

Folyópart megújítási lehetőségek / *River landscape renewal* **SALZMANN, KLARA**

2. OLDAL / PAGE 2

Szent István Park átalakulása, a kezdetek –
Meghatározó változások a XX. század második
harmadában / *The initial transformation of
Szent István Park in Budapest – Fundamental changes
in the second third of the 20th century*

**ALMÁSI BALÁZS | TÓTH BARNABÁS |
PAP MIKLÓS LÁSZLÓ | TAKÁCS KATALIN**

10. OLDAL / PAGE 10

Lágyszárú növények értékelése az ökoszisztéma-
szolgáltatásban / *Assessment of the role of herbaceous
plants in ecosystem services* **DOMA-TARCSÁNYI
JUDIT | BAGDINÉ FEKETE ORSOLYA |**

KARLÓCAINÉ BAKAY ESZTER | SZABÓ KRISZTINA

22. OLDAL / PAGE 22

Klorofill vizsgálatok a Budai Arborétum fásszárú
gyűjteményében / *Chlorophyll Studies in
the Woody Plant Collection of the Buda Arboretum*

**DRAGÁN PETRA EMESE | BODOR-PESTI PÉTER |
JÁNOSSYNNÉ PERNECZKY SÁRA SAROLTA |
SZABÓ GELLÉRT VILMOS | SZABÓ KRISZTINA**

46. OLDAL / PAGE 46

Hazai és külföldi faültetési gyakorlatok vizsgálata és
értékelése szakirodalmak alapján / *Examination and
evaluation of domestic and foreign tree planting practices*

**SZABÓ GELLÉRT VILMOS | DRAGÁN PETRA
EMESE | WALLNER ANDREA | SZABÓ KRISZTINA**

56. OLDAL / PAGE 56

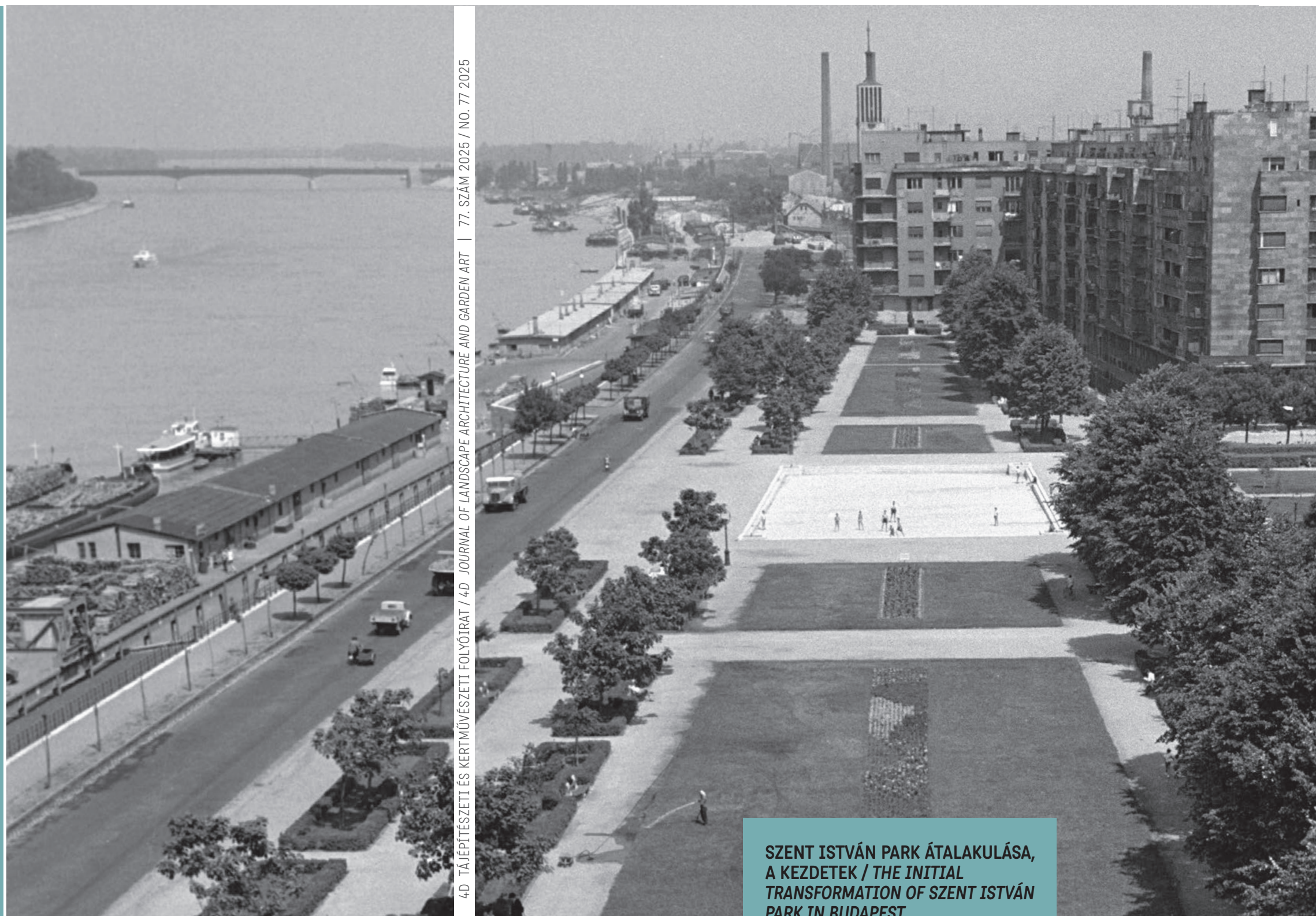
A kecskeméti Főtér klímaadaptációs szempontú
elemzése / *Climate adaptation analysis of the Main Square
in Kecskemét* **ERDÉLYI REGINA |**

**TÓTH BARNABÁS | BÁNHIDAI ANDRÁS |
SALLAY ÁGNES**

66. OLDAL / PAGE 66 ●

MATE

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet
H-1118 Budapest, Villányi út 35-43.
Telefon: +36 1 305 7291
E-mail: tajepiteszet@uni-mate.hu
Web: <https://journal.uni-mate.hu/index.php/4D>



4D
TÁJÉPÍTÉSZETI ÉS KERTMŰVÉSZETI FOLYÓIRAT
4D
JOURNAL OF LANDSCAPE ARCHITECTURE AND GARDEN ART

ALAPÍTÓ/FOUNDER:
Budapesti Corvinus
Egyetem Tájépítészeti
Kar, 2005./Corvinus
University of Budapest,
Faculty of Landscape
Architecture, 2005

TULAJDONOS ÉS KIADÓ/
OWNER AND PUBLISHER:
MATE, Magyar Agrár- és
Élettudományi Egyetem/
Hungarian University
of Agriculture and Life
Sciences
2100 Gödöllő,
Páter Károly u. 1.

LAPALAPÍTÓ/FOUNDER:
JÁMBOR IMRE
egyetemi tanár/univ. prof.

FŐSZERKESZTŐ,
A SZERKESZTŐ-
BIZOTTSÁG ELNÖKE/ EDITOR
IN CHIEF, CHAIRMAN OF
EDITORIAL BOARD:
FEKETE ALBERT
egyetemi tanár/univ. prof.
MATE-ILA, Hungary

LAPIGAZGATÓ/
JOURNAL DIRECTOR:
BAGDINÉ FEKETE
ORSOLYA
MATE-ILA, Hungary

A 77. LAPSZÁM
FELELŐS SZERKESZTŐJE/
EDITOR IN CHARGE
TAKÁCSNÉ ZAJACZ VERA
MATE-ILA, Hungary

SZERKESZTŐ/EDITOR:
JÁNOSSYNNÉ PERNECZKY
SÁRA SAROLTA
MATE-ILA, Hungary

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG
TAGJAI/MEMBERS
OF EDITORIAL BOARD:
TAKÁCSNÉ ZAJACZ VERA
MATE-ILA, Hungary
VALÁNSZKI ISTVÁN
MATE-ILA, Hungary
SZÖVÉNYI ANNA ANDREA
MATE-ILA, Hungary
HODOR, KATARZYNA
Craców Technical University,
Poland
KOLLÁNYI LÁSZLÓ
MATE-ILA, Hungary
VAN DEN TOORN, MARTIN
Delft University of
Technology, Holland
SÁROSPATAKI MÁTÉ
MATE-ILA, Hungary
CHANDAWARKAR,
SHILPA BAKSHI
Indian Education Society's
College of Architecture,
Mumbai, India

MAGYAR NYELVI LEKTOR/
HUNGARIAN PROOFREADER:
KÖRMENDY IMRE

ANGOL NYELVI LEKTOR/
ENGLISH PROOFREADER:
KABAI RÓBERT

CÍMLAPKÉP/COVER PHOTO:
MTVA/MTI/Patkó Klári

SZERKESZTŐSÉG/
EDITORIAL OFFICE:
Magyar Agrár- és
Élettudományi
Egyetem, Tájépítészeti,
Településtervezési
és Díszkertészeti Intézet
– **MATE-TTDI /**
Hungarian University
of Agriculture and Life
Sciences, Institute
of Landscape Architecture,
Urban Planning and
Garden Art
– **MATE-ILA, Budapest**

Postacím/
Mailing address:
H-1118 Budapest,
Villányi út 35-43.
Telefon/Phone:
06 1 305 7291
Szerkesztőségi e-mail/
E-mail: tajepiteszet@uni-mate.hu
Honlap/Web:
<https://journal.uni-mate.hu/index.php/4D>

A KIADVÁNYT TERVEZTE
ÉS TÖRDELTE/DESIGNER
AND LAYOUT EDITOR:
SUSZTER VIKTOR,
VERÉB GÉZA

NYOMDA/PRESS:
MATE EGYETEMI
SZOLGÁLTATÓ
NONPROFIT KFT.
2100 Gödöllő,
Páter Károly u. 1.

IssN 1787-6613
DOI: 10.36249/4d.77

A 4D egy nyílt hozzáférésű folyóirat, minden tartalom díjmentesen elérhető a felhasználó vagy intézménye számára. A felhasználók a kiadó vagy a szerző előzetes engedélye nélkül elolvashatják, letölthetik, másolhatják, terjeszthetik, kinyomtathatják vagy linkelhetik a cikkek teljes szövegét, illetve bármilyen más törvényes célra felhasználhatják. A közlemények a szerzők véleményét tükrözik, amellyel a szerkesztőség nem feltétlenül ért egyet. Cikkeinkre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik: CC-BY-NC-ND-4.0. / 4D is an open access journal, with all content available free of charge to the user or their institution. Users may read, download, copy, distribute, print or link the full text of articles or use them for any other legal purpose without prior permission from the publisher or author. The contributions reflect the views of the authors, which may not necessarily be shared by the editorial board. Articles are licensed under the Creative Commons 4.0 Standard License CC-BY-NC-ND-4.0.



4D/77

Folyópart megújítási lehetőségek / *River landscape renewal* **SALZMANN, KLARA**

2. OLDAL / PAGE 2

Szent István Park átalakulása, a kezdetek –
Meghatározó változások a XX. század második
harmadában / *The initial transformation of
Szent István Park in Budapest – Fundamental changes
in the second third of the 20th century*

**ALMÁSI BALÁZS | TÓTH BARNABÁS |
PAP MIKLÓS LÁSZLÓ | TAKÁCS KATALIN**

10. OLDAL / PAGE 10

Lágyszárú növények értékelése az ökoszisztéma-
szolgáltatásban / *Assessment of the role of herbaceous
plants in ecosystem services* **DOMA-TARCSÁNYI**

**JUDIT | BAGDINÉ FEKETE ORSOLYA |
KARLÓCAINÉ BAKAY ESZTER | SZABÓ KRISZTINA**

22. OLDAL / PAGE 22

Klorofill vizsgálatok a Budai Arborétum fásszárú
gyűjteményében / *Chlorophyll Studies in
the Woody Plant Collection of the Buda Arboretum*

**DRAGÁN PETRA EMESE | BODOR-PESTI PÉTER |
JÁNOSSYNNÉ PERNECZKY SÁRA SAROLTA |
SZABÓ GELLÉRT VILMOS | SZABÓ KRISZTINA**

46. OLDAL / PAGE 46

Hazai és külföldi faültetési gyakorlatok vizsgálata és
értékelése szakirodalmak alapján / *Examination and
evaluation of domestic and foreign tree planting practices*

**SZABÓ GELLÉRT VILMOS | DRAGÁN PETRA
EMESE | WALLNER ANDREA | SZABÓ KRISZTINA**

56. OLDAL / PAGE 56

A kecskeméti Főtér klímaadaptációs szempontú
elemzése / *Climate adaptation analysis of the Main Square
in Kecskemét* **ERDÉLYI REGINA |**

**TÓTH BARNABÁS | BÁNHIDAI ANDRÁS |
SALLAY ÁGNES** **66. OLDAL / PAGE 66** ●

FOLYÓPART MEGÚJÍTÁSI LEHETŐSÉGEK

RIVER LANDSCAPE RENEWAL

SALZMANN, KLARA

ABSZTRAKT

Amikor folyókról beszélünk, azokra a vízfolyásokra gondolunk, amelyeket a föld felszínén látunk, holott a folyók csupán a gerincét és dinamikus megjelenését adják a folyami tájnak. A folyami táj olyan tájegység, amelyet a folyó a környező területekről történő, hosszú távon is fennálló koncentrált vízelvezetéssel alakít ki.

A történelem során az emberek jelentősen átalakították a folyók környezetét, saját szükségleteikhez igazítva azt. Ennek következtében csökkent a táj vízmegtartó képessége, vízhiány alakult ki, és a folyók környezete már nem tudta megfelelően elvezetni az árvizeket. Az utóbbi években az árterületeken végzett intenzív beépítések jelentős anyagi károkat okoztak, sőt, emberéleteket is követeltek.

Nyilvánvaló, hogy a jelenlegi folyami tájrendszer nem működik megfelelően. A folyami tájat rekonstruálni kell, alapvető funkcióit helyre kell állítani, mert veszélybe került a teljes táj hidrológiai alaprendszere. Jelenleg a táj nem képes megfelelően reagálni a klímaváltozás kihívásaira. A víz megtartása érdekében átfogó rekonstrukcióra van szükség a folyami tájrendszerben annak érdekében, hogy csökkentsük a víz elfolyását a mezőgazdasági, erdő- és lakóterületekről. A változások biztosításának, valamint a táj működőképességének helyreállításának eszköze a komplex tájtervezés alkalmazása, továbbá a táj egységes szemléletű kezelése és menedzselése.

A folyami táj alapvető és jelentős természeti infrastruktúrát képez – hosszú távú geológiai, talajtani,

hidrológiai és éghajlati folyamatok eredményeként jön létre. Ez a víz, a biológiai sokféleség és az emberek számára nyitott terek közös rendszere, amelynek a jövőben a biodiverzitást fenntartó és elősegítő természetközeli területek gerincévé kell válnia. A tájtervezés lehetőséget nyújt arra, hogy a tájban található infrastruktúrákat közérdekűként ismerjük el. A funkcionális infrastruktúrák alapvető és stabilizáló hatással vannak nemcsak a táj egészére, hanem az életminőségünkre is.

Ha e területeket – legalább részben – újra a folyók rendelkezésére bocsátjuk, jelentősen csökkenhet a nagyobb árvízkárok kockázata, és hosszú távon mérsékelhetők az aszály okozta károk is. A folyami táj egyúttal nyitott térként is szolgálhat az emberek számára (például árvízi parkok formájában), ökológiai folyosóként is működhet, valamint olyan élőhelyeket biztosíthat, amelyek elősegítik a biológiai sokféleség megőrzését. Adjuk meg a folyami tájnak a jogot arra, hogy a lehető legtermészetesebb állapotába visszatérhessen – ezáltal képes lesz stabilizálni a táj vízháztartását, fenntartani a biodiverzitást, és nyitott, élhető tereket biztosítani az emberek számára.

Kulcsszavak: Folyói táj, biodiverzitás, ökológiai kontinuum, infrastruktúra, táj mint élő szervezet, táji infrastruktúra ☉

ABSTRACT

When we talk about rivers, we mean the watercourses that we see on the surface of the earth. But rivers themselves are only the backbone and one dynamic element of the river landscape. The river landscape is the space created by a river by the constant and long-term concentrated draining of water from the surrounding territory. Throughout history, humans severely changed the river landscape and adapted it to their needs. This has affected the entire landscape's ability to retain water, resulting in a lack of water and the inability of the river landscape to cope with floods. In recent years, intensive construction in flood zones has caused more material damage and even loss of human life.

It is clear that the current system of river landscape management is not working adequately. The river landscape should be reconstructed and its important functions restored as the basic hydrological system of the entire landscape is at risk. Presently the landscape is unable to adequately respond to climate change. To retain water in the landscape, it is necessary to initiate the fundamental reconstruction of the river landscape system to reduce water runoff from agricultural, forest, and residential landscapes. The way to ensure change and to improve the landscape is to employ comprehensive landscape planning and ensure management of the landscape as a whole.

The river landscape is an element of fundamental and large-scale natural infrastructure. It is the result of long-term geological, pedological, hydrological and climatic processes. It is a shared common space for water, biodiversity and open space for people. In the near future, it should become a key nature-friendly area creating and fostering biodiversity. Landscape planning allows us to define landscape infrastructure as a public good. Functional infrastructure has a key stabilizing effect on the landscape and on the overall quality of our lives.

If we return the river landscape to a natural form (at least partially), we will reduce the risk of major flood damage. The river landscape can also be an open space for people (flood river parks) and an ecologic continuum. Moreover, it is a biodiversity supporting habitat. Let us grant the river landscape its rights and return it to as close to a natural state as possible. In this way it can support functions to stabilize water in the landscape, as well as promoting biodiversity and becoming an open space for people.

INTRODUCTION

I first encountered the term river landscape in a publication by Prof. Otakar Štěrba entitled Ecosystems of River Landscapes (Štěrba, 2008). I was surprised by the ecologist's completely logical perception of the water circulation system in landscapes. It is in complete contradiction

with the current, predominantly technical way of treating the space of river landscapes, where we perceive only flowing water in rivers.

We perceive water primarily as a fundamental resource to ensure our lives and activities.

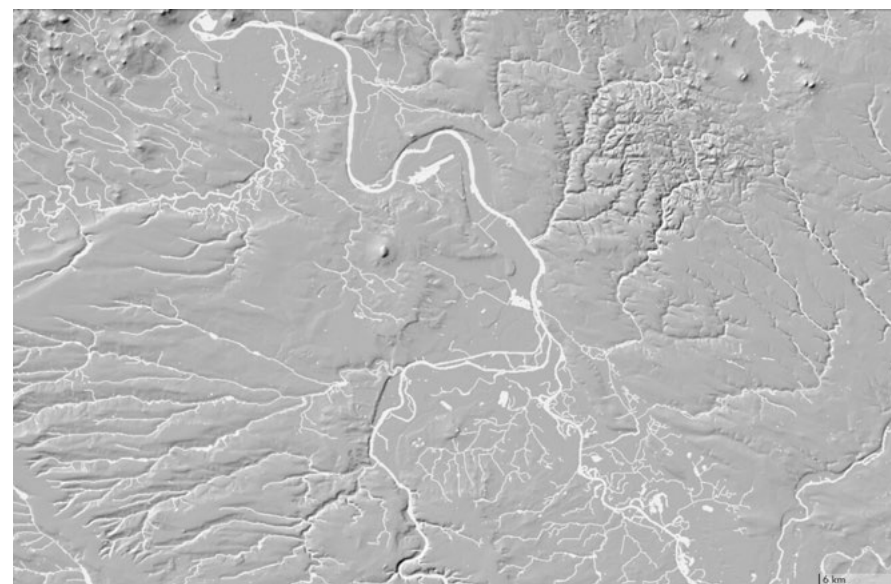
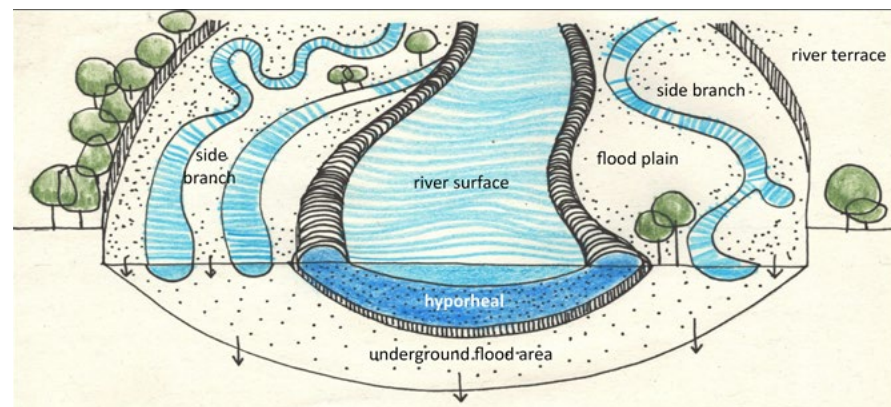
The river landscape as a system has its own rules. Over the course of history, significant changes and adjustments have taken place. The damaged system seriously impacted the functionality of the entire landscape. In adapting the landscape to climate change, we are dealing with the issue of reconstructing the functionality of the river landscape as a fundamental landscape infrastructure element (Corner, 1999; Corner & Hirsch, 2014; Leopold et al., 2020; Mathur et al., 2014; Waldheim, 2006; E. Wohl, 2012; E. E. Wohl, 2008).

RIVER LANDSCAPE SYSTEM

To strengthen the methodological foundation of this research, recent advances in international landscape ecological studies should be incorporated. Modern approaches emphasize the need for multi-scalar analyses that move beyond traditional linear perspectives of river systems. As outlined by Erős and Lowe, contemporary riverscape ecology leverages developments in GIS and spatial network models to quantify heterogeneity, connectivity, and ecological processes across entire catchments, rather than focusing solely on individual reaches or segments (Erős & Lowe, 2019). The methodological framework is well complemented by the rehabilitation potential assessment developed by Erdei et al. (2023), which examines urban stretches in Hungary along three dimensions: water quality, ecological-hydromorphological endowments, and recreational and landscape values. The results show that water quality problems, such as point source pollution and agricultural use of the floodplain, and mono-planar riparian vegetation are particular barriers to complex rehabilitation, while some municipalities show high potential in several target areas. This integrated approach fits well with the quantitative analysis of the need for river section rehabilitation in the Czech Republic and could provide a methodological basis for the development of a ranking system (Erdei et al., 2023).

The river landscape is formed (or definitively influenced) by its water flow. We can also say that the river flow is the “controlling ecosystem” of the entire river landscape. It is simply the most important of all sub-ecosystems in the river landscape. This is the situation today, just as in the past. The overall appearance of river landscapes differs greatly depending on altitude, but always forms a closed set of several aquatic and terrestrial sub-ecosystems.

The typical elements here include springs, streams, hyporeal , alluvium, marshes, terrestrial



floodplains, banks ecosystems, aggradational ridges and islands (Fig. 1).

These are always the “building blocks” of river landscapes, no matter whether they are found in the mountains, midstream, or in lowland areas. Each has certain features, retains them at all altitudes.

Riverine landscapes are not just hydrological systems, but complex ecological and social infrastructures that serve multiple functions: as ecological corridors, biodiversity hotspots, and recreational and cultural spaces (Opperman et al., 2010). Modern landscape ecology research emphasizes that riverbeds and floodplains behave as complex spatial networks that enable ecological connectivity and genetic flows at the landscape scale (Erős & Lowe, 2019).

The permanently flowing water continuously shapes its bed. At steep gradients it erodes the parent rock beneath, deepening the entire valley. The eroded mineral material is gradually turned into gravel and sand, becoming loose material in the stream. Long sedimentation creates massive gravel and sand alluvia on both sides of the river with a dry floodplain on its surface. The interaction of the river flow and the underground alluvial water set

the level of the underground phreatic water below the floodplain surface. This water co-determines which kind of plants will grow in the river floodplain. Regular floods are also involved in this process. These floods determine the movement and deposition of sediments carried by the river. Floods also determine the formation of river tributaries, as well as forming and filling the temporary pools and all riparian wetland features in the proximity of the natural river (Štěrba, 2008).

River landscapes have always been of fundamental importance for a wide range of human activities.

This is the result of the shaping and geomorphological nature of the river space, as well as the presence of life-providing water and fishing. In the past, the river also supported life according to principles of connectivity and continuity, by fostering transport and the use of water as an energy source.

According to archaeologists, the interrelation of mankind and the river landscape endured for a long time. We have always needed water and the river landscape. The gradual exploitation of the landscape, the deforestation of the upper river basin, and intensive agriculture have



◀◀Fig. 1: Cross-section of the river landscape (according to prof. Štěrba, 2008)

◀◀Fig. 2: The 5G digital terrain model – the confluence of the Elbe and Vltava rivers, červeně vyznačená plocha na obrázku 3 a 4

SOURCE: WWW.CUZK.CZ

Fig. 3: The 5G digital terrain model – Elbe river landscape and navigation channel

SOURCE: WWW.CUZK.CZ

Fig. 4: The Elbe River original course (1836 – 1852)

SOURCE: © GEOINFORMATICS LABORATORY AT J.E. PURKYNĚ UNIVERSITY – WWW.GEOLAB.CZ © MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF THE CZECH REPUBLIC – WWW.ENV.CZ © AUSTRIAN STATE ARCHIVE/MILITARY ARCHIVE, VIENNA

caused increased erosion and sediment accumulation in floodplains (Rulf, 1994).

Humans have been exploiting river landscapes since prehistory. However, most destruction took place in the last 150 years. The usage of river landscapes is now followed by a certain degree of denaturation. Rivers and their landscapes have become a global environmental problem. Agriculture, forestry, settlement build up, the reshaping of riverbeds and the construction of reservoirs all drastically influence river landscapes.

The cultural landscape of the Czech Republic began to emerge in the Neolithic and is associated with the so-called Neolithic Revolution (Sadlo, 2005).

Hand in hand with agriculture, settlements also appeared in river landscapes. This is logical, since human civilization itself originated near and along rivers. In ancient times, rivers served as the major source of drinking water, providing sustenance and disposal of waste.

Later, the river became a source of hydropower and a transport corridor. The river landscape also proved advantageous for defense, as a natural obstacle complicating crossings and enabling the possibility of building moats. Watercourse modification in the Czech territory

has a long history and was most often carried out for the purpose of flood protection, to facilitate navigation, to enable its exploitation as a source of energy or direct use (by population, irrigation and industry), or to stabilize the riverbed against erosion, etc. During the reign of Charles IV in the 14th century, the first modifications to the Vltava (Moldau) and Labe (Elbe) rivers were carried out, enabling some riverine transportation (Fig. 2).

Further major modifications of the Vltava and Labe were carried out in the 16th and 17th centuries, after the Habsburgs ascended to the Czech throne. However, the systematic use of the Vltava and Labe for navigation only began much later, during the 19th century, thanks to the systematic modification of riverbeds, regular maintenance, and the construction of shipyards (Fig. 3). The Vltava Cascade is a system of nine waterworks on the Vltava River, built in stages between 1930 and 1992 (Fig. 4).

The river landscape along the reservoirs has almost completely disappeared. The original drainage system has disappeared along with the original biocenosis. The river floodplain is devoid of vegetation and its surface is covered with a layer of sediment. The original river landscape ensured the roughness of the landscape surface yet

Fig. 5: The natural spring of the Mítovský stream headwater in Brdy Mountains (protected area)

PHOTO: AUTHOR

Fig. 6: The 5G digital terrain model - the confluence of the Mže and Úslava rivers, St. George Park in Pilsen

SOURCE: WWW.CUZZK.CZ

Fig. 7: View of the St. George Church building above the confluence of Úslava and Mže rivers. Saint Adalbert visited this place on his way from Prague to Regensburg

PHOTO: AUTHOR

Fig. 8: View of the 2006 flood at St. George in Pilsen

SOURCE: WWW.PLZEN.EU

allowed the flood plain to overflow and for water to percolate underground.

At the same time, water reservoirs are certainly important to our existence and contemporary human civilization.

The construction of reservoirs was motivated by the need to produce electricity, irrigate, and protect against floods. While some control over dam water levels is necessary to prevent floods, other functions of reservoirs include recreation and flow equalization during the dry season.

Throughout the history of civilization, the denaturalization of the entire river landscape has been ubiquitous. The destruction of these ecosystems has become a serious global problem.

Following 1948, large-scale agriculture reforms changed the landscape beyond recognition. Perhaps the most serious consequence was the loss of private landownership. The landscape mosaic disappeared, replaced by field blocks of tens or hundreds of hectares, sown with wide-row crops (especially corn) grown in unsuitable positions, and the reduction of the soil's water absorption capacity. This opened the way to enormous soil erosion.

After the regime change in 1989, it was impossible to return the landscape to its original state. Although the land was returned to the original owners, they were often no longer interested in agriculture and tended to rent out or sell their plots to new, even foreign owners.

There are approximately 788,699 hectares of river landscape in the Czech Republic representing approximately 10% of the whole country area. They are mostly located in the headwaters, springs, and along small streams up to 7 km from their source (Fig. 5). These "headwater river landscapes" are distributed throughout the entire area of the republic, mostly at altitudes of between 380 and 580 m above sea level. Here, massive land reclamation, drainage, and wetland elimination took place. Presently, most of the headwater river landscapes are located in agricultural landscapes (51.5%), subject to complete devastation.

Only one third of Czech rivers are in a satisfactory ecological state, while two thirds are environmentally unsatisfactory, and one third are in a state of ecological disaster (Štěrba, 2008).

The result of intensive usage, field drainage, and damaged river landscapes is a serious disruption of the water retention capacity of river basins. This affects the redistribution of rainwater, i.e. how much water is absorbed by the soil and how much is retained by the vegetation cover. The less water that enters the direct runoff, the smaller the flood wave in the lower river basin.

The major changes in the river landscape are of several types:

- ① The destruction of spring areas.
- ② The shortening, deepening and canalization of smaller streams.
- ③ The drainage of floodplains and spring area wetlands.

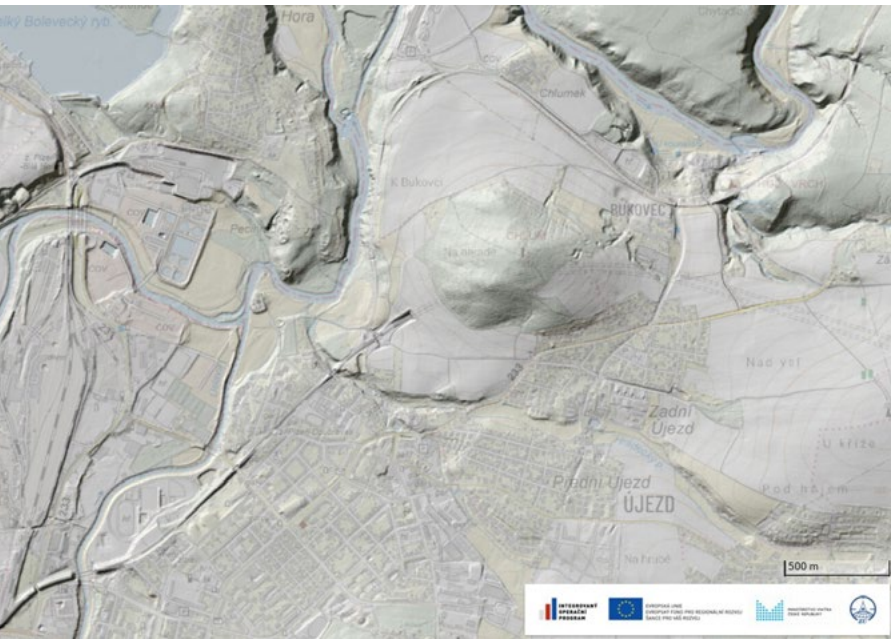
All these changes accelerate water outflow from the territory and speed up the frequency of floods and droughts.

NEW FUNCTION OF THE RIVER LANDSCAPE

Today we are faced with the task of adapting landscapes to climate change and forming a landscape policy. In 2002, the Czech Republic signed the Council of Europe Landscape Convention to take care for its landscape, set up professional management and organize the landscape planning process. However, this process has barely started. Moreover, boundless faith in technology has assured us that rivers can be harnessed and the danger of floods averted by the reservoir construction.

We learned the true situation in 1997, 2002, 2006, and 2024, when large areas were hit by devastating floods that caused substantial damage to property and even claimed human lives. Apparently, even the perfect network of reservoirs and dams failed to provide full protection. Additionally, we are confronted more and more frequently with local flash floods (Fig. 6, 7, 8).

Unlike in the past, we are confronted by situations in which flooding rivers do not bring a rich harvest,



prosperity and life. On the contrary, they bring damage and even death. The radical flood control measures, such as dams and polders, are not 100% effective. The dams in general, due to their multi-purpose nature, often have a counterproductive effect on the course of flooding. We must humbly return to a natural approach. In seeking new types of farming and forestry that respect the land and soil itself, as well as their absolutely key properties such as organic content, water retention capacity and porosity, we may find a sustainable solution (Lejska, 2009).

We define two basic types of infrastructure – either natural or anthropogenic, i.e. the result of human effort. Natural infrastructure includes the river landscape, the result of long-term natural processes and physical shaping (geological subsoil, soil, water, climate and living organisms). Anthropogenic infrastructure includes rail and road networks, transmission lines, all technology and

of course all settlements. These two types of infrastructure can be interconnected by so-called green infrastructure, precisely defined and supported by ecosystem services.

International stream revitalisation projects are an excellent example of green infrastructure in practice, not only for ecological rehabilitation, but also as urban greenways to restore recreational and landscape connections. Báthoryné (2009) points out that these interventions can become particularly crucial in urbanised or agricultural environments, where the built environment and intensive technical infrastructure often result in a loss of functional connectivity between the stream and the surrounding landscape. Although domestic examples are still rare, they clearly demonstrate the ecological, landscape and urban design importance of streamside landscapes (Báthoryné Nagy, 2009). The green infrastructure improves the

adaptation of our densely populated and modified landscape to the emerging climate change. The concept of green infrastructure is becoming increasingly central in the European environmental policy discourse, especially in the context of Nature-based Solutions (NbS). Renaturalisation of river landscapes not only serves to improve ecological condition, but also contributes to water retention, carbon sequestration, heat island effect reduction and social well-being (Benedict et al., 2012; Benedict, 2006; Nesshöver et al., 2017).

Our current task necessitates merging the multiple functions of these networks and finding ways to enable their interaction.

Of course, such serious changes in the perception of landscapes and their key functions requires the adjustment of a whole range of legislative and subsidy instruments, including adjusting spatial planning standards related to the landscape.

The essential infrastructure for supporting life in the landscape is the territorial system of the so-called river landscape. Water courses form the vascular system of the landscape; they are the basic water drainage system in an area. It is a natural continuous infrastructure, and we consider it the basic infrastructure of the landscape. It is a purely natural element fulfilling a multitude of cultural functions, e.g. the function of a public space, but is also a means of retaining water in the landscape, controlling floods, and promoting biodiversity.

The basic planning tool for the landscape in terms of sustainability is the landscape plan. However, this is still absent from Czech legislation, and therefore it is impossible to ensure a sustainable landscape pattern in the future.

The landscape is a natural, cultural and social space. It is the space of our economic activities, but at the same time it is also the home of all other inhabitants of our planet and environment, humans included.

Landscape sustainability can only be ensured for future generations by taking a comprehensive view of the landscape. First of all, we have to let the interests of nature prevail over the interests of human society. The top priority in landscape planning is the issue of water, as the basis for all forms of life and a basic condition for all economic activities.

