



HUNGARIAN UNIVERSITY OF AGRICULTURE AND LIFE
SCIENCES

DOCTORAL SCHOOL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES

**Comparative analysis of spatial variability of phytomass production in
different grassland types**

Thesis of the doctoral (PhD) dissertation

SZABÓ GÁBOR

Gödöllő

2023

The doctoral school

Name: Doctoral School of Environmental Sciences, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences

Discipline: Environmental Sciences

Head of School: Csákiné Dr. Michéli Erika
Professor
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences
Institute of Environmental Sciences, Department of Soil Science

Supervisors: Dr. Penksza Károly
Professor
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences
Institute of Agronomy, Department of Botany

Dr. Bartha Sándor
Scientific Advisor
Centre for Ecological Research, Institute of Ecology and Botany

.....
Approval of the head of the school

.....
Approval of the supervisors

1. Introduction and objectives

Nowadays environmental problems (climate change, soil degradation, biodiversity loss) are creating new challenges for agriculture. As extreme weather events become more frequent, precipitation patterns change and temperatures rise, the species composition and structure of the vegetation changes. The ecosystem services, including phytomass production, also change, which may lead to increased variation however the expected magnitude of changes is unknown. Therefore, it is essential to know as precisely as possible the spatial (and temporal) variation in phytomass production, which is the main topic of my thesis.

My questions were the following:

1. What is the optimal sampling method to characterize the spatial variability of the phytomass quantity?
2. How does the spatial and temporal variability of the phytomass quantity of the investigated grassland communities change?
3. How do the composition, species richness and structural diversity of the vegetation affect the spatial variability of phytomass quantity?
4. Is there a relationship between the amount of precipitation and the amount and spatial variability of grassland phytomass?
5. What differences can be observed in the spatial variability of phytomass during degradation and regeneration of grasslands?

2. Material and methods

Study sites

I worked in 5 different vegetation types (loess grasslands and steppe steppe with bound soils - H5a, sandy steppe steppe - H5b, open sandy steppe - G1, swamp steppe - D34, shrub steppe - F1b) in 11 sample areas (Battonya, Csévharaszt, Dinnyés, Esztergom, Fülöpháza, Gönyű, Kunpeszér, Mórahalom, Nagyrákos, Tece, Tiszaalpár). The sampling was carried out in grasslands between 2013 and 2022, and also in Battonya, Dinnyés, Fülöpháza, Kunpeszér, Mórahalom, Nagyrákos, Tece and Tiszaalpár. A total of 87 transects were recorded, of which 59 were taken in grassland and 28 in old fields. At three sites (Battonya, Kunpeszér, Tiszaalpár), one transect was taken each month between March and October 2016 to investigate the temporal changes of the phytomass within the growing season. In addition, in Kunpeszér, transects were taken in 2017 and 2018 in areas treated with different grazing intensities and in mown areas to study the effects of different treatments on vegetation structure and phytomass production.

Field sampling

The standard sampling was carried out along a 60 m transect, during which a total of 31 50 x 50 cm quadrats were selected and recorded. The sampling quadrats were

equally spaced along the entire length of the transect. During the methodological sampling, 31 100 cm x 50 cm rectangular sampling units were placed along the 60 m long transect, with a distance of 2 m between the left corners and the lower edge in contact with the line. This was divided into two parts, creating two 50 x 50 cm quadrats in contact with each other, with a 25 x 25 cm quadrat placed in each of the left corners. During the field sampling, coenological relevés were made first in the smallest quadrat and then in the 50x50 cm quadrats (the 50x50 cm sample included the 25 x 25 cm quadrats), then phytomass sampling was carried out in the 25 x 25 cm quadrats, followed by the remaining 50 x50 cm quadrat (to which I added the phytomass from the 25 x 25 cm quadrat to obtain the total phytomass for the 50 x 50 cm quadrat). In the largest, 100 x 50 cm quadrat, cover estimation and phytomass sampling were not performed, but a computer algorithm was used to combine the ocnological and phytomass data of the contiguous 50 x 50 cm sampling units included in the data processing.

Coenological relevés were made according to the modified method of Braun-Blanquet (Braun-Blanquet 1964) by recording the percentage cover of the plant species, moss and litter. Afterwards aboveground phytomass was clipped and dried. In case of the grazing gradient in Kunpeszér, a microcoenological sampling was made with 3 short transects (5 m) was sampled along the 60 m transect, at 0-5 m, 28-33 m, and 55-60 m. In these transects the presence of rooting plant species was recorded in 5x5 cm microquadrats.

Data analysis

I determined the sufficient sample size of quadrats by investigating the mean, standard deviation and coefficient of variation (CV%) of the phytomass for each different grassland type, using a given number of sampling units and for each quadrat size.

I determined the number of species occurring in the quadrats and calculated their Shannon diversity.

I also used standard CV and quartile CV to investigate the variation in phylomass. Synchrony between different vegetation characteristics (number of species, total cover, diversity - for all species and separately for perennials and annuals) and weather characteristics (total precipitation for the 4, 6 and 12 months preceding the sampling) was investigated using the index developed by Buonaccorsi et al. (2001). For the data analysis, I used the Balázs quadrat method (Balázs 1949) to determine the forage value.

To evaluate microcoenological transects, I used the florula diversity index (Juhász-Nagy 1980).

3. Results and discussion

Larger sample sizes are necessary to estimate CV than the well established sample sizes used for measuring mean biomass but the 31 samples I proposed estimated this parameter with high accuracy in the grassland communities studied.

The results showed the phytomass quantities in different habitat types (grasslands and old fields), their distribution, seasonal dynamics and spatial variation. For loess grassland and steppes (H5a) and open sandy grassland (G1), the spatial CV% of higher phytomass values remains low, but for sandy steppes (H5b) this correlation is not observed. I have identified the species that had dominant contribution to phytomass and its variation.

