

Doctoral School of Geosciences

The late Quaternary environmental history of the Hortobágy landscape

Theses of the doctoral dissertation

Author

Szilágyi Gábor Levente

Supervisor

Prof. Dr. Sümegei Pál DSc.

Consultant

Dr. Gulyás Sándor



Department of Geology
Faculty of Science and Informatics
University of Szeged
2024

1. Introduction and aims

According to the prevailing academic views at the time of the foundation of the Hortobágy National Park there were two major human activities that significantly changed the original character of the flat landscape of the Hortobágy region. The first one was supposed to be, like in other lowland areas of Europe, the cutting down of forests to create pastures for grazing domestic animals, mostly cattle and sheep. In the only monograph of the Hortobágy National Park (Béres et al. 1976) the secondary character of the alkaline grassland-wetland mosaics was assumed as a starting point for the future management of the grassland-wetland mosaics of the National Park. However, according to a recent critical source analysis, the presence of continuous forests in the Hortobágy region was assumed on the basis of the misinterpretation of a royal charter issued in the mid-15th century (Molnár 2009). Based on this source the presence of extensive woodlands was presumed for the period preceding the flood control measures. Thus extensive deforestation and desiccation was blamed to initiate alkalization. However, *Zsolt Molnár* was the first to point out that no information was given regarding the presence of woodlands in the Hortobágy area in the referred charter.

The second significant human intervention that was supposed to play an important role in the significant extension alkaline areas was the landscape scale change of the water regime of the Hortobágy by the major river regulation and drainage works started in the mid-19th century. This assumption is contradicted by descriptions of naturalists, such as *Pál Kitaibel* (Lőkös 2001) and *Robert Townson* (Townson 1797), indicating the presence of alkaline soils and vegetation in large areas before the start of hydroregulation measures in the Hortobágy region. These observations are also supported by the relevant map sheets of the first military mapping survey of Hungary and their description (Pók 1994), undertaken in the second half of the 18th century. In addition, the presence of endemic plant species in the Hortobágy National Park, which occur exclusively in alkaline habitats, also indicates a much earlier appearance of such vegetation in the region (Lesku & Molnár 2007).

The secondary character of the Hortobágy landscape seemed to be confirmed by the theories on the development of alkaline soils, which completely excluded the possibility of alkalization during the glacial periods, stating that the environmental conditions in the Hungarian Lowlands were not favourable for the process (Miháltz 1947). As a result, the presence of glacial alkaline deposits, or signs of prehistoric alkalization were not assumed and

searched for in the Great Hungarian Plain. In 1988 a multi-proxy paleoecological study of an undisturbed core series from the eastern edge of the Hortobágy landscape succeeded in identifying an alkaline paleosol horizon dated between 30-40,000 years beneath the glacial loess deposits (Sümegei 1989, Szöör et al. 1991, 1992, Sümegei 2001, 2003). These studies provided consistent evidence that conditions favourable to alkalization may have developed during the last glacial cycle dated to MIS3 as part of an intense brief interstadial warming (Sümegei 1989). In addition, cores taken from Bronze Age burial mounds also revealed the presence of buried chernozem and alkaline soils in the Hortobágy region in the Early Holocene as well (Sümegei 1989, Sümegei & Szilágyi 2011).

The general objective of my research was to contribute to the future conservation management of the Hortobágy National Park through the identification of the milestones of the late Quaternary environmental history of the Hortobágy landscape. To achieve this, I have implemented a multi-proxy study and analysis of a complete fluvial cycle dating back to 50,000 years in the largest wetland-grassland mosaic habitat complex of the Hortobágy National Park, the Kunkápolnás marsh system (Szilágyi et al. 2024). The specific objectives of my research and the main questions to be answered were as follows:

1. Are the alkaline soils of the Hortobágy of primary or secondary origin?
2. How the water regime of the Hortobágy landscape developed and functioned until the hydroregulation measures started in the mid-19th century?
3. What were the major stages of vegetation changes of the area over the last 50,000 years, particularly with regard to the occurrence of alkaline habitats?
4. How much did human activity change the landscape of Hortobágy in the second half of the Holocene?

In addition, based on the scientific results of my thesis, I highlight the lessons that can be drawn from environmental history and landscape change for the conservation management of the Hortobágy National Park.