The renaturalization of river landscapes is also linked to the Nature Restoration Law. The densely populated and utilized Czech and Moravian landscapes may not provide

enough room to implement any other ecological continuum that would ensure a suitable space for the return and restoration of biodiversity. According to Professor Otakar Štěrba, it is precisely the Czech Republic's river landscape system (representing 10% of the country's territory), which is the most valuable ecosystem overall, that can establish the foundations for fulfilling the Nature Restoration Law, if adapted and managed together with agricultural, forestry, and residential areas. This requires a legislative change – the introduction of landscape planning and the adjustment of subsidies.

The river landscape is a basic natural, multifunctional infrastructure element, to be preserved and supported (renaturalization, reconstruction) as an important public good. This natural system has the potential to improve hydrological functions, including flood control, to provide public recreation space, and at the same time to improve biodiversity potential. (Fig. 9).

The river landscape is a space in which a wide range of species, people, and habitats can evolve and coexist in a natural environment.

DISCUSSION

The outcome of this study is to draw attention to the necessity of perceiving the river landscape as a fundamental, multifunctional infrastructure element. The river landscape is an independently functioning system crucial for supporting hydrological cycles on Earth and thriving biodiversity. These functions can also be attributed to the function of public spaces in cities, municipalities and the open countryside.

The sustainable management of river landscapes goes beyond traditional approaches to water management planning. Successful adaptation requires new landscape-based legal, planning and support frameworks that ensure the preservation of ecosystem services provided by green infrastructure. The objectives of the Nature Restoration Law can only be achieved if river landscapes are treated not as isolated elements but as multifunctional building blocks of the whole landscape (Proposal for a Regulation on Nature Restoration | Legislative Train Schedule, n.d.) ©



This work is licensed under Creative Commons 4.0 standard licenc: CC-BY-NC-ND-4.0.

Fig. 9: Revitalization of the Kateřinský brook utilizing natural methods
SOURCE: WWW.DESOP.CZ



BIBLIOGRAPHY

Báthoryné Nagy, I. R. (2009). Patakmenti tájak alakítása tájépítész szemmel. *4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat*, 14, 26–33.

Benedict, M. A. (with McMahon, E., & Fund, M. A. the C.). (2006). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island Press.

Benedict, M. A., McMahon, E. T., & Fund, M. A. T. C. (2012). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island Press.

Corner, J. (1999). *Recovering landscape: Essays in contemporary landscape architecture*. Princeton Architectural Press.

Corner, J., & Hirsch, A. B. (2014). *The landscape imagination: Collected essays of James Corner, 1990-2010* (First edition). Princeton Architectural Press.

Erdei, T., Boromisza, Z., Domokos, E., & Földi, Z. (2023). Determination of restoration potential on small river reaches in urban environment in Hungary. *4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat*, 69, 10–19. <https://doi.org/10.36249/4d.69.4402>

Erős, T., & Lowe, W. H. (2019). The Landscape Ecology of Rivers: From Patch-Based to Spatial Network Analyses. *Current Landscape Ecology Reports*, 4(4), 103–112. <https://doi.org/10.1007/s40823-019-00044-6>

Lejska, S. (2009). Povodně v říční krajině aneb krajina zrcadel. In *MĚKOTOVÁ, Jarmila a Otakar ŠTĚRBA. Řiční krajina 6*. (pp. 82-86.). Univerzita Palackého v Olomouci.

Leopold, L. B., Wolman, M. G., Miller, J. P., & Wohl, E. E. (2020). *Fluvial processes in geomorphology* (Dover ed). Dover Publications, Inc.

Mathur, A., Cunha, D. da, Meeks, R., Wiener, M., & University of Pennsylvania (Eds.). (2014). *Design in the terrain of water* (1. ed). Applied Research + Design Publ.

Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K. N., Rusch, G. M., Waylen, K. A., Delbaere, B., Haase, D., Jones-Walters, L., Keune, H., Kovacs, E., Krauze, K., Külvik, M., Rey, F., van Dijk, J., Vistad, O. I., Wilkinson, M. E., & Wittmer, H. (2017). The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Science of The Total Environment*, 579, 1215–1227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>

Opperman, J. J., Luster, R., McKenney, B. A., Roberts, M., & Meadows, A. W. (2010). Ecologically Functional Floodplains: Connectivity, Flow Regime, and Scale. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 46(2), 211–226. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2010.00426.x>

Proposal for a Regulation on Nature Restoration | Legislative Train Schedule. Retrieved 24 June 2025, from <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/file-restoration-of-healthy-ecosystems>

Rulf, J. (1994). Pravěké osídlení střední Evropy a niva. In *Archeologie a krajinná ekologie* (pp. 55–64). Nadace projekt sever.

Sadlo, J. (2005). *Krajina a revoluce – Významné přelomy ve vývoji kulturní krajiny Českých zemí*. Malá skála. <https://www.knihydobrovsky.cz/kniha/krajina-a-revoluce-ndash-vyznamne-prelomy-ve-vyvoji-kulturni-krajiny-ceskych-zemi-629369?backlink=1514i>

Štěrba, O. (2008). *Řiční krajina a její ekosystémy*. Univerzita Palackého (Olomouc).

Waldheim, C. (Ed.). (2006). *The landscape urbanism reader*. Princeton Architectural Press.

Wohl, E. (2012). *A World of Rivers: Environmental Change on Ten of the World's Great Rivers*. University of Chicago Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/W/bog396888.html>

Wohl, E. E. (2008). *Disconnected Rivers: Linking Rivers to Landscapes*. Yale University Press. <https://doi.org/10.12987/9780300127461>

SZENT ISTVÁN PARK ÁTALAKULÁSA, A KEZDETEK

Meghatározó változások a XX. század második harmadában

THE INITIAL TRANSFORMATION OF SZENT ISTVÁN PARK IN BUDAPEST

Fundamental changes in the second third of the 20th century

ALMÁSI BALÁZS | TÓTH BARNABÁS | PAP MIKLÓS LÁSZLÓ | TAKÁCS KATALIN

ABSZTRAKT

Elméleti tanulmányunk célja a Szent István park kert-építészeti változásainak azonosítása és a közpark XX. század közepi építéstörténetének kritikai elemzése, hogy a szakemberek és az érdeklődő nagyközönség számára a park evolúciójáról egy, a megismerést segítő áttekintést nyújtsunk, illetve tudatosítsuk az objektum, a helyszín – jelenleg látens – építőművészeti értékeit. Mindezek tükrében feltárjuk, hogy az egyes építési korszakokban történt beavatkozások milyen hatással voltak a park kertművészeti jellegzetességeire, a kialakulásakor megfogalmazott koncepciótól kezdve a térszerkezeten, stíluson át a kompozíciós egységig vagy anyaghasználatig. Megvizsgáltuk és ismertetjük a park élő és élettelen elemeinek átalakulását, úgymint: úthálózat, növényzet, parki architektúrák, burkolatok, vízarchitektúrák, szobrok, egyéb díszítő elemek; és megvizsgáljuk a Szent István park változó térstruktúráját, belső hierarchiáját. A vizsgálatok alapján meghatároztuk, hogy az eredeti kialakításból, koncepcióból, értékrendszerből mi az, ami még létezik vagy részben fellelhető. Szándékaink szerint értékelésünkkel kiemeljük a park építőművészeti jelentőségét.

Kulcsszavak: Szent István park, közpark, kritikai elemzés, kerttörténet, szabadtérépítészet

BEVEZETÉS

Jelen cikk a Szent István Park építéstörténetének második részét tárgyalja [1], részletesen bemutatva a kert-építészeti átalakulásokat a XX. század középső harmadában (Csepely-Knorr, 2011; Takács et al., 2021). Elemzésünk központi célja, hogy megértsük azokat a folyamatokat, amelyek a park mai állapotához vezettek, és azonosítsuk a megőrzésre érdemes elemeket. Mivel a parkban járva napjainkban igen kevésbé ismerhető fel az egykori nagyvonalú és tudatos térszerkezeti kialakítás, sem a korábban formai egységben működő kisarchitektúrák, berendezések összhangja, fontos annak a folyamatnak a megismerése, amely a mai állapothoz vezetett. Csak így juthatunk el olyan objektív szakmai értékítélet-hez, amely képes felszínre hozni egy modernista tájépítészeti alkotás valódi, stíluskorszakokon átívelő értékét, és egyértelművé tenni, melyek a szükségszerűen megőrzendő, netán helyreállítandó vagy rekonstruálandó elemei (Karlócai Bakay et al., 2024). Ebben az építéstörténeti változásokat ismertető második részben a park

ABSTRACT

The aim of our theoretical study is to identify architectural changes in Szent István Park in Budapest and to critically analyse the history of the public park in the mid-twentieth century. We intend to provide professionals and the general public with an overview of the park's development, to help them understand it and make them aware of the site's architectural values, which are currently latent. In this context, we will explore how the interventions in the various construction periods have influenced the characteristics of the park's landscape, from the conceptual design at the time of its creation, through its spatial structure and style, to the compositional unity and use of materials. We will examine and describe the transformation of the park's living and non-living elements, including its pathway system, vegetation, small architecture, pavements, water features, sculptures and other decorative elements. Furthermore, we will examine the park's changing spatial structure and internal hierarchy. Based on our investigations, we will determine what still exists or partially exists from the original design, concept and value system. Through our evaluation, we will highlight the park's architectural significance.

Keywords: Szent István Park, public park, critical analysis, garden history, open space design

INTRODUCTION

This article serves as a second part of the architectural history of Szent István Park [1], detailing the transformations of its architectural elements in the middle third of the 20th century (Csepely-Knorr, 2011; Takács et al., 2021). The central aim of our analysis is to understand the processes that have led to the current condition of the park and to identify the elements that are worth preserving. As it is now difficult to recognise the generous and conscious spatial design of the park, or the harmony of the small architectural elements and equipment that used to function in formal unity, it is important to understand the process that resulted in the present state of affairs. Only this way can we arrive at an objective professional judgement that can reveal the true value of its modernist landscape architectural design work, and make clear which elements thereof must be preserved, restored or reconstructed (Karlócai Bakay et al., 2024). In this second part, we describe the initial changes that followed the park's construction from the second half of the 1940s to the beginning of the 1970s. (Figure 1) The main reason for defining this period is that the increasingly spontaneous evolution of the main axis of the park and the lateral areas, which were already in the process of being transformed by the early 1950s, led to a conscious and

significant transformation in the mid-1970s, which in retrospect was a milestone in the park's evolution.

The park was built before neighbouring buildings, in accordance with a carefully planned regulatory framework in the 1930s. These plots were built as a closed structure with a uniform architectural façade, in line with the structure of the park (Erki, 1997; Földeák & Somogyi, 1954; Fonyódi, 2012). At the same time, in relation to the urban architectural context on the eastern side, the park's main axis was not ended by a prominent building, but continued along the line of Csanády Street. This modernist neighbourhood is still a popular area for guided professional tours of the city (Maczó, 2022), but the park itself, as formerly one of Hungary's most important early modern public parks, now barely reflects its original modernist character.

METHODOLOGY

Our research is based on a multifaceted investigation into the park's spatial structure and landscape architectural character, primarily through a comprehensive, detail-focused analysis of aerial and archive photographs. This particular study analyses the transformations made during the park's initial period of change, until 1972. Special attention is devoted to the alterations affecting the core elements – both living and inanimate – that define the park's spatial structure. These include the vegetation, the structure of the pathways and the park's small architectural features.

During and immediately after the Second World War, a significant number of the trees forming the avenues along the secondary axis leading towards the Danube were destroyed, disrupting the pre-existing spatial structure. Consequently, the first major modification to the park's spatial configuration and experiential quality stemmed fundamentally from changes in the vegetation stock; hence, our analysis starts with this aspect. Our research is also focused on investigating the evolution of material use, along with the decorative and functional elements that shape the park's stylistic identity – including water features, sculptures and outdoor furnishings. We examine the sequence of significant interventions undertaken since the park's initial establishment, with a view to illustrating the gradual erosion of the park's intrinsic values and its significance within the realms of garden art and urban landscape architecture.

CHANGES IN THE VEGETATION IN THE MID-20TH CENTURY

The composition of the park's original vegetation was predominantly characterised by deciduous taxa. Among the arboreal species, key elements defining the spatial structure included the silver lindens (*Tilia tomentosa*) lining the



kialakítását követő kezdeti változásokat mutatjuk be az 1940-es évek második felétől az 1970-es évtized elejéig. (1. ábra) A korszakolás indoka elsősorban az, hogy az 1950-es évek elejére már átalakulóban lévő parki főten-gely és a mellékterek egyre inkább spontán evolúciója az 1970-es évek közepére egy tudatos és jelentős átalakítás-hoz vezetett, amely visszatekintve mérföldkőnek számít a park fejlődéstörténetében.

Az 1930-as évek átgondolt szabályozási terve alap-ján, a Szent István park megépítését követően, annak térszerkezetéhez illeszkedő egységes építészeti homlok-zattal zárt sorú beépítés alakult ki a szomszédos telke-ken (Erki, 1997; Földeák & Somogyi, 1954; Fonyódi, 2012). A városépítészeti kontextushoz ugyanakkor hozzátarto-zik, hogy a park főtengeyének lezárásaként nem épült hangsúlyos főépület a keleti oldalon, hanem a tengely folytatása jött létre a Csanády utca kiszabályozásá-val. Ez a modernista beépítés máig meghatározó érté-ket képvisel, ami napjainkban is gyakori és népszerű a vezetett szakmai épületbejárások, városi séták során (Maczó, 2022). Ugyanakkor maga a park, amely egykor Magyarország egyik legjelentősebb kora modern közpar-kjának számított, ma már alig tükrözi eredeti modernista karakterét.

ELEMZÉSI MÓDSZER

Kutatásunk a park térbeli szerveződésének és kertépí-tészeti karakterének több szempontú vizsgálatán ala-pul, elsősorban archív légi felvételek, fényképek átfogó,

ugyanakkor részletekre fókuszáló elemzése alapján. Jelen tanulmányban a park első nagy átalakulási periódusának (1972-ig tartó időszak) változásait elemezzük, különös tekintettel a park térszerkezetét meghatározó, élő és élettelen elemek – növényállomány, úthálózat, valamint a parki architektúrák – átalakulásaira. A második világ-háború után, a melléktengely Duna felőli fasorainak fái nagyrészt megsemmisültek, ezért a térszerkezet meg-bomlott: a park térstruktúrájának, térélményének első nagy módosulása tehát alapvetően a növényállomány változásának az eredménye, így ezzel kezdjük elemzésün-ket. A park stílusát alakító anyaghasználatok, díszítő- és funkcionális elemek – beleértve a vízarchitektúrát, szob-rokat és kültéri bútorzatot – változásának feltárása szin-tén központi szerepet kap kutatásunkban. Vizsgáljuk a jelentősebb beavatkozások láncolatát a park kialakításá-nak kezdete óta, és érzékeltetjük a park értékeiben, kert-művészeti és városi szabadtérépítészeti jelentőségében bekövetkező lassú eróziót.

A NÖVÉNYÁLLOMÁNY VÁLTOZÁSA
A SZÁZAD KÖZEPÉN

A park eredeti növényállományát döntően a lombhullató taxonok dominálják. Fatermetű fajok közül térszerkezeti szempontból meghatározóak a melléktengely hosszanti részének nyugati és keleti oldalát határoló ezüsthársak (*Tilia tomentosa*), illetve a süllyesztett mellékterek ovális fehér akác fasorai (*Robinia pseudoacacia*) [2]. A legmegha-tározóbb térszerkezeti elemként – a korszaktól függően –

1. ábra/Figure 1: A Szent István park kezdeti átalakulásának hangulatképei az 1940-60-as évekből / The initial transformation of Szent István Park in the 1940s-60s

ÁBRA FORRÁSA: SZERZŐK SAJÁT MUNKÁJA AZ ALÁBBI KÉPEK FELHASZNÁLÁSÁVAL: 1941-ES KÉP FORRÁSA: FSZEK, BUDAPEST GYŰJTEMÉNY, LELTÁRI SZÁM: 081014, KÉP KÉSZÍTŐJE: ISMERETLEN, DÁTUM: [1941]; 1957-ES KÉP

FORRÁSA: FORTEPAN / SZENT-TAMÁSI MIHÁLY, 13785 SZENT ISTVÁN PARK. [1957]; 1962-ES KÉPEK FORRÁSA: FORTEPAN / ANGYALFÖLDI HELYTÖRTÉNETI GYŰJTEMÉNY, 39663 [1962], ILLETVE 150 ÉVES A FŐVÁROSI KERTÉSZET, 1867-2017. SZERK.: DÉKÁNY SZILVESZTER; KIADÓ: FŐKERT NONPROFIT ZRT., BUDAPEST, 2017; 1967-ES KÉP FORRÁSA: FSZEK BUDAPEST GYŰJTEMÉNY



western and eastern sides of the secondary axis, and the oval allees of black locust (*Robinia pseudoacacia*) situated within the recessed enclosed areas [2]. Functioning as the most significant spatial structuring elements—vary-ing with the specific period—were intensively maintained white mulberry (*Morus alba*) hedges. These ranged in height from 1.0 to 3.5 metres and served to strongly artic-ulate and delineate both the main and secondary axes (Erki, 1997). Along the axis parallel to the Danube, lawn areas were originally bordered by 60-90 cm high oval-leaved privet (*Ligustrum ovalifolium*) hedges. These lower hedges did not obstruct the views across the lawn parterres flanking the longitudinal axis [3]. Art Deco style columns stood at the four corners of the central ornamental pool, and were covered in Russian vine (*Fallopia baldschuanica*) [4]. In the park section to the east of Pozsonyi Road, the allees forming the northern and southern boundaries con-sisted of London plane trees (*Platanus x hispanica*), which were planted in the early 1940s. To achieve the desired geometrical aesthetic form, these trees were likely sub-ject to rigorous pruning, thereby shaping regular crowns and presenting a uniform appearance consistent with the western park section. Along both sides of the main axis, a white mulberry hedge—initially trimmed to a height of 3-3.5 metres and later maintained at a medium height of 1-1.5 metres during the early 1950s and 1960s—reinforced the visual axis extending towards the Danube.

The siege of Budapest during World War II and subse-quent post-war supply difficulties inflicted considerable

damage on the park’s vegetation stock. This was particu-larly evident in the double linden alley along the second-ary axis of the western park area, as the local population ‘harvested’ a large portion of the timber for firewood. Consequently, only approximately 16 individual trees sur-vided, compared to an original number estimated at 260-280. Between 1955 and 1957, efforts were made to partially replace the lindens [5]. However, disrupting the uniformity of the allees, Southern Catalpa (*Catalpa bignonioides*)—a taxon relatively unfamiliar in Hungary at that time—was introduced into the rows during the early 1950s [6].

Fast-growing pioneer and early successional taxa, capable of providing substantial shade within a relatively short period, were planted in the park’s central area. Silver birches (*Betula pendula*) were planted in the two lawn parterres marking the western edge of the main axis [7]; however, their presence unduly softened the park’s strictly geometric spatial structure. In the park’s eastern section, the mulberry hedges were removed in 1964, coin-ciding with the main axis’s functional conversion into a playground area [8]. Between 1960 and 1972, these were replaced by groups of Japanese pagoda trees (*Styphnolo-bium japonicum*) planted in three corners of this eastern section. Concurrently, the central areas saw the intro-duction of silver lindens (*Tilia tomentosa*), tree of heaven (*Ailanthus altissima*), corkscrew willows (*Salix matsudana* ‘Tortuosa’), silver birches (*Betula pendula*) and Norway maples (*Acer platanoides*), arranged in a more informal, naturalistic composition [9].

2. ábra/Figure 2: A Szent István park szerkezeti átalakítása az 1950-60-as években / The structural transformation of Szent István Park in the 1950s-60s

ALAP LÉGI FELVÉTEL FORRÁSA: A MAGYAR NÉPHADSereg
TÉRKÉPÉSZETI INTÉZETÉNEK LÉGI FELVÉTELE 1963-BÓL.
KÉP AZONOSÍTÓ SZÁMA: 1963-0078-0256. A FENTROL.HU
ONLINE ADATBÁZISA NYOMÁN. ELEMZŐ ÁBRA: SZERZŐK
SAJÁT MUNKÁJA

1,0-3,5m magas intenzíven fenntartott fehér eperfa (*Morus alba*) sövények funkcionáltak, amelyek erőteljesen tagolták, illetve határolták a főtengetlyt és a melléktengelyt (Erki, 1997; Földeák & Somogyi, 1954). A Dunával párhuzamos tengely mentén egykor 60-90 cm magas széleslevelű fagyalsövény (*Ligustrum ovalifolium*) szegélyezte a gyepes felületeket. Ezen alacsonyabb sövények az átlátást nem akadályozták a hosszanti tengely gyepes parterei mentén [3]. A központi díszmedence négy sarkában art-deco stílusú oszlopok álltak tatáriszalaggal (*Fallopia baldschuana*) befuttatva [4]. A Pozsonyi úttól keletre lévő parkrészen az északról és délről határt képező fasorok hibrid platánokból (*Platanus x hispanica*) állnak, amelyek az 1940-es évek elején lettek telepítve. A geometrikus formavilág elérése érdekében valószínűleg erőteljesen met-szették ezeket, így szabályos koronát formálva egységes megjelenést nyújtottak a nyugati parkrésszel. A főten-gely mentén kétoldalt eleinte magasra nyírt (3-3,5m), később, az 1950-60-as évek elején már csak középmagasra (1-1,5m) nyírt fehér eperfa sövény erősítette a látványten-gelyt a Duna irányába.

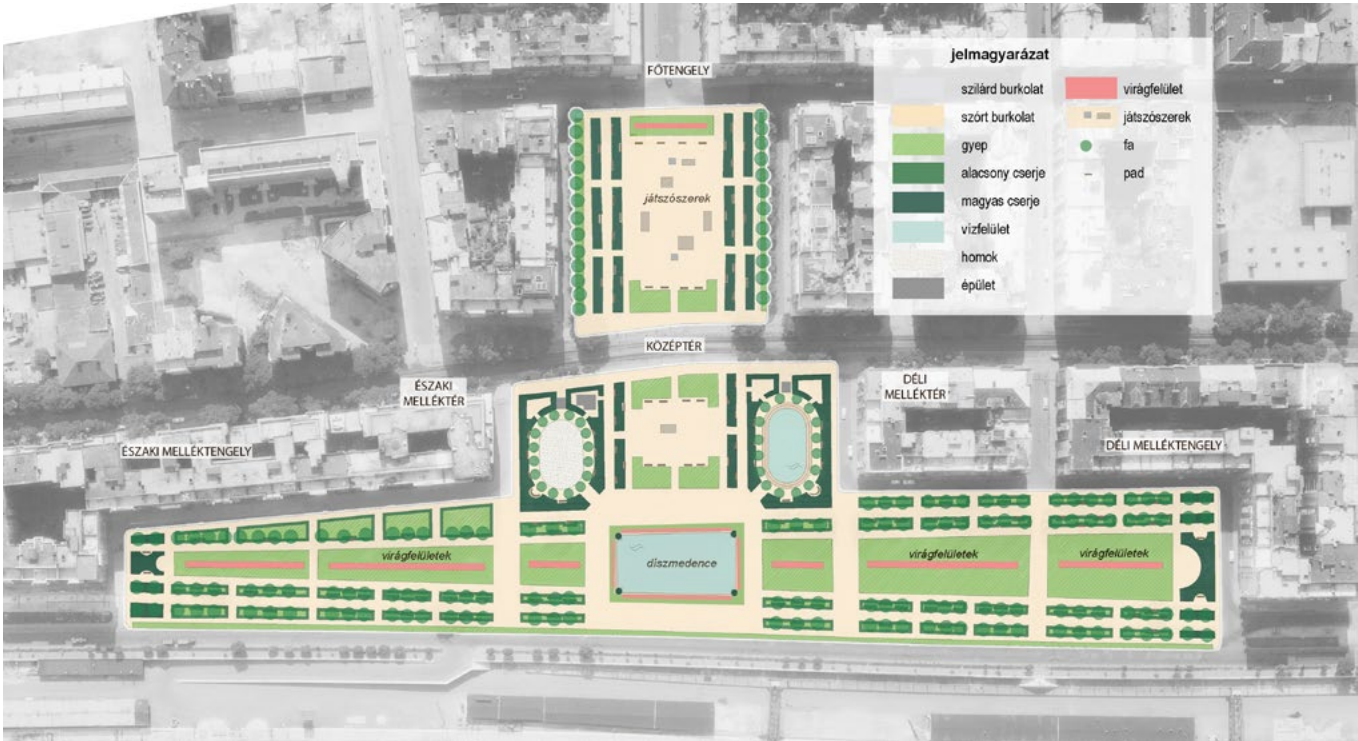
A főváros világháborús ostroma és a háború utáni ellátási gondok károkat okoztak a növényállomány-ban, különösen a nyugati parkrész melléktengelyének kettős hársfasorában, mivel a lakosság a faanyag egy részét tűzifaként felhasználta, így hozzávetőlegesen az eredeti 260-280 faegyedből mindössze 16 db maradt meg. 1955-57 között a hársakat részben pótolták [5], de a fasorok egységességét megbontva az ötvenes évek elején, egy hazánkban még kevésbé ismert taxont, a szívlevelű szivarfát (*Catalpa bignonioides*) telepítettek a fasorokba [6]. A park középterébe gyorsan növekvő és így viszonylag rövid idő alatt nagy árnyékot adó pionír és előfutár taxonokat ültettek. A főtengetly nyugati lezá-rását jelentő két gyepes parterbe közönséges nyírfák (*Betula pendula*) kerültek [7], amelyek túlzottan oldot-ták a park tisztán geometrikus térszerkezetét. A park keleti részén az eperfa sövényeket 1964-ben kivágták a főtengetly játszótéri funkcióváltása miatt [8], és helyet-tük 1960-1972 között a keleti parkrész három sarkába japán akác facsoportokat (*Styphnolobium japonicum*),

míg a középső területekre oldott formában ezüsthársakat (*Tilia tomentosa*), mirigyes bálványfákat (*Ailanthus altissima*), mandzsu füzeket (*Salix matsudana 'Tortuosa'*), közönséges nyíreket (*Betula pendula*) és korai juharokat (*Acer platanoides*) ültettek [9].

A PARK SZERKEZETI ÉS
FUNKCIONÁLIS VÁLTOZÁSAI
A KIALAKÍTÁSTÓL
AZ 1975-ÖS ÁTALAKÍTÁSIG

A Szent István park kialakításkori szerkezetében [10] az első jelentős változást a főtengetly és a melléktengelyek gyepes partereinek átalakítása [11] (2. ábra), valamint a főtengetly Pozsonyi úttól keletre fekvő növényfelületeinek megváltoztatása hozta. Ez utóbbi inkább ad-hoc jellegű módosításként értelmezhető, amely a park eredeti kon-cepcióját írja felül, és az ezzel összefüggő értékvesztés kiindulópontját képezi. (5. ábra)

A modernizmus és a letisztult geometrikusság szel-lemében kialakított park egységes koncepciója ellenére a Dunára merőleges főtengetly és a folyóval párhuzamos melléktengely között finom eltérés mutatkozott. A főten-gely alig érzékelhető kiemelését a szélesebb kialakítás, a Csanády utca irányában megjelenő erőteljes szimmetria és a tengelyt két oldalról kísérő mellékterek hangsúlyozták. A gyepes parterek, a hosszanti sövény-sávok, padok, pad-helyek, kandeláberek és a hosszú sétányok az egységet, harmóniát és a formai összhangot képviselték. A főtengetly nagyméretű parterének nyílt gyepes felületét az 1950-es évek elejére megbontották, és közepén egységes, szim-metrikus szórt burkolatú szabad felületeket hoztak létre új funkciók számára [12]. Az 1950-es évek végétől további kisebb változások figyelhetők meg a főtengetly keleti lezá-rásában, amelyet a záró gyepfelület közepén megjelenő virágágyás hangsúlyoz. A központi díszmedence környeze-tében új, egységesen keretező gyepfelület jött létre, míg a melléktengely mentén dekoratív virágfelületek tűntek fel a szimmetriatengelyben. A formai-szerkezeti átalakításai révén a főtengetly korábbi finom kiemelése markánsabbá vált, és határozottabban elkülönült a melléktengelytől – ezzel megbontva a park formai összhangját (2. ábra).



STRUCTURAL AND FUNCTIONAL
CHANGES IN THE PARK FROM
ITS ESTABLISHMENT TO THE 1975
RENOVATION

The first significant alteration to the original structure of Szent István Park [10] involved the transformation of the lawn parterres along the main and secondary axes [11] (Figure 2), coupled with changes to the vegetation situ-ated to the east of Pozsonyi Road. This latter change can largely be interpreted as an ad-hoc modification that over-rode the park's original design concept, and represented the starting of the subsequent erosion of its inherent value (Figure 5).

Despite the unified concept and refined geometricity of the park, designed in the spirit of modernism, a subtle distinction existed between the main axis (running per-pendicular to the Danube) and the secondary axis (run-ning parallel to it). The main axis was subtly emphasised by its wider layout, with pronounced symmetry extending towards Csanády Street and the enclosed spaces on either side. The lawn parterres, longitudinal hedges, carefully placed benches, chandeliers and expansive promenades collectively embodied unity, harmony and formal coher-ence. By the early 1950s, the expansive open lawn of the main axis's large parterre was both disrupted and uni-fied, with a symmetrical open area and unbound paving created at its centre to accommodate new functions [12]. From the late 1950s onwards, further minor changes were made at the eastern edge of the main axis, highlighted

by the introduction of a flowerbed in the centre of the surrounding lawn area. A new, uniformly framed lawn sur-face emerged around the central ornamental pool, while decorative flowerbeds were added along the secondary axis's line of symmetry. Through these formal and struc-tural transformations, the previously subtle emphasis on the main axis became more pronounced, setting it apart more distinctly from the secondary axis and thereby dis-rupting the park's overall formal coherence (Figure 2).

It can be noted that the alterations made during this period integrated new surfaces and functions—such as playground equipment and unbound paved areas designed to host them within the main axis (Figure 3)—while adhering to the original spatial order and main-taining the strong symmetry (Balogh et al., 2020). How-ever, the transformation of the main axis resulted in a hierarchical shift in the relationship between the main and secondary axes. The park's prior surface symmetry evolved into an axial symmetry, perceptible through the introduction of annual ribbon plantings along the second-ary axis centre line and through new pathways connect-ing the mid-lines of the unbound paved surfaces on the main axis. From this point forward, the east-west main axis also gained functional dominance. The primary focus partially shifted from the ornamental pool at the intersec-tion of the two axes—previously the sole dominant focal point—towards the east-west main axis. The change in central emphasis, which would become even more pro-nounced by the turn of the millennium, thus began with



3. ábra/Figure 3: A Szent István park tér-szerkezeti kialakítást és látványkapcsolatokat még nem zavaró új funkciója a főtengetyben / *The new function of Szent István Park along the main axis, which has yet to disrupt the spatial design and visual connections*

KÉP FORRÁSA: FORTEPAN / ANGYALFÖLDI HELYTÖRTÉNETI GYŰJTEMÉNY, 39663 [1962] [HTTPS://FORTEPAN.HU/HU/PHOTOS/?ID=39663](https://fortepan.hu/hu/photos/?ID=39663) A CSŐVÁZAS JÁTSZÓ ESZKÖZRŐL A FELVÉTEL A PARK FŐTENGETYÉBEN KÉSZÜLT, HÁTTÉRBE SZEMBEN A CSANÁDY UTCA

►► 4.a-b ábra/Figure 4.a-b: A Szent István park kőhattyú lábázatú padjai teljesen elhanyagolva már 1965-ben / *Benches in Szent István Park, with the stone swan pedestals already in a state of complete neglect by 1965*

KÉPEK FORRÁSA: KÜRTI ANDRÁS (1965): LE A BÜROKRÁCIÁVAL, PARKOK, PADOK ÉS EGYEBEK, IN: LUDAS MATYI, 1965/04/15 (XXI. ÉVF.), 15. SZÁM, P.7

Kijelenthetjük, hogy az ekkoriban megvalósult átalakítások az eredeti térbeli rendhez igazodva az erőteljes szimmetria megtartásával integráltak új felületeket, funkciókat a parkba – pl. játszó eszközök, illetve az ezeket befogadó szórt burkolatú terek (Balogh et al., 2020) a főtengetyben (3. ábra). A főtengety átalakítása mégis hierarchikus változást eredményezett a fő és melléktengely viszonyában. A park korábbi felületi szimmetriája tengelyes szimmetriává alakult, amely a gyepes parterek közép-vonalában a melléktengely egyenáris szalagágyai, valamint a főtengety szórt burkolatú felületeinek közép-vonalán létrejött új összekötések révén válik érzékelhetővé. Maga a kelet-nyugati főtengety innentől kezdve funkcionális dominanciát is élvez. Ekkor a két tengely metszésében található díszmedencéről, mint korábbi egyeduralgó súlyponti felületről a főszerep részben a kelet-nyugati tájolású főtengetyre irányul. Az ezredfordulón még jelentősebbé váló központi hangsúlyeltolódás tehát ezzel a gesztussal veszi kezdetét. Mivel a kisléptékű beavatkozásokkal a főtengety szerepe megváltozik, az eredetileg korozásra szánt parkrész innentől az aktív, helyben maradó időtöltés lehetőségét nyújtva további funkcionális változásoknak ad teret. Ugyanakkor a séta, korozás lehetősége elsősorban a Duna menti észak-déli melléktengelyre tevődik át, ahogy az már a harmincas években is meghatározó volt (Heim, 1937).

A park épített elemrendszere már a kialakítást követő évtizedekben jelentősen átalakult: vélhetően a világháborús években tűnt el a központi díszmedence közepéről a

szökőkút, a sarkokról a növényvel befuttatott fém sarokdíszek [13] és a sétányokat kísérő öntöttvas díszes kandeláberek is. Szerepüket magas fénypontú modern „ostorlámpák” vették át. Az eredeti fa lécezésű, mívés műkő padok helyén/mellett 1951-ben modernista un. „Városliget padokat” telepítenek [14], majd 1964-ben [15] ezeket is felváltották a „Szentendrei típusú kerti padok” [16] a keleti középtérben, illetve részben a melléktengely mentén [17]. A mellékterek közül a déli oldalon 1965-ben még állt egy rossz állapotban lévő, eredeti íves műkő pad is (4.a ábra). Ugyancsak e melléktérben ekkor még megvoltak az eredeti padok lécezés nélküli műkő lábai, az ún. „kőhattyúk” (4.b ábra) (Kürti, 1965). Az 1960-as években a középtéri játszóeszközök száma növekedett: bekerültek a hinták, mérleghinták és a fém csővázis játszószerkezetek első generációi is. A burkolt felületeket egyöntetű szórt burkolat jellemzi, kerti szegéllyel, míg érdemi szintkülönbség egyedül a súlyponti díszmedence és a mellékterek süllyesztett íves tereiben, illetve a Pozsonyi út kiemelt szegélyeinek kialakításában található.

Az egyik legnépszerűbb, emblematikus parki elem a lubickoló, amelyet a hatvanas években, a szigorodó közegészségügyi elvárások miatt már nehezen lehetett üzemeltetni, s az 1972-es légifelvételen már nem is látható (5. ábra); hasonlóképp az északi melléktérben lévő ovális süllyesztett homokozót is feltöltötték. Helyette egy-egy kisebb négyszögletes homokozó épült az ovális akácgyűrűn belül és kívül (6. ábra). Az ovális mellékterek nyírt növényi struktúrája a padhelyek beharapásaival



these interventions. As small-scale interventions altered the role of the main axis, this section, originally intended as a promenade, began to accommodate opportunities for active, stationary recreation, paving the way for further functional changes. At the same time, the main route for walking and promenading shifted predominantly to the north-south secondary axis along the Danube, reflecting the significance that had already been established in the 1930s (Heim, 1937).