The comparison of the results obtained with the standard and quartile CV indicators shows that the stronger the outliers in the lower and upper quartiles, the greater the difference between the two CV calculation methods. The data points for open sandy grasslands were distinct from the more closed grasslands, with a larger difference between the two CV values.

For grasslands, a negative correlation between spatial CV% of phytomass and averages of phytomass volume was observed, but this was not the case for the old fields. Analysing 10 years of data, a convergence between the CV% values of grasslands and old fields was observed, with the values of old fields typically approaching the lower ranges of the coefficient of variation values. For the Shannon diversity, no such clear trend was found for the old fields.

The analysis of the species in each transect by SBT values determined the patterns and dominant groups in each habitat. I found that the spatial coefficient of variation of phytomass amount has significant seasonal dynamics related to the amount of phytomass, with a minimum CV% value occurring during the time of phenological optimum of the grassland.

The average forage value in the Battonya site showed an increasing trend with succession, while the CV% decreased in case of the old fields, whereas in case of the grasslands the average decreased towards the end of the period and the CV% increased slightly.

To summarize the results of the synchrony analysis of the data collected at Battonya, significant synchrony was obtained between the amounts of precipitation and the mean phytomass in two cases, while for the coefficient of variation it was obtained once. The inter-annual variation of the mean phytomass amount showed perfect synchronism with the inter-annual variation of the annual precipitation amount for loess grasslands of good naturalness.

Based on the results of the analysis of the grazing gradient in the Kunpeszér, the lowest value was found in the lightly grazed transect, followed by a slightly higher CV% in the moderately grazed transect, then a slightly higher value in the heavily grazed transect, followed by a larger jump in the overgrazed transect. The Shannon diversity value at this scale was not suitable for detecting changes in vegetation, so I used the microcoenological relevés to determine the florula diversity value, which is a more sensitive indicator of structural dynamics at fine scales. This showed that the different treatments were well differentiated, with medium grazing diversity resulting in the most complex vegetation structure in the grassland, while the lack of the proper management had an adverse effect on this trait, however a significant increase in grazing pressure resulted in significantly poorer coexistence patterns at small spatial scales.

4. Conclusions

I concluded that three 50 x 50 cm quadrats are sufficient to estimate and evaluate the average phytomass, however, more samples are needed to determine the spatial variation of the phytomass. I found that the number of the required samples are 11 in homogeneous grasslands, 13 in open grasslands and 19 in closed grassland types. The higher sample sizes required in heterogeneous grasslands were confirmed also by the literature (Tsutsumi et al. 2007).

My results can be used as a reference for further research and for practical applications. The optimal time of sampling based on the seasonal dynamics of the spatial CV% of the phytomass is at the phenological optimum of the grassland, when the CV% is at its minimum and the average amount of phytomass is at its maximum. Variability of phytomass production showed seasonal trends also in other studies (Klaus et al 2016).

The coefficient of variation (CV) is a commonly accepted measure of variability (Zar 1999), and besides the standard CV, quartile CV is also used (Botta-Dukát 2023). Based on my results I suggest the use of the standard CV to characterize the spatial variability of phytomass and the functioning of stands, since the calculation of interquartile CV omits from the analysis some sample elements that still carry important information from a functional ecological point of view.

The analyses of species compositions have shown that the species do not contribute equally to the phytomass of the quadrats.

There was significant synchrony between the previous 12-month precipitation and mean phytomass of the transect in the H5a grassland at Battonya, while the change in precipitation had no effect on CV%. In the case of the old field, the change in phytomass and spatial CV% followed the change in the previous 6-month precipitation.

In case of the sampling along the grazing gradient in Kunpeszér, with microcoenological recording, I was able to detect structural differences between patches grazed at different intensities even when the conventional Shannon diversity index did not indicate differences between treatments.

Using the sampling method I have developed and presented in my thesis, we can investigate the spatial variability of the amount of phytomass in individual grasslands with sufficient accuracy. However it is necessary to know not only the spatial variation but also the temporal variation of the phytomass. There are results suggesting that temporal and spatial variability are related (Virágh et al. 2008). Further studies are needed to better understand this relationship, and my proposed methodology may provide a good basis for future studies.

5. New scientific results

1. I developed and tested a new sampling method to measure spatial variation in the amount of phytomass in grassland communities under real field conditions and determined the optimal sampling design to study the spatial variation of the phytomass quantity. The extensive and labour-intensive field data collection was carried out in several grassland types in different parts of the country, resulting in

information on the spatial variability of phytomass production in habitats and communities with different degrees of organisation. During the methodological studies, I found that the favourable time for sampling is during the period of phenological optimum of the grass communities, typically in May and June.

2. I investigated the spatial variability of the phytomass of different habitat types and their old fields with a large number of replicates (87 transects). There were considerable differences. Magnitudes of the spatial variation differ significantly between habitat types. Within a particular habitat, variations appear between site replicates or within the same site between seasons and between years. Spatial coefficients of variation in the amount of phytomass were typically higher in old fields and in less organised (degraded) stands.

3. For each habitat type, I analyzed how the different species contributed to the spatial variation and pattern of phytomass. In different habitat types and found that species contribute differently to the phytomass abundance and spatial coefficient of variation.

4. The relationship between the meteorological parameters and the phytomass characteristics was investigated using a synchrony test and the associated randomization test. This suggests that both the mean ($p=0.001$) and coefficient of variation ($p=0.02$) of the phytomass are significantly synchronous with the direction of change of the previous 6-month precipitation totals. In case of the previous 12-month precipitation, there was a significant synchrony with the mean amount of phytomass in grasslands ($p=0.001$).

