



HUNGARIAN UNIVERSITY OF AGRICULTURE AND LIFE  
SCIENCES

DOCTORAL SCHOOL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES

**Functional naturalness indicators in dry grasslands and old  
fields**

**Thesis of the doctoral (PhD) dissertation**

ZITA ZIMMERMANN

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:** Prof. 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

The relationship between diversity and ecosystem processes is one of the most interesting questions in ecology. It has been proved in experiments that increasing biodiversity enhances ecosystem function and stability (Naeem and Li 1997, Hooper et al. 2005). Diversity is a characteristic of the community patterns (Juhász-Nagy 1980, 1986), and changes in diversity are associated with changes in the processes and functions of a given ecosystem (Tilman 1999). The continuous loss of diversity in ecosystems has become a global phenomenon, with an increasing number of studies reporting functional disturbances of ecosystems, i.e. the impairment of an ecological service (Daily 1997, Worm et al. 2006, Cardinale et al. 2012). Research on the functional consequences of diversity loss has been the hottest and fastest growing field in recent years (Loreau et al. 2001). In my research, I address a specific problem in this area, namely the reliability of ecosystems.

Soil respiration is an important element of the global carbon cycle, it is the largest (Lu et al. 2021) or the second largest flux (Luo and Zhou 2010). Thanks to its volume, even a small change in global soil respiration can alter atmospheric CO<sub>2</sub> concentration significantly (Zhou et al. 2014), which gives soil respiration studies special importance in relation to climate change. In my dissertation I make an attempt to connect the aforementioned two topics by examining how vegetation structure and diversity affects soil respiration and its variation.

I studied spatial patterns of functional traits that characterize the functioning of ecosystems (in this case, different types of grasslands) in different natural and semi-natural dry grasslands and old fields, along with the diversity and structural characteristics of the communities. In addition to the usual variables characterising ecosystem functioning (e.g. green plant mass or NDVI), I also measured soil respiration. Soil respiration is a highly variable functional trait and thus provides a particularly sensitive indication. The spatial and temporal variability and variability of these characteristics indicate the reliability of the system. In my thesis, I focus on spatial variation, but the traditional practice in vegetation research is to infer spatial variation from temporal variation, and thus stability.

I have studied spatial patterns of functional variables and diversity of different vegetation types (natural and seminatural grasslands and old fields). I applied the methodology of Fóti (2008) that makes it possible to collect data with high sample size to detect spatial patterns of soil respiration. I used microcoenological methods to examine the fine-scale structure and complexity of the vegetation. In this study I attempted to connect the two methods aiming to describe the state, complexity and functional naturalness of the different grassland types.

My aim was to use the results to characterise the condition, organisation and functional naturalness of the studied grasslands. Naturalness defined in terms of coenological characteristics may differ from functional naturalness: it is possible that a plant community may be considered natural in terms of the vegetation structure, but less well functioning in functional terms.

Throughout their long evolutionary history, due to continuous adaptation natural populations have been able to persist to the changing environmental conditions. Therefore, it is assumed that the evolutionary experience accumulated during long-

term adaptation will allow the community to maintain a stable species composition and functioning. Consequently, an ecosystem can be considered functionally natural if its functioning is reliable and stable over time, and its functional parameters show little variation. I described variation using methods of information theory. My hypothesis was that the highest reliability is expected in plant communities that are spatially well organized and exhibit high structural complexity at fine spatial scales.

My questions were the following:

1. What are the spatial and temporal patterns of soil respiration in different vegetation types?
2. How is it possible to study the relationship between species composition and function (soil respiration) in grasslands?
3. How can we connect the methods examining structure and function?
4. Is there a relationship between fine-scale structural complexity and the variability of soil respiration?

## **2. Material and methods**

### **Study sites**

Field sampling was conducted between 2014 and 2018 at 12 sampling sites (Battonya, Bugac, Esztergom, Fülöpháza, Gönyű, Kunpeszér, Magyarszombatfa, Mórahalom, Nagyrákos, Szalafő, Tece, Tiszaalpár) that represent five vegetation types (open sandy grasslands, loess steppes, meadow steppes, sandy pastures and sand steppes) in order to generalize the results as much as possible. Old fields were also sampled in Battonya, Fülöpháza, Kunpeszér, Mórahalom and Tiszaalpár. 190 transects were sampled altogether of which 144 was made in grasslands, 42 in old fields, and in Battonya 1 transect in a ploughfield and 3 in sown grasslands were also sampled. Detailed coenological (macro- and microcoenological) sampling was done in 74 transects. I extended the measurements to the whole growing season (March to November) to get an idea of the changes in soil respiration over the year. The measurements were taken between 2014 and 2019, so that inter-annual variation can be investigated.

### **Microcoenological sampling**

Sampling was carried out along circular transects 15 m long and 4.77 m in diameter. To ensure adequate representativeness, transects were placed in homogeneous patches in each sample area to avoid unnecessary variation due to medium-scale vegetation heterogeneity.

In the transects, two resolutions were used to record the species of vascular plants rooting in the transects, and the presence of mosses, lichens and bryophytes was also recorded, the latter when the cover in the microquadrat exceeded 50%. One of the scales was the scale of the 5x5 cm microquadrats (that means 300 microquadrats

altogether) and the other was 10x10 cm (150 microquadrats). For the latter, two adjacent microquadrats were surveyed together (5x10 cm) and then this was extended to 10x10 cm and new species, other than those found in the original two microquadrats, were recorded.

## **Ecophysiological measurements**

The ecophysiological measurements were carried out using the methodology developed by Szilvia Fóti (Fóti 2008), which allows the collection of data along transects with a high number of replicates to study spatial patterns of soil respiration. Soil respiration and additional parameters (SWC, Ts) were measured at 75 positions along the circular transect. Using the circular transect, the same number of samples can be produced for each step of the sampling procedure, and even with a higher number of sample elements, the sample can remain within a homogeneous study patch (Fóti 2008). The starting point of the transect was the first position, from which the measurement points were placed at every 20 cm. This arrangement allows a large number of measurements to be taken to study spatial variation in the most efficient and least disturbing way possible (Fóti et al. 2016). We tried to perform the measurement in about 1.5 hour, avoiding large changes in temperature and the effects of a possible precipitation event. After the microcoenological sampling was performed, the above-ground biomass was cut in a 15 cm diameter circle at each position. The biomass was dried in a drying oven at 80 °C for 48 hours and then weighed to the nearest hundredth of a gram.