The park’s structure of built elements underwent significant transformation in the decades immediately following its establishment. It is presumed that the fountain in the centre of the ornamental pool, its metal ornaments [13] and the ornate cast-iron lighting fixtures along the promenades disappeared during World War II. Their role was taken over by modern ‘whip-style’ lamps with high lumen output. In 1951, modernist benches, known as ‘Városliget (City Park) benches’, were installed [14] nearby or in place of the original, artfully-crafted cast stone benches with wooden slats. Subsequently, in 1964 [15], these were replaced by the ‘Szentendre type’ garden benches [16] in the eastern areas and partially along the secondary axis [17]. In the southern enclosed oval space, one of the original curved cast stone benches, albeit in poor condition, still existed in 1965 (Figure 4a). Within the same auxiliary space, the cast stone supports (legs) of the original benches, lacking their wooden slats – colloquially known as ‘stone swans’ (Kürti, 1965) – were also still present at that time (Figure 4b). During the 1960s, the amount

of playground equipment in the central area increased, with the introduction of swings, seesaws and the initial generation of metal tube-framed play tools. The paved surfaces were characterised by uniform gravel paving edged with kerbstone elements. Substantial level changes were primarily confined to the focal ornamental pool, the recessed areas within the enclosed spaces and the design of the upstand kerbs along Pozsonyi Road.

One of the park’s most popular and emblematic features, the wading pool (‘lubickoló’), became difficult to maintain in the 1960s due to increasingly stringent public health regulations, and an aerial photograph taken in 1972 shows that it was no longer in use (Figure 5). Similarly, the oval and flush sandpit area located in the northern enclosed space was filled in. Instead, smaller rectangular sandboxes were constructed both inside and outside the oval ring of locust trees (Figure 6). The trimmed hedge structure of the oval spaces, including the recesses for bench placement, remains faintly discernible in photographs from that era, but most built elements and furnishings have disappeared.

The drastic changes, visible in the 1972 aerial photograph within the central space to the east of Pozsonyi Road, can be attributed to the alterations made in 1964. The formally trimmed hedges had vanished, and were replaced by informal shrub plantings. The symmetrical lawn parterres were redesigned into asymmetrical, free-form layouts. Furthermore, the tree planting within the playground—itsself featuring a fragmented layout and



többé-kevésbé még látszik az akkori felvételeken, de az épített elemek és berendezési tárgyak túlnyomó többsége már nem.

Az 1972-es légifotón a Pozsonyi úttól keletre lévő közép térben látható drasztikus változások az 1964-es átalakításoknak köszönhetőek. A szabályosra nyírt sövények eltűntek, helyettük cserjefoltok jelentek meg, a szimmetrikus gyepek parterek aszimmetrikus oldott formában épültek át, míg a szabdaltságot alaprajzú, szórt burkolatú játszótér ortogonális rendet tagadó fásítása végleg megbontotta a geometrikus szerkesztettséget. Visszatekintve, a Szent István park történetében ez az a meghatározó fordulópont, ahonnan már nincs stílár “visszaút”, s amikor a fő tengely megnevezés helyett célszerűbb a közép tér kifejezést használnunk a park ezen részére. 1970-ben, a déli melléktengely Balzac utcai szakaszán felavatott *Szir [SIC!] ellenállási csoport emlékműve* (Rajna, 1989) szintén aszimmetrikusan törte meg az akkor még egységes rendet. Ugyanitt az autók illegális parkolása és a zöldfelületek csökkenése tovább rontotta a park eredeti térbeli integritását.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az 1950-60-as évek beavatkozásainak erénye, hogy korábban nem létező rekreációs és sport funkciót telepítenek a parkba. Az átalakítások ugyanakkor drasztikus változást eredményeznek a park szellemiségében, szerkezeti felépítésében. A parkot korábban jellemző általános szimmetriaviszony a fő tengely mentén részben megszűnik, csupán

5. ábra/ Figure 5: A Szent István park szerkezeti kialakítása az 1970-es évek elején / *Structural layout of Szent István Park in the early 1970s*
LÉGI FELVÉTEL FORRÁSA: [HTTPS://FENTROL.HU](https://fentrol.hu)
(BUDAPEST, 1972, A KARTOGRAFIAI VÁLLALAT LÉGI FELVÉTELE, FENTROL.HU ONLINE ADATBÁZISA NYOMÁN. KÉP AZONOSÍTÓ SZÁMA: 1972-0064-3989); ELEMZŐ ÁBRA: SZERZŐK SAJÁT MUNKÁJA

6. ábra/ Figure 6: Terméskő szegélyű, négyzetes homokozó a fő tengelyben az eperfa sövény egy szakaszának helyén, kilátással a háttérben a díszmedence és a Margitsziget felé. A képen Almási Helga és Almási Szabolcs látható / *Square sandpit on the main axis, with natural stone edge in place of a mulberry hedge, with view towards the ornamental pool and Margaret Island in the background. The picture features Helga Almási and Szabolcs Almási*
ALMÁSI LÁSZLÓ FELVÉTELE [1972]. MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁVAL UTÓLAGOSAN SZÍNEZETT KÉP



unbound paving—explicitly negated the orthogonal order, permanently disrupting the park’s geometric composition. In retrospect, these alterations represent a defining turning point in the history of Szent István Park, as thereafter, a return to the original stylistic coherence was no longer feasible. From this point onwards, it becomes more appropriate to refer to this area of the park as ‘the central space’ rather than ‘the main axis’. In 1970, the erection of the memorial to the ‘Szir’ [Syrian] resistance group (Rajna, 1989) in the secondary axis also asymmetrically interrupted the uniform order that once prevailed. In the nearby areas, illegal parking by vehicles and the resulting loss of green space further undermined the park’s original spatial integrity.

CONCLUSION

In the case of the earliest changed made to Szent István Park, the main merit of the interventions carried out in the 1950s-1960s lies in their introduction of recreational and sporting facilities that were previously absent. Simultaneously, however, these alterations precipitated drastic changes in the park’s fundamental ethos and structural composition. The overall symmetrical order that had previously characterised the public park partially dissolved along the main axis, while persisting along the north-south secondary axis. However, even this remaining symmetry was disrupted by the new memorial mentioned above [to the Syrian resistance group] and its surrounding setting [18]. Meanwhile, the symmetrical arrangement of

the east-west main axis underwent a fundamental transformation. The accelerated pace of modifications, the proliferation of new elements and functions in the park, and the concurrent loss of numerous original features highlighted the urgent need for a timely and carefully considered professional intervention. Nearly four decades after its initial establishment, the park was evidently primed for a comprehensive renovation, which ultimately occurred in 1975. However, this long-awaited new plan—regarded as a milestone in many ways—paradoxically led to an even greater erosion of value, which had already begun to emerge by that time. A detailed analysis of this subsequent process will be presented to readers in the next publication of this article series. ©



This work is licensed under Creative Commons 4.0 standard licenc: CC-BY-NC-ND-4.0.

- JEGYZETEK/NOTES**
- 1** TAKÁCS K. et al. (2021): A modern mozgalom hajnalán: a budapesti Szent István park kertművészeti elemzése / At the dawn of the modern movement: a historical analysis of the Szent István Park in Budapest. *4D TÁJ-ÉPÍTÉSZETI ÉS KERTMŰVÉSZETI FOLYÓIRAT* (60). pp. 18-33. A 1970-es éveket követő jelentős beavatkozásokhoz kapcsolódó vizsgálatainkat és megállapításainkat sorozatunk következő részeiben tesszük közzé. Lásd még továbbá a park kialakulásának ismertetését CSEPELY-KNORR L. (2011): Korai modern szabadtérépítéset. A közparktervezés-elmélet fejlődése az 1930-as évek végéig. Doktori értekezés, Budapest, pp. 195-196./ *Our investigations and findings on the major interventions since the 1970s will be published in the next parts of this series. See also a description of the development of the park CSEPELY-KNORR L. (2011): Korai modern szabadtérépítéset. A közparktervezés-elmélet fejlődése az 1930-as évek végéig. Doctoral thesis, Budapest, pp. 195-196.*
- 2** A gömb koronájú fehérakácok korabeli képét ld. az alábbi napilapban: *Képes Pesti Hírlap*, 1935 (LVII. évf.), 187. szám, 1935-08-18
- 3** A fagyal sövények korabeli ábrázolásait ld. Többek közt: Fortepan / Lissák Tivadar 72094 Újpesti rakpart a Szent István parknál. [1943] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=72094>; Fortepan / Ungváry Rudolf 255083 [1937] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=255083>
- 4** A rácsra futtatott kúszónövény nem sokáig díszíthette a díszmedence négy sarkát. Teljes pompájában látható többek közt az Angyalföld régi képeken c. közösségi média csoportban közzétett képeken, illetve Bor Dezső fényképén a Fortepan Gyűjteményében közzétéve (Fortepan / Bor Dezső 231727 [1937] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=231727>).
- 5** Ld. Seidner Zoltán és Samai Antónia fényképeit az MTI/MTVA Fotószerkesztőségének archívumában. <https://nemzetiarchivum.hu/photobank> Fájlnévek: MF___ZE_____5571984; AF__AA195607220006
- 6** Fortepan / Chuckyeager tumblr, 133769 Újpesti rakpart a Szent István parknál, a Duna-ág túlszárnyán a Margit-sziget, jobbra a távolban az Árpád híd. [1958] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=133769>
- 7** A kifejezett nyírfák a hatvanas évek archív fényképein már láthatók. Fortepan / Szilvási hagyaték, 273760 Szent István park, szemben a Csanády utca. [1969] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=273760>; Fortepan / Reményi József, 258631 A felvétel a Szent István parkban készült, a háttérben szemben a Csanády utca. [1964?] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=258631>
- 8** A cserjesor kivágásának tényét dokumentálja az alábbi kép: Fortepan / Obetkó Miklós, 277362 Szent István park, játszótér, háttérben a 26., 25., 24., 23. számú ház. [1966] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=277362>, illetve egy légi felvétel is: MTI/MTVA Fotószerkesztőségének archívuma, Járai Rudolf, AF__JA196409260073, Légi felvétel a Szent István parkról, és a park körül lévő házakról. [1964]. <https://nemzetiarchivum.hu/photobank>
- 9** Fortepan / Reményi József, 258631 A felvétel a Szent István parkban készült, a háttérben szemben a Csanády utca. [1964?] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=258631>. Az átalakításokat légi felvételeken is nyomon lehet követni: 1963-0078-0256 - Légi felvétel: a Magyar Néphadsereg Térképészeti Intézetének légi felvétele, Fentrol.hu online adatbázisa nyomán. 1972-0064-3989 - Légi felvétel: a Kartográfiai Vállalat légi felvétele, Fentrol.hu online adatbázisa nyomán.
- 10** TAKÁCS K. et al. (2021) p.23., 4. ábra.
- 11** Ld. 1951-es légi felvételek, amelyek a gyepes parterek átalakításának évéből származnak. 1951_30646_L34-15-Ac és 1951_30649_L34-15-Ac jelzetű légi felvételek a Hadtörténeti Intézet és Múzeum Térképtárból.
- 12** 1951_30646_L34-15-Ac és 1951_30649_L34-15-Ac jelzetű légi felvételek a Hadtörténeti Intézet és Múzeum Térképtárból. A változásokat az MTI/MTVA fotóarchívuma is jól dokumentálja.
- 13** Fortepan, leltári szám: 77921, kép készítője: Mihalik István, dátum: [1948] - <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=77921>
- 14** Ld. Samai Antónia fényképét az MTI/MTVA Fotószerkesztőségének archívumában.
- 15** Ld. Járai Rudolf légi felvételét az MTI/MTVA Fotószerkesztőségének archívumában. <https://nemzetiarchivum.hu/photobank> Fájlnév: AF__JA196409260073.
- 16** Fővárosi Kertészeti Vállalat (1964-65): *Műszaki fejlesztési tájékoztató*. 1. szám, Parkfejlesztés. pp 95-97. 66."TEMPÓ"KSZ/Msz: 2986. felelős szerkesztő: Gopcsa Ervin
- 17** Ld. Patkó Klári fényképét az MTI/MTVA Fotószerkesztőségének archívumában. <https://nemzetiarchivum.hu/photobank> Fájlnév: AF__RI196408270022. Dátum: 1964.
- 18** A Szír ellenállási emlékművet 1969-70-ben állították fel, keletkezésének dokumentumai a Fővárosi Levéltárban: HU_BFL_XV_17_d_328_0001786; HU_BFL_XV_17_d_328_KT_szoc_1776;

IRODALOMJEGYZÉK/ BIBLIOGRAPHY

Balogh, P. I., Báthoryné Nagy, I. R., Reith, A., Takácsné Zajacz, V., & Teremy, V. (2020). Child-Friendly Urban Landscapes: The Meaning of Child-Friendly Urban Open Spaces and the Opportunities for Implementing Initiatives in Hungary. 4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat, 55–56, 94–113. <https://doi.org/10.36249/55-56-7>

Csepely-Knorr, L. (2011). Korai modern szabadtérépítéset. A közparktervezés-elmélet fejlődése az 1930-as évek végéig [Doktori Disszertáció]. Budapesti Corvinus Egyetem.

Dékány, Sz. (2017). 150 éves a Fővárosi Kertészet, 1867-2017. Kiadó: FŐKERT Nonprofit Zrt., Budapest, 2017, 231.

Erki, E. (1997). Rakpartszemlélet helyett parkgondolat. A folyómenti palota- és villasor az Újpesti öbölög folytatódjék. Népszabadság-Budapest melléklet, 41.

Fonyódi, A. (2012). Város a városban - Új-Lipót-város a harmincas években, a kortársak szemében in: Lipócia, 2. évf. 1. sz. pp. 44-49. Földeák, J. & Somogyi, G. (1954). Az Új-Lipótváros kiépülése 1920-1944, Budapest

Gopcsa, E. (1964-1965). FŐKERT: Műszaki fejlesztési tájékoztató. 1. szám, Parkfejlesztés. pp 95-97. 66."TEMPÓ"KSZ/Msz: 2986.

Heim, E. (1937). A Duna-parti Új-Lipótváros. Tér és forma, X.②, 112–115.

Karlóciné Bakay, E., Gergely, A., & Takácsné Zajacz, V. (2024). Modernista közparkjainak megőrzésének kihívásai. 4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat, 70, 32–47. <https://doi.org/10.36249/4d.70.4688>

Kürti, A. (1965). Le a bürokráciával, parkok, padok és egyebek. Ludas Matyi, 4(15), 7.

Maczó, B. (2022). Séták a Szent István park körül. Athenaeum Kiadó. https://bookline.hu/product/home.action?_v=Maczo_Balazs_Setak_a_Szent_Istvan_park_&type=22&id=331368

Rajna, G. (1989). Budapest köztéri szobrainak katalógusa – Budapesti Városvédő Egyesület. Budapesti Városvédő Egyesület. <https://varosvedo.hu/termek/budapest-kozteri-szobrainak-katalogusa/>

Takács, K., Kubik, E., & Almási, B. (2021). A modern mozgalom hajnalán: A budapesti Szent István park kertművészeti elemzése. 4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat, 18–33. <https://doi.org/10.36249/60.2>

FELHASZNÁLT KÉPI FORRÁSOK/ IMAGE SOURCES

Térképek, légi felvételek / *Maps, aerial photos*

HU_BFL_XV_17_f_360_13-49 – FŐKERT tervek: Szent István park kertészeti rendezése (1961-1980)

HU_BFL_XV_17_d_328_0001786; HU_BFL_XV_17_d_328_KT_szoc_1776 - A Szír ellenállási emlékmű keletkezésének dokumentumai a Fővárosi Levéltárban.

1951_30646_L34-15-Ac - Légi felvétel: Hadtörténeti Intézet és Múzeum – Térképtár

1951_30649_L34-15-Ac - Légi felvétel: Hadtörténeti Intézet és Múzeum – Térképtár

1953_30660_L34-15-Ac - Légi felvétel: Hadtörténeti Intézet és Múzeum – Térképtár

1963-0078-0256 - Légi felvétel: a Magyar Néphadsereg Térképészeti Intézetének légi felvétele, Fentrol.hu online adatbázisa nyomán.

1972-0064-3989 - Légi felvétel: a Kartográfiai Vállalat légi felvétele, Fentrol.hu online adatbázisa nyomán.

Archív fényképek / Archive photos

Fortepan / Lissák Tivadar 72094 Újpesti rakpart a Szent István parknál. [1943] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=72094>

Fortepan / Ungváry Rudolf 255083 [1937] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=255083>

Fortepan / Bor Dezső 231727 [1937] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=231727>

Fortepan / Chuckyeager tumblr, 133769 Újpesti rakpart a Szent István parknál, a Duna-ág túlszárnyán a Margit-sziget, jobbra a távolban az Árpád híd. [1958] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=133769>

Fortepan / Obetkó Miklós, 277362 Szent István park, játszótér, háttérben a 26., 25., 24., 23. számú ház. [1966] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=277362>

Fortepan / Szent-tamási Mihály, 13785 Szent István park. [1957] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=13785>

Fortepan / Angyalföldi Helytörténeti Gyűjtemény, 39663 [1962] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=39663>

Fortepan / Reményi József, 258631 A felvétel a Szent István parkban készült, a háttérben szemben a Csanády utca. [1964?] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=258631>

Fortepan / Szilvási hagyaték, 273760 Szent István park, szemben a Csanády utca. [1969] <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=273760>

Fortepan / Mihalik István leltári szám: 77921, Szent István park. [1948] - <https://fortepan.hu/hu/photos/?id=77921>

MTI/MTVA Fotószerkesztőségének archívuma, Járai Rudolf, AF__JA196409260073 Légi felvétel a Szent István parkról, és a park körül lévő házakról. [1964].

MTI/MTVA Fotószerkesztőségének archívuma, Patkó Klári, AF__RI196408270022 Beszélgető kisgyerekes anyák a főváros 13. kerületében, a Szent István parkban. [1964]

MTI/MTVA Fotószerkesztőségének archívuma, Seidner Zoltán, MF__ZE_____5571984;

MTI/MTVA Fotószerkesztőségének archívuma, Samai Antónia, AF__AA195607220006. [1956]

LÁGYSZÁRÚ NÖVÉNYEK ÉRTÉKELÉSE AZ ÖKOSZISZTÉMA- SZOLGÁLTATÁSBAN

ASSESSMENT OF THE ROLE OF HERBACEOUS PLANTS IN ECOSYSTEM SERVICES

DOMA-TARCSÁNYI JUDIT | BAGDINÉ FEKETE ORSOLYA |
KARLÓCAINÉ BAKAY ESZTER | SZABÓ KRISZTINA

ABSZTRAKT

A természet sokféle módon képes hozzájárulni az emberi jóléthez, pozitív hatással van nemcsak a fizikális, hanem a mentális egészségünkre is. A városi zöldfelületek és azok növényzete jelentősen hozzájárul az urbánus környezet minőségének javításához, elsősorban a klímaváltozás hatásainak csökkentése, a szennyező anyagok megkötése és a városi hősziget hatás enyhítése révén. Az emberi tevékenységből származó kedvezőtlen hatások mérséklésén túl, fontos szerepük van az urbanizált környezet esztétikai minőségének, a hely identitásának és karakterének erősítésében. A növényeknek tehát az általuk nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások (ES=Ecosystem services) révén alapvető jelentőségük van a városok ellenálló képességének, valamint az ott élők életminőségének javításában és a helyhez való kötődésük erősítésében. Az ES fogalma és rendszere az elmúlt néhány évtizedben egyre szélesebb körben használt, hangsúlyos koncepcióvá vált. Számos szakirodalom foglalkozik a növények által nyújtott szolgáltatásokkal, kiemelt jelentőséget tulajdonítva a fáknek, a lágyszárú növények azonban kisebb hangsúlyt kapnak ezekben a kutatásokban, szerepük kissé alábecsült, kisebb termetük, lombtömegük és rövidebb élettartamuk

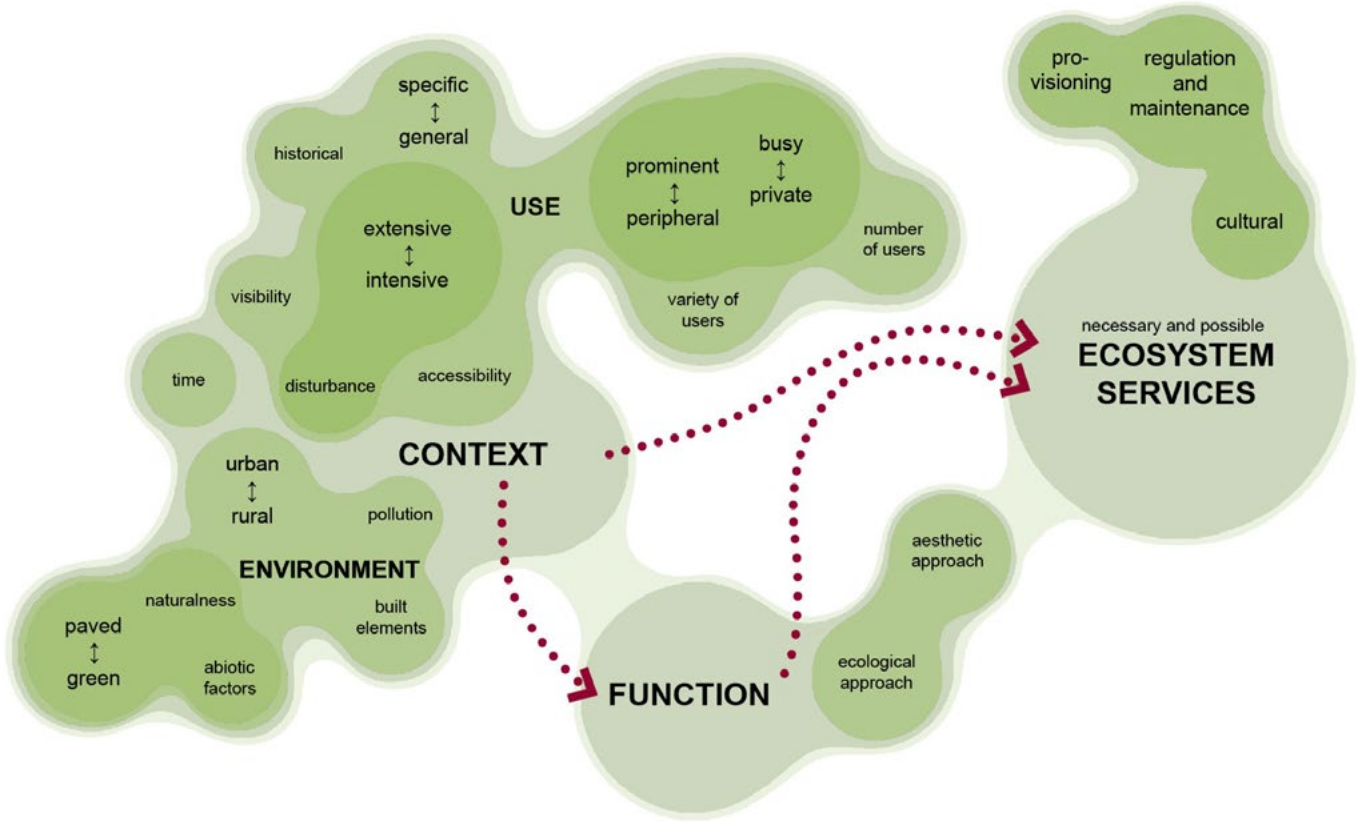
miatt. Jelen kutatásunk a vonatkozó szakirodalmak áttekintésére alapozva azt vizsgálja, hogy a lágyszárú növények milyen funkciókat tölthetnek be a városi zöldfelületek ökoszisztémáiban és milyen szolgáltatásokat nyújthatnak a környezetükben élők számára. Célunk, hogy a városi lágyszárú felületek tervezésekor a növényválasztási szempontok között megjelenjen és hangsúlyos legyen a kontextusnak megfelelő ES maximalizálása.

Kulcsszavak: városi zöldfelületek, lágyszárú kiültetések, biodiverzitás, ökoszisztéma-szolgáltatás

1. BEVEZETÉS

Az egyre erősödő urbanizációs folyamatoknak köszönhetően 2050-re várhatóan a világ lakosságának közel 70%-a városokban fog élni (Dye, 2008). A technológiai fejlődés eredményeképpen a városi társadalmak fokozatosan függetlenednek a meglévő természeti rendszerektől, ugyanakkor egyre nagyobb igény mutatkozik az ökoszisztéma-szolgáltatásokra (ES=Ecosystem service), amelyek biztosítására hatalmas területeket vesznek igénybe a határaikon túl is, így függetlenítésük csak részben lehetséges. Többek között ezért fontos, hogy a városokon belül

1. ábra/ Fig. 1: Kontextus, funkció és az ES-ek összefüggései a növénykiültetés tervezésében / Context, function and ES in planting design
FORRÁS/SOURCE: DOMA-TARCSÁNYI JUDIT, BAIJÁTH NOÉMI, FÜLÖP MÁRK



ABSTRAKT

Nature can contribute to human well-being in many ways, positively affecting not only our physical health but also our mental health. Urban green spaces and their vegetation make a significant contribution to improving the quality of the urban environment, in particular by reducing the effects of climate change, sequestering pollutants and mitigating the urban heat island effect. In addition to mitigating the negative impacts of human activity, they play an important role in enhancing the aesthetic quality of the urban environment and the identity and character of the place. Plants, through the ecosystem services they provide (ES), are therefore essential for improving the resilience of cities, the quality of life of their inhabitants and their attachment to place. The concept and system of ES has become an increasingly widely used and emphasised concept over the last few decades. There is a large body of literature available on the services provided by plants, with particular emphasis on trees. But herbaceous plants are usually less emphasised, which is the focus in this research, their role being somewhat underestimated due to their smaller size, leaf mass and shorter life span. Based on a review of the relevant literature, this research

investigates the functions that herbaceous plants can play in urban green space ecosystems and the services they can provide to the people living in their surroundings. Our goal is to ensure that when designing of urban herbaceous surfaces the maximisation of context-appropriate ES should be included and emphasised in the plant selection criteria.

Keywords: ecosystem services, urban green space, perennial plantings, biodiversity

1. INTRODUCTION

With increasing urbanisation, nearly 70% of the world's population is predicted to live in cities by 2050 (Dye, 2008). As a result of technological innovation, urban societies are gradually becoming increasingly independent from existing natural systems. At the same time, their growing demand for ecosystem services (ES) is met by vast areas beyond their borders, meaning they can only be partially independent. This is one of the reasons why creating artificial ecosystems within urban environments that are capable of achieving the highest possible ES is important in reducing the ecological debt of cities and

olyan mesterséges ökoszisztémákat hozunk létre, amelyek a lehető legnagyobb ES-ekre képesek, csökkentve ezzel a városok ökológiai adósságát, és növelve azok élhetőségét és a környezeti terheléssel szembeni ellenállóképességét (Gómez-Baggethun & Barton, 2013). A helyszín környezeti adottságai és társadalmi-gazdasági jellemzői döntik el, hogy az adott léptékben és kontextusban milyen ES a legfontosabb (Gómez-Baggethun et al., 2013). A növényalkalmazás vonatkozásában a környezeti adottságok és a használat jellemzői által együttesen definiált kontextus szabja meg egy növénykiültetés hangsúlyos funkcióit és egyben azt is, hogy milyen mértékben dominálnak és hogyan viszonyulnak egymáshoz az ökológiai és az esztétikai aspektusok. A kontextus és a funkció pedig meghatározza, hogy milyen ES biztosítása lehetséges és szükséges az adott ágyás esetében (1. ábra). A további ábrákon budapesti kiültetések láthatóak, kiemelve a legfontosabb ES-eket, amelyeket a lágyszárú növények biztosítanak (2-4. ábra).

A növények által nyújtott ES-ek megértésében és mérésében egyre nagyobb figyelmet kapnak az ún. növényi funkcionális jellegek (Miedema Brown & Anand, 2022). Ezek olyan jellemzők (morfológiai, fiziológiai, fenológiai), amelyek ökológiai stratégiákat képviselnek, és meghatározzák, hogy a növények hogyan reagálnak a környezeti tényezőkre, hogyan hatnak más trofikus szintekre és hogyan befolyásolják az ökoszisztéma tulajdonságait (Pérez-Harguindeguy et al., 2016), folyamatait és ezen keresztül az ES-ket (Bello et al., 2010). A növényi jellegek ismeretében képet tudunk alkotni arról, hogy az adott növény milyen ökoszisztéma-szolgáltatásokra képes. Bello és társai (Bello et al., 2010) a jellegek és a szolgáltatások közötti többszörös kapcsolatokat vizsgálták. Kutatásuk szerint a lombozat mérete és szerkezete leginkább a klímaszabályozásban (beleértve a CO₂ megkötő képességet), a gyökérzet mérete és szerkezete a vízháztartás szabályozásában és a talaj stabilizálásban betöltött szerepre van hatással, míg a levél-szárazanyagtartalom a talaj termékenységet növelő hatást determinálja (Bello et al., 2010). A növényi jellegek kapcsán számos adatbázis létezik (folyamatosan bővülő adatokkal), amelyek elsősorban a természetes vegetáció növényeit tartalmazzák. Ilyen céllal készült, és jól használható a hazai PADAPT adatbázis (<https://padapt.eu/hu>). A növénykiültetések tervezésénél a növényi jellegek egyelőre nem használatosak, ezért dísznövényeket tartalmazó kutatások, adatbázisok sem ismeretesek.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Az ES fogalma és koncepciója az 2000-es évek elején jelent meg a tudományos köztudatban, és azóta dinamikus fejlődésen ment keresztül. A természet által az ember javára nyújtott szolgáltatások rendszerezésére több javaslat is született, elsőként a Millennium Ecosystem Assessment (MA) (2005), majd a The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) (2010), később pedig a Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) (2013). Míg az MA és a TEEB négy fő kategóriát határoz meg, addig a CICES a támogató szolgáltatásokat az ökoszisztémák alapvető struktúrái, folyamatai és funkciói közé sorolva háromra csökkenti (Haines-Young & Potschin, n.d.). Az ellátó ES-ek körébe tartoznak azok a természetből származó termékek és javak, amelyek közvetlenül hasznosak az emberiség számára. A szabályozó és fenntartó ES-ek magukban foglalják azokat a felszíni és felszín alatti folyamatokat, amelyek biztosítják az ökoszisztémák dinamikus egyensúlyát és a földi élet alapját képező körfolyamatok fenntartását, és alapvetőek az emberi élet és jólét szempontjából. A kulturális ES-ek olyan nem anyagi jellegű javak és előnyök, amelyeket az emberek a természetből meríthetnek (Kovács-Hostyánszki et al., 2022). A szolgáltatások lehetnek helyi vagy globális léptékűek, attól függően, hogy milyen kiterjedésű problémához kapcsolódnak, és hogy mennyire mobilizálhatóak (Bolund & Hunhammar, 1999).

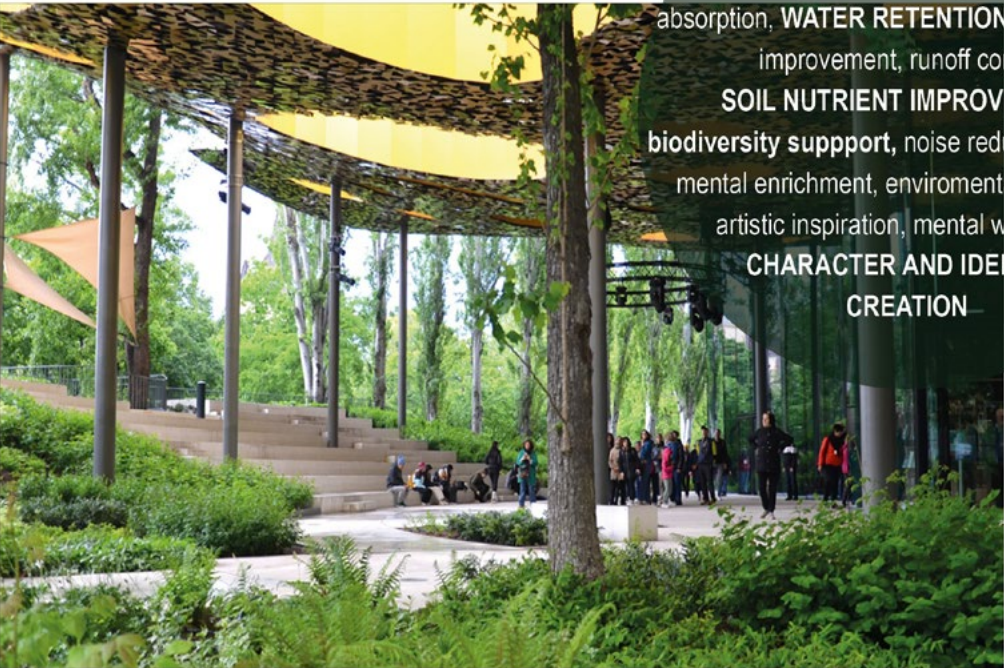
Kutatásunkban a CICES 2018 januárjában frissített rendszerét vettük alapul, és az egyes kategóriákban kiemeltük azokat a szolgáltatásokat, amelyekben a lágyszárúak szerepe jelentős lehet (5. ábra).

3. EREDMÉNYEK

3.1.1 Ellátó szolgáltatások

Az ellátó szolgáltatások közé elsősorban az élelmiszerellátás céljából termesztett növények, illetve azok termékei tartoznak, amelyek többsége lágyszárú zöldség-, gabona- és takarmánynövény. Ezek városi környezetben leginkább a városkörnyéki mezőgazdasági területeken, a városon belül pedig kisebb területeken, például magánkertekben, zöldtetőkön vagy közösségi kertekben jelennek meg (Gómez-Baggethun et al., 2013). A városi kertészkedés, az ehető, kettős hasznú növények alkalmazása iránti igény nemcsak a magánkertekben, hanem közterületeken is egyre növekszik. A hagyományos zöldség-, fűszer- és gyümölcstermő növényeken túl a vadon termő ehető növények is növekvő népszerűségnek örvendenek. Demasi

2. ábra/Fig. 2: Lágyszárú növények által biztosított ES-ek a Magyar Zene Háza körüli növénykiültetésekben / ES provided by herbaceous plants in planting around the House of Music Hungary
FORRÁS/SOURCE: DOMA-TARCSÁNYI JUDIT, BAJZÁTH NOÉMI, FÜLÖP MÁRK



EVAPOTRANSPIRATION, soil shading, PM fixation, greenhouse gas absorption, WATER RETENTION, soil structure improvement, runoff control, SOIL NUTRIENT IMPROVEMENT, biodiversity support, noise reduction, spiritual/mental enrichment, enviromental education, artistic inspiration, mental well-being CHARACTER AND IDENTITY CREATION



PÁROLOGTATÁS, talajárnyékolás, szállópor megkötés, üvegházhatású gázok megkötése, VÍZMEGTARTÁS, talajszerkezet javítás, lefolyásszabályozás, TALAJ TÁPANYAGTARTALOM NÖVELÉS, biodiverzitás támogatása, zajcsökkentés, lelki/szellemi gazdagodás, környezeti nevelés, művészeti inspiráció, mentális egészség identitásképzés, KARAKTERKÉPZÉS

3. ábra/Fig. 3: Lágyszárú növények által biztosított ES-ek a Pünkösdfürdői Park esőkertjének növénykiültetésében / ES provided by herbaceous plants in raingarden of Pünkösdfürdői Park
FORRÁS/SOURCE: DOMA-TARCSÁNYI JUDIT, FÜLÖP MÁRK



increasing their livability and resilience to environmental pressures (Gómez-Baggethun & Barton, 2013. The environmental conditions and socio-economic characteristics of the site determine which ES is the most important on a given scale and in a given context (Gómez-Baggethun et al., 2013). This context, defined by the environmental conditions and the characteristics of use, determines the main function of the plantation, and also the extent to which ecological and aesthetic aspects dominate and relate to each other. Along with the context, the function also determines what ES can and should be provided in a given planting bed (Figure 1). The figures below illustrate plantings in Budapest, highlighting the most important ES provided by herbaceous plants (Figures 2-4).