5. At the Battonya site, I found that during the succession, the average forage value of the old field transects increased during the regeneration while the CV% of the forage value decreased. In this respect, the old field was already similar to the natural grassland at the age of 10-12 years.

6. The spatial CV% of phytomass decreased in the case of regeneration of Battonya old fields, while it increased in the case of degradation due to overgrazing of the grassland. I implemented a microcoenological sampling in the grazing gradient in Kunpeszér in 2018, and this methodological improvement allowed the detection of changes in organisation at a fine scale.

6. List of publications

Publications in international peer-reviewed journals with an impact factor (according to WEB OF SCIENCE):

1. Gábor Szabó, Zita Zimmermann, Andrea Catorci, Péter Csontos, Barnabás Wichmann, Szilárd Szentes, Attila Barczy, Károly Penksza (2017): Comparative study on grasslands dominated by *Festuca vaginata* and *F. pseudovaginata* in the Carpathian Basin. *Tuexenia* 37: pp. 415-429. IF(2016/2017): 1.325 (Q3)
2. Bartha, S., Szabó, G., Csete, S., Purger, D., Házi, J., Csathó, A. I., Campetella Giandiego, Canullo Roberto, Chelli Stefano, Tsakalos James Lee, Ónodi Gábor, Kröel-Dulay György & Zimmermann, Z. (2022). High-Resolution Transect Sampling and Multiple Scale Diversity Analyses for Evaluating Grassland Resilience to Climatic Extremes. *Land*, 11(3), 378. IF(2022): 3.905 (Q2)
3. Terziyska, Tsvetelina S.; Tsakalos, James L.; Bartha, Sándor; Apostolova, Iva; Sopotlieva, Desislava; Zimmermann, Zita; Szabó, Gábor; Wellstein, Camilla (2020): Species and functional differences between subalpine grasslands with and without dwarf shrub encroachment. *PLANT BIOSYSTEMS: AN INTERNATIONAL JOURNAL DEALING WITH ALL ASPECTS OF PLANT BIOLOGY: OFFICIAL JOURNAL OF THE SOCIETA BOTANICA ITALIANA IN PRESS* Paper: & , 11 p. IF(2020) :2.838 (Q2)
4. Zachar, Z., Pápay, G., Csontos, P., Szabó, G., Zimmermann, Z., Saláta, D., Szentes Sz., Pajor F., Fuchs M., & Penksza, K. (2022). The Effects of Different Management Methods on Restored Grasslands in Potential Temperate Forest Zones. *Diversity*, 14(7), 551. IF(2022): 2.33 (Q2)
5. Pápay Gergely, Kiss Orsolya, Fehér Ádám, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Hufnágel Levente, S.-Falusi Eszter, Járdi Ildikó, Saláta Dénes, Szemethy László, Penksza Károly, Katona Krisztián (2020): Impact of shrub cover and wild ungulate browsing on the vegetation of restored mountain hay meadows. *Tuexenia* : 40 pp. 445-457., 13 p. IF(2020): 0.43 (Q3)
6. Zoltán Bajor, Zita Zimmermann, Gábor Szabó, Zsófia Fehér, Ildikó Járdi, Rita Lampert, Viktor Kerényi-Nagy, Péter Penksza, Zsuzsanna L. Szabó, Zsuzsanna Székely, Barnabás Wichmann, Károly Penksza: Effect of conservation management practices on sand grassland vegetation in Budapest, Hungary. *Applied Ecology and Environmental Research* 14(3):233-247. IF(2015): 0.500 (Q3)
7. Szegleti, Zsófia ; Vig, Ákos ; Ortmann-Ajkai, Adrienne ; Szabó, Gábor ; Zimmermann, Zita ; Horváth, Ferenc (2023): Repeated stand structure inventory dataset in long abandoned deciduous forest reserves in Hungary. *DATA IN BRIEF* 47 Paper: 108929 , 16 p. IF(2023): 0.26 (Q2)

8. Pápay, Gergely ; Járdi, Ildikó ; Szabó, Gábor ; Penksza, Károly (2019): Shrub cutting as a habitat transforming factor: a review. *International Journal of Latest Engineering and Management Research* 4 : 1 pp. 1-12. , 12 p. IF(2019): 0.1 (Q4)

In a non-impact factor journal in a foreign language

1. Čarni, A., Zimmermann, Z., Juvan, N., Paušič, A., Szabó, G., & Bartha, S. (2020). An example of fast old field succession in a traditionally managed rural landscape on the Slovenian Karst. *Hacquetia* 20(1), 177-188.

2. Penksza, K.; Szabó, G.; Zimmermann, Z.; Lisztes-Szabó, Zs.; Pápay, G.; Járdi, I; Fűrész, A.; S.-Falusi, Eszter: The taxonomic problems of the *Festuca vaginata* agg. and their coenosystematic aspects: A *Festuca vaginata* alakkör taxonómiai problematikája és ennek cönoszisztematikai vonatkozásai. *GEORGIKON FOR AGRICULTURE: A MULTIDISCIPLINARY JOURNAL IN AGRICULTURAL SCIENCES* 23: 3 pp. 63-76., 14 p. (2019)

In a Hungarian non-impact factor journal in Hungarian

1. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Csontos Péter, Wichmann Barnabás, Szentes Szilárd, Barczy Attila, Pápay Gergely, Járdi Ildikó, Penksza Károly: Nyílt homoki gyepék cönológiai és talajtani vizsgálata a Duna-Tisza közén. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 2017/15 (2) (2018).