Measurements were started 1.5 hours after cutting to remove the effect of direct interference. A closed chamber instrument (EGM4, PPSystems, Amesbury, USA) was used to measure soil respiration. No ring was used during the measurement to minimise disturbance to soil and vegetation (Davidson et al. 2002), and no permanent sampling sites were established for similar reasons. Soil temperature was measured at a depth of 0-10 cm. Soil moisture was measured with a FieldScout TDR300 instrument (Spectrum Technologies, IL-USA) using a 7.6 cm sensor.

## **Data analysis**

Data analysis was conducted using R programming language (R Core Team 2020). To calculate DOY (day of the year) I used „lubridate” package (Grolemund és Wickham 2011). I used SBT types (Borhidi 1995) to describe the disturbance state and naturalness of the vegetation plots that can affect the ecophysiological patterns. In order to make the coenological relevés and transects comparable, the total coverage of each record was converted to 100% by multiplying the coverage of the species in the record by 100 and dividing by the total coverage of the quadrat. In this way, the dominance ratios between species remained unchanged. I averaged the species cover over the 75 quadrats and assigned the SBT values to the average, then summed the averaged covers for each SBT category.

The florula diversity analysis was performed using the software package "comspat" (Tsakalos et al. 2022), developed for the application of the Juhász-Nagy Pál models.

The florula diversity values were calculated at increasing quadrat sizes by aggregating several microquadrats in the following 16 steps: 1,2,3,4,5,6,8,12,20,26,34,70,140 and 299 microquadrats. In order to determine the optimal number of species for calculating floral diversity, diversity values were tested at several frequency thresholds: all species; species with frequencies greater than 1% (1% of 300 microquads are 3 species, so I counted species with frequencies of 3 or more); species with frequencies greater than 2% ( $\geq 6$  occurrences); species with frequencies greater than 3% ( $\geq 9$  occurrences); and species with frequencies greater than 5% ( $\geq 15$  occurrences). Florula diversity was calculated from the species combinations formed by these species.

The correlation between florula diversity and soil respiration CV% was investigated using linear regression at the following spatial scales: 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 40 cm and 50 cm. Goodness of fit was determined by comparing  $R^2$  values.

### **3. Results and discussion**

I analysed the transects recorded in the different community types according to Borhidi's social behaviour types, identifying for each transect the most characteristic categories, the quantity of which can be used to infer the condition, disturbance and naturalness of the grassland, which also affect the pattern of ecophysiological parameters.

For each transect, I calculated the florula diversity (FD) and the maximum scale, which are parameters that give an idea of the fine-scale vegetation dynamics and the state of the grassland.

Generally, 52 m transects are used for microcoenological sampling, however in this study I had to use shorter transects (15 m) in order to connect to the scale of ecophysiological sampling. It was a question whether this shorter transect is enough to evaluate the state of the vegetation. In order to answer this question I took three 15 m long sections from a 52 m long transect and compared their FD values with the ones calculated from the original 52 m transects. Based on the results I concluded that the 15 m long transects are applicable for representing patterns and variability within and between stands.

I compared the maximum scale of the FD curves in different vegetation types. In grasslands with higher diversity and complexity (Battonya, Bugac, Kunpeszér, Mórahalom, Órség, Tiszaalpár) maximum scale occurred at finer scales (10 cm and 20 cm). Less complex, open grasslands (Fülöpháza, Gönyű, Tece) this scale shifted towards higher values (25 cm and higher).

I used CV% to study the spatial variability of soil respiration. In open sandy grasslands variation was relatively high and there was a decreasing tendency with increasing soil respiration values: the higher the soil respiration, the lower the variation was. In case of loess grasslands, in Battonya all but two plots were characterised by high  $R_s$  and low CV%, however there was no clear trend between the two variables. The trend was not clear either in Tiszaalpár, however variation was evenly low. In case of old fields there was a decreasing trend in the variation with the increase of soil respiration.

Based on repeated measurements, I examined how stable were the spatial patterns of Rs over time in two sites. In general, peaks of soil respiration decreased with time, however the pattern remained quite stable even after 3-4 days.

The main result of my study was the connection of coenological and ecophysiological patterns. I checked the FD values with different spatial scales and different number of species and in case of the number of species 1% frequency showed the best fit to the FD values. Considering spatial scales FD values in 50 cm showed the best fit but the soil respiration was measured in 20 cm scale consequently it was the best choice to connect coenological and ecophysiological patterns. The results of the FD maximum scales supported this result: maximum FD in grasslands appeared in 20 cm in most of the cases.

Consequently if we examine variation of soil respiration and FD together, a significant negative trend can be seen between the two variables. The variation of soil respiration decreases with increasing diversity, meaning that more complex and diverse the community is, the lower the variation of the functional parameter so the function of the community is more reliable and stable.

#### **4. Conclusions**

The sampling method based on transects of contiguous microquadrats to investigate the fine-scale structure of vegetation has been shown in previous studies to be suitable for collecting valuable vegetation data (Koncz et al. 2020, Bartha et al. 2022), and with posterior computer sampling and the use of related information theory models (Juhász-Nagy and Podani, 1983; Juhász-Nagy, 1993) it is possible to collect samples of different scales and resolutions and representative data on the intraspecific variability of stands (Virágh et al. 2008). Based on my results, this can be achieved not only with long transects (26-52 m), but also with shorter transects of up to 15 m. I also examined the maximum scales in each grassland type. In the sample sites with higher diversity and species richness (Battonya, Bugac, Kunpeszér, Mórahalom, Órség, Tiszaalpár), the maximum values were found at small scales, the most frequent being 10 cm and 20 cm. In the less organised open grasslands (Fülöpháza, Gönyű, Tece), the maximum scale was shifted towards larger values (25 cm and more). The larger spatial scale associated with the smaller FD means coarser scale patchiness, greater heterogeneity in terms of vegetation. When accompanied by a higher Rs CV%, it implied increased functional heterogeneity, which was characteristic of the opening, degrading, less organized stands.

