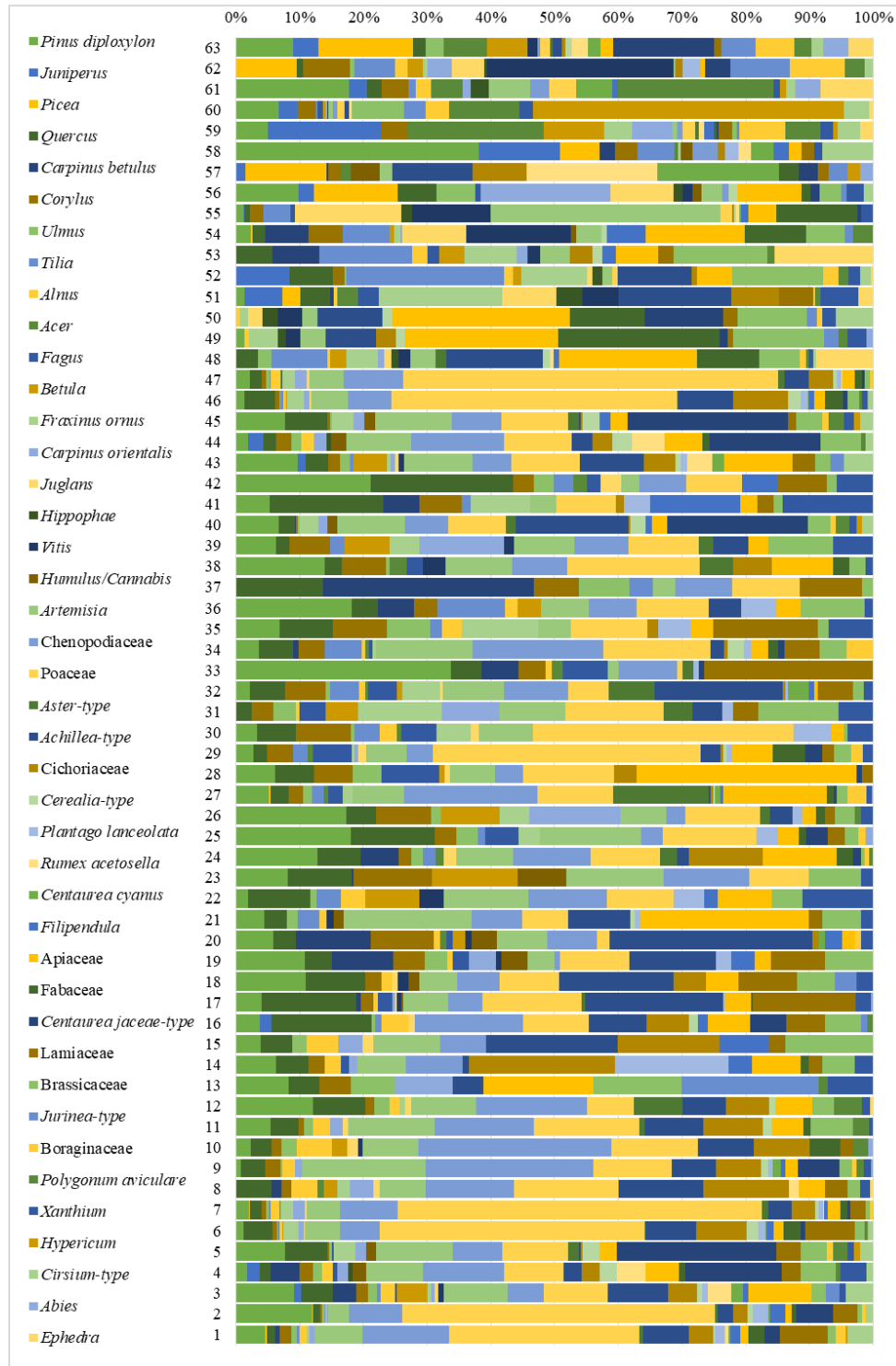
От откритите при спорово–поленовия анализ 49 поленови таксона, в модела бяха включени само видовете със значими коефициенти на корелация ( $R > 0,26$ ,  $p = 0,1$ ,  $N = 68–609$ ). Техният брой е 43.



Фиг. 2. Ординационни диаграми на анализ на остатъците (RDA). А) Биplot показващ взаимовръзката между растителните таксони и климатичните параметри. Всяка точка показва осредненото участие на поленовите типове. Б) Биplot показващ взаимовръзката между всеки поленов спектър и климатичните параметри.

Въз основа на факторен анализ на променливите климатични данни и процентното участие на всеки тип в спектрите беше изчертана диаграма. На нея е съотнесен всеки поленов спектър към коефициентите на корелация на климатичните параметри (Фиг. 2б).