2. Gábor, Szabó ; Veronika, Magyar ; Szilárd, Szentes ; Károly, Penksza: Comparative phytosociological study of long-term on Tihany Peninsula of the Balaton Uplands National Park, Hungary. *GYEPGAZDÁLKODÁSI KÖZLEMÉNYEK* 19 : 2 pp. 37-38. , 2 p. (2022)

3. Bartha Sándor, Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Szentes Szilárd, Virágh Klára, Csathó András István: A magyar földikutya (*Nannospalax hungaricus*) növényzetre gyakorolt hatásának mikrocönológiai monitorozása a Tompapusztai löszgyepben (2011–2014). *Crisicum* 9.: 21-35. (2016)

3. Penksza, K. ; Szabó, G. ; Zimmermann, Z. ; Lisztes-Szabó, Zs. ; Pápay, G. ; Járdi, I. ; Fűrész, A. ; S.-Falusi, Eszter: The taxonomic problems of the *Festuca vaginata* agg. and their coenosystematic aspects: A *Festuca vaginata* alakkör taxonómiai problematikája és ennek cönoszisztematikai vonatkozásai. *GEORGIKON FOR AGRICULTURE: A MULTIDISCIPLINARY JOURNAL IN AGRICULTURAL SCIENCES* 23 : 3 pp. 63-76. , 14 p. (2019)

4. Szegetli Zsófia, Csicsek Gábor, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Bölöni János, Horváth Ferenc: Erdőtermészetesség szempontú értékelési módszer a Pannon életföldrajzi régió Natura 2000 erdei élőhelytípusainak szerkezet és funkció monitorozása alapján. *Természetvédelmi Közlemények* 23, pp. 100–117, 2017.

5. Horváth Ferenc, Molnár Csaba, Ortmann-né Ajkai Adrienne, Csicsek Gábor, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Lukács Mária, Bölöni János: Natura 2000 erdei élőhelytípusok szerkezet és funkció monitorozási módszere a Pannon életföldrajzi régióban. Természetvédelmi Közlemények 23, pp. 24–49, 2017.

6. Pápay, Gergely; Szabó, Gábor; Szőke, Péter; Zimmermann, Zita; Fűrész, Attila; Péter, Norbert; Penksza, Károly: Természetes és telepített homoki gyepek vegetációja és biomassa-vizsgálatai kisalföldi mintaterületeken. GYEPGAZDÁLKODÁSI KÖZLEMÉNYEK 17: 1 pp. 35-42., 8 p. (2019)

7. Bartha, S; Szabó, G; Zimmermann, Z: Együttélési mintázatok gyeptársulásokban: 1503. szakülés, 2022. április 11. BOTANIKAI KÖZLEMÉNYEK 109 : 2 pp. 262-263. , 2 p. (2022)

8. Güller, Zsófia Eszter; Házi, Judit ; Bartha, Sándor ; Molnár, Csaba ; Purger, Dragica ; Szabó, Gábor ; Zimmermann, Zita ; Csathó, András István: A domináns pázsitfűfaj felületésén alapuló gyeprekonstrukciós módszer eredményei löszparlagon. TÁJÖKOLÓGIAI LAPOK / JOURNAL OF LANDSCAPE ECOLOGY 20 : Suppl 2 pp. 3-29. , 27 p. (2022)

Lecture notes (In Hungarian)

1. Járdi Ildikó, Pápay Gergely, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, S-Falusi Eszter, Penksza Károly: Növénytan II.: Növényrendszertan és társulástan (fajok jellemzése). Gödöllő, Magyarország : Szent István Egyetemi Kiadó (2018), 63 p.

2. Járdi, Ildikó; Pápay, Gergely; Szabó, Gábor; Zimmermann, Zita; Penksza, Károly: Növényismeret - a növényrendszertan és társulástan tantárgy fajainak jellemzése. Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetemi Kiadó (2018), 62 p.

Abstracts of oral presentations and posters with an ISBN number

1. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Házi Judit, Bartha Sándor: A biomassa-produkció állományon belüli változatosságának becslése különböző gyeptípusokban. In: Hajdu, Tamás; Korsós, Zoltán; Málnási, Csizmadia Gábor; Mecsnober, Melinda (szerk.) A Magyar Biológiai Társaság XXXII. Vándorgyűlése: Program és összefoglalók, 2021. november 25–26. Tápiószéle, Magyarország: Magyar Biológiai Társaság (2021) 39 p. p. 32. ISBN 978-615-80986-6-3

2. Szabó, Gábor; Szeglet, Zsófia; Zimmermann, Zita; Penksza, Károly: Botanikai, természetvédelmi és gyepegzértékelési vizsgálatok Balaton-felvidéki szarvasmarhalegelőkön. In: Pápay, Gergely (szerk.) "IV. Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében" konferencia. Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetem, Egyetemi Nyomda, (2019) p. 79. ISBN: 9789632698793

3. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Nagy Anita, Szentés Szilárd, Wichmann

Barnabás, Hufnagel Levente, Penksza Károly: Hosszútávú változások a Tihanyi-félsziget magyar szürke szarvasmarha legelőjén. In: Molnár V. A., Sonkoly J., Takács A. (szerk.) (2018): Program és összefoglalók. XII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia. Debreceni Egyetem TTK Növénytani Tanszék, Debrecen, p. 90. ISBN 978-963-473-926-5

4. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Andrea Catorci, Csontos Péter, Wichmann Barnabás, Szentes Szilárd, Szegletti Zsófia, Penksza Károly (2018): Cönológiai vizsgálatok nyílt homoki gyepekben. Botanikai Közlemények 105:1, p. 164-165. ISSN 0006-8144

5. Szabó, G.; Szőke, P.; Zimmermann, Z.; Pápay, G.; Járdi, I.; Péter, N.; Stilling, F; S-Falusi, E.; Penksza, K: Festuca vaginata és F. pseudovaginata dominálta nyílt homokpusztagyep-pek biomassza-vizsgálatai. In: Szalka, Éva; Molnár, Zoltán (szerk.) XXXVII. ÓVÁRI TUDOMÁNYOS NAPOK 'FENNTARTHATÓ AGRÁRIUM ÉS KÖRNYEZET AZ ÓVÁRI AKADÉMIA 200 ÉVE – MÚLT, JELEN, JÖVŐ' Összefoglalói. Mosonmagyaróvár, Magyarország: VEAB Agrártudományi Szakbizottság, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar (2018) 227 p. ISBN: 9786155837142.