2. Applied methods

The study area of my research is located in the southwestern part of the Hortobágy National Park, including two sampling points, a former riverbed (Róna Basin) and a kurgan built by the people of the Yamnaja culture. Samples were taken by undisturbed core drilling for both sampling points,

which are only 700 m apart. The overall sampling and processing procedure was based on the international Quaternary paleoecological method of Birks & Birks (Birks & Birks 1980). A full range of analyses, including geochronological, sedimentological, geochemical, macrobotanical, malacological and pollen analyses, were carried out on the samples from the Róna Basin, while the first three (geochronology, sedimentology and geochemistry) were undertaken on the samples of the Ecse mound.

2.1. Róna Basin

Samples were taken in winter to avoid possible pollen contamination, and they were subjected to sedimentological, geochemical, palynological, malacological, plant macrofossil and ^{14}C chronological analyses.

The core was subsampled at 2 cm/4 cm intervals for pollen analysis. Samples of 1 cm³ were obtained using a volumetric sampler and processed for pollen analysis (Berglund 1986). Some pollen samples were analyzed using the Zólyomi–Erdtman ZnCl₂ method, which is the most commonly used method in Hungary (Zólyomi 1952), as this method provides better results than others for oxbow lake sediments (Magyari 2002). A known amount of exotic pollen was added to each sample to determine the concentration of identified pollen grains (Stockmarr 1971). To ensure a statistically manageable sample size, at least 300 grains per sample were counted (excluding exotics) (Maher 1972). Charcoal abundance was determined using the point count method (Clark 1982). Tablets with known *Lycopodium* spore content (from Lund University, Lund, Sweden) were added to each sample to calculate pollen concentrations and accumulation rates. Pollen types were identified and modified according to Moore et al. (Moore 1991), *Hans-Jürgen Beug* (Beug 2004), *Radka Kozáková* and *Petr Pokorný* (Kozáková & Pokorný 2007), supplemented by examinations of photographs by *Maurice Reille* (Reille 1992, 1995, 1998) and reference material held in the Hungarian Geological Institute in Budapest. The analysis of local pollen zones and the statistical interpretations were carried out with the Psimpoll software package (version 4.26) created by *Keith David Benneth* (Benneth 2005). For macrobotanical studies, QLCMA analyses (Barber 1994, Sugita 1994) were used. For the quarter-malacological analyses, the methods, assessments, and recent distribution data of *Vojen Ložek* (Ložek 1964), *Bruce Wilfred Sparks* (Sparks 1964), *Witold Pawel Alexandrowicz* (Alexandrowicz 2004, Alexandrowicz 2014), *Endre Krolopp* (Krolopp 1965, 1973, 1983), and *Francisco Welter-Schultes* (Welter-Schultes 2012) were applied, and the samples were pooled at 16 cm intervals to achieve a minimum of 100 per sample.

Paleovegetation can be reconstructed from pollen data using several approaches. For our purposes, the key goal was to assess the extent to which the surrounding landscape and region were occupied by forest–steppe or steppe, as opposed to a closed forest (Magyari et al. 2010). In my work, the so-called biomization method (Prentice 1996) was used, complemented by an indicator taxa approach to infer the potential local presence of steppe (Magyari et al. 2010, Magyari 2011).

2.2. *Ecse mound*

Sediment types were determined and described on the field using the Troels-Smith system (Troels-Smith 1955), internationally accredited for paleoecological works. Both wet and dry colors were determined (Munsell 2000).

Measuring magnetic susceptibility (MS) has proved to be one of the best methods to yield reliable stratigraphic data in case of studies of mounds (Sümegei 2012, 2013, Bede et al. 2014, Bede et al. 2015, Sümegei et al. 2015a). Samples were taken at 2–4-cm intervals. Prior to the start of the measurement, all samples were crushed in a glass mortar after weighing. Then samples were cased in plastic boxes and dried in air in an oven at 40°C for 24 hr. Afterwards, magnetic susceptibilities were measured at a frequency of 2 kHz using an MS2 Bartington magnetic susceptibility meter with a MS2E high resolution sensor (Dearing 1994). All the samples were measured three times and the average values of magnetic susceptibility were computed and reported.

The grain size composition of sedimentological samples was carried out using the laser-sedigraph method. First the samples were pre-treated with 1 M HCl and H₂O₂ to remove CaCO₃ and organic content respectively. A more detailed description of the pre-treatment process is given by Konert and Vandenberghe (Konert & Vandenberghe 1997). All the samples were measured for 42 intervals between 0.0001 and 0.5mm using an Easy Laser Particle Sizer 2.0 and Fritsch sieves in Szeged (Hungary). For LOI examination sub-samples were taken at every 2–4-cm intervals and the loss on ignition method was applied, commonly used for the analysis of the organic and carbonate content on calcareous sediments (Dean 1974).