Spatial variation in soil respiration was assessed using the coefficient of variation (CV%) at each sample site and habitat type. Variation was found to be relatively high in sandy grasslands, and a decreasing trend was observed for grasslands as the mean value of soil respiration increased: the higher the value of soil respiration, the lower the variation. For loess grasslands, grasslands in the Battonya area (with two exceptions) were characterised by relatively high soil respiration values and relatively low variation, but no clear correlation between the two variables could be detected. For old fields, there was a correlation, with variation decreasing with increasing soil respiration values.

This was in line with the results of a study by Fóti et al. (2016) in Bugac, which showed high soil respiration and lower variation. In this paper, I investigated this issue in several communities and several sample plots and my results suggest that spatial variation in soil respiration is a suitable indicator for a wide range of grassland types. However, due to the sensitivity of Rs to many environmental factors, Rs patterns were compared near to their functional optimum, when, as expected, their CV% was the lowest. As each showed the minimum CV%, the variability (or reliability) of very different plant communities became comparable.

Using classical coenological methods (SBT values), a significant correlation between each trait group (ruderal competitors and competitors) and variation in soil respiration was detected. The CV% increased with increasing ruderal competitor abundance, but decreased with increasing competitor proportion.

Investigating the relationship between the spatial pattern soil respiration and the fine-scale coenological structure of grasslands is a novel and unexplored topic. Species, which can be considered as coenosystematically dominant, influence the microclimatic conditions of the microhabitats in grasslands through their mass, shading and avary formation, and thus affect the diversity and spatial structure of grassland vegetation by facilitating or inhibiting the germination of additional species. Through these processes, they can potentially influence the ecophysiological characteristics of the stand, the functioning and stability of the whole grassland ecosystem. The influence of dominant species can also be detected in gas exchange (Wohlfahrt et al. 2001). Fóti (2008) also showed that the community structure formed by dominant plant species was responsible for the regulated gas exchange in stand patches. In the present study, the species combinations formed by species with frequencies greater than 1% and their diversity were related to the spatial variation in soil respiration.

The spatial patterns can therefore be used as an indication, based on my results, to evaluate individual stocks. However, in order to characterise more precisely the typical patterns of ecosystem functioning, it is necessary to examine the relevant variables not only in space but also in time. We started from the assumption that we can infer spatial patterns from temporal ones. This was shown by Virágh et al. (2008) for vegetation structure data. For ecophysiological data, this is still an assumption that needs to be tested in the future with spatio-temporal measurements. The results presented in my thesis are a first step towards this.

## **5. New scientific results**

1. In this dissertation I investigated the spatial patterns of soil respiration at 12 sites in 5 vegetation types, recording a total of 190 ecophysiological transects (based on the method of Fóti 2008). Due to the labour-intensive field sampling, the resulting data sets of ecophysiological transects are a highly valuable dataset, which will allow a better understanding of the patterns in ecophysiological parameters measured at fine spatial scales, the typical characteristics of the patterns and the deviations from these patterns. The 75 soil respiration measurements along a 15 m transect are close to the maximum number of replicates that can be performed due to the diurnal rhythm of variation in other ecophysiological parameters affecting soil respiration values.



The evaluation of the data from the 75 measurements will allow the study of the intrinsic variability of the stands and the analysis of the variability of the soil carbon fluxes. 74 transects were also sampled microcoenologically to investigate the relationships between structure and functioning in these communities.

2. I investigated the possibility of reducing the length of the previously used 52 m standard microcoenological sampling transects. Comparing contrasting types of communities and long-term monitoring data series, I found that 15 m long transects are well suited for the detection of microcoenological diversity patterns. This allowed me to combine the previously developed ecophysiological sampling setup based on 15m long circular transects with microcoenological sampling.

3. Using a large number of records (74 transects), I coordinated and optimized the parameters of the microcoenological analyses with the ecophysiological studies. I found that fine spatial scales (around 20 cm) provide the best estimates of soil respiration CV% and floral diversity after omitting species less abundant than 1%.

4. Using classical coenological methods, I analysed the composition of the vegetation according to Borhidi's social behaviour types, using the cover values of each species. This approach allowed me to get an idea of the coenological conditions, degradation and degree of stand disturbance of the patches represented by each transect. In addition to the traditional descriptive approach, I compared the average cover values per transect of the categories that best represented the naturalness of the stands (competitors and ruderal competitors) with the variability of soil respiration that characterizes the functioning of the association. In the presence of large differences in values (well-organised pristine grassland and associated parcels representing the early stages of old field succession in the same site), the two variables showed significant correlation, but when all sites were considered together, only a weak linear correlation between the variables was observed.

5. By jointly examining floral diversity values and soil respiration variation at different spatial scales, I found significant correlation between the two variables: as the floral diversity value representing structure increases, the variation in soil respiration decreases, i.e. the higher the structural complexity of a vegetation stand, the more stable and the less variation it exhibits.

## **6. List of publications**

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

1. Zita Zimmermann, Gábor Szabó, András István Csathó, Judit Sallainé Kapocsi, Szilárd Szentés, Melinda Juhász, Judit Házi, Cecília Komoly, Klára Virágh, Zsuzsanna Harkányiné Székely, Zsuzsanna Sutyinszki, Sándor Bartha: The impact of the lesser blind mole rat [*Nannospalax* (superspecies *leucodon*)] on the species

composition and diversity of a loess steppe in Hungary. *Applied Ecology and Environmental Research*, 12(2):591-602. (IF=0.456)

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=3.905)

3. Szilvia Fóti, János Balogh, Marianna Papp, Péter Koncz, Dóra Hidy, Zsolt Csintalan, Péter Kertész, Sándor Bartha, Zita Zimmermann, Marianna Biró, László Horváth, Erik Molnár, Albert Szaniszló, Krisztina Kristóf, Györgyi Kampfl, Zoltán Nagy: Temporal variability of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O flux spatial patterns at a mowed and a grazed grassland. *Ecosystems*, <https://doi.org/10.1007/s10021-017-0138-8>. IF (2016/2017): 4.198 (D1)