6. Szabó, Gábor ; Zimmermann, Zita ; Házi, Judit ; Bartha, Sándor: A biomassza-termelési állományon belüli változatosságának becslése különböző gyeptípusokban. In: Hajdu, Tamás; Korsós, Zoltán; Málnási, Csizmadia Gábor; Mecsnober, Melinda (szerk.) A Magyar Biológiai Társaság XXXII. Vándorgyűlése : Program és összefoglalók, 2021. november 25–26. Tápiószele, Magyarország : Magyar Biológiai Társaság (2021) 39 p. p. 32

7. Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Bartha Sándor: Gyepek monitorozásához használt mintavételi módszerek összehasonlítása. In: Hajdu, Tamás; Korsós, Zoltán; Málnási, Csizmadia Gábor; Mecsnober, Melinda (szerk.) A Magyar Biológiai Társaság XXXII. Vándorgyűlése: Program és összefoglalók, 2021. november 25–26. Tápiószele, Magyarország: Magyar Biológiai Társaság (2021) 39 p. p. 35. ISBN 978-615-80986-6-3

8. Bartha Sándor, Házi Judit, Purger Dragica, Csete Sándor, Szabó Gábor, Csathó András István, Zimmermann Zita: A vegetációs-szerveződés monitorozása téridőmintázatokkal. In: Hajdu, Tamás; Korsós, Zoltán; Málnási, Csizmadia Gábor; Mecsnober, Melinda (szerk.) A Magyar Biológiai Társaság XXXII. Vándorgyűlése: Program és összefoglalók, 2021. november 25–26. Tápiószele, Magyarország: Magyar Biológiai Társaság (2021) 39 p. p. 10, 1 p. ISBN 978-615-80986-6-3

9. Bartha Sándor, Szabó Gábor, Házi Judit, Purger Dragica, Csete Sándor, Csathó András István, Zimmermann Zita: A vegetáció hosszú távú monitorozása – az időjárási fluktuációk hatása nyílt és zárt gyepekben. In: TAKÁCS A. & SONKOLY J. (szerk.) (2021): XIII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében

nemzetközi konferencia. Program és összefoglalók. – Ökológiai Kutatóközpont & Debreceni Egyetem, Debrecen, p. 78. ISBN 978-963-490-342-0

10. Güller Zsófia Eszter, Házi Judit, Bartha Sándor, Molnár Csaba, Purger Dragica, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Csathó András István: A domináns pázsitfűfaj felülvetésén alapuló módszer hatékonyságának vizsgálata löszparlagon. In: TAKÁCS A. & SONKOLY J. (szerk.) (2021): XIII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia. Program és összefoglalók. – Ökológiai Kutatóközpont & Debreceni Egyetem, Debrecen, p. 93. ISBN 978-963-490-342-0

11. Zsófia Szegleti, Adrienne Ortmann-Ajkai, Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Vig Ákos, Ferenc Horváth: Mintafák élettörténetének követése a Vár-hegy Erdőrezervátum felhagyott öregerdő állományaiban. In: TAKÁCS A. & SONKOLY J. (szerk.) (2021): XIII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia. Program és összefoglalók. – Ökológiai Kutatóközpont & Debreceni Egyetem, Debrecen, p. 113. ISBN 978-963-490-342-0

12. Bartha, S; Csete, S; Campetella, G; Canullo, R; Chelli, S; Mojzes, A; Kun, A; Kun, R; Molnár, Zs; Szabó, G. Szentes Sz, Terziyska T, Wellstein C, Zimmermann Z: Scrutinizing functional patterns and assembly rules estimated from transect data. In: s.n. - 2nd International Conference on Community Ecology Book of Abstract Budapest, Magyarország: Akadémiai Kiadó, (2019) pp. 87-88., 2 p. ISBN 978-963-454-370-1

13. Bartha, S ; Csete, S ; Campetella, G ; Canullo, R ; Čarni, A ; Chelli, S ; I., Csathó A ; Házi, J ; Kun, A ; Kun, R, Molnár Zs, Purger D, Ruprecht E, Szabó A, Szabó G. Szentes Sz, Virágh K, Wellstein C, Zimmermann Z: Are there invariant and specific characteristic spatial scales of diversity patterns in grasslands? In: s.n. - 2nd International Conference on Community Ecology Book of Abstract Budapest, Magyarország : Akadémiai Kiadó, (2019) pp. 12-13. , 2 p. SBN 978-963-454-370-1

14. Pápay, G ; Szabó, G ; Zimmermann, Z ; Fűrész, A ; S.-Falusi, E ; Penksza, K: Phytocoenological studies in open sandy grasslands in the Hungarian Northern Great Plain (Festuca species and species composition of plant communities). In: Rosario, G. Gavilán; Alba, Guitérrez-Girón - 28th EVS Meeting: Abstracts & Programme : Vegetation Diversity and Global Change. Madrid, Spanyolország : Universidad Complutense de Madrid, (2019) p. 147. ISBN 978-84-09-13738-1