In understanding and assessing the ES provided by plants, increasing attention is being paid to the so-called plant functional traits (Miedema Brown & Anand, 2022). These are characteristics of an organism (morphological, physiological, phenological) that represent ecological strategies and determine how plants respond to environmental factors, how they interact with other trophic levels, and how they influence the properties (Pérez-Harguindeguy et al., 2016) and processes of the ecosystem and thereby the ES (Bello et al., 2010). Based on the knowledge of plant traits, we can form a general picture of the ecosystem services a plant can provide. Bello et al investigated multiple relationships between traits and services (Bello et al., 2010). Their research indicates that the size and structure of a canopy are most associated with its role in climate regulation (including CO₂ sequestration), the size and structure of a root system are associated with the role in water balance regulation and soil stabilisation, while leaf dry matter content determines the effect on soil fertility (Bello et al., 2010). The Hungarian PADAPT database, which has proven to be of use (<https://padapt.eu/hu>), was developed for this purpose. Currently, plant traits are not widely known and used in planting design, so research and databases containing ornamental plants are not known either.

2. DATA AND METHODOLOGY

The concept and notion of ES emerged in the academic community in the early 2000s and has since undergone significant development. Various proposals were formulated to classify the services provided by nature for the benefit of human beings, firstly the Millennium Ecosystem Assessment (MA) (2005), then The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) (2010), and later the Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) (2013). While the MA and TEEB define four main categories, CICES reduces supporting services to three, categorised as the basic structures, processes and functions of ecosystems (Haines-Young & Potschin, n.d.). Provisioning ES

includes those products and benefits from nature that are directly useful to humanity. Regulation and Maintenance ES include the above- and below-ground processes that ensure the dynamic balance of ecosystems and maintain the cycles essential for life on Earth and crucial for human life and well-being. Cultural ES are benefits and intangible assets that people can derive from nature (Kovács-Hostyánszki et al., 2022). Services can be local or global in scale, depending on the extent of the problem they address and their mobilisation (Bolund & Hunhammar, 1999).

This research was based on the CICES system, updated in January 2018, and highlights the services in each category in which herbaceous plants may play a significant role (Figure 5).

3. RESULTS

3.1.1 Provisioning services

The provisioning services are mainly food crops and their products, the majority of which are herbaceous vegetables, cereals and fodder crops. They are most common in peri-urban agricultural areas in urban environments, and in smaller areas within cities, such as private gardens, green roofs or community gardens (Gómez-Baggethun et al., 2013). Urban gardening and the use of edible, multi-purpose plants is becoming increasingly popular, not only in private gardens but also in public spaces. In addition to traditional vegetable, herb and fruit crops, wild edible plants are also becoming more popular. Demasi et al examined the bioactive compounds of 22 edible wildflowers and found that *Paeonia officinalis* and *Geranium sylvaticum* had very high polyphenol levels, and vitamin C was present in almost all the analysed plants, with very high levels in *Primula veris* (Demasi et al., 2021). Numerous other studies also report that many edible flowers are rich in bioactive compounds and could have beneficial effects on human health thanks to their phenolic compounds, which have strong antioxidant properties (Durazzo et al., 2019). Herbaceous plants can also be used as raw materials for the production of other products intended for human use; various fibres, dyes, fragrances, medicinal substances and other biochemicals can be extracted from them, and certain taxa can also be used in energy production.

3.1.2. Regulation and Maintenance services

(a) Microclimate control

Among the regulation and maintenance ES, vegetation has an important role in controlling the local climate and reducing the urban heat island effect through shading and the temperature-reducing effect of evaporation-associated heat loss (Bolund & Hunhammar, 1999; Dimoudi & Nikolopoulou, 2003; Francini et al., 2022; Kapoor, 2017; C. Wang et al., 2018). For shading built elements, pavements and areas of human presence, trees are particularly effective,

és társai (Demasi et al., 2021) 22 ehető vadvirág bioaktív vegyületeit vizsgálták, ahol a *Paeonia officinalis* és a *Geranium sylvaticum* igen magas polifenol értékeket mutatott, a C-vitamin pedig szinte minden vizsgált növényben jelen volt, a *Primula veris* esetében pedig igen magas mennyiségben. Számos egyéb kutatás is beszámol arról, hogy sok ehető virág bioaktív vegyületekben gazdag, és erős antioxidáns hatásuk révén fenolos vegyületeik jótékony hatásúak lehetnek az emberi egészségre (Durazzo et al., 2019). A lágyszárú növények emellett egyéb, emberi használatra szánt produktum előállításának alapanyagai is lehetnek, különféle rostanyagok, színezékek, illatanyagok, gyógyhatású és egyéb biokémiai anyagok nyerhetők ki belőlük, illetve bizonyos taxonok az energiatermelésben is használhatóak.

3.1.2 Szabályozó és fenntartó szolgáltatások
(a) Mikroklímaszabályozás

A szabályozó és fenntartó ES-ek közül a helyi klíma szabályozásában, a városi hősziget-hatás csökkentésében jelentős feladat hárul a növényzetre, az árnyékolás és a párologtatást kísérő hőelvonás hőmérséklet csökkentő hatása révén (Bolund & Hunhammar, 1999; Dimoudi & Nikolopoulou, 2003; Francini et al., 2022; Kapoor, 2017; C. Wang et al., 2018). Az épített elemek, burkolatok és az emberi tartózkodás tereinek árnyékolásában elsősorban a fák hatékonyak, de támszerkezetre futtatva a lágyszárúak is képesek lehetnek erre, ugyanakkor fontosak a talaj árnyékolásában, illetve, ha elég nagy kiterjedésű ágyásokat hozunk létre, akkor szerepük a párologtatásban is jelentős lehet.

(b) Vízáramlás szabályozás

A városok épített infrastruktúrája jelentősen beavatkozik a vizek természetes áramlási rendszerébe. Az urbánus táj 50-90%-ban vízzáró burkolattal fedett és vízelvezetéssel ellátott felületei a csapadék 40-83% veszíthetik el felszíni lefolyásként (növényzettel borított felületen ez csak 5-15%), ami csökkenti a városokban a talajvíz szintjét, illetve a növények számára felvehető, majd elpárologtatható víz mennyiségét (Bolund & Hunhammar, 1999;

Gómez-Baggethun & Barton, 2013). A klímaváltozással egyre gyakoribbá váló extrém csapadékeseményeket követő villámárvizek okozta problémák mérséklésébe és a városok vízgazdálkodásába (lefolyás mérséklése, csapadék helyben tartása, víz tisztítása) ugyanakkor több ponton is bekapcsolódnak a növények (Gómez-Baggethun et al., 2013). Az egyre nagyobb számban megjelenő esőkeretek jól ötvözik ezeket a funkciókat, kialakításukban pedig igen nagy szerepet kapnak a tágtűrűsű évelők, amelyek képesek alkalmazkodni a szárazabb időszakokhoz és a rövid elárasztásokhoz egyaránt. Yuan és Dunnet (Yuan & Dunnett, 2018) kísérlete alapján ilyen fajok lehetnek például az *Iris sibirica*, a *Filipendula purpurea* és a *Miscanthus sinensis*. A városi vízmegtartás további fontos „zöld” elemei a zöldtetők és az infiltrációs árkok (Gómez-Baggethun et al., 2013), amelyek növényállományában szintén dominálhatnak a lágyszárú növények.

A talajtakaró növényzet hatékony megoldást jelenthet a városi vízgazdálkodás problémáira azokon a helyeken, ahol fák nem ültethetők (Nur Hannah Ismail et al., 2023). Az olyan növényi jellemzők, mint a lombozat szerkezete, mérete és sűrűsége, a levélmorfológia és a gyökérszerkezet feltételezhetően befolyásolják az egyes fajok közvetlen vízmegtartó képességét (Kemp et al., 2019; Lundholm et al., 2010). Nagase és Dunnett (Nagase & Dunnett, 2012) vizsgálatában például a fűfélék bizonyultak a leghatékonyabbnak a vízlefolyás csökkentésében.

(c) Talajminőség szabályozás

A városi közegek gyakran szervesanyag-hiányban szenvednek, ezért a növények korlátozott tápanyag-ellátottság mellett kell, hogy fejlődjenek. A természetes ökoszisztémák tápanyag- és energiacyklusaiban jelentős szerep hárul a lágyszárú fajokra, annak ellenére, hogy föld feletti biomassájuk nem haladja meg az erdő egészének 1%-át. Mivel gyorsan növekednek és rövid életciklusúak, képesek nagy mennyiségű tápanyagot felhalmozni a szöveikben (Gilliam, 2007). Muller (Muller, 2003) mérései alapján a nitrogén (N) és foszfor (P) koncentráció 30%-kal, a magnézium (Mg) közel kétszer, a kálium (K) koncentrációja pedig közel háromszor magasabb volt a lágyszárúak

4. ábra/ Fig. 4: Lágyszárú növények által biztosított ES-ek a Margit körút menti évelő-ágyásban / ES ES provided by herbaceous plants in perennial bed along Margit körút
FORRÁS/SOURCE: DOMA-TARCSÁNYI JUDIT, BAJZÁTH NOÉMI, FÜLÖP MÁRK





5. ábra/Fig. 5: Lágyszárú növények ökoszisztéma-szolgáltatásai / Ecosystem services of herbaceous plants
FORRÁS/SOURCE: DOMA-TARCSÁNYI JUDIT, BANC SI RÉKA, FÜLÖP MÁRK

but herbaceous plants can be effective too if supported by a structure. They are also important for shading the ground and, if large enough beds are created, can play a significant role in evaporation.

(b) Water flow control

The built infrastructure of cities significantly interferes with the natural flow of water. Urban landscape surfaces with 50-90% impermeable pavement with drainage systems can lose 40-83% of precipitation as surface runoff (only 5-15% on vegetated surfaces), reducing groundwater levels in cities and the amount of water that can be absorbed and evaporated by plants (Bolund & Hunhammar, 1999; Gómez-Baggethun & Barton, 2013). At the same time, plants are involved in several aspects of urban water management (runoff mitigation, rainfall retention, water purification) and reducing the problems caused by extreme rainfall events, which are becoming more frequent with climate change (Gómez-Baggethun et al., 2013). Rain gardens, which are becoming increasingly common, combine these functions well, with a strong emphasis on perennials with a wide tolerance, meaning they can adapt to both drier periods and short flooding. Yuan and Dunnet's study (Yuan & Dunnett, 2018) suggests that *Iris sibirica*, *Filipendula purpurea* and *Miscanthus sinensis* are examples of such species. Other important 'green' elements of urban water conservation are green roofs and infiltration ditches (Gómez-Baggethun et al., 2013), which may also be planted with herbaceous plants.

Ground cover vegetation can be an effective solution to urban water management problems in situations where trees cannot be planted (Nur Hannah Ismail et al., 2023). Plant characteristics such as canopy structure, size and density, leaf morphology and root structure are assumed to influence the direct water retention capacity of individual species (Kemp et al., 2019; Lundholm et al., 2010). The results of Nagase and Dunnett's study (Nagase & Dunnett, 2012), for example, revealed grasses are the most effective in reducing runoff.

(c) Soil quality control

Urban soils often suffer as a result of a lack of organic matter, so plants have to grow with limited supplies of nutrients. Herbaceous species play an important role in the nutrient and energy cycles of natural ecosystems, despite their above-ground biomass not exceeding 1% of the total forest biomass. As they are fast-growing and

short-lived, they can accumulate large amounts of nutrients in their tissues (Gilliam, 2007). According to the results of Muller's study (Muller, 2003), nitrogen (N) and phosphorus (P) concentrations were 30% higher in herbaceous foliage than in tree canopy, magnesium (Mg) concentrations were almost twice as high and potassium (K) concentrations were almost three times higher. Compared to trees, their biomass – especially leaves – decomposes more than twice as quickly. This means that nutrients can be returned to the soil quicker and reused by other plants and microorganisms, which also improves the health and life of the soil. In 1976, Muller and Bormann put forward the "vernal dam" hypothesis, which highlights the importance of spring bulbs in preventing nutrient loss in early spring when tree roots are inactive and providing them with availability later when they are actively growing and demanding nutrients (Gilliam, 2007; Whigham, 2004). In planning complex urban ecosystems, we can build on this knowledge to support woody plants by planting appropriate herbaceous ground vegetation.

The Fabaceae family's N-fixing capacity is well known, so it is worth combining them with high-N-demanding plants. Studies on the mechanisms and factors of N transfer show that grasses with fibrous roots receive higher amounts of N from legumes than dicotyledonous plants with taproots (Pirhofer-Walzl et al., 2012; Thilakarathna et al., 2016).

(e) Protection against soil erosion

As changes to the climate and heavy rainfall become more frequent, soil erosion can pose a serious threat to urban infrastructure and possibly even to citizens. Plants can reduce the impact of erosion and enhance slope stability through their root system, growth and habitus. Root morphology is a key plant functional trait that influences the effectiveness of soil protection. Kervroëdan et al point out that the balance between stem-specific density, diameter and leaf area may be the key to the effectiveness of soil erosion mitigation, in which they consider herbaceous vegetation to play an important role (Kervroëdan et al., 2018). Fattet et al examined the erosion-reducing effectiveness of different vegetation types and found that herbaceous vegetation was more effective than trees in improving aggregate stability (Fattet et al., 2011). Using association N-fixing species in the plantation has also been shown to be beneficial, because of the stimulating effect of N on root growth and development (Francini et al., 2021).

levélzetében, mint a fák lombozatában. A fákkal összehasonlítva biomasszájuk – különösen a levelek – több mint kétszer olyan gyorsan bomlik le. Így a tápanyagok rövid idő alatt visszakerülhetnek a talajba, és újra felhasználhatóvá válnak más növények, illetve a talaj mikroorganizmusai számára is, amelyek szintén hozzájárulnak a talaj egészségéhez, a talajélet javításához. 1976-ban Muller és Bormann felveti a „tavaszi gát” (vernal dam) hipotézisét, amely a tavaszi hagymások jelentőségét emeli ki, miszerint megakadályozzák a tápanyagok elvesztését a kora tavaszi időszakban, amikor a fák gyökerei még inaktívak, és elérhetővé teszik számukra később, amikor aktívan növekednek és tápanyagokat igényelnek (Gilliam, 2007; Whigham, 2004). Összetett városi ökoszisztémák tervezésekor – ezen ismeretekre építve – a megfelelő lágyszárú aljnövényzet telepítésével támogathatjuk a fásszárú állományt.

Közismert a *Fabaceae* család N fixáló képessége, ezért érdemes a magas N-igényű növényeket pillangósvirágúakkal kombinálni. A N-átadás mechanizmusait és tényezőit vizsgáló tanulmányokból az látszik, hogy a bojtos gyökerzetű fűfélék nagyobb mennyiségű N-t kapnak a hüvelyesekből, mint a karógyökeres kétszikű növények (Pirhofer-Walzl et al., 2012; Thilakarathna et al., 2016).

(e) Talajerózió elleni védelem

A klímaváltozással egyre gyakoribbá váló heves esőzések alkalmával a talaj lemosódása komoly veszélyt jelenthet a városi infrastruktúrára és akár az emberekre is. A növények képesek csökkenteni az erózió hatását és fokozni a lejtők stabilitását, gyökerzetük, növekedésük, habitusuk révén. A talajvédelem hatékonyságát befolyásoló növényi funkcionális jellegek közül a gyökérmorfológia meghatározó. Kervroëdan és társai (Kervroëdan et al., 2018) rávilágítanak arra, hogy a szár fajlagos sűrűsége, az átmérő és a levélfelület közötti egyensúly a hatékonyság kulcsa lehet a talajerózió mérséklésében, ezért fontos szerepet tulajdonítanak a lágyszárú vegetációnak. Fattet és társai (Fattet et al., 2011) a különböző vegetációtípusok eróziócsökkentő hatékonyságát vizsgálták, és azt tapasztalták, hogy a lágyszárú növényzet hatékonyabban javította az aggregátumok stabilitását, mint a fák. A N-megkötő fajokkal való társítás is hasznosnak bizonyul az elem gyökérnövekedést és -fejlődést serkentő hatása révén (Francini et al., 2021).

(f) Szennyezőanyag megkötés

Elsősorban az emberi tevékenységnek (ipar, közlekedés, fűtés, hulladékártórolás és feldolgozás) köszönhetően

a városi környezet szennyező anyagokkal igen terhelt. A levegőszennyezést okozó anyagok közül jelentős negatív hatással van az emberi egészségre a szállópor (PM = Particulate Matter), és azon belül is különösen károsnak bizonyulnak a 10 mikrométernél kisebb szemcseméretű kategóriák, a PM₁₀ (10 µm-nél kisebb) és PM_{2,5} (2,5 µm-nél kisebb), hiszen ezek nem akadnak fenn az emberi légzőrendszer szűrőin, így a tüdőbe is bejutnak. A kis szemcseméretű PM frakciók forrásuktól függően tartalmazhatnak szerves és szervetlen vegyületeket, nehézfémeket és biológiai anyagokat is (spórák, pollen, stb.) (Li et al., 2022; Weber et al., 2014), amelyek megkötésével a növények képesek hozzájárulni a levegőminőség javításához. A lágyszárú vegetációnak fontos szerepe lehet a szállópor megkötésében az utak menti területeken, ahol a fákkal szemben előnyt jelenthet alacsony méretük, hiszen így közelebb vannak a szennyező forráshoz és az általa veszélyeztett gyalogosokhoz is, továbbá megkötetik a fák lombjáról lemosódott szennyező anyagokat is. Az út menti zöldsávok méretükből adódóan gyakran nem alkalmasak fák telepítésére, illetve sokszor a meglévő infrastruktúrához való alkalmazkodás miatt is a lágyszárú növények alkalmazása jelenthet csak megoldást (Weber et al., 2014). A hazai alkalmazásban is gyakran előfordul fajok közül több is jól szerepelt különböző kísérletekben, mint az *Achillea millefolium* (Przybysz et al., 2021; Weber et al., 2014), vagy a *Liriope spicata* (Kong et al., 2023), virágos gyepek vizsgálatánál pedig a *Centaurea scabiosa*, az *Echium vulgare* és a *Convolvulus arvensis* esetében halmozódott fel a legnagyobb mennyiségű PM (Przybysz et al., 2021). Számos kísérlet vizsgálja, hogy mely növényi tulajdonságok határozzák meg a PM-megkötés hatékonyságát, hogy képesek-e visszatartani a részecskéket a növényi felületen (pl. növényi viaszban felhalmozva), vagy azok könnyen visszajutnak róluk a légkörbe, vagy a csapadékkal lemosódva a talajba (Przybysz et al., 2014). Néhány tanulmány pozitív korrelációt talált a PM-megkötés hatékonysága és bizonyos növényi jellegek, mint a levélfelület nagysága, fokozott érdessége (mirigyek, szőrök, pikkelyek, barázdák vagy kiemelt erek), továbbá a sztomák mérete és sűrűsége között (L. Chen et al., 2017; Chiam et al., 2019; Kong et al., 2023; Weerakkody et al., 2018a). Ugyanakkor más, például zöldfalakon végzett kutatások nem támasztják alá ezeket az összefüggéseket (Tomson et al., 2024; Weerakkody et al., 2018b). A PM-megkötés hatékonysága és hosszútávú biztosítása érdekében fontos, hogy az alkalmazott növény jól tűrje a légszennyezést.

(f) Pollutant sequestration

The urban environment is highly polluted, mainly due to human activity (industry, transport, heating, waste storage and processing). Particulate Matter (PM) is a major air pollutant, with significant negative effects on human health, in particular, PM₁₀ (less than 10 µm) and PM_{2,5} (less than 2.5 µm), which do not get trapped in the filters of the human respiratory system and thus enter the lungs. Depending on their source, small PM fractions may contain organic and inorganic compounds, heavy metals and biological substances (spores, pollen, etc.) (Li et al., 2022; Weber et al., 2014), and by sequestering them, plants can help improve air quality. Herbaceous vegetation can play an important role in sequestering particulate matter along roadsides, where their small size can be an advantage compared to trees, as they are closer to the source of pollution and the pedestrians threatened by it, and they can also absorb pollutants washed off from tree canopies. Roadside green lanes are often not suitable for trees due to their dimensions, so the use of herbaceous plants may often be the only solution, especially because they can more easily adapt to existing infrastructure (Weber et al., 2014). Several species frequently used in Hungarian plantings have performed well in various experiments, such as *Achillea millefolium* (Przybysz et al., 2021; Weber et al., 2014), and *Liriope spicata* (Kong et al., 2023), while in flowering lawns *Centaurea scabiosa*, *Echium vulgare* and *Convolvulus arvensis* have accumulated the highest amounts of PM (Przybysz et al., 2021). Several studies are investigating which plant characteristics determine the efficiency of PM sequestration, whether they can trap particles on the plant surface (e.g. accumulated in plant wax), or whether they are easily returned to the environment or washed off into the soil by precipitation (Przybysz et al., 2014). Some studies have found positive correlations between PM sequestration efficiency and certain plant traits, such as leaf surface size, increased roughness (glands, hairs, scales, furrows or prominent veins), and stomatal size and density (L. Chen et al., 2017; Chiam et al., 2019; Kong et al., 2023; Weerakkody et al., 2018a). However, other studies, for example on green walls, do not support these relationships (Tomson et al., 2024; Weerakkody et al., 2018b). To ensure the efficiency and long-term sustainability of PM sequestration, the plant used must be well tolerant to air pollution. This is illustrated by the experiment of Thomson et al in which *Iberis sempervirens* had the

highest tolerance and *Origanum vulgare* had the lowest tolerance among the tested green wall plants (Tomson et al., 2024). Furthermore, it is recommended to create a plant composition that is structurally and morphologically heterogeneous in order to ensure the sequestration of a wide range of particles (Weber et al., 2014).

An increasingly common nature-based technology for water and soil purification is phytoremediation, which uses vegetation to clean up polluted environments (Pradhan et al., 1998). The technology is based on the fact that along with the water, nutrients and minerals that plants take up to live, they process various harmful substances such as heavy metals and organic pollutants, against which they have developed various detoxification mechanisms to survive (Datta et al., 2013). Depending on which mechanism is employed in the process – uptake, degradation, transformation or accumulation – different types can be identified, such as phytoextraction, phytovolatilisation, phytostabilisation, phytodegradation and rhizo/phytofiltration (Gáspár & Anton, 2005). Plants that can accumulate heavy metals in high concentrations in their tissues are called hyperaccumulators (Francini et al., 2021). The resulting contaminated biomass can be removed and disposed of more easily in the case of herbaceous plants, which are easier to replace and, when used in biodiverse plantings, are more adapted to changes in environmental conditions than their woody counterparts (Capuana, 2020). The literature review identified a large number of annual and perennial ornamental plants, crops and weeds used or that occur in our country that show remarkable results. Some of these are highlighted in Tables 1-3. The tables above are based on the results published in the proceedings of the 10th Hungarian Conference on Landscape Ecology, developed and supplemented by additional literature (Doma-Tarcsányi et al., 2025).

(g) Promoting biodiversity

A large volume of research investigates the relationship between the biodiversity of natural or semi-natural ecosystems and the ES they provide (Balvanera et al., 2006; Hector & Bagchi, 2007; Hooper et al., 2005; Quijas et al., 2010). Biodiversity plays a fundamental role in the functioning of ecosystems and contributes greatly to their stability (Hooper et al., 2005; Quijas et al., 2010). Urban green surfaces are often rather fragmented, where diversity is best achieved by herbaceous plants with low spatial requirements, since the traditional use of trees and

1.a táblázat/

Table 1.a:

Hazai növény-alkalmazásban megjelenő évelő dísznövények fitoremediációs lehetőségei / Potential for phytoremediation of perennial ornamental plants which are used in Hungarian plant application

(2) Phytoremediation |

Stevie Famulari, Gds, n.d.;

(3) Bani, 2013;

(4) J. Chen et al., 2011;

(5) Khandare et al., 2011;

(6) Liu et al., 2012;

(7) Cao et al., 2004;

(8) Babu et al., 2021;

(9) mashogwe et al., n.d.;

(10) Caldelas et al., 2005;

(11) Pilon-Smits et al., 1999

plant application	plant scientific name	Al	As	Au	Be	Br	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Hg	Mc	Mn	Ni	Pb		plant scientific name	Pu	Sb	Se	Sr	Tl	Zn	U	organic compounds	phytoextraction	phytovolatilisation	phytostabilisation	phytodegradation	phyto/rhizofiltration	hyperaccumulator	accumulator	sources
perennial ornamental plants/forbs	Allium schoenoprasum						•												Allium schoenoprasum													•	•	(2)	
	Achillea millefolium						•												Achillea millefolium														•	(2)	
	Alyssum saxatile																•		Alyssum saxatile													•		(3)	
	Armeria maritima							•										•	Armeria maritima													•		(4)	
	Aster amellus																		Aster amellus								•							(5)	
	Chrysanthemum × morifolium																		Chrysanthemum × morifolium									•				•	(2)		
	Digitalis purpurea						•												Digitalis purpurea															(2)	
	Echinacea purpurea																		Echinacea purpurea															(6)	
	Helichrysum italicum																	•	Helichrysum italicum						•										(7)
	Hemerocallis hybrid																		Hemerocallis hybrid															(2)	
	Iris germanica	•	•				•				•					•			Iris germanica						•						•	•	•	(2)	
	Liriope muscari																		Liriope muscari															(2)	
	Nepeta cataria							•	•			•	•			•	•		Nepeta cataria						•								•	(2)	
	Salvia sclarea									•			•				•	•	Salvia sclarea														•	(2)	
	Sedum spp.						•												Sedum spp.						•							•		(2)	
	Silene vulgaris						•					•							Silene vulgaris						•					•				(2)	
	Verbascum olympicum																•		Verbascum olympicum														•	(2)	
	Verbena spp.						•											•	Verbena spp.															(8)	
	Veronica spicata																		Veronica spicata									•						(2)	
	Viola spp.		•				•												Viola spp.		•			•								•	•	(2)	

Erre világít rá Thomson és társainak kísérlete (Tomson et al., 2024) , amelyben a vizsgált zöldfal növényei közül az *Iberis sempervirens* toleranciája volt a legmagasabb, az *Origanum vulgare*-é pedig a legalacsonyabb. Emellett javasolt szerkezetileg és morfológiailag heterogén növényegyüttes összeállítása annak érdekében, hogy sokféle részecske megkötése biztosított legyen (Weber et al., 2014).

A vizek és a talaj megtisztításában egyre gyakrabban alkalmazott természetalapú technológia a fitoremediáció, amely során a növényzetet használjuk a szennyezett

környezet megtisztítására (Pradhan et al., 1998). A technológia azon alapul, hogy a növények az életfolyamataikhoz felvett vízzel, tápanyagokkal és ásványi anyagokkal együtt különféle káros anyagokat, például nehézfémeket és szerves szennyezőanyagokat is felvesznek, amelyekkel szemben különféle méregtelenítő mechanizmusokat dolgoztak ki a túlélésük érdekében (Datta et al., 2013). Aszerint, hogy melyik folyamatot – felvevő, lebontó, átalakító vagy akkumuláló – tudjuk hasznosítani az eljárás során, különböző típusok különíthetők el, mint a fitoextrakció, fitovolatilizáció, fitostabilizáció, fitodegradáció,

shrubs does not fulfil Santamour’s rule (Santamour, 1999). Diversity is not only the multiplicity of plant species, but also the presence and support of fauna. Herbaceous plants also play an important role in habitat creation, providing shelter and breeding sites, as well as a source of nutrients for many organisms.

3.1.3 Cultural services

Residents benefit from ecosystems in several intangible ways, through recreation, cognitive development, aesthetic experience and the promotion of local identity

and social cohesion (Francini et al., 2022; Gómez-Baggethun & Barton, 2013). The city is a stressful environment for its inhabitants, thus the recreational effects of urban green surfaces are considered one of the most valuable ES (Bolund & Hunhammar, 1999). The sight of plants alone has been shown to reduce stress levels and improve mood (Ulrich, 1981). Aesthetic experiences can provide psychological or emotional enrichment, spiritual or religious value, and can also serve as artistic inspiration. The ornamental potential of herbaceous plants can be very significant at specimen level and can be further

1.b táblázat/Table 1.b: Hazai növény-alkalmazásban megjelenő évelő dísznövények fitoremediációs lehetőségei / Potential for phytoremediation of perennial ornamental plants which are used in Hungarian plant application

(2) Phytoremediation | Stevie Famulari, Gds, n.d.; (3) Bani, 2013; (4) J. Chen et al., 2011; (5) Khandare et al., 2011; (6) Liu et al., 2012; (7) Cao et al., 2004; (8) Babu et al., 2021; (9) mashogwe et al., n.d.; (10) Caldelas et al., 2005; (11) Pilon-Smits et al., 1999

plant application	plant scientific name	Al	As	Au	Be	Br	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Hg	Mc	Mn	Ni	Pb		plant scientific name	Pu	Sb	Se	Sr	Tl	Zn	U	organic compounds	phytoextraction	phytovolatilisation	phytostabilisation	phytodegradation	phyto/rhizofiltration	hyperaccumulator	accumulator	sources																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

és a rizo/fitofiltráció (Gáspár & Anton, 2005). Azokat a növényeket, amelyek nagy koncentrációban képesek felhalmozni a nehézfémeket a szöветеikben hiperakkumulátoroknak nevezzük (Francini et al., 2021). Az így létrejövő szennyezett biomassza eltávolítása és ártalmatlanítása a lágyszárú növények esetében egyszerűbben megvalósítható, könnyebben cserélhetők és biodiverz kiültetésekben alkalmazva jobban tudnak alkalmazkodni a környezeti feltételek változásaihoz, mint fás szárú társaik (Capuana, 2020). A szakirodalmi áttekintés során számos, hazánkban is alkalmazott egyynyári és évelő dísz- és

haszonnövényt, illetve gyomnövényt találtunk, amelyek figyelemreméltó eredményeket mutatnak. Ezek közül kiemeltünk néhányat az 1-3. táblázatban. A táblázatok a X. Magyar Tájökológia Konferencia tanulmánykötetében publikált eredményekre alapozva, azokat tovább dolgozva és kibővítve készültek, további szakirodalmak feldolgozásával (Doma-Tarcsányi et al., 2025).

(g) Biodiverzitás támogatása

Számos kutatás vizsgálja a természetes vagy természetközeli ökoszisztémák biológiai sokfélesége és az általuk

enhanced in composition, as seen in many examples of contemporary planting design. Some taxa with symbolic significance may further enhance their contribution to cultural ecosystems. Cognitive development is activated through awareness-raising and environmental education, but plants also have potential in scientific research and observation. In the social and local context, the role of herbaceous plants can be highlighted, as they have a very strong mood- and character-forming quality, and can therefore play an important role in shaping a place’s identity.

4. SUMMARY

In the ES of urban green surfaces, woody vegetation plays an important role, certainly in quantitative terms. There is a large body of research on how to maximise the ES provided by trees, and what factors need to be taken into account when designing for this, including tree planting density (Tóth et al., 2023) and canopy shape (Szabó et al., 2025). However, current research shows that herbaceous plants are also key players in living systems, contributing greatly to their functionality, stability and the supply of a wide range of ES in both natural and artificial ecosystems.

2. táblázat/Table 2:

Hazai növény-alkalmazásban megjelenő egynyári dísnövények fitoremediációs lehetőségei / Potential for phyto-remediation of annual ornamental plants which are used in Hungarian plant application

(1) Capuana, 2020; (2) Phytoremediation | Stevie Famulari, Gds, n.d.; (4) J. Chen et al., 2011;

(6) Liu et al., 2012; (12) Bosiacki & Wojciechowska, 2012; (13) Cay, 2016; (14) Goswami & Das, 2016; (15) Ramana et al., 2013; (16) Khan et al., 2016; (17) Abdul Rashid & Qistina, 2024; (18) Ehsan et al., 2016; (19) Anyasi & Atagana, 2018; (20) Signes Pastor et al., 2015; (21) Aggarwal & Goyal, 2007; (22) Forte & Mutiti,

2017; (23) Bosiacki, 2008; (24) Reed et al., 2013; (25) Miao & Yan, 2012; (26) Cai et al., 2010; (27) Pandey et al., 2015; (28) Sun & Zhou, 2016; (29) Kuppusamy et al., 2016; (30) K. Wang et al., 2013; (31) Zhang et al., 2015; (32) Huang et al., 2015; (33) Chhajro et al., 2016; (34) Mónok & Kardos, 2019; (35) Ehsan et al., 2016

plant application	plant scientific name	Al	As	Au	Be	Br	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Hg	Mc	Mn	Ni	Pb	plant scientific name	Pu	Sb	Se	Sr	Tl	Zn	U	organic compounds	phytoextraction	phytovolatilisation	phytostabilisation	phytodegradation	phyto/rhizofiltration	hyperaccumulator	accumulator	sources		
annual ornamental plants	Alcea rosea						•									•	•	Alcea rosea									•					•	•	(2) (6)		
	Amaranthus caudatus						•									•		Amaranthus caudatus																(12) (13)		
	Bacopa monnieri						•		•		•		•				•	Bacopa monnieri														•		(2)		
	Calendula officinalis						•		•		•						•	Calendula officinalis									•					•		(2) (14) (15)		
	Canna indica						•		•							•	•	Canna indica						•		•	•							(1) (4)		
	Catharanthus roseus								•		•						•	•	Catharanthus roseus						•		•								(16) (17) (18)	
	Celosia argentea						•								•			Celosia argentea									•					•		(6)		
	Convolvulus tricolor																•	•	Convolvulus tricolor														•		(2)	
	Cosmos bipinnatus																		Cosmos bipinnatus								•			•			•		(19)	
	Gomphrena globosa		•																Gomphrena globosa									•								(20)
	Helianthus annus		•				•		•		•						•	•	Helianthus annus						•		•				•	•	•		(8) (21) (22) (23) (24)	
	Impatiens balsamina								•										Impatiens balsamina								•	•			•				(25) (26)	
	Impatiens walleriana									•									Impatiens walleriana								•	•	•			•	•		(2)	
	Lantana camara						•		•		•	•				•	•	•	Lantana camara								•						•		(27)	
	Mirabilis jalapa								•									•	Mirabilis jalapa								•	•							(7) (25) (28)	
	Portulaca grandiflora	•										•	•						Portulaca grandiflora						•		•					•			(29)	
	Ricinus communis							•	•			•				•	•	•	Ricinus communis								•					•	•		(8) (30) (31) (32) (33)	
	Salvia splendens						•												Salvia splendens																(23)	
	Tagetes spp.		•				•		•		•						•	•	Tagetes spp.						•		•						•		(12) (23) (24) (34)	
	Zinnia elegans		•						•									•	Zinnia elegans								•								(20) (35)	

nyújtott ES-ek összefüggéseit (Balvanera et al., 2006; Hector & Bagchi, 2007; Hooper et al., 2005; Quijas et al., 2010). A biodiverzitás alapvető szerepet játszik az ökoszisztémák működésében, és nagyban hozzájárul azok stabilitásához (Hooper et al., 2005; Quijas et al., 2010). A városi zöldfelületek sokszor igen fragmentáltak, ahol a diverzitás leginkább a kis helyigényű lágyszárú növényekkel érhető el, hiszen a fák, cserjék hagyományos alkalmazásával nem teljesül a Santamour-féle szabály (Santamour, 1999). A diverzitás nemcsak a növényfajok sokaságát jelenti, hanem fontos tényezője a fauna jelenléte

és támogatása. A lágyszárú növények is fontos szerepet játszanak az élőhely-teremtésben: bűvő- és szaporodóhelyként szolgálnak, valamint tápanyagforrást jelentenek számos élőlény számára.