4. Szilvia Fóti, János Balogh, Michael Herbst, Marianna Papp, Péter Koncz, Sándor Bartha, Zita Zimmermann, Cecília Komoly, Gábor Szabó, Katalin Margóczy, Manuel Acosta, Zoltán Nagy: Meta-analysis of field scale spatial variability of grassland soil CO<sub>2</sub> efflux: interaction of biotic and abiotic drivers. *Catena* 143:78-89. IF(2015): 2.612 (Q1)

5. Backhaus, L., Albert, G., Cuchietti, A., Jaimes Nino, L. M., Fahs, N., Lisner, A., Kolář Vojtěch, Kermavnar Janez, Widmer Stefan, Zimmermann Zita, Rofrics Nora, de Bello Francesco, Lepš Jan & García Medina, N. (2021). Shift from trait convergence to divergence along old-field succession. *Journal of Vegetation Science*, 32(2), e12986. (IF=3.389)

6. Terziyska, Tsvetelina S.; Tsakalos, James L.; Bartha, Sándor; Apostolova, Iva; Sopotlieva, Desislava; Zimmermann, Zita; Szabó, Gábor; Wellstein, Camilla: 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.* (2020) (IF=2.838)

7. Behlül Güler, Anke Jentsch, Iva Apostolova, Sándor Bartha, Juliette M.G. Bloor, Giandiego Campetella, Roberto Canullo, Judit Házi, Jürgen Kreyling, Julien Pottier, Gábor Szabó, Tsvetelina Terziyska, Emin Uğurlu, Camilla Wellstein, Zita Zimmermann, Jürgen Dengler: How plot shape and spatial arrangement affect plant species richness counts: implications for sampling design and rarefaction analyses. *Journal of Vegetation Science*, 27(4):692–703. IF(2015): 3.151 (Q1)

8. Gábor Szabó, Zita Zimmermann, Andrea Catorci, Péter Csontos, Barnabás Wichmann, Szilárd Szentés, Attila Barczi, 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)

9. 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.

10. 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: Impact of shrub cover and wild ungulate browsing on the vegetation of restored mountain hay meadows. *Tuexenia* : 40 pp. 445-457., 13 p. (2020)

11. 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

#### ***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*.

2. Szegleti, Z., Czóbel, S., Zimmermann, Z., & Horváth, F. (2020). How do Central European forest stands respond to climate change-Review. *COLUMELLA: JOURNAL OF AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES*, 7(1), 35-46.

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)

#### ***In a Hungarian non-impact factor journal in Hungarian***

1. Zimmermann Zita, Pápay Gergely, Szendrei Ferenc Bence: Szarvasmarha legelőként és kaszálóként hasznosított Tura melletti üde gyepek összehasonlító cönológiai elemzése. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 2018/16(1): 49-63.

2. Szabó Gábor, Zimmermann Zita: Balaton-felvidék (Badacsonytördemic, Balatoncsicsó) szarvasmarha-legelőinek természetvédelmi és a fajok relatív

ökológiai szerinti értékelése. Gyepgazdálkodási Közlemények, 2016/14 (1): 43-48.

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)

4. Péter, N., Bajor, Z., Saláta, D., Pápay, G., Lisztes-Szabó, Z., Stilling, F. T., Zimmermann Zita & Penksza, K. (2022). Sandy grasslands regeneration results of the conservation management on the Homoktövis Conservation Area in Budapest (2009–2021). *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 19(2), 33-35.

5. Hajnóczki Sándor, Illyés Eszter, Donkó Ádám, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Penksza Károly: Magas biológiai értékű tömegetakarmányt biztosító gyep kialakítása az ökológiai gazdálkodás keretei között: előzetes eredmények. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 2014 (1-2), 11-16. (2016).

6. Hajnóczki Sándor, Stilling Ferenc Tamás, Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Póti Péter, Házi Judit, Szentes Szilárd, Sutyinszki Zsuzsanna, Kerényi-Nagy Viktor, Wichmann Barnabás, Penksza Károly: Kecskelegelők botanikai és természetvédelmi vizsgálatai és értékelése. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 2014 (1-2), 17-28. (2016).

7. Szegleti 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.

8. 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.

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

10. Pápay, Gergely; Szabó, Gábor; Szőke, Péter; Zimmermann, Zita; Fűrész, Attila; Péter, Norbert; Penksza, Károly: Természetes és telepített homoki gyepök vegetációjára és biomassza-vizsgálataira kisalföldi mintaterületeken. *GYEPGAZDÁLKODÁSI KÖZLEMÉNYEK* 17: 1 pp. 35-42., 8 p. (2019)

***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. Zita Zimmermann, Gábor Szabó, András István Csathó, Szilárd Szentes, Judit Házi, Sándor Bartha: A magyar földikutya (*Nannospalax hungaricus*) túrásainak hatása battonya-tompapusztai löszgyep vegetációjára / Effect of the lesser blind mole rat (*Nannospalax hungaricus*) on the vegetation of a loess steppe meadow in Battonya-Tompapuszta. In: Zimmermann, Z., Szabó, G. (szerk.): NATURA 2000 területek természetvédelmi vizsgálatai, élőhelykezelési, fenntartási tapasztalatai a "Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében III." című konferenciasorozat keretében – absztraktkötet / Nature conservation investigations in NATURA 2000 sites, in „Sustainable development in the Carpathian basin III” conference – Book of abstracts (ISBN 978-963-269-526-6), p. 77. (poszter)

2. Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Fóti Szilvia, Andraz Carni, Csathó András, Házi Judit, Margóczy Katalin, Bartha Sándor: Szümfiziológiai és mikrocönológiai mintázatok összefüggései gyepekben. BOTANIKAI KÖZLEMÉNYEK 103:(2) pp. 264. (2016), előadás az MBT Botanikai Szakosztályának 1472. szakülésén, Budapest, 2016. március 21. (előadás)

3. Zita Zimmermann, Gábor Szabó, Szilvia Fóti, János Balogh, Andraž Čarni, András István Csathó, Katalin Margóczy, Sándor Bartha: Spatial variation of soil respiration, as a potential indicator of functional reliability in grasslands. In: Guarino, R., Bazan, G., Barbera, G. (eds.): The 60th IAVS Annual Symposium (Vegetation patterns in natural and cultural landscapes) – Abstract Book, p. 373., ISBN: 978-88-99934-43-9

4. Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Fóti Szilvia, Balogh János, Andraž Čarni, Csathó András István, Margóczy Katalin, Bartha Sándor: A talajlégzés térbeli variációja, mint a működés megbízhatóságának egy lehetséges indikátora. In: Hajdu T. et al. (szerk.): XXX. Vándorgyűlés – Program és összefoglalók, p. 33. ISBN 978-963-87343-8-9

5. Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Bartha Sándor: Földalatti ökoszisztéma-mérnök fajok szerepe a gyepek fenntartásában. In: Hajdu T. et al. (szerk.): XXX. Vándorgyűlés – Program és összefoglalók, p. 107. ISBN 978-963-87343-8-9

6. 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.) Arccal 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

7. Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Hajnáczi Sándor, Stilling Ferenc Tamás, Póti Péter, Pajor Ferenc, Kerényi-Nagy Viktor, Wichmann Barnabás, Penksza Károly: Kecskelők 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 Növénytan Tanszék, Debrecen, p. 100. ISBN 978-963-473-926-5

8. Zimmermann, Zita; Szabó, Gábor; Bartha, Sándor: Gyepék monitorozásához használt mintavételi módszerek összehasonlítása. In: Hajdu, Tamás; Korsós, Zoltán; Málnási, Csizmadia Gábor; Mecsnóber, 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: 9786158098670

9. Gábor Szabó, Zita Zimmermann, Judit Házi, Sándor Bartha: Variation of biomass as a potential indicator of organization and naturalness of the plant communities / A biomassza variációja, mint a növénytársulások szerveztségének és természetességének lehetséges indikátora. In: Zimmermann, Z. Szabó, G. (szerk.): NATURA 2000 területek természetvédelmi vizsgálatai, élőhelykezelési, fenntartási tapasztalatai a "Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében III." című konferenciasorozat keretében – absztraktkötet / Nature conservation investigations in NATURA 2000 sites, in „Sustainable development in the Carpathian basin III” conference – Book of abstracts (ISBN 978-963-269-526-6), p. 73. (poszter)

10. Sándor Bartha, Zita Zimmermann, Sándor Csete, Judit Házi, Mátyás Szépliget, Cecília Komoly, Róbert Kun, András István Csathó, Gábor Szabó: Szerkezeti megbízhatóság – egy új index gyepék természetességének mérésére / Structural reliability – a new index for measuring naturalness of grasslands. In: Zimmermann, Z., Szabó, G. (szerk.): NATURA 2000 területek természetvédelmi vizsgálatai, élőhelykezelési, fenntartási tapasztalatai a "Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében III." című konferenciasorozat keretében – absztraktkötet / Nature conservation investigations in NATURA 2000 sites, in „Sustainable development in the Carpathian basin III” conference – Book of abstracts (ISBN 978-963-269-526-6), p. 35. (poszter)

11. Sándor Hajnáczi, Éva Csavajda, Eszter Illyés, Ádám Donkó, Károly Penksza, Gábor Szabó, Zita Zimmermann, Dóra Drexler: Magas biológiai értékű tömegtakarmányt biztosító gyep kialakítása az ökológiai gazdálkodás keretei között / Establishing grasslands provide biologically valuable forage in conditions of organic farming. In: Zimmermann, Z., Szabó, G. (szerk.): NATURA 2000 területek természetvédelmi vizsgálatai, élőhelykezelési, fenntartási tapasztalatai

a" Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében III." című konferenciasorozat keretében – absztraktkötet / Nature conservation investigations in NATURA 2000 sites, in „Sustainable development in the Carpathian basin III” conference – Book of abstracts (ISBN 978-963-269-526-6), p. 44. (poszter)

12. Bartha Sándor, Szabó Gábor, Csathó András István, Csete Sándor, Házi Judit, Kálmán Nikolett, Kun Róbert, Komoly Cecília, Mojzes Andrea, Szentes Szilárd, Szépligeti Mátyás, Zimmermann Zita: Növénytársulások szerveződésének mikrocönológiai léptékű térbeli és időbeli variációja. BOTANIKAI KÖZLEMÉNYEK 103:(2) pp. 266-267. (2016), előadás az MBT Botanikai Szakosztályának 1474. előadóülésén, Budapest, 2016. április 25. (előadás)

13. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Andraz Carni, Csathó András István, Házi Judit, Kálmán Nikolett, Komoly Cecília, Kun Róbert, Margóczy Katalin, Mojzes Andrea, Szépligeti Mátyás, Bartha Sándor: Biomassza-produkció térbeli variációja különböző gyeptípusokban. BOTANIKAI KÖZLEMÉNYEK 103:(2) pp. 263-264. (2016), Előadás az MBT Botanikai Szakosztályának 1472. szakülésén, 2016 március 21. Budapest (előadás)

14. Bartha Sándor, Zimmermann Zita, Szépligeti Mátyás, Kun Róbert, Csete Sándor, Komoly Cecília, Házi Judit, Szentes Szilárd, Vadász-Besnyői Vera, Bódis Judit, Ruprecht Eszter, Szabó Anna, Virágh Klára, Kun András, Csathó András István, Penksza Károly, Szabó Gábor: Szimmetriák a növénytársulások szerkezetében. Botanikai Közlemények 104(2): 251–252 (2017), MBT Botanikai Szakosztály 1480. szakülés, 2017.03.20., ISSN 0006-8144

15. Gábor Szabó, Zita Zimmermann, Andraž Čarni, András István Csathó, Judit Házi, Nikolett Kálmán, Cecília Komoly, Róbert Kun, Katalin Margóczy, Andrea Mojzes, Mátyás Szépligeti, Sándor Bartha: Diversity and reliability of biomass production in different grassland types in Hungary. In: Guarino, R., Bazan, G., Barbera, G. (eds.): The 60th IAVS Annual Symposium (Vegetation patterns in natural and cultural landscapes) – Abstract Book, p. 323. ISBN: 978-88-99934-43-9