15. Csathó András István, Kun Róbert, Güller Zsófia Eszter, Csathó András János, Purger Dragica, Házi Judit, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Bartha Sándor, Molnár Csaba: Ősi löszpusztagyep-állomány fajkészletének hosszú távú dinamikája. In: TAKÁCS A. & SONKOLY J. (szerk.) (2021): XIII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia. Program és összefoglalók. – Ökológiai Kutatóközpont & Debreceni Egyetem, Debrecen, p. 56. ISBN 978-963-490-342-0

16. Szegleti, Zsófia; Szabó, Gábor; Zimmermann, Zita; Penksza, Károly: A természetvédelmi kezelés hatásai a dinnyési-fertő szikes gyepeire. In: Pápay, Gergely (szerk.) "IV. Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében" konferencia. Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetem, Egyetemi Nyomda, (2019) p. 79. ISBN: 9789632698793
17. Bartha Sándor, Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Házi Judit, Mojzes Andrea, Csathó András István, Komoly Cecília, Ónodi Gábor, Kröel-Dulay György: Időjárási szélsőségekre adott vegetációs válaszok leírása mikro-léptékű fajcsere-mintázatokkal. BOTANIKAI KÖZLEMÉNYEK (2019), 106 : 1, pp. 146-147. ISSN 0006-8144.
18. Penksza Károly, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Lisztes-Szabó Zsuzsa, Pápay Gergely, Fűrész Attila, Járdi Ildikó, Bóhm Éva Irén, S.-Falusi Eszter: A *Festuca psammophila* Pawlus ser. hazai taxonjai. BOTANIKAI KÖZLEMÉNYEK (2019), 106 : 1, p. 148. ISSN 0006-8144.
19. Penksza Károly, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Csontos Péter, Wichmann Barnabás, Szentes Szilárd, Barczy Attila, Michéli Erika, Fuchs Márta, Pápay Gergely, Járdi Ildikó, S-Falusi Eszter: Nyílt homoki gyepek cönológiai és talajtani vizsgálata. Egyeduralkodó faj-e a *Festuca vaginata* a Duna–Tisza közti nyílt homoki gyepekben? In: Molnár V. A., Sonkoly J., Takács A. (szerk.) (2018): Program és összefoglalók. XII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia. Debreceni Egyetem TTK Növénytani Tanszék, Debrecen, p. 29. ISBN 978-963-473-926-5
20. Penksza Károly, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, S.-Falusi Eszter (2018): Egy új nyílt homokpusztai társulás. Botanikai Közlemények 105(2): 290. ISSN 0006-8144
21. Járdi Ildikó, Penksza Károly, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Héjja Péter, Pápay Gergely, S-Falusi Eszter: Marhalegelők összehasonlító cönológiai vizsgálata az Ipoly menti homoki gyepekben. In: Molnár V. A., Sonkoly J., Takács A. (szerk.) (2018): Program és összefoglalók. XII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia. Debreceni Egyetem TTK Növénytani Tanszék, Debrecen, p. 70. ISBN 978-963-473-926-5
22. Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Hajnóczki Sándor, Stilling Ferenc Tamás, Póti Péter, Pajor Ferenc, Kerényi-Nagy Viktor, Wichmann Barnabás, Penksza Károly: Kecskelegelők cönológiai és természetvédelmi vizsgálatai és értékelésük. In: Molnár V. A., Sonkoly J., Takács A. (szerk.) (2018): Program és összefoglalók. XII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia. Debreceni Egyetem TTK Növénytani Tanszék, Debrecen, p. 100. ISBN 978-963-473-926-5

23. Pápay, Gergely ; Penksza, Károly ; Fehér, Ádám ; Szemethy, László ; Saláta, Dénes ; S-Falusi, Eszter ; Kerényi-Nagy, Viktor ; Szabó, Gábor ; Wichmann, Barnabás ; Katona, Krisztián: A vadragás hatása a mátrai hegyvidéki gyepek restaurációjában. In: Molnár, V Attila; Sonkoly, Judit; Takács, Attila (szerk.) XII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében. Program és összefoglalók : 12th International Conference Advances in research on the flora and vegetation of the Carpato - Pannonian region. Programme and Abstracts. Debrecen, Magyarország : Debreceni Egyetem TTK Növénytani Tanszék (2018) 108 p. p. 83. SBN 978-963-473-926-5

24. Zimmermann, Z. ; Penksza, K. ; Szabó, G. ; Micheli, E. ; Pápay, G. ; Járdi, I. ; S.-Falusi, E. ; Fuchs, M.: Botanical and soil studies in sandy vegetation of Tece pasture (Vácrátót, Hungary). In: Pintér, Gábor; Zsiborács, Henrik; Csányi, Szilvia (szerk.) Arcal vagy háttal a jövőnek? : LX. Georgikon Napok: 60 éves a Georgikon Napok Konferencia [60th Georgikon Scientific Conference]: Abstract volume. Keszthely, Magyarország : Pannon Egyetem Georgikon Kar (2018) 165 p. p. 160. ISBN: 9789639639911

25. Andraž Čarni, Nina Juvan, Andrej Paušič, Gábor Szabó, Zita Zimmermann, Sándor Bartha: Quantifying biotic filter effects in old field succession. In: 1st International Conference on Community Ecology – Book of Abstracts, pp. 105-106. ISBN 978-963-454-170-7

26. Attila, Fűrész; Ferenc, Pajor; Ferenc, Stilling; Szilárd, Szentes; Gábor, Szabó; Dániel, Balogh; Zita, Zimmermann; Gergely, Pápay; Eszter, S.-Falusi; Tímea, Kiss et al.: Biomass analysis of sandy grasslands along the Danube from the Pannonian region to the Romanian plain. In: Dusan, Kovacevic; Sinisa, Berjan; Milan, Jugovic; Nouredin, Driouech; Rosanna, Quagliariello (szerk.) XIII International Scientific Agriculture Symposium „AGROSYM 2022“ Book of Abstracts. Banja Luka, Bosznia-Hercegovina: Народна и универзитетска библиотека (2022) p. 138. ISBN: 9789997698728