Процентното съотношение на избраните като подходящи за индикатори таксони във всяка проба беше преизчислено до 100% (Фиг. 3).



Фиг. 3. Процентно участие на индикаторните таксони в поленовите спектри.



На база извършените анализи бяха определени като представителни всичките изследвани поленови спектри от територията на Източна България.

### Изводи

Извършените анализи показват значима корелация на климатичните параметри и процентните съотношения на таксоните в поленовите спектри. За 87,7% от поленовите типове е установена линейна зависимост между процентното им съотношение и климатичните променливи. Получените данни са приложими при палеоклиматични реконструкции в ГИС среда.

### References:

1. **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).
2. **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.
3. **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.
4. **Prell, W., 1985.** The stability of low-latitude sea-surface temperatures: an evaluation of the CLIMAP reconstruction with emphasis on the positive SST anomalies. Report TR 025, US Department of Energy, Washington, DC.
5. **Guiot, J., 1990.** Methodology of the last climatic cycle reconstruction in France from pollen data, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 80:49–69.
6. **Vergiev, S., Filipova-Marinova, M., 2017.** GIS-based model for analysis of modern pollen-climate relationship: Calibration set from Eastern Bulgaria, *Proceedings of the 5<sup>th</sup> SSC "Ecology and environment"*, 56–66.
7. **Seppä, H., Birks, H., Odland, A., Poska, A., Veski, S., 2004.** A modern pollen-climate calibration set from northern Europe: developing and testing a tool for palaeoclimatological reconstructions, *Journal of Biogeography*, 31:251–267.
8. **Vergiev, S., Filipova-Marinova, M., Pavlov, D., Coolen, M., Giosan, L., 2013.** Pollen-based paleoclimate reconstructions of the Central Bulgarian Black Sea Coast during the last 13000 years using modern analog technique (MAT), National Conference "GEOSCIENCES 2013" with International Participation, 81–82.
9. **Vergiev, S., Filipova-Marinova, M., Pavlov, D., Giosan, L., Slavchev, V., 2014.** Pollen-based paleoclimate reconstructions of the Varna-Beloslav Lake area during the last 6200 years using pollen-based analysis and modern analog technique (MAT) National Conference "GEOSCIENCES 2014" with International Participation, 71–72.
10. **Vergiev, S., Filipova-Marinova, M., 2015.** Pollen-based palaeoclimate reconstructions of the Shabla-Ezeretz lake area during the last 7000 years using modern analog technique (MAT) National Conference "GEOSCIENCES 2015" with International Participation 123–124.
11. **Filipova-Marinova, M., Pavlov, D., Vergiev, S., Slavchev, V., Giosan, L., 2014.** Varna Lake (north-eastern Bulgaria): vegetation history and human impact during the last 8000 years. *Grana*, 53(4):309–311.
12. **Filipova-Marinova, M., Pavlov, D., Coolen, M., Giosan, L., Vergiev, S., 2014.** Contributions to the European Pollen Database. 22. Vegetation development in the central part of the Bulgarian Black Sea coast during the last 13 000 years. *Grana*, 53(3):249–251
13. **Filipova-Marinova, M., Pavlov, D., Vergiev, S., Slavchev, V., Giosan, L., 2013.** Palaeoecology and geoarchaeology of Varna Lake, northeastern Bulgaria. *Comptes Rendus de L'Academie Bulgare Des Sciences*, 66(3):377–392.
14. **Faegri, K., Iversen, J. 1989.** Textbook of pollen analysis, John Wiley, Sons, Chichester.
15. **Birks, H., Birks, H. 1980.** Quaternary Palaeoecology, Edward Arnold, London.



16. **ter Braak, C., 1986.** Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis, *Ecology*, 67:1167–1179.
17. **ter Braak, C., Verdonschot, P., 1995.** Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology, *Aquatic Sciences*, 57:255–289.
18. **ter Braak, C., Smilauer, J., 2002.** CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5).
19. **Mesechen hidrometeorologichen Byuletin**, NIMH – BAN, <http://www.meteo.bg/>.
20. **Laaksonen, K., 1976.** The dependence of mean air temperatures upon latitude and altitude in Fennoscandia (1921 – 1950), *Annales Academiae Scientiarum Fennicae A III*, 119:1–19.
21. **Luo, C., Zheng, Z., Tarasov, P., Nakagawa, T., Pan, A., Xu, Q., Lu, H., Huang, K., 2010.** A potential of pollen–based climate reconstruction using a modern pollen–climate dataset from arid northern and western China, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 160:111–125.
22. **Tonello, M., Prieto, A., 2008.** Modern vegetation–pollen–climate relationships for the Pampa grasslands of Argentina, *J. Biogeogr.*, 35(5):926–938.