3.1.3 Kulturális szolgáltatások
A lakosságnak számos nem materiális előnye származik az ökoszisztémákból a rekreáció, a kognitív fejlődés, az esztétikai élmény, továbbá az identitás és a társadalmi összetartozás erősítése által (Francini et al., 2022; Gómez-Baggethun & Barton, 2013). A város stresszes

It is worth highlighting their role in supporting biodiversity, nutrient cycling and soil conservation, thereby supporting woody taxa and indirectly the ES they provide. In addition, certain species can be very effective in the disposal of polluted urban environments and the control of pests and pathogens. Sufficiently large and complex herbaceous beds can contribute significantly to temperature regulation, oxygen production and carbon sequestration. They play an important role in all aspects of cultural ES, contributing significantly to the mental well-being of urban populations. ☺



This work is licensed under Creative Commons 4.0 standard licenc: CC-BY-NC-ND-4.0.

(2) Phytoremediation | Stevie Famulari, Gds, n.d.;
(6) Liu et al., 2012; (7) Cao et al., 2004;
(8) Babu et al., 2021; (36) Ciura et al., 2005;
(37) Ebbs et al., 1997; (38) Q.-R. Wang et al.,
2002; (39) Bañuelos et al., 1997; (40) Peralta-Vi-
dea et al., 2002; (41) López et al., 2005; (42)
Gardea-Torresdey et al., 2002

[illegible]

környezetet jelent a lakói számára, így a városi zöldfelületek rekreációs hatása az egyik legértékesebb ES-nek számít (Bolund & Hunhammar, 1999). A növények pusztalátványa kimutathatóan csökkenti a stressz-szintet, javítja a kedélyállapotot (Ulrich, 1981). Az esztétikai élmények jelenthetnek lelki vagy szellemi gazdagodást, spirituális vagy vallási értéket, és művészi inspirációként is szolgálhatnak. A lágyszárú növények díszértéke egyed szinten is igen jelentős lehet, kompozícióban pedig ez tovább fokozható, amire számos példát láthatunk a kortárs növényalkalmazásban. Egyes taxonok szimbolikus jelentéstartalmukkal tovább növelhetik kulturális ökoszisztéma-szolgáltatásukat. A kognitív fejlődés az ismeretterjesztésen, az oktatáson és környezeti nevelésen keresztül aktiválódik, de a növények magukban rejtik a tudományos kutatás és megfigyelés lehetőségét is. A társadalmi és helyi vonatkozásokban kiemelhető a lágyszárú növények szerepe, hiszen nagyon erős hangulatteremtő, karakterképző tulajdonsággal bírnak, így az adott hely identitásképzésében fontos szerepet kaphatnak.

4. ÖSSZEGZÉS

A városi zöldfelületek ES-eiben hangsúlyos szerep jut a fásszárú növényzetnek, mennyiségi szempontból mindenképpen. Számos kutatás vizsgálja, hogy hogyan maximalizálhatók a fák által nyújtott ES-ek, és ehhez milyen tényezőket kell figyelembe venni a tervezéskor, mint például a fák telepítési sűrűsége (Tóth et al., 2023) vagy a koronaforma (Szabó et al., 2025). Ugyanakkor jelen kutatásból jól látható, hogy a lágyszárú növények is az élő rendszerek kulcsfontosságú szereplői, amelyek nagyban hozzájárulnak azok működőképességéhez, stabilitásához, valamint az ES-ek széles skálájának biztosításához a természetes és mesterséges ökoszisztémákban egyaránt. Érdemes kiemelni a biodiverzitás támogatásában, a tápanyagforgalomban és a talajvédelemben betöltött szerepüket, ezáltal támogatva a fásszárú taxonokat és közvetve az általuk nyújtott ES-eket. Emellett bizonyos fajok igen hatékonyak lehetnek a szennyezett városi közegek ártalmatlanításában, valamint a kártevők, kórokozók szabályozásában. A megfelelően nagy és összetett lágyszárú ágyások képesek érdemben hozzájárulni a hőmérséklet szabályozáshoz, az oxigén termeléshez és a szén-dioxid megkötéshez. A kulturális ES-ek minden területén fontos a szerepük, jelentősen támogatva ezzel a városlakók mentális jólétét. ☺

IRODALOMJEGYZÉK/
BIBLIOGRAPHY
Abdul Rashid, N. F., & Qistina, N. (2024). THE POTENTIAL OF Catharanthus Roseus AS A PHYTOREMEDIATION AGENT FOR HEAVY METAL REMOVAL IN CONTAMINATED SOIL. *International Journal of Innovation and Industrial Revolution*, 6, 142–153. <https://doi.org/10.35631/IJIREV.617011>
Aggarwal, H., & Goyal, D. (2007). Chapter 5 Phytoremediation of some heavy metals by agronomic crops. In D. Sarkar, R. Datta, & R. Hannigan (Eds.), *Developments in Environmental Science* (Vol. 5, pp. 79–98). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1474-8177\(07\)05005-X](https://doi.org/10.1016/S1474-8177(07)05005-X)
Anyasi, R., & Atagana, H. (2018). Profiling of plants at petroleum contaminated site for phytoremediation. *International Journal of Phytoremediation*, 20, 352–361. <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1393386>
Babu, s. M. O., Hossain, M. B., Rahman C.S.O., P. Rahman, M., Ahmed, A. S. S., Hasan, M. M., Rakib, A., Emran, T., Xiao, J., & Simal-Gandara, J. (2021). Phytoremediation of Toxic Metals: A Sustainable Green Solution for Clean Environment. *Applied Sciences*, 11, 10348. <https://doi.org/10.3390/app112110348>
Balvanera, P., Pfisterer, A., Buchmann, N., He, J.-S., Nakashizuka, T., Raffaelli, D., & Schmid, B. (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters*, 9, 1146–1156. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00963.x>
Bani, A. (2013). *NICKEL HYPERACCUMULATION IN THE SERPENTINE FLORA OF ALBANIA*. https://www.academia.edu/7031211/NICKEL_HYPERACCUMULATION_IN_THE_SERPENTINE_FLORA_OF_ALBANIA
Bañuelos, G. S., Ajwa, H. A., Mackey, B., Wu, L., Cook, C., Akohoue, S., & Zambrozuski, S. (1997). Evaluation of Different Plant Species Used for Phytoremediation of High Soil Selenium. *Journal of Environmental Quality*, 26(3), 639–646. <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600030008x>
Bello, F., Lavorel, S., Diaz, S., Harrington, R., Cornelissen, J., Bardgett, R., Berg, M., Cipriotti, P., Feld, C., Hering, D., Silva, P., Potts, S., Sandin, L., Sousa, J. P., Storkey, J., Wardle, D., & Harrison, P. (2010). Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation*, 19. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9850-9>

Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
Bosiacki, M. (2008). Accumulation of cadmium in selected species of ornamental plants. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 7.
Bosiacki, M., & Wojciechowska, E. (2012). Phytoextraction of Nickel by Selected Ornamental Plants. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 19. <https://doi.org/10.2478/v10216-011-0024-9>
Cai, Z., Zhou, Q., Peng, S., & Li, K. (2010). Promoted biodegradation and microbiological effects of petroleum hydrocarbons by Impatiens balsamina L. with strong endurance. *Journal of Hazardous Materials*, 183(1–3), 731–737. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.07.087>
Caldelas, C., Araus, J., Febrero, A., & Bort, J. (2005). Accumulation and toxic effects of chromium and zinc in Iris pseudacorus L. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34, 1217–1228. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-0956-4>
Cao, A., Cappai, G., Carucci, A., & Muntoni, A. (2004). Selection of Plants for Zinc and Lead Phytoremediation. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 39, 1011–1024. <https://doi.org/10.1081/ESE-120028410>
Capuana, M. (2020). A review of the performance of woody and herbaceous ornamental plants for phytoremediation in urban areas. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 13(1), 139–151. <https://doi.org/10.3832/ifor3242-013>
Cay, S. (2016). Enhancement of cadmium uptake by Amaranthus caudatus, an ornamental plant, using tea saponin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5334-z>
Chen, J., Yang, Z., Su, Y., Han, F., & Monts, D. L. (2011). Phytoremediation of heavy metal/metalloid-contaminated soils. *Contaminated Soils: Environmental Impact, Disposal and Treatment*, 181–206.
Chen, L., Liu, C., Zhang, L., Zou, R., & Zhang, Z. (2017). Variation in Tree Species Ability to Capture and Retain Airborne Fine Particulate Matter (PM_{2.5}). *Scientific Reports*, 7(1), 3206. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03360-1>

Chhajro, M. A., Rizwan, M. S., Guoyong, H., Jun, Z., Kubar, K. A., & Hongqing, H. (2016). Enhanced accumulation of Cd in castor (Ricinus communis L.) by soil-applied chelators. *International Journal of Phytoremediation*, 18(7), 664–670. <https://doi.org/10.1080/15226514.2015.1115965>
Chiam, Z., Song, X. P., Lai, H. R., & Tan, H. T. W. (2019). Particulate matter mitigation via plants: Understanding complex relationships with leaf traits. *Science of The Total Environment*, 688, 398–408. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.263>
Ciura, J., Poniedzialek, M., Sękara, A., & Jędrszczyk, E. (2005). The Possibility of Using Crops as Metal Phytoremediants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14, 17–22.
Datta, S., Chatterjee, S., Mitra, A., & Veer, V. (2013). *Phytoremediation Protocols: An Overview* (pp. 1–18). https://doi.org/10.1007/978-3-642-35564-6_1
Demasi, S., Caser, M., Donno, D., Ravetto Enri, S., Lonati, M., & Scariot, V. (2021). Exploring wild edible flowers as a source of bioactive compounds: New perspectives in horticulture. *Folia Horticulturae*, 33, 000010247820210004. <https://doi.org/10.2478/fhort-2021-0004>
Dimoudi, A., & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: Microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, 35(1), 69–76. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00081-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00081-6)
Doma-Tarcsányi, J., Szabó, K., & Dragán, P. E. (2025). Városi zöldfelületek ökoszisztéma szolgáltatásainak fejlesztési lehetőségei lágyszárú növények alkalmazásával. In *Az Európai Zöld Megállapodás stratégiai céljainak megvalósítását szolgáló tájléptékű megoldások* (MATE Press Gödöllő, 2025, pp. 45–49).
Durazzo, A., Lucarini, M., Novellino, E., Daliu, P., & Santini, A. (2019). Fruit-based juices: Focus on antioxidant properties-Study approach and update. *Phytotherapy Research: PTR*, 33(7), 1754–1769. <https://doi.org/10.1002/ptr.6380>
Dye, C. (2008). Health and Urban Living. *Science (New York, N.Y.)*, 319, 766–769. <https://doi.org/10.1126/science.1150198>
Ebbs, S., Lasat, M., Brady, D., Cornish, J., Gordon, R., & Kochian, L. (1997). Phytoextraction of Cadmium and Zinc from a Contaminated Soil. *Journal of Environmental Quality*, 26, 1424–1430. <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600050032x>

Ehsan, N., Nawaz, R., Ahmad, S., Khan, M., & Hayat, J. (2016). Phytoremediation of Chromium-Contaminated Soil by an Ornamental Plant, Vinca (Vinca rosea L.). *Journal of Environmental and Agricultural Sciences* 2313-8629, 07, 29–34.
Emashogwe, O. A., Kesiye, I. A., Jackson, G., & Isaac, U. (n.d.). Assessment of the phytoremediation capabilities of bracken fern (Pteridium aquilinum) for the remediation of heavy metals (Pb, Ni and Cd) contaminated water. *Afr. J. Environ. Sci. Technol.*
Fattet, M., Fu, Y., Ghestem, M., Ma, W., Foulonneau, M., Nespoulous, J., Le Bissonnais, Y., & Stokes, A. (2011). Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength. *CATENA*, 87(1), 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.05.006>
Forte, J., & Mutiti, S. (2017). Phytoremediation Potential of Helianthus annuus and Hydrangea paniculata in Copper and Lead-Contaminated Soil. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3249-0>
Francini, A., Romano, D., Toscano, S., & Ferrante, A. (2022). The Contribution of Ornamental Plants to Urban Ecosystem Services. *Earth*, 3(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/earth3040071>
Francini, A., Toscano, S., Romano, D., Ferrini, F., & Ferrante, A. (2021). Biological Contribution of Ornamental Plants for Improving Slope Stability along Urban and Suburban Areas. *Horticulturae*, 7, 310. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090310>
Gardea-Torresdey, J. L., Parsons, J. G., Gomez, E., Peralta-Videa, J., Troiani, H. E., Santiago, P., & Yacaman, M. J. (2002). Formation and Growth of Au Nanoparticles inside Live Alfalfa Plants. *Nano Letters*, 2(4), 397.
Gáspár, G. M., & Anton, A. (2005). *Taxikuselem-szennyeződéskáros hatásainak mérséklése fitoremediációval*. <https://doi.org/10.1556/agrokem.53.2004.3-4.15>
Gilliam, F. (2007). The Ecological Significance of the Herbaceous Layer in Temperate Forest Ecosystems. *Bioscience*, 57. <https://doi.org/10.1641/B571007>
Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235–245. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>

- Gómez-Baggethun, E., Gren, Á., Barton, D., Langemeyer, J., McPhearson, T., & O'Farrell, P. (2013). *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities: a global assessment*.
Goswami, S., & Das, S. (2016). Copper phytoremediation potential of *Calandula officinalis* L. and the role of antioxidant enzymes in metal tolerance. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.12.030>
Haines-Young, R., & Potschin, M. (n.d.). *Guidance on the Application of the Revised Structure*.
Hector, A., & Bagchi, R. (2007). Biodiversity and ecosystem multifunctionality. *Nature*, 448.
Hooper, D., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A., J.J., V., & Wardle, D. (2005). Effects Of Biodiversity On Ecosystem Functioning: A Consensus Of Current Knowledge. *Ecological Monographs*, 75, 3–35. <https://doi.org/10.1890/04-0922>
Huang, G., Guo, G., Yao, S., Zhang, N., & Hu, H. (2015). Organic Acids, Amino Acids Compositions in the Root Exudates and Cu-accumulation in Castor (*Ricinus communis* L.) under Cu Stress. *International Journal of Phytoremediation*, 18. <https://doi.org/10.1080/15226514.2015.1058333>
Kapoor, M. (2017). Managing Ambient Air Quality Using Ornamental Plants-An Alternative Approach. *Universal Journal of Plant Science*, 5, 1–9. <https://doi.org/10.13189/ujps.2017.050101>
Kemp, S., Hadley, P., & Blanuša, T. (2019). The influence of plant type on green roof rainfall retention. *Urban Ecosystems*, 22(2), 355–366. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0822-2>
Kervroëdan, L., Armand, R., Saunier, M., Ouvry, J.-F., & Faucon, M.-P. (2018). Plant functional trait effects on runoff to design herbaceous hedges for soil erosion control. *Ecological Engineering*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.04.024>
Khan, W., Ahmad, S., Yasin, N., Ali, A., & Ahmad, A. (2016). Effect of *Pseudomonas fluorescens* RB4 and *Bacillus subtilis* 189 on the phytoremediation potential of *Catharanthus roseus* (L.) in Cu and Pbcontaminated soils. *International Journal of Phytoremediation*, 19, 514–521.
Khandare, R. V., Kabra, A. N., Tamboli, D. P., & Govindwar, S. P. (2011). The role of *Aster amellus* Linn. in the degradation of a sulfonated azo dye Remazol Red: A phytoremediation strategy. *Chemosphere*, 82(8), 1147–1154. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.12.073>
Kong, W., Wang, T., Li, H., Wang, L., Guo, Q., & Guo, X. (2023). Leaf micromorphology affects the particulate matter retention in herbaceous plants: An in situ interspecies comparison. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 51(10), 2200289. <https://doi.org/10.1002/clen.202200289>
Kovács-Hostyánszki, A., Kisé Fodor, L., Zsembery, Z., & Tanács, E. (2022). *Hazai ökoszisztéma-szolgáltatások értékelése és térképezése*. Agrárminisztérium (1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 11.).
Kuppusamy, V., Arockiaraj, J., & Kamalakannan, S. (2016). Portulaca grandiflora as green roof vegetation: Plant growth and phytoremediation experiments. *International Journal of Phytoremediation*, 19. <https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1267699>
Li, C., Du, D., Gan, Y., Ji, S., Wang, L., Chang, M., & Liu, J. (2022). Foliar dust as a reliable environmental monitor of heavy metal pollution in comparison to plant leaves and soil in urban areas. *Chemosphere*, 287, 132341. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132341>
Liu, R., Jadeja, R., Zhou, Q., & Liu, Z. (2012). Treatment and Remediation of Petroleum-Contaminated Soils Using Selective Ornamental Plants. *Environmental Engineering Science*, 29, 494–501. <https://doi.org/10.1089/ees.2010.0490>
López, M. L., Peralta-Videa, J. R., Benitez, T., & Gardea-Torresdey, J. L. (2005). Enhancement of lead uptake by alfalfa (*Medicago sativa*) using EDTA and a plant growth promoter. *Chemosphere*, 61(4), 595–598. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.02.028>
Lundholm, J., MacIvor, J. S., MacDougall, Z., & Ranalli, M. (2010). Plant Species and Functional Group Combinations Affect Green Roof Ecosystem Functions. *PLOS ONE*, 5(3), e9677. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009677>
Miao, Q., & Yan, J. (2012). Comparison of three ornamental plants for phytoextraction potential of chromium removal from tannery sludge. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 15. <https://doi.org/10.1007/s10163-012-0095-4>
Miedema Brown, L., & Anand, M. (2022). Plant functional traits as measures of ecosystem service provision. *Ecosphere*, 13(2), e3930. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3930>
Mónok, D., & Kardos, L. (2019). *Az orvosi körömvirág (Calendula officinalis L.) és a nagy bársonyvirág (Tagetes erecta L.) fitoremediációs potenciáljának értékelése nehézfémekkel szennyezett talajokon*.
Muller, R. N. (2003). Nutrient Relations of the Herbaceous Layer in Deciduous Forest Ecosystems. In F. S. Gilliam & M. R. Roberts (Eds.), *The Herbaceous Layer in Forests of Eastern North America* (p. o). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195140880.003.0002>
Nagase, A., & Dunnett, N. (2012). Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure. *Landscape and Urban Planning*, 104(3), 356–363. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.11.001>
Nur Hannah Ismail, S., Stovin, V., & Cameron, R. W. F. (2023). Functional urban ground-cover plants: Identifying traits that promote rainwater retention and dissipation. *Urban Ecosystems*, 26(6), 1709–1724. <https://doi.org/10.1007/s11252-023-01417-w>
Pandey, S., Bhattacharya, T., & Chakraborty, S. (2015). Metal Phytoremediation Potential of Naturally Growing Plants on Fly Ash Dumpsite of PatratuThermal Power Station, Jharkhand, India. *International Journal of Phytoremediation*, 18. <https://doi.org/10.1080/15226514.2015.1064353>
Peralta-Videa, J. R., Gardea-Torresdey, J. L., Gomez, E., Tiemann, K. J., Parsons, J. G., & Carrillo, G. (2002). Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc at different pHs upon alfalfa growth and heavy metal uptake. *Environmental Pollution*, 119(3), 291–301. Scopus. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00105-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00105-7)
Pérez-Harguindeguy, N., Diaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M., Cornwell, W., Craine, J., Gurvich, D., Urcelay, C., Veneklaas, E., Reich, P., Poorter, L., Wright, I., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J., Vos, A., & Cornelissen, J. (2016). Corrigendum to: New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 64, 715. https://doi.org/10.1071/BT12225_CO
Phytoremediation / Stevie Famulari, Gds. (n.d.). Retrieved 31 July 2024, from <https://www.steviefamulari.net/phytoremediation/>
Pilon-Smits, E. A. H., de Souza, M. P., Hong, G., Amini, A., Bravo, R. C., Payabyab, S. T., & Terry, N. (1999). Selenium Volatilization and Accumulation by Twenty Aquatic Plant Species. *Journal of Environmental Quality*, 28, 1011–1018. <https://doi.org/10.2134/jeq1999.00472425002800030035x>
Pirhofer-Walzl, K., Rasmussen, J., Høgh-Jensen, H., Eriksen, J., Søgaard, K., & Rasmussen, J. (2012). Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant and Soil*, 350(1), 71–84. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0882-z>
Pradhan, S., Conrad, J., Paterek, J. R., & Srivastava, V. (1998). Potential of Phytoremediation for Treatment of PAHs in Soil at MGP Sites. *Journal of Soil Contamination – J SOIL CONTAM*, 7, 467–480. <https://doi.org/10.1080/10588339891334401>
Przybyysz, A., Popek, R., Stankiewicz-Kosyl, M., Zhu, Ch. Y., Małecka-Przybyysz, M., Maulidyawati, T., Mikowska, K., Deluga, D., Grizuk, K., Sokalski-Wieczorek, J., Wolszczak, K., & Wińska-Krysiak, M. (2021). Where trees cannot grow – Particulate matter accumulation by urban meadows. *Science of The Total Environment*, 785, 147310. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147310>
Przybyysz, A., Sæbø, A., Hanslin, H. M., & Gawroński, S. W. (2014). Accumulation of particulate matter and trace elements on vegetation as affected by pollution level, rainfall and the passage of time. *Science of The Total Environment*, 481, 360–369. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.072>
Quijas, S., Schmid, B., & Balvanera, P. (2010). Plant diversity enhances provision of ecosystem services: A new synthesis. *Basic and Applied Ecology*, 11, 582–593. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.06.009>
Ramana, S., Biswas, A., Singh, A. B., Kumar, A., Ahirwar, N., & Rao, A. (2013). Phytoremediation ability of some floricultural plant species. *Indian Journal of Plant Physiology*, 18, 187–190. <https://doi.org/10.1007/s40502-013-0029-8>
Reed, S., Ayala, T., Dunn, C., Gordon, G., & Meerow, A. (2013). Screening Ornamentals for Their Potential as As Accumulator Plants. *Journal of Agricultural Science*, 5. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n10p20>
Santamour, F. (1999). *TREES FOR URBAN PLANTING: DIVERSITY UNIFORMITY, AND COMMON SENSE*. <https://www.semanticscholar.org/paper/TREES-FOR-URBAN-PLANTING-%3A-DIVERSITY-UNIFORMITY-%2C-Santamour/26a24c5361ce6d6e618a9fa307c4a34a3169e309>
Signes Pastor, A., Munera, S., Burló, F., Cano-Lamadrid, M., & Carbonell-Barrachina, A. (2015). Phytoremediation assessment of *Gomphrena globosa* and *Zinnia elegans* grown in arsenic-contaminated hydroponic conditions as a safe and feasible alternative to be applied in arsenic-contaminated soils of the Bengal Delta. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 4618. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4618-z>
Sun, Y., & Zhou, Q. (2016). Uptake and translocation of benzo[a]pyrene (B[a]P) in two ornamental plants and dissipation in soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.09.037>
Szabó, K., Tőke, E., & Gergely, A. (2025). Evaluating Spherical Trees in the Urban Environment in Budapest (Hungary). *Plants*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/plants14020228>
Thilakarathna, M. S., McElroy, M. S., Chapagain, T., Papadopoulos, Y. A., & Raizada, M. N. (2016). Belowground nitrogen transfer from legumes to non-legumes under managed herbaceous cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(4), 58. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0396-4>
Tomson, M., Kumar, P., Abhijith, K. V., & Watts, J. F. (2024). Exploring the interplay between particulate matter capture, wash-off, and leaf traits in green wall species. *Science of The Total Environment*, 921, 170950. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170950>
Tóth B., Doma-Tarcsámyi J., & Szabó K. (2023). A telepítési sűrűség és a lombkorona-borítottság vizsgálata budapesti szabadtereken: Esettanulmányok 1. rész – Móricz Zsigmond körtér. *4D Tájéptészeti és Kertművészeti Folyóirat*, 14–31. <https://doi.org/10.36249/4d.70.4728>
Ulrich, R. (1981). Natural Versus Urban Scenes: Some Psychophysiological Effects. *Environment and Behavior*, 13, 523–556. <https://doi.org/10.1177/0013916581135001>
Wang, C., Wang, Z.-H., & Yang, J. (2018). Cooling Effect of Urban Trees on the Built Environment of Contiguous United States. *Earth's Future*, 6, 1066–1081. <https://doi.org/10.1029/2018EF000891>
Wang, K., Huang, H., Zhu, Z., Li, T., He, Z., Yang, X., & Kumar, A. (2013). Phytoextraction of Metals and Rhizoremediation of PAHs in Co-Contaminated Soil by Co-Planting of *Sedum Alfredii* with Ryegrass (*Lolium Perenne*) or Castor (*Ricinus Communis*). *Int J Phytoremediation*, 15, 283–298. <https://doi.org/10.1080/15226514.2012.694501>
Wang, Q.-R., Liu, X.-M., Cui, Y.-S., Dong, Y.-T., & Christie, P. (2002). RESPONSES OF LEGUME AND NON-LEGUME CROP SPECIES TO HEAVY METALS IN SOILS WITH MULTIPLE METAL CONTAMINATION. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 37(4), 611–621. <https://doi.org/10.1081/ESE-120003241>
Weber, F., Kowarik, I., & Säumel, I. (2014). Herbaceous plants as filters: Immobilization of particulates along urban street corridors. *Environmental Pollution*, 186, 234–240. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.12.011>
Weerakkody, U., Dover, J. W., Mitchell, P., & Reiling, K. (2018a). Evaluating the impact of individual leaf traits on atmospheric particulate matter accumulation using natural and synthetic leaves. *Urban Forestry & Urban Greening*, 30, 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.01.001>
Weerakkody, U., Dover, J. W., Mitchell, P., & Reiling, K. (2018b). Quantification of the traffic-generated particulate matter capture by plant species in a living wall and evaluation of the important leaf characteristics. *Science of The Total Environment*, 635, 1012–1024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.106>
Whigham, D. F. (2004). Ecology of Woodland Herbs in Temperate Deciduous Forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 3, 583–621.
Yuan, J., & Dunnett, N. (2018). Plant selection for rain gardens: Response to simulated cyclical flooding of 15 perennial species. *Urban Forestry & Urban Greening*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.08.005>
Zhang, H., Chen, X., He, C., Liang, X., Oh, K., Liu, X., & Lei, Y. (2015). Use of Energy Crop (*Ricinus communis* L.) for Phytoextraction of Heavy Metals Assisted with Citric Acid. *International Journal of Phytoremediation*, 17, 632–639. <https://doi.org/10.1080/15226514.2014.935287>

KLOROFILL VIZSGÁLATOK A BUDAI ARBORÉTUM FÁSSZÁRÚ GYŰJTEMÉNYÉBEN

CHLOROPHYLL STUDIES IN THE WOODY PLANT COLLECTION OF THE BUDA ARBORETUM

DRAGÁN PETRA EMESE | BODOR-PESTI PÉTER | JÁNOSSYÉ PERNECZKY SÁRA SAROLTA |
SZABÓ GELLÉRT VILMOS | SZABÓ KRISZTINA

ABSZTRAKT

A klímaváltozás és az urbanizáció intenzitásának növekedése jelentős hatást gyakorol a városi ökoszisztémákra, ezért a zöld infrastruktúra fenntarthatósága különös figyelmet igényel. E rendszerek alapvető elemei közé tartoznak a fásszárú növények, amelyek nemcsak árnyéket biztosítanak és hozzájárulnak a biodiverzitáshoz, hanem kiemelt ökoszisztéma-szolgáltatásokkal – például a hőmérséklet szabályozásával és a légszennyezés csökkentésével – is nélkülözhetetlen szerepet töltenek be. A különböző taxonok azonban eltérő mértékben járulnak hozzá az ökoszisztéma-szolgáltatásokhoz. Emiatt folyamatosan keressük azokat a fajokat, fajtákat, amelyek a városi környezethez leginkább alkalmazkodnak, és hozzájárulnak a klímaváltozás és az urbanizáció kedvezőtlen hatásainak mérsékléséhez. Az egyes taxonok adaptációs képességének és fiziológiai állapotának értékelésére számos indikátor áll rendelkezésre. Ahhoz, hogy megértjük a városi környezetben alkalmazott fásszárú taxonok ökoszisztéma-szolgáltatási potenciálját, kutatásunk első szakaszában a levelek klorofill-tartalmára fókuszáltunk, hiszen a klorofill mennyisége szoros összefüggésben áll a fotoszintetikus aktivitással és az oxigéntermeléssel.

A mérések célja, hogy összehasonlítsuk a már alkalmazásban lévő fajok, fajták és más potenciálisan alkalmazható taxonok klorofill-tartalmát és a vegetációs időszak alatti változását. A méréseket a Budai Arborétumban végezzük, ahol közel 100 fásszárú egyed (fákat és cserjéket) választottunk ki. Előzetes méréseink szerint az örökzöld fajok juvenilis (morfológiailag és anatómiailag nem teljesen fejlett) és idős leveleinek (teljesen kifejlődött, funkcionálisan aktív vagy már öregedő levél) klorofill tartalmában még nyáron is szignifikáns eltérések figyelhetők meg. Jelentős különbségek mutatkoztak továbbá a nemzetségek összehasonlítása során, esetenként olyan taxonoknál is, amelyek a városi növényalkalmazásban hasonló szerepben jelennek meg.

Kulcsszavak: klorofill-tartalom; városfásítás; növényalkalmazás; ökoszisztéma-szolgáltatás ©

ABSTRACT

Climate change and the increase in urbanisation intensity have a significant impact on the ecosystems of forests, so the sustainability of green infrastructure requires particular attention. Among the essential elements of these systems are woody plants, which not only provide shade and contribute to biodiversity, but also play an indispensable role by providing key ecosystem services such as temperature regulation and air pollution reduction. However, different taxa contribute to ecosystem services to different degrees. For this reason, we are constantly looking for species that are best adapted to urban environments and contribute to mitigating the negative effects of climate change and urbanisation. Several indices are available to assess the adaptive capacity and physiological status of individual taxa. In order to understand the ecosystem service potential of woody taxa in urban environments, the first phase of our research focused on the chlorophyll content of leaves, as chlorophyll content is closely related to photosynthetic activity and oxygen production. The aim of the measurements is to compare the chlorophyll content of species, cultivars and other potentially applicable taxa already in use and their variation during the growing

season. The measurements will be carried out in the Buda Arboretum, where about 100 woody species (trees and shrubs) have been selected. Our preliminary measurements show significant differences in the chlorophyll content of juvenile (morphologically and anatomically underdeveloped) and old leaves (fully developed, functionally active or already senescent) of evergreen species even in summer. Significant differences were also found when comparing genera, sometimes with taxa that play a similar role in urban plant use.

Keywords: chlorophyll content; urban afforestation; plant application; ecosystem services

INTRODUCTION

In today’s urbanised environment, abiotic (such as temperature, air pollution) and biotic (such as the spread of invasive species and pathogens and pests) factors that affect the ecosystem are influencing urban life to such an extent that their effects are directly felt in our daily lives (Pongrácz, 2011).