Six shell samples were submitted for radiocarbon dating taken from major stratigraphic units for AMS ¹⁴C dating measurements (Szilágyi et al. 2018, Szilágyi et al. 2019), which were done in the internationally referenced AMS laboratory of Seattle, WA, USA.

Calibrated ages are reported as age ranges at the 2-sigma confidence level (95.4%). A U_Sequence age-depth model was constructed for the upper part

of the sequence representing the actual mound via Bayesian modelling using OxCal (Bronk Ramsey 2009).

3. New scientific results

My research has provided the following new scientific results and answers to the questions raised above:

1. My research demonstrates that the Hortobágy solonetz soils have developed as a result of natural geological processes and have been present in the central and southern part of the Hortobágy National Park for tens of thousands of years (Szilágyi, Náfrádi & Sümegei 2019). Conditions favourable to alkalization had already developed during the last glacial cycle, dated to MIS3, as part of an intense brief interstadial (Dansgaard-Oeschger cycle event) between 25-30,000 years BP.
2. I have revealed the major hydrological changes of the Hortobágy over the last 50,000 years, which lead to a regime characterizing the landscape until the middle of the 19th century. A fluvial sedimentary phase had characterized the studied riverbed until 25-27,000 years BP, followed by a cut-off meander one to 15-18,000 years, when River Tisza had occupied its current valley, separating the Hortobágy on its left side from the alkaline areas of the Borsodi Mezőség on the right, and the region was no longer the floodplain of the Sajó-Hernád river-system (Sümegei & Szilágyi 2010).
3. By the collective analysis and interpretation of the pollen, macrobotanical, and malacological data I have been able to demonstrate that the first patches of alkaline vegetation were established during the cold maximum of the glacial period in the study area (Sümegei et al. 2013). General alkalization and a drier steppe phase became widespread in the region with the gradual warming of the climate from the Late Glacial to about 12,000–13,000 years. It appears that no forest phase was established in the area at the beginning of the Early Holocene, but a mosaic vegetation structure of a forest–steppe developed, where trees occurred only at the margins of the former watercourses (Szilágyi et al. 2024).
4. Through the joint interpretation of the results of my paleoecological studies and the available archaeological information I have shown that it is unlikely that there were significant human-induced changes in the character of the Hortobágy landscape in the second half of the Holocene, which was most probably only suitable for animal keeping in the last 5-6000 years (Szilágyi et al. 2024). The Yamnaja culture was represented by large livestock keeping human communities, therefore it is unlikely

that they changed the character of the Hortobágy landscape beyond the construction of the kurgans. Their massive appearance in the period of 3100/3000-2600/2500 BC in the Great Hungarian Plain, including the Hortobágy landscape indicate the beginning of the period, during which the land management by domestic animals gradually increased and eventually completely took over habitat management, i.e., the grazing role of large ungulates, such as the wild horse, aurochs and the European bison.

Hortobágy National Park, Hungary's largest protected area, was established in 1973 in the central part of the Hortobágy landscape, which was little affected by the human interventions of the past 150 years, therefore the natural alkaline grassland-wetland complexes continue to dominate the landscape to this day. The two critical issues of the management of the steppe ecosystem are the establishment of a proper grazing and hydrological, i.e. water supply system. The recently legislated zoning system, including not only a management-oriented zonation within the park, but also the designation of a more than 90,000 ha large buffer zone around it, provides a sound basis for the conservation management of the Hortobágy National Park in the future. Of all the management tasks, the reconstruction of the hydrological system at landscape level appears to be the most important, the importance of which is underlined by the challenges posed by climate change.