27. Gergely, Pápay; Orsolya, Kiss; Ádám, Fehér; Gábor, Szabó; Zita, Zimmermann; Levente, Hufnagel; Eszter, S.-Falusi; Ildikó, Turcsányi-Járdi; Dénes, Saláta; László, Szemethy et al.: The potential role of ungulate browsing in maintaining restored mountain meadows. In: Dusan, Kovacevic; Sinisa, Berjan; Milan, Jugovic; Nouredin, Driouech; Rosanna, Quagliariello (szerk.) XIII International Scientific Agriculture Symposium „AGROSYM 2022“ Book of Abstracts . Banja Luka, Bosznia-Hercegovina: Народна и универзитетска библиотека (2022) p. 461. ISBN: 9789997698728

28. Bartha Sándor, Házi Judit, Purger Dragica, Csete Sándor, Szabó Gábor, Csathó András István, Csathó András János, Molnár Csaba, Zimmermann Zita: A természetes gyepnövényzet spontán regenerációja intenzív szántóföldi művelésből kivont területen. In: Hajdu, Tamás; Korsós, Zoltán; Málnási, Csizmadia Gábor; Mecsnober, Melinda (szerk.) A Magyar Biológiai Társaság XXXII. Vándorgyűlése:

Program és összefoglalók, 2021. november 25–26. Tápiószele, Magyarország: Magyar Biológiai Társaság (2021) 39 p. p. 27 , 1 p. ISBN 978-615-80986-6-3

Abstracts of oral presentations and posters without an ISBN number

1. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Andrea Catorci, Csontos Péter, Wichmann Barnabás, Szentos Szilárd, Szegleti Zsófia, Penksza Károly: Cönológiai vizsgálatok nyílt homoki gyepekben. MBT Botanikai Szakosztály 1485. szakülés, 2017.11.20.

2. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Andraž Čarni, Csathó András István, Házi Judit, Komoly Cecília, Kun Róbert, Margóczy Katalin, Szépligeti Mátyás, Bartha Sándor: 120.

A diverz

3. Szabó, G. ; Pápay, G. ; Járdi, I. ; Fűrész, A. ; Szegleti, Zs. ; Penksza, K.: Changing of biomass variability in open sandy grasslands dominated by *Festuca vaginata* and *F. pseudovaginata* in Hungary. In: 62nd IAVS Annual Symposium: Abstracts (2019) p. 236

4. Szabó, Gábor ; Pápay, Gergely ; Szegleti, Zsófia ; Péter, Norbert ; Penksza, Károly: *Festuca vaginata* és *Festuca pseudovaginata* dominálta nyílt homokpusztagyepék biomassza-vizsgálatai. In: Tinya, Flóra (szerk.) 12. Magyar Ökológus Kongresszus : Előadások és poszterek összefoglalói. Vácrátót, Magyarország : MTA Ökológiai Kutatóközpont Ökológiai és Botanikai Intézet (2021) p. 200

5. Zimmermann, Z; Szabó, G; Bartha, S; Campetella, G; Güler, B; Jentsch, A; Ugurlu, E; Wellstein, C; Kreyling, J; Dengler, J: How sampling method affects species richness and species-area curves at different spatial scales in grasslands? In: 62nd IAVS Annual Symposium: Abstracts (2019) p. 280

6. Bartha Sándor, Csete Sándor, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Virágh Klára, Házi Judit, Kun András, Csathó András István, Komoly Cecília, Molnár Zsolt: Stabilizálják-e a társulások a finom térléptékű szomszédsági relációk? - néhány hosszútávú (7-20 éves) vizsgálat tapasztalatai. In: Mizsei Edvárd, Szepessy Csaba (szerk.): XI. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia - "Sikerek és tanulságok a természetvédelemben" - Absztrakt kötet, p. 42.

7. Penksza Károly, S.-Falusi Eszter, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Pápay Gergely, Wichmann Barnabás, Fazekas Szibilla, Bajor Zoltán: Budapesti homokterületek (Újpesti Homoktövis Természetvédelmi Terület) természetvédelmi kezelésének hatása a homokgyepi vegetációra. In: Mizsei Edvárd, Szepessy Csaba (szerk.): XI. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia - "Sikerek és tanulságok a természetvédelemben" - Absztrakt kötet, pp. 107-108.

8. Bartha, S; Csete, S; Szabó, G; Zimmermann, Z; Házi, J; Mojzes, A; Purger, D;

Csathó, A I; Komoly, C; Ónodi, G.; Kröel-Dulay Gy.: Stabilizálja - e a társulásokat a finom léptékű béta - diverzitás? Nyílt homokpusztagyepek extrém aszályra adott válaszainak hosszútávú (5 - 23 éves) monitorozási tapasztalatai. p. 83. In: 11. Magyar Ökológus Kongresszus. Absztraktkötet Nyíregyháza, Magyarország : Magyar Ökológusok Tudományos Egyesülete, (2018) p. 112.

9. Bartha, S; Csete, S; Purger, D; Szabó, G; Zimmermann, Z: Interaction of stochastic and deterministic factors driving diversity of semiarid grasslands -insight from a long-term study. In: 62nd IAVS Annual Symposium: Abstracts (2019) pp. 22-22., 1 p.