In this constantly and radically changing environment, the role of urban green infrastructure, often consisting of



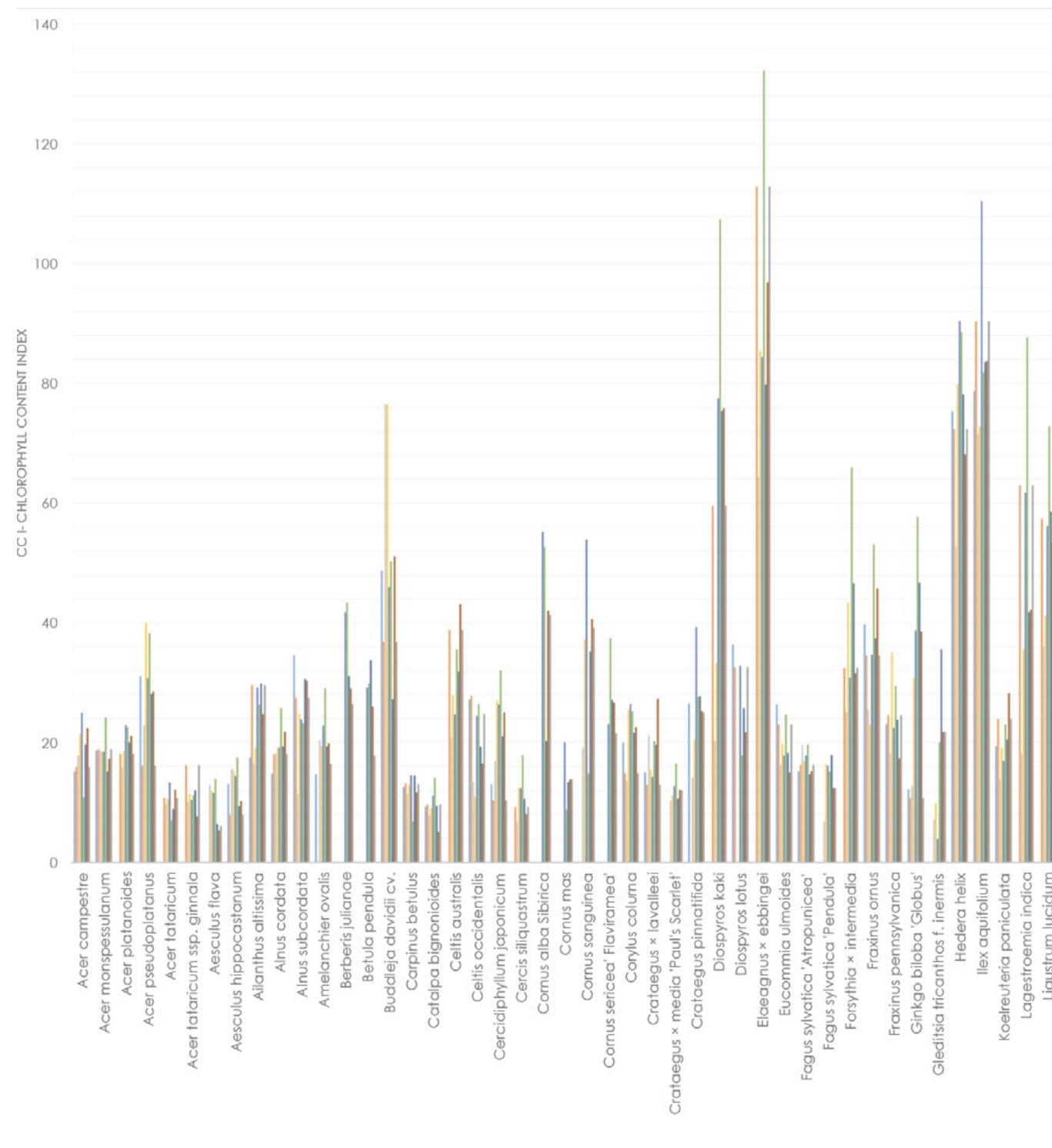


Figure 1: Taxa assessed according to the 2022 Recommended List of Species

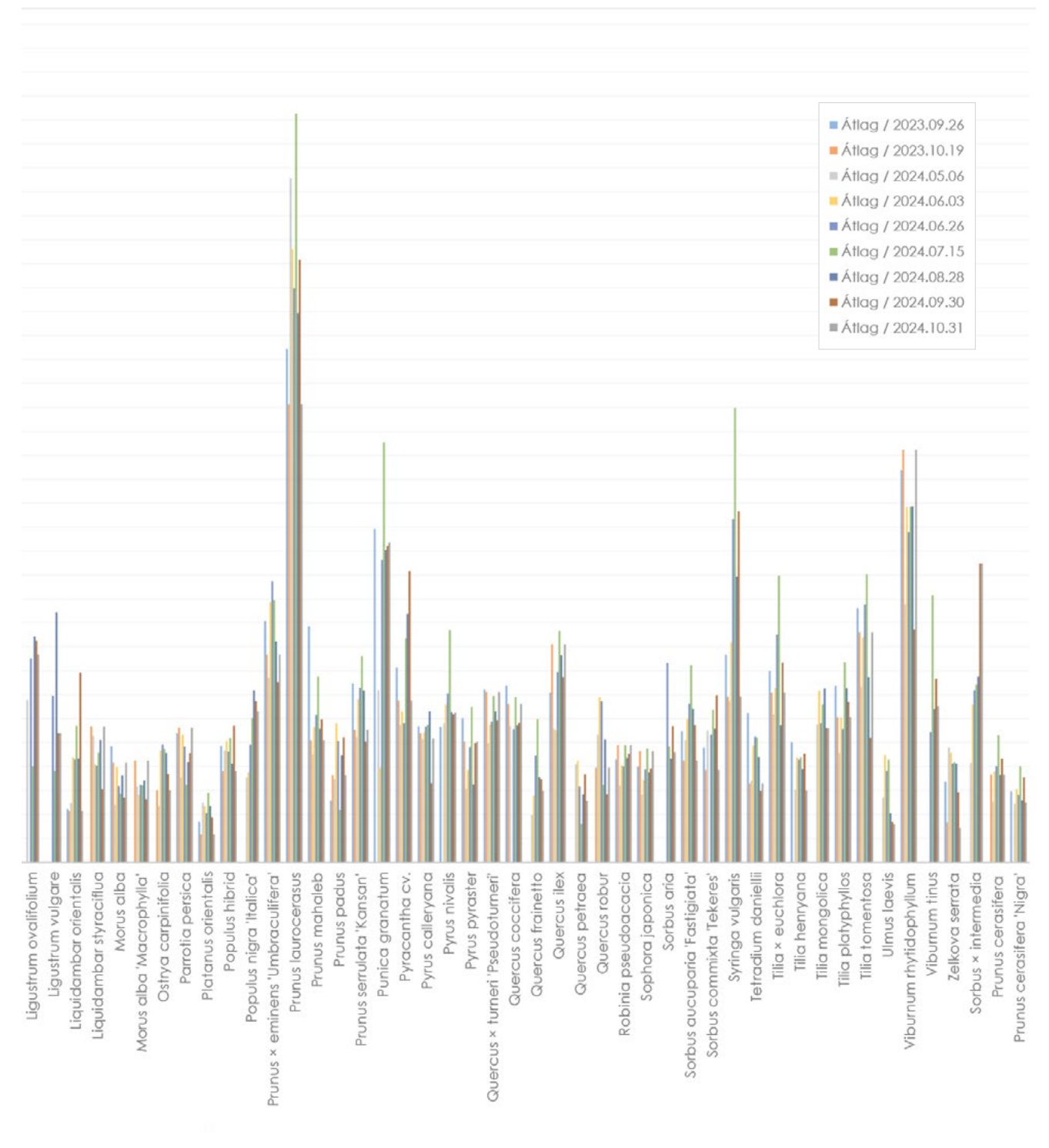
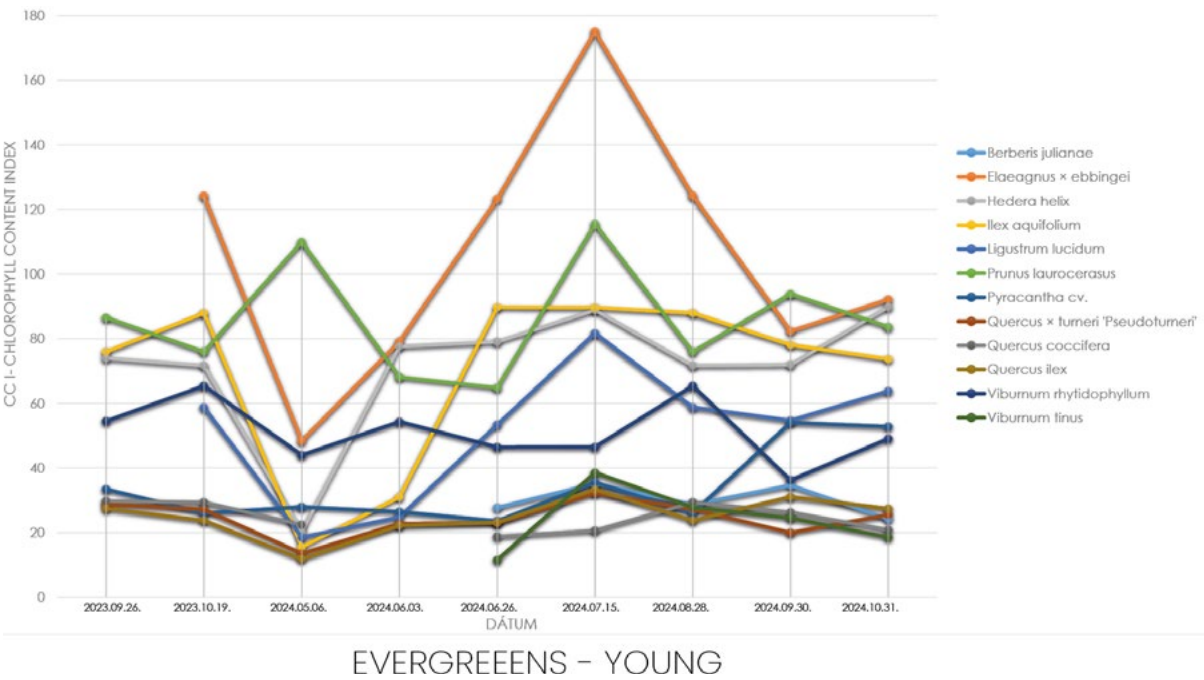


Figure 2: Comparison of young (left side) and old (right side) leaves of evergreen taxa in terms of chlorophyll content



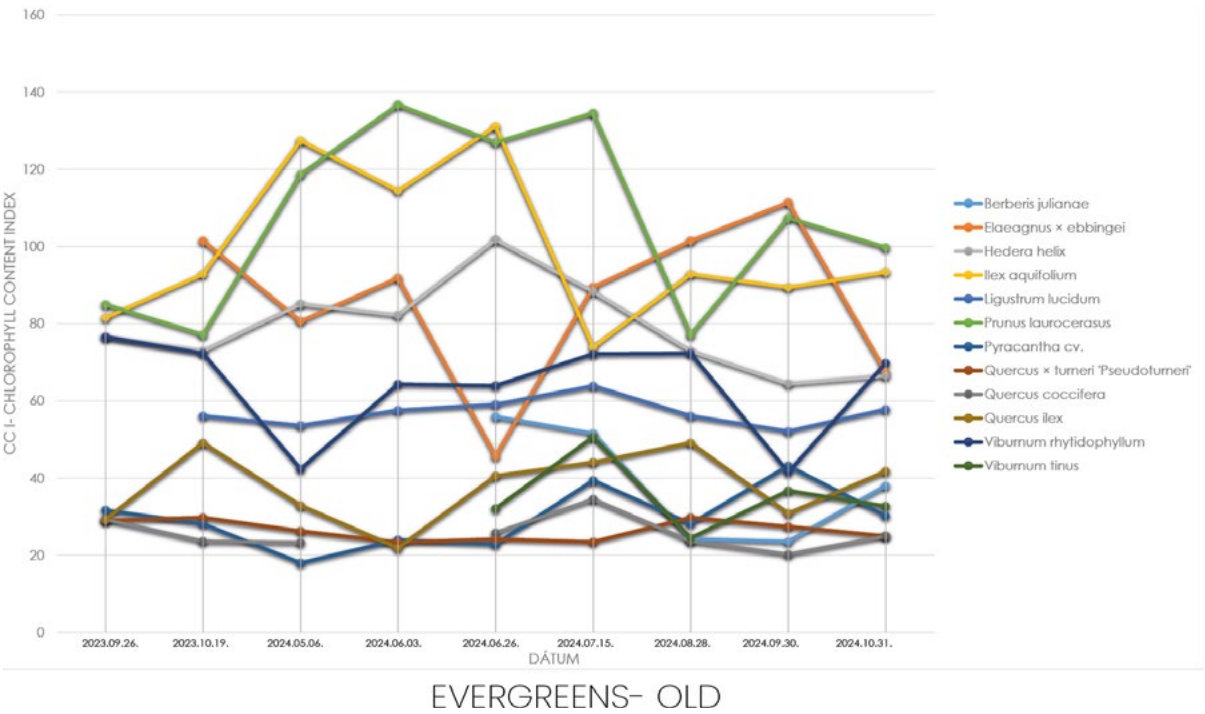
interconnected elements such as treelines, green strips and groves, is essential. Urban green spaces also play a key role as interconnected green corridors from an ecological, environmental, townscape and microclimatic point of view (Gill et al, 2007; Gyimóthy, 2015; Nowak, 2001; Parmesan, 2006; Tutundzic, 2019).

Woody taxa are fundamental components of ecosystems and are of particular importance for ecosystem services, as larger and longer-lived species provide the most significant contribution to ecosystem services (Parmesan, 2006; Venter et al., 2024), including carbon sequestration, oxygen production, water regulation, soil protection, and biodiversity maintenance, as well as recreational and aesthetic values (Livesley et al., 2016). The environmental tolerance of the species and varieties used, as well as their resistance to pests and pathogens, are essential considerations in urban afforestation (Böll, 2018; Nádasz & Valánszki, 2021; Roloff et al., 2009; Rosa & Szabó, 2021; Susanne et al., 2018; Tóth et al., 2024). Previous research shows that leaf chlorophyll content, as an indicator of photosynthetic activity, is directly proportional to oxygen production and to the improvement of climatic conditions (Cavender-Bares et al., 2022; Nowak, 2001; Nowak et al., 2008; Scheifinger et al., 2002).

In order to mitigate the effects of climate change and urbanisation, we are constantly looking for species that are best adapted to urban environments. We aim to select taxa with outstanding ecosystem services. Our long-term research aims to investigate the ecosystem services of

woody taxa already used in urban environments, as well as those that have potential but are currently rarely used. This complex, interdisciplinary research will require collaboration between different disciplines, and modern measurement and modelling techniques will, according to Hirabayashi (2022), allow for a more accurate assessment of ecosystem services (Bolund & Hunhammar, 1999; Hirabayashi et al., n. d.; Kiss, 2019; Suchocka et al., 2023). The results can contribute to a more effective protection and sustainable use of natural resources and to reducing the negative impacts of climate change. The comparison of data collected during field measurements during the growing season with meteorological data will help us understand the relationship between chlorophyll production and chlorophyll content of species and varieties and abiotic factors. Urban tree diversity is key to sustainability, and the integration of new species from other USDA zones (8a, 8b) may be a focus for future work.

Our preliminary research focuses on a single plant-life element of the ecosystem services provided by woody plants, the amount of chlorophyll in individual leaves forming the canopy, and its variation over time. The measured chlorophyll values are species-specific and vary over time (von Caemmerer & Farquhar, 1981; Bodor-Pesti et al., 2025), so by following them over the growing season we can get a comprehensive picture of the relationship between phenological phases and chlorophyll content. Furthermore, our research will also reveal differences between juvenile and old leaves of evergreen



species. Our research seeks to answer several questions: ① What are the differences in chlorophyll concentration values between the taxa studied; ② What are the differences between genera? ③ What distribution of chlorophyll content can be found between the different life forms, i.e. trees and shrubs? ④ What differences, if any, do young and old leaves show between evergreens and deciduous trees?

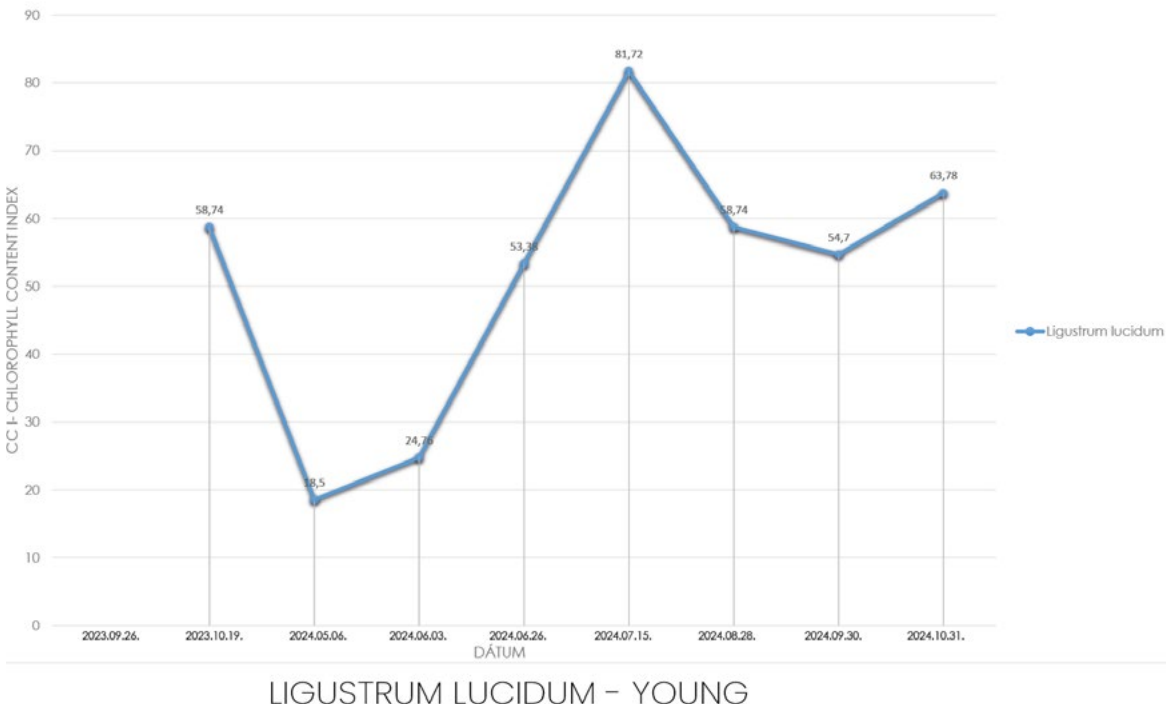
SUBSTANCE AND METHOD

For the studies, 91 taxa from the collection of the Buda Arboretum were evaluated. For the selection we took into account the taxa listed in the Inventory of Public Shrubs (2022) (Szabó, 2022), as well as other potentially applicable tree and shrub species in the literature (Blanusa et al., 2019; Cavender-Bares et al., 2022; Gómez-Muñoz et al., 2010; Konijnendijk, 2008; Roloff et al., 2009; Sjöman et al., 2012). Chlorophyll content measurements were carried out nine times, starting in September 2023. Of the total number of species selected, 50 different taxa recommended by the 2022 updated Inventory of Public Shrubs and Trees, and 41 shrub and tree habitats were tested (Figure 1).

The study site is the Buda Arboretum, located in the south-eastern part of the Buda Hills, on the boundary between the upland and lowland climate zones. Annual precipitation here ranges from 600–620 mm. The soils of the study area are mostly moderately to heavily calcareous, poor in humus and alkaline (pH 8.0). During the

measurement period (autumn 2023 to autumn 2024), the autumn and winter of 2023/2024 and the spring of 2024 were the warmest, based on climate data available from 1901. The growing season started earlier than usual, in February and March. The seasonal average temperature in Budapest (15 °C) was 3.9 °C above the multi-year average for 1991–2020 (11.1 °C). Precipitation varied between 120 and 140 mm, with a very uneven distribution (Szolnoki-Tótván, 2024).

Chlorophyll is measured using the Apogee Instruments® MC-100 instrument (S/N:1999, USA), which is suitable for rapid and accurate determination of chlorophyll content under field conditions. The instrument performs a non-destructive, optically based measurement, calculating the chlorophyll content of leaves from the spectral composition of reflected light. The device emits light at two wavelengths, 635 nm (red) and 700 nm (infrared), and measures the reflectance. Based on the reflected light, the instrument measures the relative chlorophyll content, which is given by CIRAD as the Chlorophyll Content Index (CCI). This is a dimensionless index, calculated from the measured red and infrared reflectance, and therefore does not indicate a specific quantitative chlorophyll content (µg/cm²) but a relative value used to compare samples. The advantage of the MC-100 tool is that, although it does not give direct concentration values, the CCI index allows accurate comparison of changes in chlorophyll levels by taxon and growing season, which is ideal for field comparisons and long-term



trend analysis (Bodor-Pesti et al., 2023; Immanuel & Miruna, 2024; *MC-100-spec-sheet.pdf*, n. d.; Parry et al., 2014).

The measurements were made on samples taken from the ground level, from the outer part of the crown (light leaves), ten samples per individual for deciduous plants and five samples per taxon for evergreens, separating young and older leaved plants. To evaluate the results of the preliminary studies, charts were prepared (Excel Version 2407).

RESULTS

The trend observed in the nine measurements was for chlorophyll values to steadily increase until June, reaching maximum values in July. Thereafter, a decrease in CCI values was observed for most deciduous taxa. For evergreen taxa, it was also observed that they reached absolute peak values in July, but after a decrease in August, a slight increase was observed in the September and October monthly measurements. The chlorophyll content of evergreens and deciduous taxa (which shed their leaves in a prolonged, delayed manner or even retain them during mild winters) varied widely, with a minimum value of 11.5 and a maximum of 175.1 CCI. This last value was measured on the leaves of *Diospyros kaki* in July.

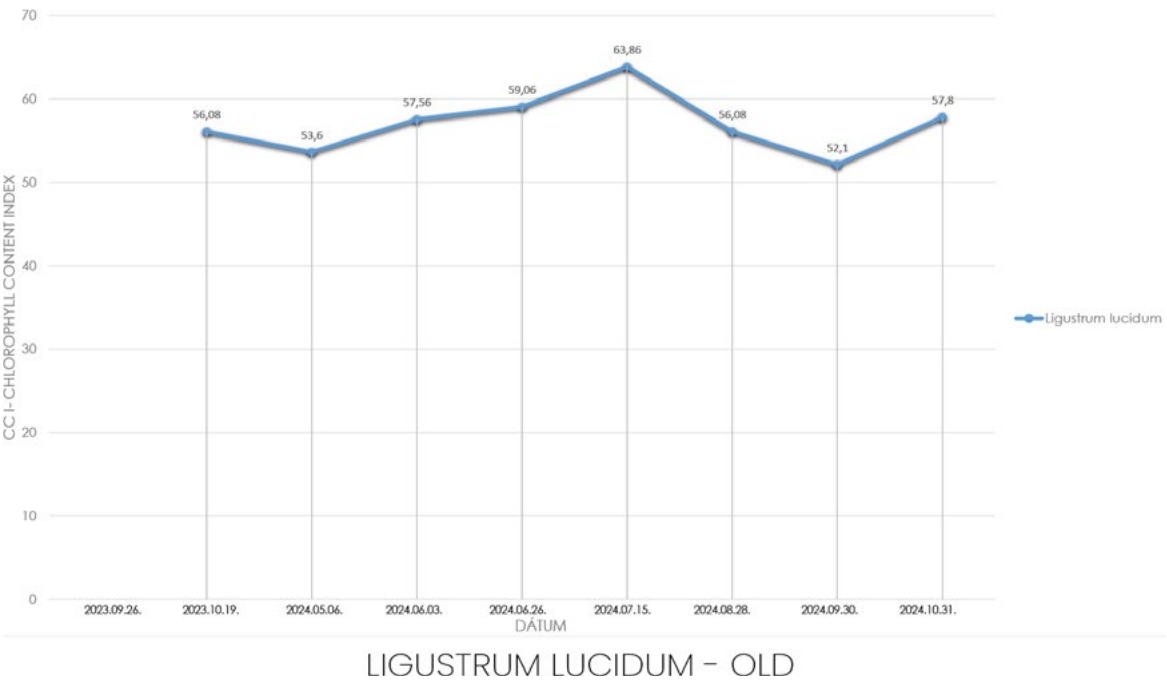
Among the trees listed in the Public Inventory of Shrubs and Trees from 2022, the representatives of the genera *Prunus* and *Tilia* and the species *Ginkgo biloba* ‘Globus’ stood out, with an average chlorophyll value of

35 CCI in June 2024, while the highest values in July were obtained by *Fraxinus ornus* (53.1), *Ginkgo biloba* ‘Globus’ (57.7), *Prunus* × *eminens* ‘Umbraculifera’ (43.8), *Tilia* × *euchlora* (47.9) and *Tilia tomentosa* (48.1).

Among the unlisted taxa, *Diospyros kaki* (107.5), *Lagerstroemia hybrid* (87.7), *Ligustrum lucidum* (72.8) and *Punica granatum* (70.1) were the tree habitat species with the highest absolute values. For shrubs, the absolute highest values were recorded on the leaves of *Elaeagnus* × *ebbingei* (132.3), but also on *Buddleja davidii* (76.5), *Hedera helix* (90, 4), *Ilex aquifolium* (110.4), *Prunus laurocerasus* (125.0), *Syringa vulgaris* (75.9) and *Viburnum rhytidophyllum* (68.9), which also showed outstanding values.

The chlorophyll values of young leaves of evergreen and deciduous species ranged widely, with a minimum of 11.5 and a maximum of 175.1. The values increased steadily until the July measurement, but then showed very different variations in the August–October period. The measurements of *Ilex aquifolium* leaves from July to October show a slow decrease in the values of young leaves (89.7; 89.7; 87.9; 78.1; 73.7). The values of *Viburnum rhytidophyllum* showed a stagnation in the middle of the growing season (46.4 in June and 46.5 in July), but in August the values increased to 65.4, and then only 36.2 in September. A slight increase was then observed at the end of October, when the chlorophyll content rose to 49.0. The values of *Ligustrum ovalifolium* decreased in June and July (30.6; 15.9), but a slight

Figure 3: Comparison of chlorophyll levels in young (left side) and old (right side) leaves of Ligustrum lucidum



increase was observed in the next three measurements (31.7; 37.4; 35.4).

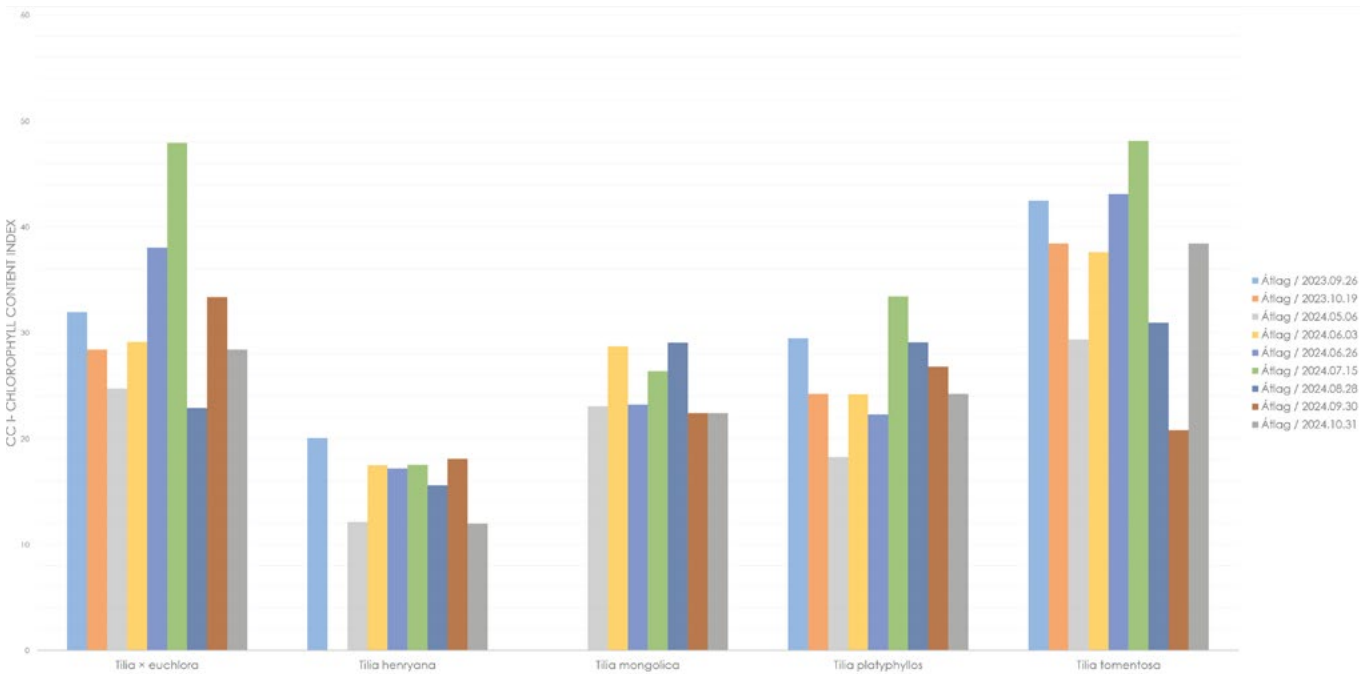
The values of the old leaves ranged more narrowly than those of the juvenile leaves, with a minimum of 17.9 and a maximum of 136.7. In the evergreen *Quercus* genus, there was no significant difference between young and old leaves. Smaller fluctuations were observed for *Hedera helix*, where values increased steadily until June to 101.8, followed by a decrease in the next 4 measurements (88.2; 72.9; 64.4; 66.4). The values for *Viburnum rhytidophyllum* showed a slight stagnation in June–August, with a minimum value of 63.9 and a maximum of 72.3. Subsequently, the value for old leaves approached again the values measured previously (69.8). No significant differences in leaf age were detected for the taxa *Hedera helix*, or *Quercus* × *turneri* ‘Pseudoturneri’. However, the chlorophyll content of juvenile leaves of *Elaeagnus* × *ebbingei* was already higher than that of the old leaves (91.8; 45.6; 89.5) in June and July (79.1; 123.2; 175.1). In the next two measurements, the values of the old leaves continued to increase up to 111.3, and then decreased drastically to 67.4 in October. In contrast, the maximum value for young leaves was recorded in July (175.0), after which the measured values steadily decreased (124.2; 82.3; 92.1). The decrease in the value of young leaves was also observed for *Ligustrum lucidum* after the peak in July (81.7) (58.7; 54.7; 63.7), while the values for old leaves were much narrower (minimum 52.1, maximum 63.8) (Figure 3). It can also be observed that the chlorophyll

content of young leaves exceeded the values of old leaves by June and then, after a slight decrease, reached the values of old leaves.

In comparing the values of young and older leaves, it was found that the values measured on the young leaves of most of the species examined reached the values measured on the older leaves by the 25th–30th week (Figure 2).

During the measurements, we observed that there can also be large variations within genera. For maples, the highest values were obtained for *Acer pseudoplatanus* among the 6 species tested, while the lowest values were observed for *Acer tataricum* (7.0–13.2) and *A. t. subsp. ginnala* (7.6–16.2). Among the deciduous *Prunus*, *Prunus* × *eminens* ‘Umbraculifera’ showed the highest values (30.1–46.9), but *P. mahaleb* (18.0–39.4) and *P. serrulata* ‘Kanzan’ (20.1–34.4) also gave above average values. Among the linden species (Fig. 5), *T. tomentosa* (20.8–48.0) and *T. × euchlora* (22.8–47.9) had the highest chlorophyll content in the measurements. The highest values of *T. henryana* (12.1–20.0) did not reach the range above 20 CCI. For evergreen oaks, the highest values were measured on leaves of *Q. ilex* (22.0–38.6), while the other two evergreens *Q. × turneri* ‘Pseudoturneri’ (19.8–28.8) and *Q. coccifera* (22.2–29.5) were nearly identical. It is noteworthy, however, that the June values of the deciduous *Q. robur* (27.5 and 26.9) exceeded those of the two evergreen taxa measured at the same time. In oaks, the lowest results were observed on *Q. petraea* (6.4–17.0), which could be due to the heavy powdery mildew infestation.

Figure 4: Chlorophyll content of the genus Tilia



SUMMARY

Based on our measurements so far, it can be concluded that a comprehensive assessment requires the comparison of data from several growing seasons. Measurements should be made at least once every month, but in the middle of the growing season, due to the differences between the values at the beginning and the end of the month, it may be advisable to include two measurements in order to assess the extreme values in relation to the weather conditions. Chlorophyll values for the 2024 growing season clearly show that the chlorophyll content of most species reaches its maximum in July. Without comparing meteorological data, it is not possible to draw a precise conclusion about the fluctuations in the following period or to determine whether this is a decline in production or a consequence of the dry weather in August and September.

The latter result was also obtained in a study by Aliya Khuzhakmetova (2023), where the results showed that temperatures above 30 degrees Celsius affect the intensity of photosynthesis, and that longer exposure to higher temperatures (35–38 °C) leads to the destruction of the photosynthetic apparatus due to the inactivation of enzymes and the damage of membranes (Khuzhakhmetova et al., 2023).

In the continuation of the research, we will compare the chlorophyll data with the weather data to better evaluate the measurement results and will complement this with a study of the additional ecosystem services of the

selected species. We also plan to measure cooling capacity, photosynthetic activity and to evaluate the canopy cover of taxa according to an RGB-based vegetation index (Bodor-Pesti et al., 2025). ☺



This work is licensed under Creative Commons 4.0 standard licenc: CC-BY-NC-ND-4.0.

BIBLIOGRAPHY

Blanusa, T., Garratt, M., Cathcart-James, M., Hunt, L., & Cameron, R. W. F. (2019). Urban hedges: A review of plant species and cultivars for ecosystem service delivery in north-west Europe. *Urban Forestry & Urban Greening*, 44, 126391. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126391>

Bodor-Pesti, P., Nguyen, L. L. P., Nguyen, T. B., Dam, M. S., Taranyi, D., & Baranyai, L. (2025). LeafLaminaMap: Exploring Leaf Color Patterns Using RGB Color Indices. *AgriEngineering*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/agriengineering7020039>

Bodor-Pesti, P., Taranyi, D., Nyitrainé Sárdy, D. Á., Lien, N., & Baranyai, L. (2023). Correlation of the Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Leaf Chlorophyll Concentration with RGB Color Indices. *Horticulturae*, 9. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080899>

Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)

Böll, S. (2018). *Stadt bäume der Zukunft – Wichtige Ergebnisse aus dem Forschung-projekt “Stadtgrün”*.

Cavender-Bares, J., Nelson, E., Meireles, J., Lasky, J., Miteva, D., Nowak, D., Pearse, W., Helmus, M., Zanne, A., Fagan, W., Mihair, C., Muller, N., Kraft, N., & Polasky, S. (2022). The hidden value of trees: Quantifying the ecosystem services of tree lineages and their major threats across the contiguous US. *PLoS Sustainability and Transformation*, 1, e0000010. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000010>

Gill, S., Handley, J. F., Ennos, R., & Pauleit, S. (2007). Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, 33, 115–133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>

Gómez-Muñoz, V., Porta-Gándara, M., & Fernández, J. L. (2010). Effect of tree shades in urban planning in hot-arid climatic regions. *Landscape and Urban Planning – Landscape Urban Plan*, 94, 149–157. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.09.002>

Gyimóthy, A. (2015). How does urban greenery influence our physical, social and psychological well-being? The effects of city squares with or without trees on well-being of users. *4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat*, 2–9.

Hirabayashi, S., Kroll, C. N., Nowak, D. J., & Endreny, T. A. (é. n.). *I-Tree Eco Dry Deposition Model Descriptions*.

Immanuel, R., & Miruna, M. (2024). Quantifying chlorophyll content index for efficient nitrogen management in rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Research*, Volume 59. <https://doi.org/10.31830/2454-1761.2024.CR-981>

Khuzhakhmetova, A., Sapronova, D., Belyae, v, Alexander, & Lazarev, S. (2023). Study on selection of woody plants to create sustainable green spaces in sparsely forested rural areas. *Research on Crops*, Volume 24. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2023.ROC-994>

Kiss, M. D. (2019). *Ökosisztéma-szolgáltatások modell-alapú értékelése* (o. 10114) [PhD, Szegedi Tudományegyetem]. <https://doi.org/10.14232/phd.10114>

Konijnendijk, C. (2008). M. Forrest, Landscape Trees and Shrubs. Selection, Use and Management , CABI, Wallingford (2006) 179pp., Soft cover, 25 GBP/50 USD, ISBN: 978 1 84593 054 7. *Urban Forestry & Urban Greening – Urban for green*, 7, 139–140. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2008.01.003>

Livesley, S. J., McPherson, E. G., & Calfapietra, C. (2016). The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *Journal of Environmental Quality*, 45(1), 119–124. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>

MC-100-spec-sheet.pdf. (é. n.). Elérés 2024. november 9., forrás <https://www.apogeeinstruments.com/content/MC-100-spec-sheet.pdf>

Nádasy, L., & Valánszki, I. (2021). Perceptonal analysis of the role of individual trees in the urban image. *4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat*, 64–77. <https://doi.org/10.36249/60.5>

Nowak, D. (2001). The effects of urban forests on the physical environment. *COST Action E12: Urban Forests and Trees. Proceedings No. 1*, 22–38.

Nowak, D., Crane, D., Stevens, J., Hoehn, R., Walton, J., & Bond, J. (2008). A Ground-Based Method of Assessing Urban Forest Structure and Ecosystem Services. *Arboriculture & Urban Forestry*, 34, 347–358. <https://doi.org/10.48044/jauf.2008.048>

Parmesan, C. (2006). Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37, 637–669. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>

Parry, C., Blonquist, J. M., & Bugbee, B. (2014). In situ measurement of leaf chlorophyll concentration: Analysis of the optical/absolute relationship. *Plant, Cell & Environment*, 37(11), 2508–2520. <https://doi.org/10.1111/pce.12324>

Pongrácz, R. (2011). Analysis of projected climate change for Hungary using ensembles simulations. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(4), 387–398. https://doi.org/10.15666/aeer/0904_387398

Roloff, A., Korn, S., & Gillner, S. (2009). The Climate-Species-Matrix to select tree species for urban habitats considering climate change. *Urban Forestry & Urban Greening – Urban for green*, 8, 295–308. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.08.002>

Rosa, C. A. P., & Szabó, K. (2021). The Essentiality of Green Spaces in Urban Landscapes: A Greenway Study for Campo Grande, MS – Brazil. *4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat*, 40–51. <https://doi.org/10.36249/59.3>

Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E., Peter, C., & Ahas, R. (2002). Atmospheric mechanisms governing the spatial and temporal variability of phenological phases in central Europe. *International Journal of Climatology*, 22, 1739–1755. <https://doi.org/10.1002/joc.817>

Sjöman, H., Gunnarsson, A., Pauleit, S., & Bothmer, R. (2012). Selection Approach of Urban Trees for Inner-city Environments: Learning from Nature. *Arboriculture & Urban Forestry*. <https://doi.org/10.48044/jauf.2012.028>

Suchocka, M., Heciak, J., Błaszczuk, M., Adamczyk, J., Gaworski, M., Gawłowska, A., Mojski, J., Kalaji, H., Kais, K., Kosno-Jończy, J., & Wojnowska-Heciak, M. (2023). Comparison of Ecosystem Services and Replacement Value calculations performed for urban trees. *Ecosystem Services*, 63, 101553. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2023.101553>

Susanne, B., Philipp, S., Klaus, K., & Josef Valentin, H. (2018). *Bavarian Roadside trees facing climate change: Testing stress-tolerant tree species in the research project „Urban Green 2021”*. State Institute for Viticulture and Horticulture.