4. Összefoglalás

Vizsgálati eredményeim bizonyítják és megerősítik azt a feltételezést, hogy a hortobágyi szolonyec talajok természetes geológiai folyamatok eredményeként alakultak ki, és több tízezer éve jelen vannak a Hortobágyi Nemzeti Park középső és déli részén. A szikesedés számára kedvező feltételek már az utolsó, MIS3-ra datált jégkorszak során kialakultak, egy rövid, de intenzív interstadiális (Dansgaard-Oeschger-ciklus esemény) részeként, BP 25-30.000 év között. A Hortobágyi Nemzeti Park délnyugati részén, a Róna-fenék nevű, egykori folyómederbe mélyített zavartalan magfűrés szedimentológiai vizsgálatával bemutatom a Hortobágy elmúlt 50.000 évének jelentős hidrológiai változásait, amelyek a XIX. század közepéig a tájat jellemző vízrendszer kialakulásához vezettek. A vizsgált folyómedret BP 25-27.000 évig egy fluviális üledékképződési fázis jellemezte, majd 15-18.000 évig egy elvágott meanderes szakasz következett, amikor a Tisza elfoglalta jelenlegi völgyét, elválasztva a folyó bal partján maradt Hortobágyot a jobb parti Borsodi Mezőség szikes területeitől. A pollen-, makrobotanikai és malakológiai adatok együttes elemzésével és értelmezésével sikerült kimutatnom, hogy a szikes vegetáció első foltjai a jégkorszak hidegmaximuma idején alakultak ki a vizsgált területen. Az

általános lúgosodás és a szárazabb sztyeppfázis az éghajlat fokozatos felmelegedésével a késő-glaciális időszaktól körülbelül 12-13,000 éves korig terjedt el a térségben. Az kapott adatok arra utalnak, hogy a korai holocén kezdetén erdőfázis, hanem egy mozaikos erdősztyepp vegetációs struktúrája alakult ki a területen, ahol fás vegetáció csak az egykori vízfolyások peremén fordult elő. Paleoökológiai vizsgálataim eredményeinek és a rendelkezésre álló régészeti adatok együttes értelmezésével kimutattam, hogy a holocén második felében vélhetően nem voltak jelentős, ember okozta változások a hortobágyi táj jellegében, melyen a legnagyobb nyomot a Yamnaja kultúra nagyállattartó emberi közösségei hagyták a kurgánok építésének köszönhetően.

5. References

- Alexandrowicz, W. P. (2004). Molluscan assemblages of Late Glacial and Holocene calcareous tufa in Southern Poland. *Folia Quaternaria* 75: 3-309.
- Alexandrowicz, W. P. (2014). Malacological sequence of Weichselian (MIS 5-2) loess series from a profile in Grodzisko Dolne (southern Poland) and its palaeogeographic significance. *Quaternary International* 319: 109-118.
- Barber, K. E., Chambers, F. M., Maddy, D., Brew, J. (1994). A sensitive high resolution record of the Holocene climatic change from a raised bog in northern England. *The Holocene* 4: 198-205.
- Bede, Á., A. I. Csathó, P. Czukor, D. G. Páll, G. Szilágyi & P. Sümegi (2014). A hortobágyi Ecse-halom geomorfológiai, tájtörténeti, botanikai, szedimentológiai és mikromorfológiai vizsgálatának előzetes eredményei [Preliminary results of the geomorphological, landscape historical, botanical, sedimentological and micromorphological analyses of the Ecse-mound in Hortobágy]. *Környezetföldtani és környezettörténeti kutatások a dunai Alföldön [Environment Geological and Environment Historical Research in the Great Hungarian Plain Along the Danube River]*. P. Sümegi. Szeged, *GeoLitera*: 29-41.
- Bede, Á., R. B. Salisbury, A. I. Csathó, P. Czukor, D. G. Páll, G. Szilágyi & P. Sümegi (2015). Report of the complex geoarcheological survey at the Ecse-halom kurgan in Hortobágy, Hungary. *Central European Geology* 58: 268-289.
- Bennett, K. D. (2005, 12 February 2008). "Psimpoll." Retrieved 22 August 2010, from <http://www.kv.geo.uu.se/psimpoll.html>.
- Béres, A., I. Bodó & P. Jakucs (1976). Hortobágy - A nomád Pusztától a Nemzeti Parkig. Budapest, Natura.
- Berglund, B. E., Ralska-Jasiewiczowa, M. (1986). Pollen analysis and pollen diagrams. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. B. E. Berglund. Chichester-Toronto, J. Wiley and Sons Ltd.
- Beug, H. J. (2004). Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. München, Germany, Pfeil.
- Birks, H. J. B. & H. H. Birks (1980). *Quaternary paleoecology*. London, Edward Arnold.
- Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51: 337-360.
- Clark, R. L. (1982). Point count estimation of charcoal in pollen preparations and thin sections of sediments. *Pollen et Spores* 24: 523-535.