10. Fűrész, A.; Pápay, G.; S.-Falusi, E.; Zimmermann, Z.; Szabó, G.; Penksza, K.: Phytocenological studies in open sandy grasslands in the Hungarian Northern Great Plain (Festuca species and species composition of plant communities). In: 62nd IAVS Annual Symposium: Abstracts (2019), p. 84.

11. Gergely, Pápay; Ádám, Fehér; Gábor, Szabó; Zita, Zimmermann; Levente, Hufnagel; Eszter, S.-Falusi; Ildikó, Járdi; Dénes, Saláta; László, Szemethy Péter, Csontos; Károly, Penksza; Krisztián, Katona: Impact of wild ungulate browsing on the vegetation of restored mountain hay meadows. In: 62nd IAVS Annual Symposium: Abstracts (2019), p. 183.

12. Bartha, Sándor; Szabó, Gábor; Házi, Judit; Purger, Dragica; Csete, Sándor; Csathó, András István; Kröel-Dulay, György; Zimmermann, Zita: Testing stochastic community models with long-term spatiotemporal data in grasslands. In: Eva, Debinski; Martin, Diekmann; Javier, Loidi; Susan, Wiser; David, Zeleny (szerk.) Book of Abstracts - 63rd IAVS Virtual Symposium

13. Bartha, Sándor; Szabó, Gábor; Házi, Judit; Purger, Dragica; Csete, Sándor; Csathó, András István; Kröel-Dulay, György; Zimmermann, Zita: Sztochasztikus társulásszerveződési modellek vizsgálata hosszú-távú teridő adatokkal. In: Tinya, Flóra (szerk.) 12. Magyar Ökológus Kongresszus: Előadások és poszterek összefoglalói. Vácrátót, Magyarország: MTA Ökológiai Kutatóközpont Ökológiai és Botanikai Intézet (2021) pp. 139-140., 2 p.

14. Pápay Gergely, Károly Penksza, Norbert Péter, Attila Fűrész, László Kovács, Gábor Szabó, Péter Szőke: COENOLOGICAL SURVEY OF SANDY GRASSLANDS ON THE LITTLE HUNGARIAN PLAIN. In: Ozaslan, Mehmet (szerk.) International Conference on Veterinary, Agriculture and Life Sciences (ICVALS 2020): Abstract Book (2020) p. 9 , 1 p.

15. Penksza, K. ; Fazekas, Sz. ; Pápay, G. ; Fűrész, A. ; Járdi, I. ; Szabó, G. ; Péter, N. ; S.-Falusi, E. ; Bajor, Z.: Effect of conservation management practices on sandy grassland vegetation in Budapest. In: 62nd IAVS Annual Symposium: Abstracts (2019) p. 187

16. Pápay Gergely, Katona Krisztián, Fehér Ádám, Szemethy László, Saláta Dénes, S.-Falusi Eszter, Szabó Gábor, Wichmann Barnabás, Penksza Károly: Természetvédelmi kezelések hatása mátrai gyeppek vegetációjára. In: Mizsei Edvárd, Szepessy Csaba (szerk.): XI. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia - "Sikerek és tanulságok a természetvédelemben" - Absztrakt kötet, p. 106.

17. Fűrész, Attila ; Pajor, Ferenc ; Szabó, Gábor ; Pápay, Gergely ; S.-Falusi, Eszter ; Turcsányi-Járdi, Ildikó ; Balogh, Dániel ; Csontos, Péter ; Penksza, Károly: Biomass content studies of sandy grasslands following the Danube from the Pannonian region to the Romanian plain. In: Hrivnák, Richard; Slezák, Michal (szerk.) Plant communities in changing environment: 30th Conference of the European Vegetation Survey : book of abstracts. Bratislava, Szlovákia : Plant Science & Biodiversity Center SAS (2022) 106 p. pp. 36-36. , 1 p.

18. Bartha, Sándor ; Szabó, Gábor ; Házi, Judit ; Purger, Dragica ; Csete, Sándor ; Csathó, András István ; Zimmermann, Zita: Constraints and freedom in vegetation dynamics – spatial pattern analyses with temporal extension. In: 3rd International Conference on Community Ecology ComEc3 - Book of Abstracts - Virtual Conference. Budapest, Magyarország : Akadémiai Kiadó (2021) pp. 5-6. , 2 p.

7. References

Balázs F. (1949): A gyeppek termésbecslése növényzozológiai felvételek alapján. Agrártudomány 1. 26-35.

Botta-Dukát, Z. (2023). Quartile coefficient of variation is more robust than CV for traits calculated as a ratio. *Scientific Reports*, 13(1), 4671.

Braun-Blanquet, J. 1964: Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, Berlin.

Buonaccorsi, J.P.; Elkinton, J.S.; Evans, S.R.; Liebhold, A.M (2001): Measuring and testing for spatial synchrony. *Ecology* 2001, 82 (6), 1668–1679. <https://doi.org/10.2307/2679809>

Juhász-Nagy, P. (1980): A cönológia koegzisztenciális szerkezeteinek modellezése. MTA Doktori Értekezés, Budapest

Klaus, V. H., Boch, S., Boeddinghaus, R. S., Hölzel, N., Kandeler, E., Marhan, S., ... & Kleinebecker, T. (2016): Temporal and small-scale spatial variation in grassland productivity, biomass quality, and nutrient limitation. *Plant Ecology*, 217, 843-856.

Tsutsumi, M., Itano, S., & Shiyomi, M. (2007): Number of samples required for estimating herbaceous biomass. *Rangeland Ecology & Management*, 60(4), 447-452.

Virágh, K., Horváth, A., Bartha, S., Somodi, I. (2008): A multiscale methodological approach for monitoring the effectiveness of grassland management. *Community Ecology* 9: 237-246.

Zar, J. H. (1999): *Biostatistical analysis*, 4th edition, Pearson College Div.