16. 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

17. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Andraž Čarni, Csathó András István, Házi Judit, Kálmán Nikolett, Komoly Cecília, Kun Róbert, Margóczy Katalin, Mojzes Andrea, Szépligeti Mátyás, Bartha Sándor: Diverzitás és biomassza-produkció megbízhatóságának vizsgálata hazai gyeptársulásokban. In: Hajdu T. et al. (szerk.): XXX. Vándorgyűlés – Program és összefoglalók, p. 34. ISBN 978-963-87343-8-9

18. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Csete Sándor, Kun Róbert, Szentes Szilárd, Virágh Klára, Csathó András István, Házi Judit, Bartha Sándor: Hogyan járul hozzá

a magyar földikutya egy fokozottan védett gyepek diverzitásának a fennmaradásához?  
- A bolygatási rezsim téridőbeli mintázatának hosszú távú vizsgálata. In: Hajdu T. et al. (szerk.): XXX. Vándorgyűlés – Program és összefoglalók, p. 103. ISBN 978-963-87343-8-9

19. Héjja Péter, Herczeg Edina, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Tasi Julianna, Halász András, Bajnok Márta, Nagy Anita, Wichmann Barnabás, Penksza Károly: Természetvédelmi kezelések hatása a dél-tiszántúli szikes gyepek vegetációjára. In: Hajdu T. et al. (szerk.): XXX. Vándorgyűlés – Program és összefoglalók, p. 93. ISBN 978-963-87343-8-9

20. Hajnáczi Sándor, Illyés Eszter, Donkó Ádám, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Penksza Károly: Magas biológiai értékű tömegetakarmányt biztosító gyepek kialakítása bakonycsernyei ökológiai gazdálkodás keretei között: előzetes eredmények. In: Hajdu T. et al. (szerk.): XXX. Vándorgyűlés – Program és összefoglalók, p. 92. ISBN 978-963-87343-8-9

21. 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

22. 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

23. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Nagy Anita, Szentes 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

24. Penksza Károly, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, S.-Falusi Eszter: Egy új nyílt homokpusztai társulás. Botanikai Közlemények 105(2): 290. ISSN 0006-8144

25. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Andrea Catorci, Csontos Péter, Wichmann Barnabás, Szentes Szilárd, Szegleti Zsófia, Penksza Károly: Cönológiai vizsgálatok



nyílt homoki gyepekben. Botanikai Közlemények 105:1, p. 164-165. ISSN 0006-8144

26. 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

27. 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. ISBN 978-963-454-370-1

28. Pápay, G; Szabó, G; Zimmermann, Z; Fűrész, A; S.-Falusi, E; Penksza, K: Phytocenological 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: 978-840-913-738-1

29. Szabó, Gábor; Szegleti, Zsófia; Zimmermann, Zita; Penksza, Károly: Botanikai, természetvédelmi és gyepgazdálkodási 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: 978-963-269-879-3

30. Szegleti, Zsófia; Szabó, Gábor; Zimmermann, Zita; Penksza, Károly: A természetvédelmi kezelés hatásai a dinnyési-fertő szikes gyepjeire. In: Pápay, Gergely (szerk.) "IV. Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében" konferencia. Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetem, Egyetemi Nyomda, (2019) p. 79. ISBN: 978-963-269-879-3

31. 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. Tápíószele, Magyarország: Magyar Biológiai Társaság (2021) 39 p. p. 27, 1 p. ISBN: 9786158098670

32. Bartha, Sándor Házi, Judit; Purger, Dragica; Csete, Sándor; Szabó, Gábor; Csathó, András István; Zimmermann, Zita: The potential role of ungulate browsing

in maintaining restored mountain meadows. In: Hajdu, Tamás; Korsós, Zoltán; Málnási, Csizmadia Gábor; Mecsnóber, 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: 9786158098670

33. 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, Attila; Sonkoly, Judit (szerk.) XIII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia: Program és összefoglalók. 13th "Advances in Research on the Flora and Vegetation of the Carpato-Pannonian Region" International Conference: Programme and Abstracts. Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem Természettudományi Kar (2021) p. 78. ISBN: 9789634903420

34. Csathó, András István; Kun, Róbert; Guller, 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, Attila; Sonkoly, Judit (szerk.) XIII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia: Program és összefoglalók. 13th "Advances in Research on the Flora and Vegetation of the Carpato-Pannonian Region" International Conference: Programme and Abstracts. Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem Természettudományi Kar (2021) p. 56. ISBN: 9789634903420

35. Guller, Zsófia Eszter; Házi, Judit; Bartha, Sándor; Molnár, Csaba; Purger, Dragica; Szabó, Gábor; Zimmermann, Zita; Csathó, András István: A domináns pázsitfűfaj felületésén alapuló módszer hatékonyságának vizsgálata löszparlagon. In: Takács, Attila; Sonkoly, Judit (szerk.) XIII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia: Program és összefoglalók. 13th "Advances in Research on the Flora and Vegetation of the Carpato-Pannonian Region" International Conference: Programme and Abstracts. Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem Természettudományi Kar (2021) p. 93. ISBN: 9789634903420

36. Szabó, Gábor; Zimmermann, Zita; Házi, Judit; Bartha, Sándor: A biomassza-produkció állományon belüli változatosságának becslése különböző gyeptípusokban. In: Hajdu, Tamás; Korsós, Zoltán; Málnási, Csizmadia Gábor; Mecsnóber, 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. ISBN: 9786158098670

37. Szeglet, Zsófia; Ortmann-Ajkai, Adrienne; Zimmermann, Zita; Szabó, Gábor; Víg, Ákos; Horváth, Ferenc: Mintafák élettörténetének követése a Vár-hegy Erdőrezervátum felhagyott öregerdő állományaiban. In: Takács, Attila; Sonkoly, Judit (szerk.) XIII. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében

nemzetközi konferencia: Program és összefoglalók. 13th "Advances in Research on the Flora and Vegetation of the Carpatho-Pannonian Region" International Conference: Programme and Abstracts. Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem Természettudományi Kar (2021) p. 113. ISBN: 9789634903420