- Dearing, J. (1994). *Environmental Magnetic Susceptibility: Using the Bartington MS2 System*. Kenilworth, UK, Chi Publishing.
- Kozáková, R. & P. Pokorný (2007). Dynamics of the biotopes at the edge of a medieval town: pollen analysis of Vltava river sediments in Prague, Czech Republic. *Preslia* 79: 259-281.
- Krolopp, E. (1965). Mollusc fauna of the sedimentary formations of the Quaternary period, Hungary. *Acta Geologica Hungarica* 9: 153-160.
- Krolopp, E. (1973). Quaternary malacology in Hungary. *Földrajzi Közlemények* 21: 161-171.
- Krolopp, E. (1983). Biostratigraphic division of Hungarian Pleistocene Formations according to their Mollusc fauna. *Acta Geologica Hungarica* 26: 62-89.
- Lesku, B. & A. Molnár (2007). *A Hortobágy növényritkaságai*. Debrecen, Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság.
- Ložek, V. (1964). Quartärmollusken der Tschechoslowakei. *Rozpravy Ústředního ústavu geologického* 31: 1-374.
- Lőkös, L. (2001). *Diaria Itinerum Pauli Kitaibelii III*. Budapest, Természettudományi Múzeum.
- Magyari, E., J. C. Chapman, D. G. Passmore, J. R. M. Allen, J. P. Huntley & B. Huntley (2010). Holocene persistence of wooded steppe in the Great Hungarian Plain. *Journal of Biogeography* 37: 915-935.
- Magyari, E. K. (2002). Climatic versus human modification of the Late Quaternary vegetation in Eastern Hungary. Ph.D, Debrecen University.
- Magyari, E. K. (2011). Late quaternary vegetation history in the Hortobágy steppe and Middle Tisza floodplain, NE Hungary. *Studia Botanica Hungarica* 42: 185-203.
- Maher, L. J. J. (1972). Nomograms for computing 0.95 confidence limits of pollen data. *Review of Palaeobotany and Palynology* 13: 85-93.
- Miháltz, I. (1947). A Duna-Tisza csatorna geológiai viszonyainak tanulmányozása. *A Duna-Tisza csatorna*. H. Lampl and F. Hallósy. Budapest, Hungary, Egyetemi Nyomda.
- Molnár, Z. (2009). A Hortobágy hazánk egyik legősibb növényzetű tája. Válogatás az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet kutatási eredményeiből, *ÖBKI Műhelyfüzetek* 2. K. Török, K. T. Keve and M. Kertész. Vácrátót, Hungary, MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet: 143-148.
- Moore, P. D., Webb, J.A.; Collinson, M.E. (1991). *Pollen Analysis*. Oxford, UK, Blackwell Scientific Publications.

- Munsell, A. H. (2000). Munsell soil color charts. Baltimore (MD), Munsell Color Company.
- Pók, J. (1994). Szabolcs vármegye katonai leírása 1782-1785. Nyíregyháza, Hungary, Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Levéltár Kiadványa.
- Prentice, I. C., Guiot, J., Huntley, B., Jolly, D., Cheddadi, R. (1996). Reconstructing biomes from palaeoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka. *Climate Dynamics* 12: 185-194.
- Reille, M. (1992). Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Marseille, Laboratoire de Botanique historique et Palynologie.
- Reille, M. (1995). Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Supplément 1. Marseille, Laboratoire de Botanique historique et Palynologie.
- Reille, M. (1998). Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord: Supplément 2. Marseille, Laboratoire de botanique historique et palynologie.
- Sparks, B. W. (1964). Non-marine Mollusca and Quaternary ecology. *The Journal of Animal Ecology* 33: 87-98.
- Stockmarr, J. (1971). Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* 13: 614-621.
- Sugita, S. (1994). Pollen representation of vegetation in Quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation. *Journal of Ecology* 82: 881-897.
- Sümeği, P. (1989). Hajdúság felső-pleisztocén fejlődéstörténete finomrétegtani (üledéktani, őslénytani, geokémiai) vizsgálatok alapján. University doctoral, Debreceni Egyetem.
- Sümeği, P. (2001). A negyedidőszak földtanának és ökoszisztémájának alapjai. Szeged, Hungary, JATEPress.
- Sümeği, P. (2003). Régészeti geológia – tudományos interdiszciplínák találkozása [Archaeogeology – encounter of scientific interdisciplines]. Habilitation, University of Szeged.
- Sümeği, P. (2012). Report on the results of the sedimentological survey of the Ecse Mound. H. N. P. Directorate. Debrecen.
- Sümeği, P. (2013). Comparative geoarcheological report and environmental history of the Bronze Age tell of Polgár–Kenderföld. Hoard, Phase, Period? Round Table Conference on the Koszider Problem. M. Vicze, Poroszlai, I., Sümeği, P. Százhalombatta, Matrica Múzeum: 155-192.