Szabó, K. (2022). *Közterületi sorfák jegyzéke*. Magyar Diszertációs Szövetség. https://www.diszertaciosok.hu/files/2022_KOZTERULETI_SORFAK_JEGYZEKE.pdf

Szolnoki-Tótván, B. (2024). 2024 tavaszának időjárása. *LÉGKÖR folyóirat*, 69. évfolyam (3. szám), 200–205.

Tóth, B., Doma-Tarcsányi, J. Zajacz, V. T., Gergely, A. & Szabó, K. (2024). A telepítési sűrűség és a lombkorona-borítottság vizsgálata budapesti szabadtereken. *4D Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat*, 32–41. <https://doi.org/10.36249/4d.74.6247>

Tutundzic, A. (2019). Landscape architecture and the quality of life: The story of relativity within the transitional settlements. *4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat*, 2–13. <https://doi.org/10.36249/52.1>

Venter, Z., Hassani, A., Stange, E., Schneider, P., & Castell, N. (2024). Reassessing the role of urban green space in air pollution control. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 121, e2306200121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2306200121>

von Caemmerer, S., & Farquhar, G. D. (1981). Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. *Planta*, 153(4), 376–387. <https://doi.org/10.1007/BF00384257>

HAZAI ÉS KÜLFÖLDI FAÜLTETÉSI GYAKORLATOK VIZSGÁLATA ÉS ÉRTÉKELÉSE SZAKIRODALMAK ALAPJÁN

EXAMINATION AND EVALUATION OF DOMESTIC AND FOREIGN TREE PLANTING PRACTICES

SZABÓ GELLÉRT VILMOS | DRAGÁN PETRA EMESE |
WALLNER ANDREA | SZABÓ KRISZTINA

ABSZTRAKT

A globális éghajlatváltozás és az urbanizáció miatt a városi faültetési programok egyre nagyobb szerepet kapnak mind hazánkban, mind nemzetközi szinten. Jelen tanulmány áttekintést ad a budapesti és nemzetközi faültetési gyakorlatokról és technológiákról, különös tekintettel a városi fásítások kihívásaira és a hosszú távú fenntarthatóság kérdéseire. A Budapesti Közművek Főkert Kertészeti Divíziójánál (Főkert) végzett munkám tapasztalatai és a MATE Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola-jában végzett kutatásaim alapján elemeztük a fővárosban alkalmazott faültetési technológiákat, a fajválasztást, valamint a jogi környezetet és szabványokat is. A kutatás célja, hogy röviden feltárja a magyarországi és külföldi gyakorlatok közötti különbségeket és rávilágítson a fenntartható városi zöldinfrastruktúra fejlesztésére irányuló faültetési módszerekre. Az eredmények megmutatják,

hogy a megfelelő fajválasztás és az élőhelyi környezet optimalizálása, valamint a telepítési technológiák összehangolt alkalmazása elengedhetetlen a városi faállomány fenntarthatósága szempontjából. Ugyanakkor láthatóvá válik, hogy a hazai környezetben további kutatásokra, a helyi körülményekhez igazított módszerekre van szükség a hosszú távú élhető települési környezet biztosítása érdekében.

Kulcsszavak: városi faültetés, klímaváltozás, zöldinfrastruktúra ©

ABSTRACT

Due to global climate change and urbanization, urban tree planting programs are becoming increasingly important both in Hungary and internationally. This study provides an overview of Budapest and international tree planting practices and techniques, with particular attention to the challenges of urban afforestation and issues of long-term sustainability. The tree planting techniques used in the capital, the selection of species, as well as the legal environment and standards were analyzed based on the experiences of my work at Budapesti Közművek Főkert Kertészeti Divízió (FŐKERT) and my research at MATE's Doctoral School of Landscape Architecture and Landscape Ecology. The purpose of the research is to briefly explore the differences between Hungarian and foreign practices and to shed light on tree planting methods for the development of sustainable urban green infrastructure. The results show that the appropriate selection of species and the optimization of the habitat environment, as well as the coordinated application of planting techniques, are essential for the sustainability of the urban tree population. It only becomes apparent that in the domestic environment, further research and methods adapted to local conditions are needed to ensure a long-lived urban environment.

Keywords: urban tree planting, climate change, green infrastructure

INTRODUCTION

The rapid pace of climate change and urbanization presents increasing challenges for professionals responsible for maintaining the urban environment. The management of urban green spaces, especially the planting and preservation of trees, plays a central role in mitigating the effects of the heat island effect and promoting public health (Pataki 2021). In Hungary, the development of urban green areas and tree planting face difficulties due to the complexity of administrative systems, as well as social and economic factors. The highest-level legal regulation concerning green spaces and the protection of trees is Government Decree 346/2008 (XII.30) on the protection of woody plants, which serves as the implementation of the nature conservation act. However, in the urban environment, all other elements (buildings, roads, utilities, etc.) are governed by higher-level legal regulations. In 74% of major European cities, there is legislation that, in some

form, serves to protect trees in public or private spaces (Schmied 2003). Compared to European practice, a comprehensive planning approach aimed at the long-term sustainability of green spaces is often lacking (Pauleit 2002). Therefore, it is necessary to develop integrated strategies that take into account the complex ecological, social, and economic components of urban tree management. The aim of this article is to present the past and present tree planting techniques in Hungary and abroad, taking into consideration key aspects such as species selection, guiding principles, and evaluating the opportunities and applicability offered by contemporary methods.

THE PAST AND PRESENT OF TREE PLANTING IN HUNGARY

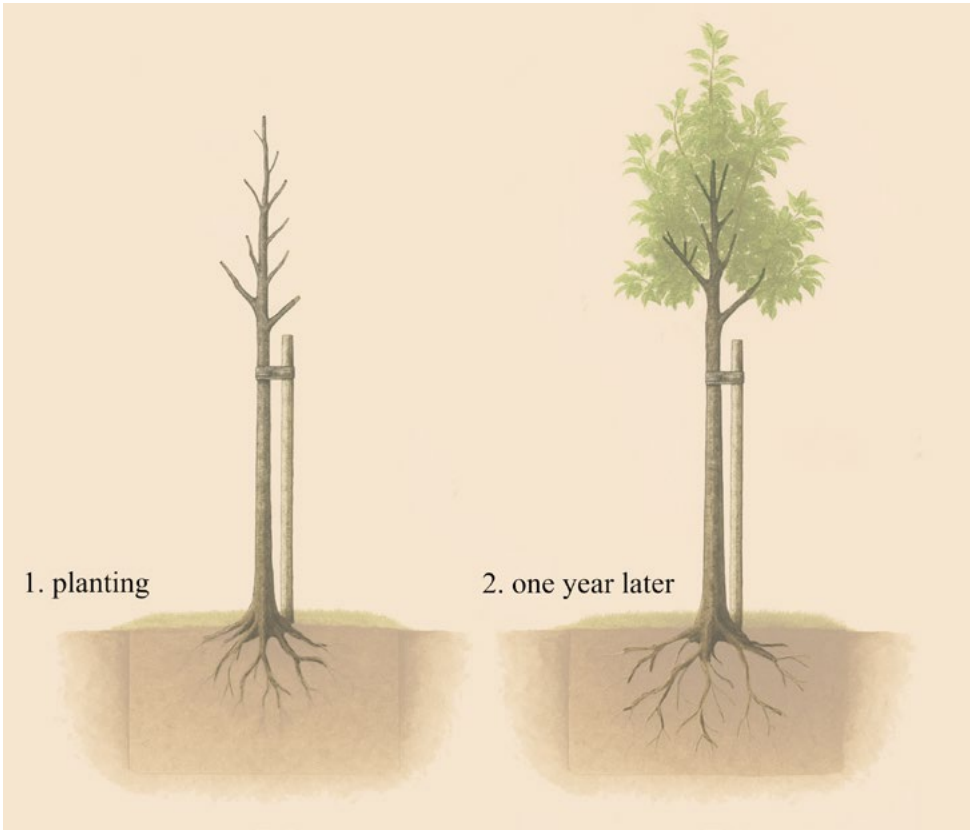
The history of conscious professional efforts to develop urban green areas in Hungary has followed a fluctuating pattern, with phases of progress followed by significant setbacks. Serious attention to urban green investments began in earnest in the 1800s. In a memorandum to King Francis I, Archduke Joseph proposed the establishment of the Royal Beautification Committee, which was formed in 1805. One of the primary objectives of the committee was to develop green areas, including planting lines of trees along streets. Their work included landscaping Margaret Island, beginning the development of City Park, and planting many tree-lined avenues throughout Pest and along the Danube (Radó 1981) (Schmidt 2006).

At the beginning of the 20th century in Hungary, planting techniques included deep plowing and improved drainage, enriched with organic fertilizers and compost. The typical spacing was 10–15 meters, but 6–8 meter spacing began to appear, especially for columnar tree species. Planting pits were dug at twice the width of the root ball to allow for unrestricted root growth (Figure 1). Besides protecting trees from pests and mechanical damage, the importance of regular care and plant protection was emphasized (Csérer 1928).

Tree planting along roads was considered a public interest undertaking, serving not only aesthetic but also public health goals such as reducing dust, providing shade, and preventing soil erosion. Great attention was paid to local climate and soil conditions and to selecting the appropriate tree species. Some of the recommended species are still in use today (*Styphnolobium japonicum*, *Tilia* spp., *Celtis* spp., *Acer* spp., *Ulmus* spp.), while others are no longer recommended due to invasiveness, climate

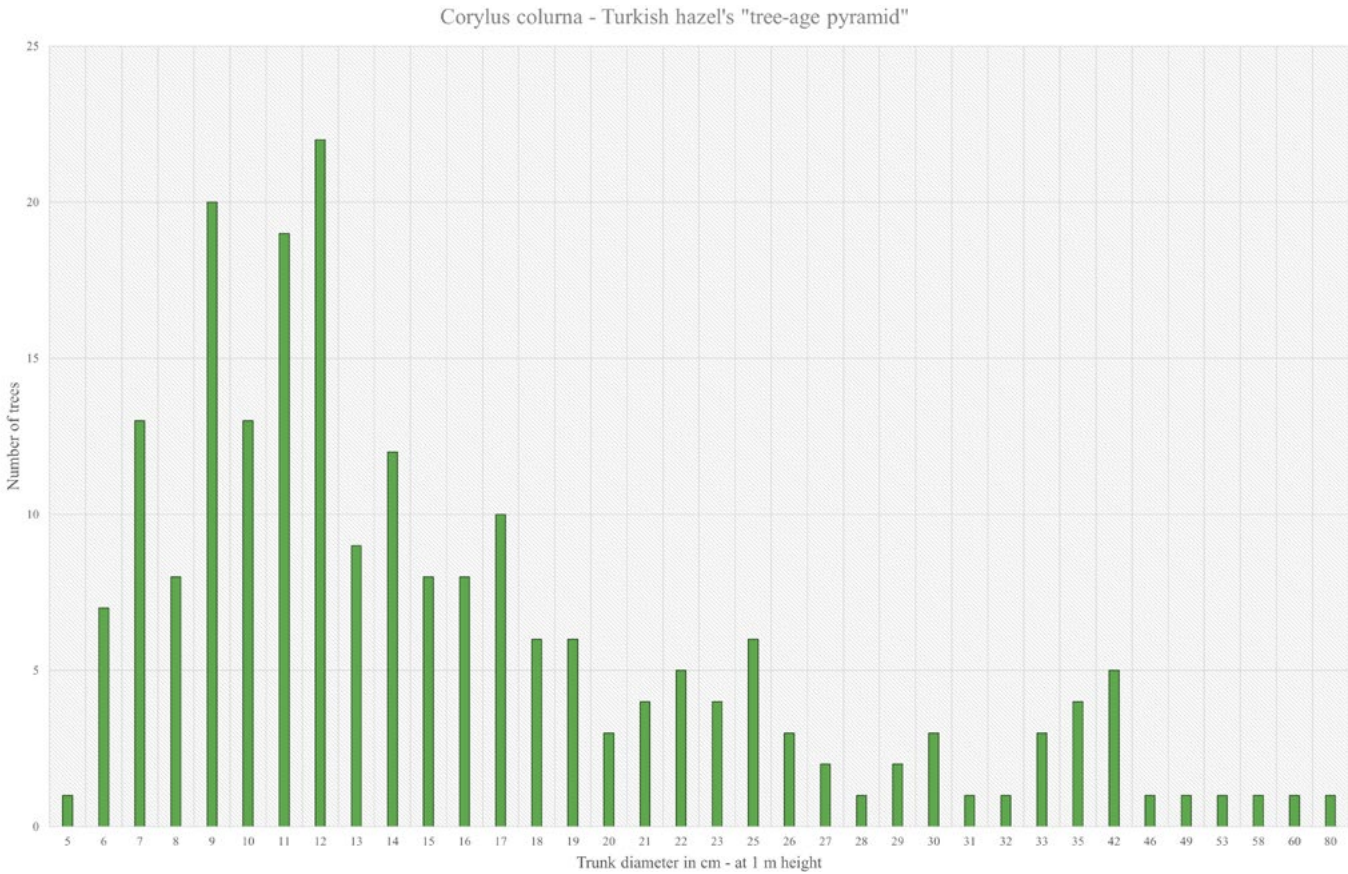


Figure 1: Schematic figure of tree planting
OWN FIGURE BASED ON CSÉRER
►► **Figure 2:** Tree age pyramid of *Corylus*
columna based on trunk diameter
BASED ON THE FÖKERT ARCHIVE



sensitivity, or other issues (e.g. *Ailanthus altissima*, *Aesculus hippocastanum*) (Kovács 2003).
The fate of Hungarian tree-lined avenues is well illustrated by the history of Andrassy Avenue, which dates back to the period following the Austro-Hungarian Compromise of 1867 (Szilágyi 2021). The planning of the avenue, which was a fundamental element of Prime Minister Gyula Andrassy's urban development program, was completed in 1876. It was divided into three sections and planted with double rows of trees. The tree-lined promenade was later affected by the construction of the continent's first underground railway, but preserving the existing trees was also emphasized. However, due to the severe damage caused by World War I, the entire route had to be replanted in 1920. By the 1960s, as road traffic increased and salt was used for de-icing, the deteriorating population of plane trees (*Platanus* spp.) was completely replaced around the turn of the millennium with ash (*Fraxinus* spp.) and hackberry trees (*Celtis* spp.), selected to better suit the environmental conditions. Andrassy Avenue became a UNESCO World Heritage Site in 2002, but due to excessive urban development, UNESCO issued a warning that the site could be classified as endangered. Because of its World Heritage

designation, Andrassy Avenue holds a special status, as the trees lining the boulevard are considered part of its protected identity. Therefore, any restructuring of the tree line or the layout of the street faces complex challenges, and more significant landscape or urban architectural interventions cannot be applied during its renewal.
The challenges of planning rows of trees are increasing due to the dense urban fabric of our cities, the height of buildings, the presence of utility networks, and the high proportion of paved surfaces. It would be virtually impossible today to establish tree-lined streets in accordance with the planting criteria set in 1928. In fact, 70% of Budapest's rows of trees do not meet all the required criteria. The original soil structure has now largely been replaced by rubble fill and disturbed soils, so full soil replacement has become a routine procedure during the planting of tree rows. The growing size of vehicles and the increasing demand for parking spaces, combined with the presence of electrical and telecommunication cables, have further increased environmental stress and significantly restricted available planting spaces. Based on analysis of the age distribution of Budapest's tree population, the average lifespan of trees in city rows is 38–40 years – shorter than



life cycles observed in many other European cities (Radó 1999). According to the cadastral data managed by FÖK-ERT, Budapest's public tree stock can be analyzed species by species according to trunk diameter and quantity, allowing the construction of a sort of "age pyramid" for the city's trees. (Figure 2.) Considering their growth vigor (Schmidt 2003), age structure analyses indicate that the average lifespan of street trees in Budapest is closer to 30–35 years today. Studies also revealed that species sensitive to drought and pollution – such as maples (*Acer* spp.) – are less viable in urban settings, while drought-tolerant species like hackberries (*Celtis* spp.) show better urban stress resilience (Kaszab 2019). This highlights the need for greater attention to local environmental conditions and urban stress factors when selecting tree species, as these significantly influence the rate of tree replacement.
The most recent Hungarian professional standard for urban tree planting is defined by MSZ 12172, titled "Planting Ornamental Trees and Shrubs in Public Spaces." This document provides detailed specifications on the appropriate size of trees to be planted (trunk height and diameter), the required dimensions of the planting pit, and the anchoring techniques that may or must be used in public

areas (Figure 3). Changes in environmental and spatial conditions are clearly reflected in the fact that the standard tree spacing in rows has been reduced to 6 meters, compared to much greater distances used in the early 20th century. Regarding species selection, the Catalogue of Public Space Street Trees (Hungarian Interprofessional Organization of Ornamental Gardeners 2024) offers valuable guidance. It is updated annually by experts based on practical experience. The catalogue includes both Hungarian and Latin names of species, their availability in domestic nurseries, expected height, sensitivity to lime, plant protection requirements, susceptibility to pathogens, allergenic potential, response to interventions, structural branch risks, and the likelihood of root emergence at the surface. A more recent consideration is the so-called "climate tree" classification (Szabó 2023), which responds to the challenges posed by global climate change and urban microclimate transformations.

THE PAST AND PRESENT OF TREE
PLANTING ABROAD

The first technological descriptions of urban tree planting appear in foreign professional literature at the beginning

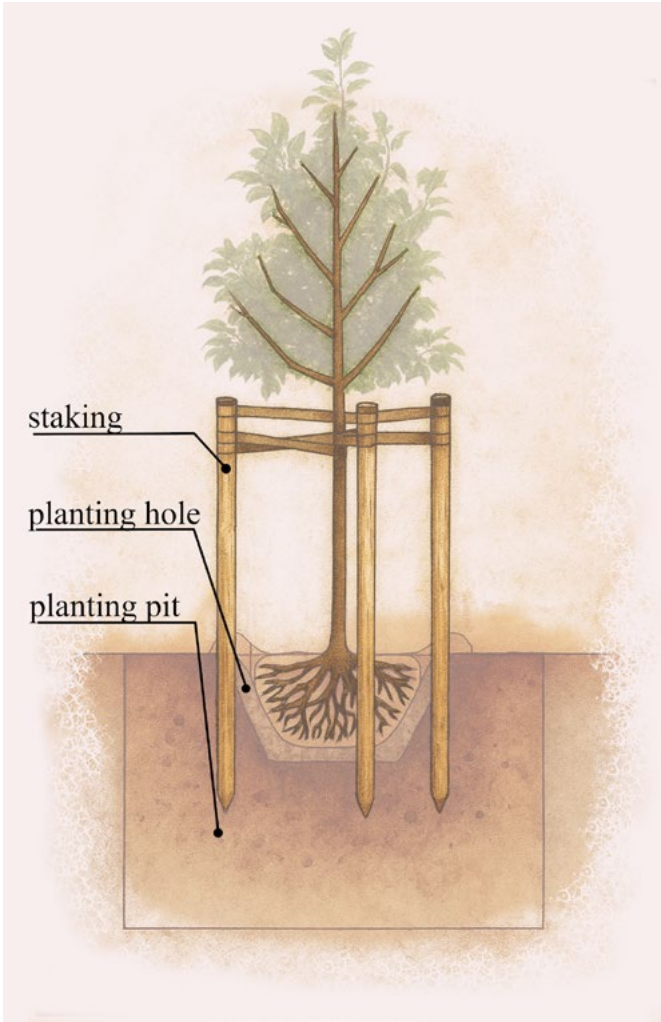


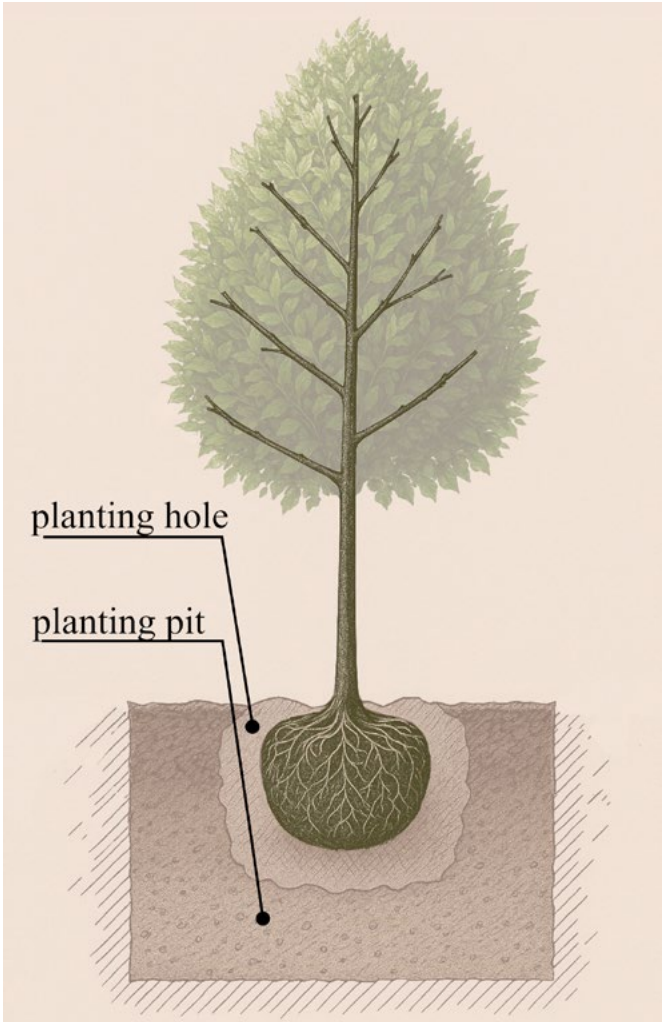
Figure 3: Tree planting
OWN FIGURE BASED ON MSZ 12172
Figure 4: Tree planting practices in European cities in the second half of the 20th century
OWN TABLE BASED ON PAULEIT
►► **Figure 5:** Tree planting
OWN FIGURE BASED ON EAS STANDARD

European cities	Most planted tree species	
London	Platanus sp.	Tilia sp.
Paris	Aesculus sp.	Acer sp.
Berlin	Quercus sp.	Ulmus sp.
Rome	Cupressus sp.	Olea sp.
Stockholm	Betula sp.	Acer sp.
Athens	Citrus sp.	Olea sp
Madrid	Acer sp.	Quercus sp
Barcelona	Platanus sp.	Cupressus sp.
Kopavogur	Betula sp.	Pinus sp.

of the 20th century. Fred W. Card’s book *Methods of Tree Planting* (Card 1898) provides detailed guidance on tree planting methods, describing various soil preparation and planting techniques. Card emphasized the importance of soil preparation, which involved loosening the soil and ensuring adequate nutrient supply. Planting depth also received special attention – trees were typically planted in 60–90-cm-deep pits to ensure proper root anchorage and stable growth. The book discusses techniques applicable for establishing entire new tree rows, such as deep plowing along the entire roadside, where the soil was turned to a depth of 30–50 cm to create a loose, well-aerated rooting environment. Soil enrichment with nutrients, organic manures and green manuring was frequently undertaken. In green manuring, nutrient-rich cover crops were sown and later incorporated into the soil. The book also highlights the importance of selecting suitable tree species, taking into account local climatic and soil conditions. After planting, thorough watering of the soil was essential to ensure adequate moisture levels for the roots. In caring for young trees, special emphasis was placed on mulching, which helped maintain soil moisture and suppress weed growth.

By the turn of the millennium, the primary objectives of tree planting in European cities had clearly become the improvement of urban environmental and air quality, as well as the enhancement of aesthetic value. These practices increasingly focused on adaptation to local environmental conditions and emphasized sustainability. Common planting techniques included deep plowing and mulching, which helped retain soil moisture and suppress weed growth. Nutrient supplementation, regular watering, and pruning were also routinely used to support the healthy development of trees (Pauleit 2002). In terms of species selection, it became common not only to plant varieties already adapted to local climates but also to experiment with new species chosen for their urban tolerance or other desirable traits. Further considerations included improving air quality, increasing aesthetic value, mitigating the urban heat island effect, expanding green areas in general, enhancing sustainability and biodiversity, and supporting the local ecosystem (Figure 4).

A global trend toward urban greening is now clearly observable: city leaders around the world are planting trees to increase green space and mitigate the negative effects of climate change and urbanization. However,



until recently, no comprehensive surveys had been conducted on the number and species composition of planted trees. Since ecosystem-level impacts often extend beyond the jurisdiction of individual municipalities, it is important to analyze tree planting patterns more broadly. One study examined recent tree planting data from 52 cities in the northeastern United States; four major cities – New York, Boston, Philadelphia, and Washington D.C. – accounted for 87% of all plantings. Smaller cities planted proportionally fewer trees, and 40% of them included invasive species, which indicates either a lack of expertise or limited resources (Doroski 2020). It is therefore crucial to identify species that are more resilient to the intensifying impacts of climate change and can better tolerate resulting environmental challenges such as air pollution, soil compaction, de-icing salts, extreme temperatures, and drought.

Internationally, the field of urban forestry is more widely recognized in the context of municipal tree planting. Urban forestry specifically addresses the challenges of this unique environment. Urban forests often suffer from low species diversity – partly due to overreliance on tree species known to tolerate urban conditions, and

partly because cities typically plant vegetatively propagated cultivars with limited genetic variation, which reduces both diversity and resilience (Csérer 1928). It is therefore important to prioritize tree species that possess broader resistance to multiple stressors, and to maintain the diversity of urban forests in order to enhance long-term sustainability. Ongoing research and adaptive management are necessary, especially in response to environmental conditions that are changing alongside the climate. Among species, *Ginkgo biloba* shows the highest tolerance to air pollution; *Gleditsia triacanthos* exhibits resistance to soil compaction and salt exposure; and *Quercus* spp. (oak taxa) are particularly resilient to wind and snow. In contrast, *Acer* spp. (maples), *Betula* spp. (birches), and *Pinus strobus* (eastern white pine) are among the most intolerant species, often sensitive to the full range of urban stressors (Carol-Aristizabal 2023).

The professional expectations and recommendations for municipal tree planting techniques are summarized and presented by several international professional organizations. The European Arboricultural Standards (EAS) aim to develop continent-wide technical standards for pruning, planting, and structural support of trees (EAS 2022). These comprehensive collections of professional guidelines cover a broad range of topics and reflect best practices across Europe. They also provide technical definitions and clear guidance (Figure 5). The unified international standard of the profession is further demonstrated by the many professional manuals available on the website of the International Society of Arboriculture (ISA 2024), which outline consistent principles and expectations for site preparation, tree maintenance, monitoring, and protection.

TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL OPPORTUNITIES

When planning tree planting in urban environments, it is essential to begin with three main considerations: where, what, and how to plant. For the field of urban forestry, these are fundamental questions – yet the name and concept of the profession still sound unfamiliar in the Hungarian professional context. This vocation, positioned at the intersection of landscape and urban planning, horticulture, and forestry, was born from the need to improve urban living conditions by integrating knowledge from these disciplines. The unique built environment into which we confine trees – living elements that change in

Figure 6: Tree species proposed for investigation
OWN TABLE BASED ON THE FŐKERT ARCHIVE

Species name	Height (m)	Crown diam. (m)	Crown type	Habitat	Soil requirement	Species name	City tolerance	Traits	Authors' Notes
Acer buergerianum	10-15	6-8	Rounded	Slightly humid, sunny	Semi-Dry	Acer buergerianum	Moderate	Sensitive to tree care interventions	Good foliage retention, resistant
Acer campestre 'Zenta'	8-15	6-8	Conical crown	Light-demanding	Any	Acer campestre 'Zenta'	Good	Street rows	Susceptible to powdery mildew and aphids
Acer campestre 'Korinthosz'	8-15	2-4	Columnar	Partial shade	Any	Acer campestre 'Korinthosz'	Good		Susceptible to powdery mildew and aphids
Acer campestre 'Lienco'	6-10	3-5	Columnar	Sunny, partial shade	Any	Acer campestre 'Lienco'	Good		Susceptible to powdery mildew and aphids
Acer henryi	6-10	6-8	Globular, semi-open	Shade-tolerant	Semi-Dry	Acer henryi	Good	Pathogen free	Rare species, not much experience in urban use
Acer platanoides 'Emerald Queen'	15-20	8-15	Upright-growing	Partial shade	Semi-Dry	Acer platanoides 'Emerald Queen'	Moderate	Fast growing, flood resistant	Leaf drying occurs in the summer months
Acer platanoides 'Fairview'	10-15	8-15	Oval, dense	Broad ecological tolerance	Semi-Dry	Acer platanoides 'Fairview'	Moderate	Resistant to flooding	Leaf drying occurs in the summer months
Acer triflorum	10-15	6-8	Oval, semi-open	Partial to full shade	Semi-Dry	Acer triflorum	Good	Pathogen free	Rare species, not much experience in urban use
Carpinus betulus 'Fastigiata'	15-20	5-6	Slender, conical	Shade-tolerant	Any	Carpinus betulus 'Fastigiata'	Good	Fast growing	Susceptible to powdery mildew
Carpinus caroliniana	10-12	6-9	Broad-spreading, flattened	Sunny, partial shade	Any	Carpinus caroliniana		No serious pathogens	Rare species, not much experience in urban use
Catalpa speciosa	15-20	10-15	Pyramidal	Broad ecological tolerance	Any	Catalpa speciosa	Good	No serious pathogens	Rare species, not much experience in urban use, Susceptible to powdery mildew
Celtis 'Magnifica'	10-15	10-12	U-shaped	Partial to full shade	Any	Celtis 'Magnifica'	Good	Non-invasive	Hybrid (C. occidentalis × C. laevigata)
Fraxinus pennsylvanica 'Patmore'	15-20	10-12	Fork shaped	Drought-tolerant	Any	Fraxinus pennsylvanica 'Patmore'	Good		Non-invasive, male variety, keeps healthy foliage, but it does not last very long
Ginkgo biloba 'Lakeview'	10-15	6-8	Columnar	Broad ecological tolerance	Any	Ginkgo biloba 'Lakeview'	Good		Grows slowly
Ginkgo biloba 'Fastigiata'	15-20	4-8	Columnar	Light-demanding	Any	Ginkgo biloba 'Fastigiata'	Excellent		Grows slowly
Koelreuteria integrifolia	9-12	9-12	Loose, irregularly round	Drought-tolerant, sun-loving	Dry	Koelreuteria integrifolia	Good		Rare species, not much experience in urban use
Liquidambar styraciflua 'Gumball'	4-5	3-4	Round or flat-topped	Sun-loving	Acidic, neutral	Liquidambar styraciflua 'Gumball'	Good	Cannot withstand prolonged drought	
Liriodendron tulipifera	20-30	15-20	Tall-conical, broad-spreading	Med. water supply	Nutrient-rich	Liriodendron tulipifera	Moderate	Sensitive to salinity, soil drought	Healthy foliage
Liriodendron tulipifera 'Fastigiatum'	15-20	3-5	Columnar	Med. water supply	Nutrient-rich	Liriodendron tulipifera 'Fastigiatum'	Moderate		Healthy foliage
Ostrya carpinifolia	10-15	8-10	Spherical	Sunny, partial shade	Med. dry	Ostrya carpinifolia	Good	Slow growth, sensitive to nursery intervention	Good foliage species
Prunus × emimens 'Umbraculifera'	3-5	3-4	Spherical	Med. drought-tolerant	Normal, well-drained	Prunus × emimens 'Umbraculifera'	Weak	Susceptible to mildew and moniliasis	Short-lived tree with a regular crown
Pyrus pyraster 'Bihar'	8-10	4-8	Spherical crown	Warmth- and sun-loving	Nutrient-rich	Pyrus pyraster 'Bihar'	Good	Susceptible to tree care interventions, powdery mildew	It tolerates dry conditions, but is not a commonly used
Robinia pseudoacacia 'Unifoliola'	10-15	8-10	Wide pyramidal	Broad ecological tolerance	Dry	Robinia pseudoacacia 'Unifoliola'	Excellent		Rarely used in cities, thornless
Sorbus alnifolia	10-12	4-8	Regular oval, rounded	Sunny, partial shade	Any	Sorbus alnifolia	Good	Varieties: 'Red Bird', 'Skyline'	Rarely used in cities, grows slowly
Tetradium daniellii	10-20	8-12	Semi-open	Avoids extreme conditions	Loose, warm	Tetradium daniellii	Good		Invasive species
Tilia cordata 'Greenspire'	15-20	10-12	Broad conical	Partial shade	Nutrient-rich	Tilia cordata 'Greenspire'	Good	Good adaptability	Leaf margin drying occurs
Tilia tomentosa 'Bori'	10-15	8-10	Sherical, egg-shaped	Sun-loving, med. drought-tolerant	Fresh, nutrient-rich	Tilia tomentosa 'Bori'	Moderate	Fast growing	Leaf margin drying occurs
Tilia tomentosa 'Zentai Ezüst'	15-20	10-15	Regular conical	Sun-loving, med. drought-tolerant	Fresh, nutrient-rich	Tilia tomentosa 'Zentai Ezüst'	Moderate	Good adaptability	Leaf margin drying occurs
Ulmus 'Columella'	15-20	3-6	Loose, irregularly round	Warmth- and sun-loving	Moist	Ulmus 'Columella'	Moderate	Resistant to Elm tree damage	Rarely used in cities, grows slowly
Ulmus 'Lobel'	15-18	4-6	Slim conical	Dry conditions	Dry	Ulmus 'Lobel'	Moderate	Moderately resistant to Elm tree damage	Fast growing, wind tolerant
Zelkova carpinifolia	25-30	10-15	med.-sized	Warmth- and sun-loving	Fresh	Zelkova carpinifolia	Good	Botanical rarity, ext. weather tolerance	Rare species, not much experience in urban use
Zelkova serrata 'Green Vase'	15-20	8-12	Vase-shaped	Warmth- and sun-loving	Fresh	Zelkova serrata 'Green Vase'	Good	Ext. weather tolerance	It does not like dry conditions.
Zelkova serrata 'Fastigiata'	10-12	4-5	Columnar	Warmth- and sun-loving	Fresh	Zelkova serrata 'Fastigiata'	Excellent	Ext. weather tolerance	It does not like dry conditions.

size, needs, and condition over time — is fundamentally unsuitable for their safe and cost-effective maintenance, let alone for the optimal exploitation of their beneficial effects (Konijnendijk 2004). One of the key challenges of our time is to find a balance between the inert and living, built and planted, static and dynamic elements of urban spaces. Urban forestry is an integrated concept that combines the science and technology of managing trees and natural resources within the urban ecosystem to provide psychological, sociological, aesthetic, economic, and environmental benefits to society.

Urban tree planting and the development of green infrastructure in cities have become essential for mitigating the effects of climate change and improving urban quality of life. As is the case worldwide, Hungarian tree planting practices are increasingly adapting to environmental challenges. Reevaluating the current legal framework and urban planning priorities could create opportunities for the sustainable expansion of green spaces. The maintenance and protection of urban trees can be most effectively achieved within shared, integrated regulatory frameworks — treated as an infrastructural priority equal to other public services.