38. 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. ISBN: 9789634547563

39. 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

40. 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

### ***Abstracts of oral presentations and posters without an ISBN number***

1. Zita Zimmermann, Gábor Szabó, Szilvia Fóti, János Balogh, Čarni Andraž, András István Csathó, Katalin Margóczy, Sándor Bartha: Relationship between fine-scale functional and coenological patterns in grasslands in Hungary. In: 13th Eurasian Grassland Conference, Sighişoara, Romania – Book of Abstracts, p. 76. (poszter)

2. Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Csathó András István, Szentes Szilárd, Virágh Klára, Házi Judit, Bartha Sándor: A magyar földikutya (*Nannospalax hungaricus*) túrásainak a gyepek finomléptékű mintázatára és diverzitásra gyakorolt hatásának vizsgálata. In: Csorba Gábor, Kovács-Hostyánszki Anikó, Németh Attila, Szepesváry Csaba, Vili Nóra (szerk.): X. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia absztraktkötete, pp. 71-72. (poszter)

3. Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Szentes Szilárd, Penksza Károly, Bartha Sándor: Balaton-felvidéki szarvasmarha-legelők finomléptékű szerkezetének összehasonlító

vizsgálata. In: Csorba Gábor, Kovács-Hostyánszki Anikó, Németh Attila, Szepesváry Csaba, Vili Nóra (szerk.): X. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia absztraktkötete, p. 72. (poszter)

4. Zita Zimmermann, Gábor Szabó, Sándor Bartha, Giandiego Campetella, Behlül Güler, Anke Jentsch, Jürgen Kreyling, Camilla Wellstein, Jürgen Dengler: Effects of rooted and shoot sampling schemes on species richness and species-area curves. In: Milan Chytrý, David Zelený, Eva Hettenbergerová (eds.): 58Th Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science - Understanding broad-scale vegetation patterns: Abstracts, p. 421. (poszter)

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. Tsvetelina Terziyska, Desislava Sopotlieva, Camilla Wellstein, Zita Zimmermann, Gábor Szabó, James Tsakalos, Iva Apostolova, Sándor Bartha: Species diversity and community structure of mountain pastures – a case study from Balkan Range. In: Emiliano Agrillo, Fabio Attorre, Francesco Spada, Laura Casella (eds.): 25th Meeting of the European Vegetation Survey – Book of Abstracts, p. 67. (előadás)

7. Tsvetelina Terziyska, Iva Apostolova, Desislava Sopotlieva, James Tsakalos, Zita Zimmermann, Gábor Szabó, Sándor Bartha, Camilla Wellstein: Functional diversity of high mountain pasture communities: a trait based comparative study. In: 13th Eurasian Grassland Conference, Sighişoara, Romania – Book of Abstracts, p. 63. (előadás)

8. Judit Házi, Dragica Purger, Zita Zimmermann, Gábor Szabó, Gergely Pápay, Barnabás Wichmann, Eszter Saláta-Falusi, Károly Penksza: Effects of management on changes in semi-natural dry grasslands of Natura 2000 network in Hungary. In: Emiliano Agrillo, Fabio Attorre, Francesco Spada, Laura Casella (eds.): 25th Meeting of the European Vegetation Survey – Book of Abstracts, p. 52. (poszter)

9. Gábor Szabó, Zita Zimmermann, Sándor Bartha: Assessing spatial heterogeneity of biomass production in Hungarian grasslands. In: 13th Eurasian Grassland Conference, Sighişoara, Romania – Book of Abstracts, p. 61. (poszter)

10. Bartha Sándor, Szabó Gábor, Zimmermann Zita: A kisémlősök szerepe a füves ökoszisztémák szerveződésében és dinamikájában. In: Csorba Gábor, Kovács-Hostyánszki Anikó, Németh Attila, Szepesváry Csaba, Vili Nóra (szerk.): X. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia absztraktkötete, p. 22. (előadás)

11. Bartha Sándor, Virágh Klára, Szabó Anna, Kun András, Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Ruprecht Eszter: Miről ismerhető fel egy gyeptársulás leromlásának legkorábbi stádiuma? - Egy különlegesen fajgazdag gyeptársulás szerkezetének

változásai egy legeltetési gradiens mentén. In: Csorba Gábor, Kovács-Hostyánszki Anikó, Németh Attila, Szepesváry Csaba, Vili Nóra (szerk.): X. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia absztraktkötete, pp. 54-55. (poszter)

12. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Szentes Szilárd, Virágh Klára, Csathó András István, Házi Judit, Bartha Sándor: A magyar földikutya (*Nannospalax hungaricus*) növényzetre gyakorolt hatásának mikrocönológiai monitorozása a battonyatompapusztai löszgyepekben (2011–2015). In: Csorba Gábor, Kovács-Hostyánszki Anikó, Németh Attila, Szepesváry Csaba, Vili Nóra (szerk.): X. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia absztraktkötete, pp. 67-68. (poszter)

13. Camilla Wellstein, Anke Jentsch, Stefano Chelli, Giandiego Campetella, Roberto Canullo, Iva Apostolova, Juliette Bloor, Kevin Cianfaglione, Jürgen Dengler, Philipp von Gillhaufen, Behlül Güler, Judit Házi, Cecília Komoly, Jürgen Kreyling, Julien Pottier, Desislava Sopotlieva, Gábor Szabó, Tsvetelina Terziiska, Emin Uğurlu, Zita Zimmermann, Sándor Bartha: Trait-based assembly rules across climatic gradients of European grasslands are affected little by extreme drought. In: Milan Chytrý, David Zelený, Eva Hettenbergerová (eds.): 58<sup>th</sup> Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science - Understanding broad-scale vegetation patterns: Abstracts, p. 406. (előadás)

14. Gábor Szabó, Zita Zimmermann, Judit Házi, András István Csathó, Sándor Bartha: Fine-scale spatial variability of biomass in grasslands as a potential indicator of naturalness and management. In: Milan Chytrý, David Zelený, Eva Hettenbergerová (eds.): 58<sup>th</sup> Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science - Understanding broad-scale vegetation patterns: Abstracts, p. 365. (poszter)

15. Sándor Bartha, Sándor Csete, Ladislav Mucina, Eszter Ruprecht, Klára Virágh, András Horváth, Anna Szabó, Judit Házi, Zita Zimmermann, Gábor Szabó, András Kun, Zsolt Molnár: Relationship between diversity components in dry grasslands. In: Milan Chytrý, David Zelený, Eva Hettenbergerová (eds.): 58<sup>th</sup> Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science - Understanding broad-scale vegetation patterns: Abstracts, p. 36. (poszter)

16. Fóti Szilvia, Balogh János, Michael Herbst, Papp Marianna, Koncz Péter, Bartha Sándor, Zimmermann Zita, Komoly, Cecília, Szabó Gábor, Margóczy Katalin, Manuel Acosta, Nagy Zoltán: Metaanalízis gyepek talajlégzésének térbeli mintázatáról. In: Padisák Judit, Liker András, Stenger-Kovács Csilla (szerk.): A X. Magyar Ökológus Kongresszus absztraktkötete, p. 55. (poszter)

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

18. Bartha Sándor, Csete Sándor, Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Virágh Klára,

Házi Judit, Kun András, Csathó András István, Komoly Cecília, Molnár Zsolt: Stabilizálják-e a társulásokat 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.