- Sümegei, P., Á. Bede & G. Szilágyi (2015a). Régészeti geológiai, geoarcheológiai és környezettörténeti elemzések régészeti lelőhelyeken – a földtudományok és a régészet kapcsolata [Archaeogeological, geoarchaeological and environment historical analysis in archaeological sites – the relationship of earth sciences and archaeology]. *Archeometriai Műhely* 12: 135-150.
- Sümegei, P. & G. Szilágyi (2010). A Hortobágy új felszínfejlődési modellje és a szikesedés eredete. *Acta Biologica Debrecina* 22: 37-36.
- Sümegei, P. & G. Szilágyi (2011). A quarter-malacological inventory of Hungarian kurgans. *Kurgan Studies: An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone*. Á. Pető and A. Barcsi. Oxford, UK, Archeopress, British Archaeological Reports 2238.
- Sümegei, P., G. Szilágyi, S. Gulyás, G. Jakab & A. Molnár (2013). The Late Quaternary Paleocology and Environmental History of the Hortobágy, a unique Mosaic Alkaline Steppe from the Heart of the Carpathian Basin, Central Europe. *Steppe Ecosystems Biological Diversity, Management and Restoration*. M. B. M. Prieto and T. B. Diaz. New York, USA, Nova Publishers: 165-194.
- Szilágyi, G., S. Gulyás, T. Z. Vári & P. Sümegei (2024). Late Quaternary Paleocology and Environmental History of the Hortobágy, an Alkaline Steppe in Central Europe. *Diversity* 16(1).
- Szilágyi, G., K. Náfrádi & P. Sümegei (2019). A preliminary chronological study to understand the construction phases of a Late Copper–Early Bronze Age kurgan (kunhalom). *Central European Geology* 62(3): 1-29.
- Szilágyi, G., P. Sümegei, S. Gulyás & D. Molnár (2018). Revision of the Age of Construction Phases of a Mound Dated to the Late Copper–Early Bronze Age in Eastern Hungary Relying on 14C-Based Chronologies. *Radiocarbon* 60(5): 1403–1412.
- Szőör, G., P. Sümegei & É. Balázs (1991). Sedimentological and geochemical facies analysis Upper Pleistocene fossil soil zones discovered in the Hajdúság region, NE Hungary. *Quaternary environment in Hungary*. M. Pécsi and F. Schweitzer. Budapest, Hungary, Akadémiai Kiadó.
- Szőör, G., P. Sümegei & É. Balázs (1992). A Hajdúság területén feltárt felső pleisztocén fosszilis talajok szedimentológiai és geokémiai fácieselemzése. Fáciesanalitikai, paleobiogeokémiai és paleoökológiai kutatások. G. Szőör. Debrecen, Hungary, MTA Debreceni Bizottsága: 81-91.
- Townson, R. (1797). *Travels in Hungary, with a short account of Vienna in the year 1793*. London, UK, G G & J Robinson.

- Troels-Smith, J. (1955). Karakterisering af løse jordarter (Characterisation of Unconsolidated Sediments). *Danmarks Geologiske Undersøgelse* 3: 39-73.
- Welter-Schultes, F. (2012). *European non-marine mollusc, a guide for species identification*. Göttingen, Planet Poster Edition.
- Zólyomi, B. (1952). Magyarország növénytakarójának fejlődéstörténete az utolsó jégkorszaktól. *MTA Biológiai Osztályának Közleményei* 1: 491-544.