19. 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.

20. Szabó Gábor, Zimmermann Zita, Andraž Čarni, Csathó András István, Házi Judit, Komoly Cecília, Kun Róbert, Margóczy Katalin, Szépligeti Mátyás, Bartha Sándor: A diverzitás és a biomassza-produkció megbízhatóságának vizsgálata különböző gyeptípusokban. In: Mizsei Edvárd, Szepessy Csaba (szerk.): XI. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia - "Sikerek és tanulságok a természetvédelemben" - Absztrakt kötet, p. 120.

21. 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 homokpusztagyeppek 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.

22. 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.

23. 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.

24. 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.

25. 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, Zelený (szerk.) Book of Abstracts - 63rd IAVS Virtual Symposium

26. Bartha, Sándor; Szabó, Gábor; Házi, Judit; Purger, Dragica; Csete, Sándor; Csathó, András István; Kröel-Dulay, György; Zimmermann, Zita: Sztochasztikus társulásszerveződési modellek vizsgálata hosszú-távú téridő 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.

## 7. References

Bartha, S., Szabó, G., Csete, S., Purger, D., Házi, J., Csathó, A. I., Campetella, G., Canullo, R., Chelli, S., Tsakalos, J. L., Ónodi, G., Kröel-Dulay, Gy. & Zimmermann, Z. (2022): High-Resolution Transect Sampling and Multiple Scale Diversity Analyses for Evaluating Grassland Resilience to Climatic Extremes. *Land*, 11(3), 378.

Borhidi A. (1995): Social behavior types, the naturalness and relative ecological indicator values of the highre plants in the Hungarian Flora. *Acta bot. hung.*, 39(1-2): 97-181.

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., ... & Naeem, S. (2012): Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59-67.

Daily, G. (Ed.). (1997): *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press.

Davidson, E.A., Savage, K., Verchot, L., Navarro, R., (2002): Minimizing artifacts and biases in chamber-based measurements of soil respiration. *Agric. For. Meteorol.* 113, 21–37.

Fóti, Sz. (2008): Gyepék CO<sub>2</sub>-gázcserejének finomléptékű térbeli változékonysága és mintázata. PhD Értekezés, Gödöllő.

Szilvia Fóti, János Balogh, Michael Herbst, Marianna Papp, Péter Koncz, Sándor Bartha, Zita Zimmermann, Cecília Komoly, Gábor Szabó, Katalin Margóczy, Manuel Acosta, Zoltán Nagy (2016): Meta-analysis of field scale spatial variability of grassland soil CO<sub>2</sub> efflux: interaction of biotic and abiotic drivers. *Catena* 143:78-89

Grolemund, G., Wickham, H. (2011): Dates and Times Made Easy with lubridate. *Journal of Statistical Software*, 40(3), 1-25. URL <https://www.jstatsoft.org/v40/i03/>.

Hooper, D. U., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., ... & Wardle, D. A. (2005): Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological monographs*, 75(1), 3-35.

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

Juhász-Nagy, P. (1986): Egy operatív ökológia hiánya, szükséglete és feladatai. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Juhász-Nagy P. (1993). Notes on compositional diversity. *Hydrobiologia* 249: 173-182.

Juhász-Nagy, P., Podani, J. (1983): Information theory methods for the study of spatial processes and succession. *Vegetatio* 51: 129–140.

Koncz, P., Vadász-Besnyői, V., Csathó, A. I., Nagy, J., Szerdahelyi, T., Tóth, Z., ... & Bartha, S. (2020): Carbon uptake changed but vegetation composition remained stable during transition from grazing to mowing grassland management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 304, 107161.

Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J. P., Hector, A., ... & Wardle, D. A. (2001): Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science*, 294(5543), 804-808.

Luo, Y., & Zhou, X. (2010): *Soil respiration and the environment*. Elsevier.

Lu, H., Li, S., Ma, M., Bastrikov, V., Chen, X., Ciais, P., Dai, Y., Ito, A., Ju, W., Lienert, S., Lombardozzi, D., Lu, X., Maignan, F., Nakhavali, M., Quime, T., Schindlbacher, A., Wang, J., Wang, Y., Wårlind, D., Zhang, S. & Yuan, W. (2021): Comparing machine learning-derived global estimates of soil respiration and its components with those from terrestrial ecosystem models. *Environmental Research Letters*, 16(5), 054048.

Naeem, S., Li, S. (1997): Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature*, 390(6659), 507-509.

R Core Team (2020): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>

Tilman, D. (1999): The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology* 80:1455-1474.

Tsakalos, J. L. et al. (2022): comspat: an R package to analyze within-community spatial organization using species combinations. – *Ecography* 2022: 1–8 (ver. 1.0).



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.

Wohlfahrt G., Bahn M., Tappeiner U., Cernusca A. (2001): A multi-component, multi-species model of vegetation-atmosphere CO<sub>2</sub> and energy exchange for mountain grasslands. *Agricultural and Forest Meteorology*, 106 261-287. p.

Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., ... & Watson, R. (2006): Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *science*, 314(5800), 787-790.

Zhou L, Zhou X, Zhang B, Lu M, Luo Y, Liu L & Li B (2014): Different responses of soil respiration and its components to nitrogen addition among biomes: a meta-analysis. *Glob. Change Biol.* 20 2332–43.