6. List of publications related to the PhD thesis

5.1. Articles used for the PhD Thesis

- Szilágyi, G., Gulyás, S., Vári, T. Z., & Sümegi, P. (2024). Late Quaternary Paleocology and Environmental History of the Hortobágy, an Alkaline Steppe in Central Europe. *Diversity*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/d16010067>
- Szilágyi, G.; Sümegi, P.; Gulyás, S.; Molnár, D. (2018) Revision of the Age of Construction Phases of a Mound Dated to the Late Copper–Early Bronze Age in Eastern Hungary Relying on 14C-Based Chronologies. *Radiocarbon*, 60, 1403–1412.
- Szilágyi, G.; Náfrádi, K.; Sümegi, P. (2019) A preliminary chronological study to understand the construction phases of a Late Copper–Early Bronze Age kurgan (kunhalom). *Central European Geology* 62, 1–29.
- Szilágyi, G., Sümegi, P., Molnár, D., & Sávai, S. (2013). Mollusc-based paleoecological investigations of the Late Copper–Early Bronze Age earth mounds (kurgans) on the Great Hungarian Plain. *Central European Journal of Geosciences*, 5, 465-479.

5.2. Conference paper

- Szilágyi, G., Sümegi, P., Bede, Á., Sümegi, B. P., Töröcsik, T., Molnár, M. (2017) Radiocarbon dated geoarcheological investigation from pit-grave culture site in the Hortobágy region (Hungary). In: *2nd Radiocarbon in the Environment Conference: Book of Abstracts*, Debrecen, Magyarország (2017) 124 p. p. 91 Paper: C14-659



SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR
FÖLDTANI ÉS ÓSLÉNYTANI IANSZÉK



6722 Szeged, Egyetem u. 2-6.
Levél cím: 6701 Szeged, Pf. 658.
Telefon/Fax: (62)/544-893
www.oslentyan.hu

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT II.

Alulírott, Dr. Sűmegi Pál társszerző, nyilatkozom arról, hogy a következő publikációkat nem használtam fel tudományos dolgozataim készítésekor, valamint hozzájárulok a publikációk felhasználásához Szilágyi Gábor PhD dolgozatában, továbbá lemondok a publikációkban bemutatott eredményekről, mert azok a jelölt kutató munkájának eredményeihez és tudományos vizsgálataihoz kapcsolódnak elsősorban.

A közösen publikált tanulmányok:

Szilágyi Gábor, Gulyás Sándor, Vári Tamás Zsolt, Sűmegi Pál (2024): Late Quaternary Paleoeecology and Environmental History of the Hortobágy, an Alkaline Steppe in Central Europe.

DIVERSITY (BASEL), 16(1), 67: <https://doi.org/10.3390/d16010067>

Szilágyi, Gábor, Sűmegi, Pál, Gulyás, Sándor, & Molnár, Dávid (2018): Revision of the Age of Construction Phases of a Mound Dated to the Late Copper–Early Bronze Age in Eastern Hungary Relying on 14C-based Chronologies. *Radiocarbon*, **60**, 1403-1412.

Szilágyi, Gábor, Náfrádi, Katalin, & Sűmegi, Pál (2019): Revision of the Age of A preliminary chronological study to understand the construction phases of a Late Copper–Early Bronze Age kurgan (kunhalom). *Central European Geology*, **62**(1), 27-55.

Szilágyi, Gábor, Sűmegi, Pál, Molnár, Dávid, & Sávai, Szilvia (2013): Mollusc-based paleoecological investigations of the Late Copper, Early Bronze Age earth mounds (kurgans) on the Great Hungarian Plain. *Central European Journal of Geosciences*, **5**, 465-479.

Szeged, 2024. június 19

Dr. Sűmegi Pál
társszerző



SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR
FÖLDTANI ÉS ÖSLÉNYTANI TANSZÉK



6722 Szeged, Egyetem u. 2-6.
Levél cím: 6701 Szeged, Pf. 658.
Telefon/Fax: (62)/544-893
www.oslenytan.hu

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT II.

Alulírott, Dr. Gulyás Sándor társszerző, nyilatkozom arról, hogy a következő publikációkat nem használtam fel tudományos dolgozataim készítésekor, valamint hozzájárulok a publikációk felhasználásához Szilágyi Gábor Ph.D. dolgozatában, továbbá lemondok a publikációkban bemutatott eredményekről, mert azok a jelölt kutató munkájának eredményeihez és tudományos vizsgálataihoz kapcsolódnak elsősorban.

A közösen publikált tanulmányok:

Szilágyi Gábor, Gulyás Sándor, Vári Tamás Zsolt, Sümegei Pál: Late Quaternary Paleocology and Environmental History of the Hortobágy, an Alkaline Steppe in Central Europe
DIVERSITY (BASEL) 16 : 1 p. 67 (2024)

Szilágyi, G., Sümegei, P., Gulyás, S., & Molnár, D. (2018): Revision of the Age of Construction Phases of a Mound Dated to the Late Copper–Early Bronze Age in Eastern Hungary Relying on 14C-based Chronologies. *Radiocarbon*, **60**, 1403-1412.

Szeged, 2024. június 17

Gulyás S.

Dr. Gulyás Sándor
társszerző



SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR
FÖLDTANI ÉS ÓSLÉNYTANI TANSZÉK



6722 Szeged, Egyetem u. 2-6.
Levél cím: 6701 Szeged, Pf. 658.
Telefon/Fax: (62)/544-893
www.oslentytan.hu

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT III.

Alulírott, Dr. Molnár Dávid társszerző, nyilatkozom arról, hogy a következő publikációkat nem használtam fel tudományos dolgozataim készítésekor, valamint hozzájárulok a publikációk felhasználásához Szilágyi Gábor PhD dolgozatában, továbbá lemondok a publikációkban bemutatott eredményekről, mert azok a jelölt kutató munkájának eredményeihez és tudományos vizsgálataihoz kapcsolódnak elsősorban.

A közösen publikált tanulmányok:

- Szilágyi, G., Sümegi, P., Gulyás, S., & Molnár, D. (2018): Revision of the Age of Construction Phases of a Mound Dated to the Late Copper–Early Bronze Age in Eastern Hungary Relying on 14C-based Chronologies. *Radiocarbon*, **60**, 1403-1412.
- Szilágyi, Gábor, Sümegi, Pál, Molnár, Dávid, & Sávai, Szilvia (2013): Mollusc-based paleoecological investigations of the Late Copper, Early Bronze Age earth mounds (kurgans) on the Great Hungarian Plain. *Central European Journal of Geosciences*, **5**, 465-479.

Szeged, 2024. június 19


Dr. Molnár Dávid,
társszerző





SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR
FÖLDTANI ÉS ÖSLÉNYTANI TANSZÉK

6722 Szeged, Egyetem u. 2-6.
Levél cím: 6701 Szeged, Pf. 658.
Telefon/Fax: (62)/544-893
www.oslenytan.hu



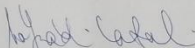
TÁRSZERZŐI NYILATKOZAT IV.

Alulírott, Dr. Náfrádi Katalin társszerző, nyilatkozom arról, hogy a következő publikációt nem használtam fel tudományos dolgozataim készítésekor, valamint hozzájárulok a publikáció felhasználásához Szilágyi Gábor PhD dolgozatában, továbbá lemondok a publikációban bemutatott eredményekről, mert azok a jelölt kutató munkájának eredményeihez és tudományos vizsgálataihoz kapcsolódnak elsősorban.

A közösen publikált tanulmányok:

Szilágyi, Gábor, Náfrádi, Katalin, & Sümegi, Pál (2019): Revision of the Age of A preliminary chronological study to understand the construction phases of a Late Copper–Early Bronze Age kurgan (kunhalom). *Central European Geology*, **62**(1), 27-55.

Szeged, 2024. június 19.


Dr. Náfrádi Katalin
társszerző



SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁG

FÖLDTANI ÉS ŐSLÉNYTANI TANSZÉK

6722 Szeged, Egyetem u. 2-6.
Levél cím: 6701 Szeged, Pf. 658.
Telefon/Fax: (62)/544-893
www.oslenytan.hu

A DOKUMENTUMOT DIGITÁLIS
ALÁÍRÁSSAL LÁTTA EL



TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT V.

Alulírott, Vári Tamás Zsolt társszerző, nyilatkozom arról, hogy a következő publikációt nem használtam fel tudományos dolgozataim készítésekor, valamint hozzájárulok a publikáció felhasználásához Szilágyi Gábor PhD dolgozatában, továbbá lemondok a publikációban bemutatott eredményekről, mert azok a jelölt kutató munkájának eredményeihez és tudományos vizsgálataihoz kapcsolódnak elsősorban.

A közösen publikált tanulmány:

Szilágyi Gábor, Gulyás Sándor, Vári Tamás Zsolt, Sümegei Pál (2024): Late Quaternary Paleoeecology and Environmental History of the Hortobágy, an Alkaline Steppe in Central Europe. DIVERSITY (BASEL), 16(1), 67: <https://doi.org/10.3390/d16010067>

Szeged, 2024. június 19

Vári Tamás Zsolt,
társszerző