To enhance species diversity and adaptation to the urban environment, it is especially important to select resilient tree species suited to Budapest’s ecological conditions. This would allow tree rows to achieve greater longevity and improved resistance to environmental stressors induced by climate change. Innovative soil management solutions — such as root cell planting systems (GreenBlue Urban 2024) or the Stockholm method — can promote healthier root development even in heavily compacted urban soils (Embrén 2009). The application of such techniques can improve the long-term success of tree planting, particularly in dense urban environments where soil quality presents a major limitation. However, it must be acknowledged that these are not “silver bullet” solutions; they make the urban environment more tolerable for trees by adapting to challenging conditions, rather than creating truly ideal growing habitats.

New techniques must always be adapted to the specific local environment — sometimes by combining methods or by developing new solutions based on practical experience. In recent years, an increasing number of tree planting projects in Budapest have been implemented using custom soil substrates (e.g. the renovation of the Dreschler Palace on Andrásy Avenue, tree planting

along Széchenyi Quay, and the creation of “root well-ness” zones on Bartók Béla Street), all of which provide opportunities to evaluate their effectiveness. A prominent example of this type of green infrastructure development is the renovation of Blaha Lujza Square in Budapest’s 8th district. There, beneath a paved surface, trees were planted in a shared, continuous 2,400 m² soil bed, equipped with an irrigation system and built using a combination of root cell and Stockholm methods, filled with a custom structural soil mix and sealed with a clay-based impermeable layer (Lépték-Terv 2024). Several mature trees already present at the site were preserved alongside the newly planted specimens. To strengthen the tree population and foster natural root relationships, a preparation containing mycorrhizal fungi was introduced into the soil.

Considering as many factors as possible in the analysis of municipal tree planting supports more conscious and effective planning. Research on the climate tolerance of tree species and cultivars (Szabó 2023), the deliberate application and testing of habitat improvement techniques (Budapest Capital Municipality 2021), and the evaluation of planning and maintenance practices for more efficient spatial use (Tóth 2024) all represent distinct components in the advancement of urban forestry in Hungary. Due to the intensification of environmental stressors, the relatively short average lifespan of street trees creates an opportunity to continuously test new species and cultivars under known environmental conditions during the implementation of new planting projects (Figure 6).

CONCLUSION

Based on the reviewed literature, it is evident that the need and mindset for horticultural maintenance, conscious provision, and even the development of plant stocks in our major cities have long been present. At the same time, it is also observable that the attention devoted to green space development tends to fluctuate between two extremes: representational ambitions and post-disaster restoration, with generally limited emphasis in between. As early as the beginning of the 20th century, the theoretical foundations of the profession set expectations that corresponded to the challenges of the time in terms of practical implementation. Both in Hungary and abroad, long-term planning and preparation were regarded as fundamental considerations. However, it is important to recognize that the surviving manuals used as



sources tended to describe ideal, professionally expected techniques rather than providing a comprehensive picture of actual practice — much as we still experience today. The findings highlight that although Hungarian urban tree planting practices are in some respects competitive with international examples, there remains significant potential for improvement in terms of sustainability and environmentally conscious solutions.

In summary, the development of tree planting practices in Budapest requires both technological innovation and strengthened regulation adapted to local conditions. Domestic and international experience indicates that the long-term success of urban tree planting depends on an integrated, sustainability-oriented approach that considers both environmental and community needs. This article was written as part of my PhD research, which investigates the effectiveness of municipal tree planting

practices in Hungary. By analyzing Budapest’s tree population — taking into account health status, growth indicators, and urban placement — we can expect to gain better insight into the applicability of both established and innovative planting techniques under local conditions. This, in turn, will enable us to respond more effectively to the impacts of urban climate change in the planning and operation of green spaces. ☉

„Supported by the EKÖÜ-2 New National Excellence Program of the Ministry for Culture and Innovation from the source of the National Research, Development and Innovation Fund.”



This work is licensed under Creative Commons 4.0 standard licenc: CC-BY-NC-ND-4.0.

BIBLIOGRAPHY

Pataki, D. E., Alberti, M., Cadenasso, M. L., Felson, A. J., McDonnell, M. J., Pincetl, S., Pouyat, R. V., Setälä, H., & Whitlow, T. H. (2021) The Benefits and Limits of Urban Tree Planting for Environmental and Human Health; DOI:10.3389/fevo.2021.603757

Schmied, A., & Pillmann, W. (2003) Tree protection legislation in European cities; ISSN 161-886-67

Pauleit, S., Jones, N., Garcia-Martin, G., & Garcia-Valdecantos J., L. (2002) Tree establishment practice in towns and cities - Results from a European survey; DOI:10.1078/1618-8667-00009

Radó, D. (1981) Fák a betonrengetegben; ISBN 963-231-058-6

Schmidt, G. (2006) Budapesti fák élete és halála. In: Budapest Folyóirat. 61.évf. 2006/8. szám.

Csérér, Gy. (1928) A város és a falu fásítása. Budapest. M. Kir. Belügyminisztérium Kísérleti Nyomdája

Kovács, Z. (2003) Adatok a vadgesztenyelevél-aknázómoly biológiájáról, elterjedéséről és az ellene való védekezéséről

Szilagyi, K., Rosa, C., A., P., Szabo, K., & Lahmar, Ch. (2021) Living Heritage in the Urban Landscape. Case Study of the Budapest World Heritage Site Andrásy Avenue; DOI:10.3390/su13094699

Radó, D. (1999) Bel- és külterületi fasorok EU-módszer szerinti értékelése; A Lélegzet 1999/7-8. számának melléklete

Schmidt, G., & Fekete, Sz. (2003): Növények a kertépítészetben; Mezőgazda Kiadó, Budapest; ISBN 978-963-286-062-6.

Kaszab, L. (2019) Faápolók Dendrológiája I.: lombhullatók. [Diploma Tézis, Szent István Egyetem]

Magyar Díszkertészek Szövetsége (2023) Út- és utcafásításra alkalmas fák

Szabó, K. (2023) Klímáfák és városfásítás; Budapest; ISBN 978-615-01-7157-9

Card, F., W. (1898) Methods of tree planting, University of Nebraska, Agricultural Experiment Station of Nebraska

Doroski, D., Ashton, M., S., & Duguid, M., C. (2020) The future urban forest - A survey of tree planting programs in the Northeastern United States, DOI: 10.1016/j.ufug.2020.126816

Carol-Aristizabal, M., Dupras, J., Messier, C., & Sousa-Silva, R., (2023) Which Tree Species Best Withstand Urban Stressors? Ask the Expert; DOI:10.48044/jauf.2023.026

EAS (2022) Tree planting_European standard; EAS 03:2022

ISA publikáció (2024) <https://www.isa-arbor.com/Publications/ISA-Today-Archives>

Konijnendijk, C., C., & Randrup, T., B. (2004). Urban forestry. In Encyclopedia of Forest Sciences (pp. 471-478)

Urban Tree Planting Projects (2024) <https://greenblue.com/gb/case-studies>

Bjorn Embrén (2009) Planting beds in the city of Stockholm - A handbook; GH100322

Blaha Lujza tér (2024) <https://leptek.hu/project/45>

Mikorrhiza gombák (2024) <https://agrobio.hu/hu/termekek-kijuttatas/biostimulatorok-gombak/symbivit-mikorrhiza-gomba>

Radó Dezső terv (2024) <https://rdt.budapest.hu>

Tóth, B., Doma-Tarcsányi, J., & Szabó, K. (2024) A telepítési sűrűség és a lombkorona-borítottság vizsgálata budapesti szabadtereken: Esettanulmányok 1. rész - Móricz Zsigmond körtér; DOI: 10.36249/4d.70.4728

A KECSKEMÉTI FŐTÉR KLÍMAADAPTÁCIÓS SZEMPONTÚ ELEMZÉSE

CLIMATE ADAPTATION ANALYSIS OF THE MAIN SQUARE IN KECSKEMÉT

ERDÉLYI REGINA | TÓTH BARNABÁS |
BÁNHIDAI ANDRÁS | SALLAY ÁGNES

ABSZTRAKT

Kecskemét városfejlődése során egy sűrű beépítésű központi városmag alakult ki alacsony zöldfelületi intenzitással, ezért a belterületi zöldfelületi rendszerben jelentős szerepet tölt be a városközponti gyalogos téregyüttes. A kecskeméti Főtér eredetileg a kereskedelmi utak találkozásában kialakult, történelmi jelentőségű piactér rendezésével és körbeépítésével (Füzi & Walter, 2005), majd 1976-ban gyalogos zónává való átalakításával (Gutai, 2005) és a 2000-es évek elején zajló rekonstrukcióval (Építésműhely Tervező, Beruházó és Szolgáltató Kft., 1994) nyerte el mai formáját. A fásított és burkolt, köztéri alkotásokkal, vízarchitektúra elemekkel, variábilis építészeti megjelenésű térfalakkal határolt, intenzíven fenntartott és nívós megjelenésű köztér együttes, nemcsak egy reprezentatív városi szabadtér, de jelentős növényállománya miatt klímakondicionálás szempontjából is meghatározó

zöldfelületi-rendszer alkotó elem. Kutatásunk során célunk Kecskemét főterére vonatkoztatható környezeti- és klíma- kockázatok megismerése volt. Ehhez olyan módszertant dolgoztunk ki, melynek alapját azok az építészeti és tájépítészeti elemek összegyűjtése képezte, melyek hatással vannak a lokálklíma alakítására, így a humán-komfortra is.

Kulcsszavak: Kecskemét, főtér, klímaváltozás, klímaadaptáció, városi hősziget, zöld infrastruktúra, városfásítás, lombkorona-borítottság ©

ABSTRACT

Over the course of Kecskemét’s urban development, a densely built-up central core with low green space intensity has developed; the pedestrian square complex in the city centre therefore plays an important role in the inner city’s green space system. Kecskemét’s Main Square (Főtér) was originally formed by the reorganisation and enclosure of the historically significant market square at the junction of the commercial roads (Füzi & Walter, 2005). It was pedestrianised in 1976 (Gutai, 2005) and then reconstructed in the early 2000s (Építésműhely Tervező, Beruházó és Szolgáltató Kft., 1994). With its intensively maintained and sophisticated appearance, this public space is not only a representative urban open space, but also, given its significant plant population, a key element of the green space system in terms of climate conditioning; it is bordered by wooded and paved public spaces, water architecture elements and square walls with variable architectural designs. The aim of our research was to understand the environmental and climate risks related to Kecskemét’s Main Square. For this purpose, we developed a methodology based on the collection of architectural and landscape elements that have an impact on the local climate, including human comfort.

Keywords: Kecskemét, main square, climate change, climate adaptation, urban heat island, green infrastructure, urban afforestation, canopy cover

INTRODUCTION

Kecskemét and its region is one of the most exposed areas in Hungary to the impacts of climate change and droughts (23/2018. (X. 31.)) OGY Határozat a 2018–2030 Közötti Időszakra Vonatkozó, 2050-Ig Tartó Időszakra Kitekintést Nyújtó Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról, 2018). Local adaptation options for drought, extreme precipitation and heat waves need to be developed and implemented. A network of municipal green infrastructure can provide a suitable and natural framework for addressing each of these factors in a modern and natural way. In an urban context, local adaptation to the negative impacts of climate change is mainly focused on mitigating the urban heat island effect and protecting against high levels of warming, with urban planning and architecture based on ecological and climate-friendly design methods as central elements.

There is a significant lack of green space in Kecskemét’s city centre (Kecskeméti Városfejlesztő Kft., 2023). Over the course of the city’s development, the historic centre has evolved to exhibit characteristics of both a town and a country town. The presence of framed or enclosed buildings with semi-enclosed courtyards and a built-up area that occupies 40-60% of the small plot area is typical (Kecskemét Megyei Jogú Város Önkormányzata, 2017). The emphasis on green space within the urban fabric is conspicuously absent, and the city centre is devoid of any substantial public green spaces with a minimum area of 3-5 hectares, nor does it have an urban-level public park. Consequently, the development of new multifunctional public parks and public gardens is unfeasible. With its arboreal elements, the Main Square has therefore emerged as a pivotal component of the urban green infrastructure. The Main Square not only connects the mosaic of green spaces in the central inner area – such as Széchenyi Square, Katona József Square and Kodály Zoltán Square – but is also an integral part of the network of roadside green spaces and tree-lined streets (Kecskemét Megyei Jogú Város Önkormányzata, 2017).

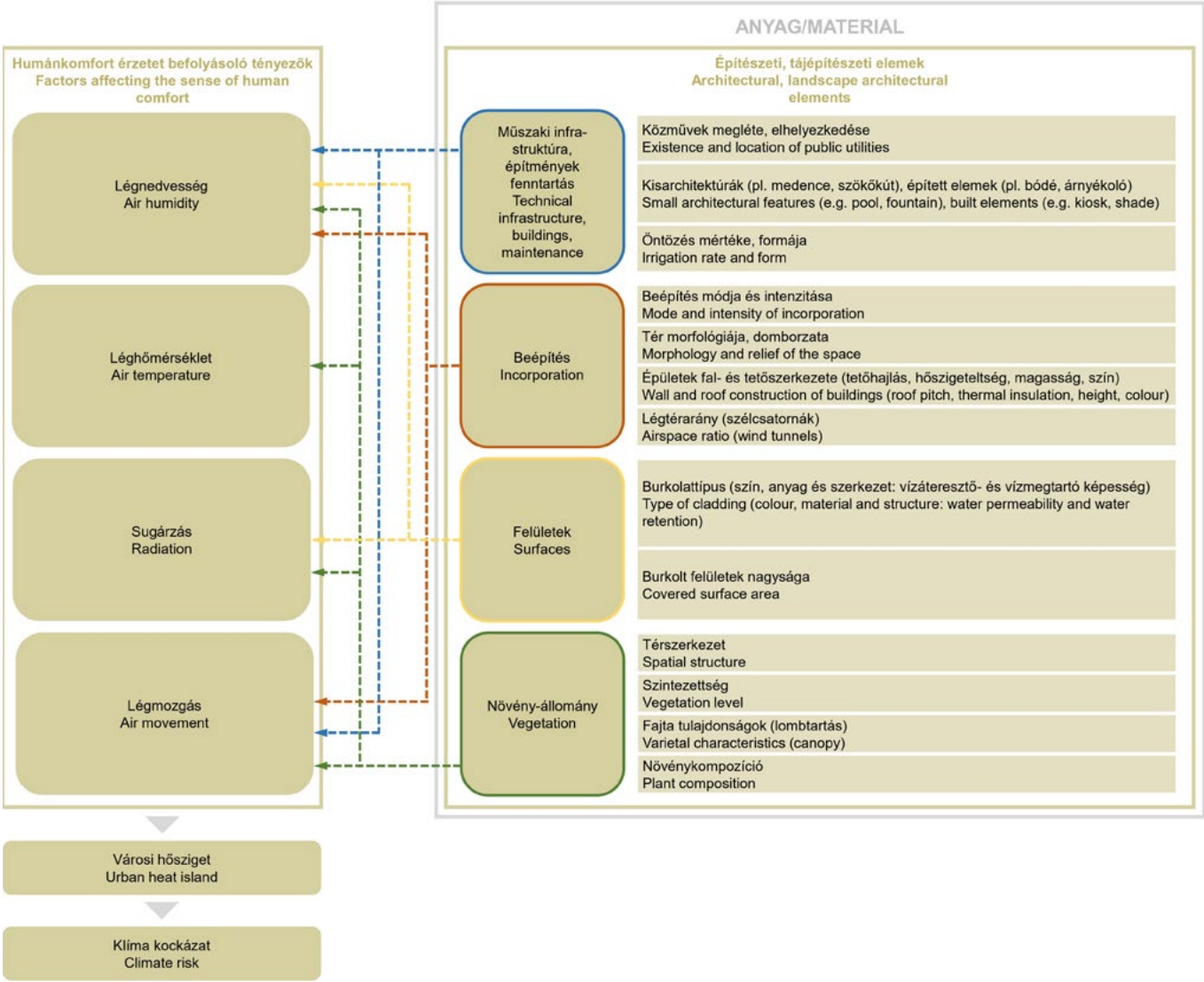
Responding to the challenges of climate change, improving the microclimate and climate-friendly development of the Main Square (Kossuth Square, Szabadság Square, Lestár Square) is an urgent task. In order to lay the foundations for climate-smart planning, we aim to identify environmental and climate risks and conduct vulnerability assessments for Kecskemét’s Main Square. In our research, we will investigate the current microclimate of Kecskemét’s Main Square and the main factors influencing it from the perspective of public space development solutions typical for a climate-friendly city (e.g. use of permeable and high-albedo pavements, humidification, quantitative and qualitative improvement of green spaces, shading, ventilation, sustainable operation solutions). For the climate adaptation analysis of Kecskemét’s Main Square, our aim was to develop a methodology that can be applied primarily to the climate analysis of the selected public space in the city, in addition to exploring the general characteristics of the given open space.

MATERIAL AND METHODS

A number of studies have demonstrated that the perception of outdoor human comfort is directly influenced by microclimatic factors, including humidity, air temperature, air movement, surface temperature and radiation.



Figure 1: The most important factors influencing the current microclimate of Kecskemét's Main Square
OWN EDITED FIGURE



These factors are, in turn, strongly influenced by the space's physical/biophysical quantitative and qualitative characteristics (Dadvand et al., 2016; Ekkel & De Vries, 2017; Gill et al., 2007; Ren et al., 2023; Yang, 2009).

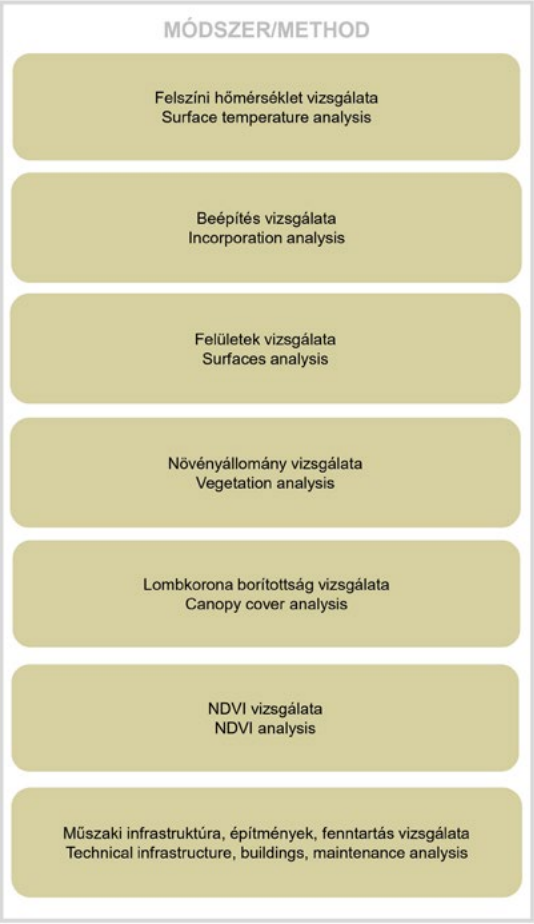
The microclimate of an urban open space is determined by geography, environmental conditions and urban and spatial structure, but can be further modified by other anthropogenic interventions (Unger et al., 2012).

In developing the methodology, we collected the architectural and landscape elements (e.g. buildings, surfaces, vegetation, technical infrastructure) that have the greatest impact on human comfort in Kecskemét's Main Square (Figure 1). To investigate the urban heat island (UHI) phenomenon, Landsat 9 and Sentinel-2 satellite data (Earth-Explorer, n. d.; Planet Labs: Satellite Imagery & Earth Data Analytics, n.d.), Land Surface Temperature (LST) were calculated following the methodology of Malik & Kalotra

(2024) (Abhishek & Gaurav, 2024). UHI was calculated from LST using the formula $UHI = (LST - LST_{ave}) / LST_{scat}$.

For the analysis of the built environment, we used QGIS software to determine the percentage of building coverage of the surrounding parcels. Surface quality was analysed based on field maps, orthophotos and field observations, while technical infrastructure was analysed based on utility maps to identify stormwater management and new green space opportunities.

The intensity of green areas was assessed using zonal statistics, while canopy cover was assessed using aerial photographs and field surveys. NDVI was calculated using Sentinel-2 data (22.08.2023) and thermal infrared data was obtained using the Landsat 9 satellite (20.08.2023). Microclimatic, ecological and compositional analyses of the vegetation were also carried out.



In addition to the geographical location and the environmental conditions, the following findings were made by subject area, and examine the most significant factors influencing the current microclimate of Kecskemét's Main Square and its fluctuations.

Land surface temperature

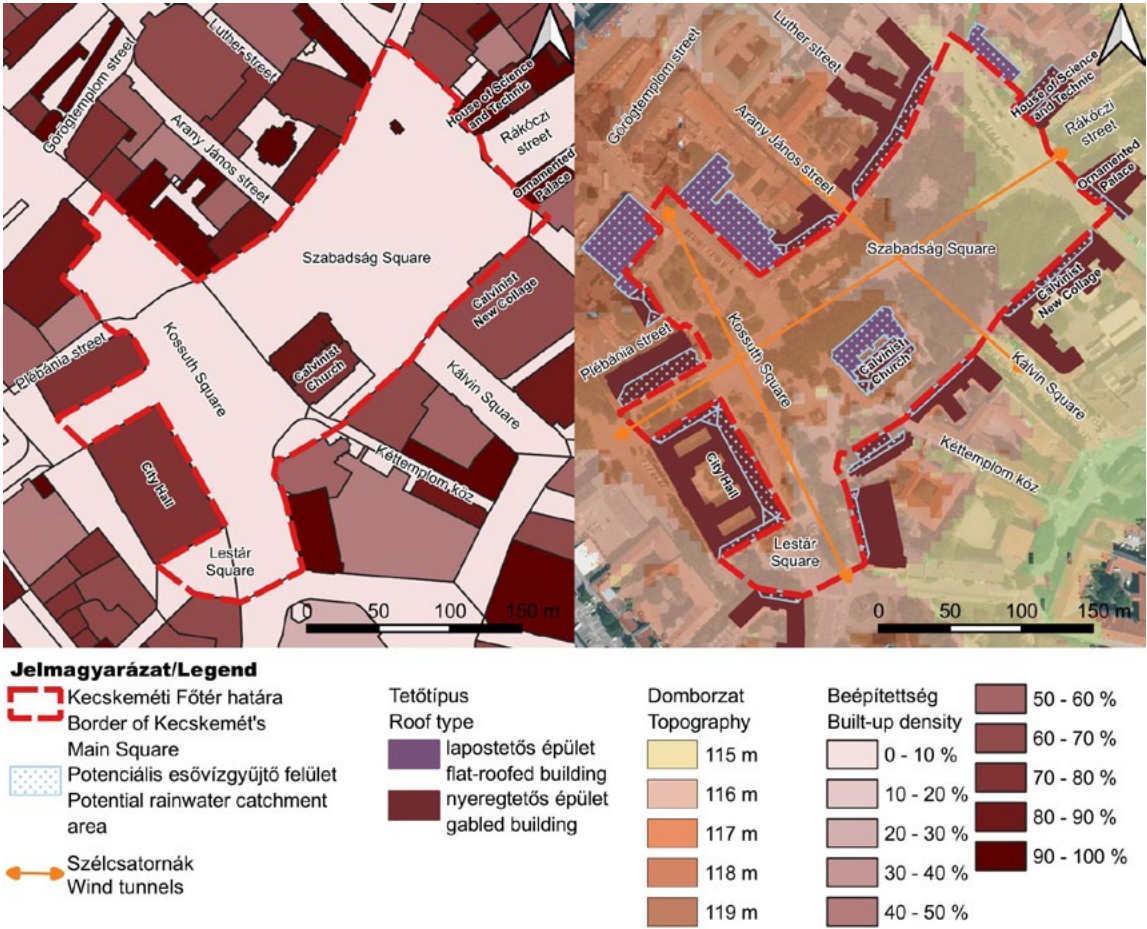
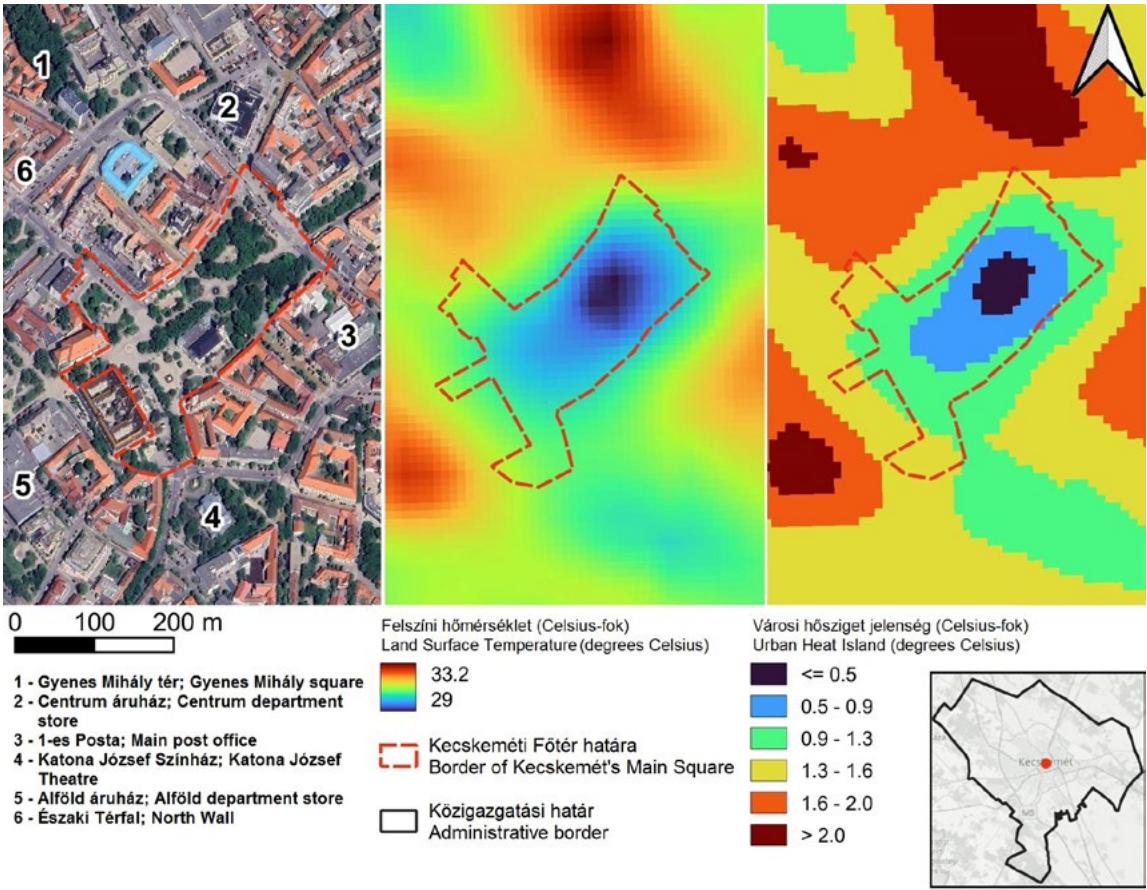
Based on the surface temperature image of Kecskemét's Main Square (Figure 2), it can be concluded that the Main Square is a cool (blue) zone within the urban area, with a surface temperature of 29-30°C, and the areas in the NE part of the Main Square, which are typically characterised by multi-level vegetation, have a surface temperature 3-4°C lower than their surroundings. In the wider area around the Main Square, differences of up to 4°C can be observed within a few hundred metres. In the built-up and paved areas of the city centre, such as the Centrum department store, the area around the market, the Alföld department store, the Dobó Street car park, the North Wall and Piaristák Square, temperatures range from 30°C to 33.2°C, while public gardens and parks such as Gyenes Mihály Square and the area around the Katona József Theatre also have multi-level vegetation, resulting in a temperature drop of 2-3 °C.

Analysis of built area

The Main Square is a morphologically enclosed complex of gently sloping squares surrounded by walls, divided by extensions and connecting streets. The square covers a total area of the square is 5 hectares, with the NW and SE walls averaging 280 m apart and the NE and SW walls 150 m apart. The layout of the square is similar to a rectangle with long sides of proportionate length, divided and completed by the block-like buildings (Reformed Church, Great Church, Town Hall) and the spaces between them. The typical built-up area of the blocks is relatively high for a city centre, averaging 60-90%, and the unbuilt parts of the site are mostly paved (Figure 3). A favourable air-space ratio is also provided by a typical number of 1-6 storeys and an average building height of 4-18 m, with the exception of the tower-like buildings and

RESULTS

Kecskemét belongs to Hungary's temperate, warm-dry climate zone, with an aridity index of 1.22-1.35 (Kecskeméti Városfejlesztő Kft., 2023; Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt, n.d.). It has relatively low (average of 520 mm over many years, about 300 mm in the growing season) and unevenly distributed rainfall (Dövényi, 2010; Hoyk et al., 2019). Characterised by a flat landscape and good ventilation, the prevailing wind direction is W, NW, NE, and the average wind speed 2.5-3.0 m/s (Kecskeméti Városfejlesztő Kft., 2023). According to the National Meteorological Service, mean annual temperatures rose by approximately 3.5°C from 1991 to 2019, which is significantly higher than the global average, while climate models predict a slight decrease in precipitation in the future (Hoyk & Kanalas, 2020).



◀◀ **Figure 2:** Surface temperature image of Kecskemét's Main Square and urban heat island phenomenon

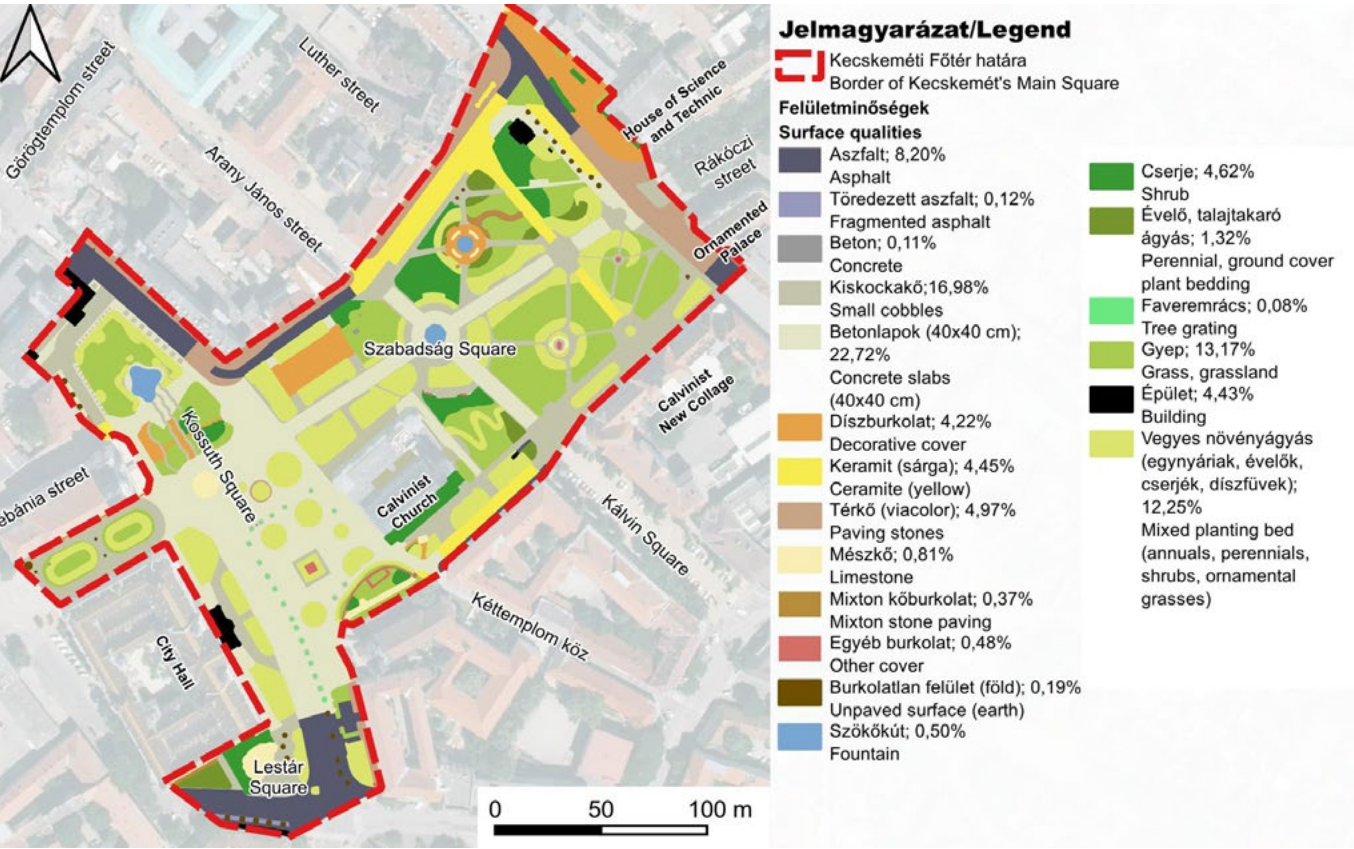
SELF-EDITED FIGURE BASED ON GOOGLE SATELLITE IMAGE
TAKEN ON 20.08.2023 (GOOGLE, 2015)

◀◀ **Figure 3:** The extent of the built-up area of the Main Square and its surroundings, the topography of the square and the roof structure of the buildings bordering the square walls and located in the square

OWN EDITED FIGURE

Figure 4: Percentage of surface qualities in the Main Square

OWN EDITED FIGURE



parts of the site, and the distance between the walls. The Main Square and the surrounding blocks are all listed buildings, the vast majority of which date from the second half of the 19th century and the first half of the 20th century, with the exception of a few buildings (Erdélyi & Sallay, 2023). The load-bearing structure of the buildings is masonry brick, with thick boundary walls, and all buildings are painted in light.

Analysis of paved area and horizontal surfaces

71% of the Main Square's total area is paved and 29% is covered by vegetation. The study area contains a wide variety of pavements, with the highest proportion of paved surfaces for pedestrian traffic at 53% (25,952 m²). These areas are characterised by prefabricated precast paving, consisting of small and large precast concrete

slabs in light grey or dark grey, yellow precast ceramic paving, light grey, dark grey or brick red basalt paving, and light grey Viacolor slabs (Figure 4). Apart from the paving stones and ceramic tiles, all the tiles listed are designed with rigid bases. In addition, a number of other paved surfaces appear: the local collector roads and the car park in Lestár Square are paved with asphalt, while the partial public space renovations in spring 2024 will include stabilised gravel paving around a bicycle storage area and a fountain. As the pavements in the Main Square are typically in light pastel colours, they are highly reflective and therefore significantly improve the microclimate.

Analysis of infrastructure and other built elements

The Main Square is fully served by a public utility network, with a larger un-serviced area around the Kossuth

statue and the water fountains, and in the eastern corner of Szabadság Square (Figure 5). The main square is adorned with three water fountains (two of which are also located in Szabadság Square), covering a total area of 284.4 m². In terms of microclimate, it is important to note that a water spray gate is also in operation in Kossuth Square in summer.

In 2018, a total of 555.9 mm of precipitation fell in and around the Main Square. The driest months were April (4 mm) and November (9.8 mm), while the wettest months were June (133.5 mm) and August (52.4 mm) (*Netatmo Kültéri Méréállomás Csapadék Adatai, 2024*). As the drainage system in the Main Square is well established and most of the pavements have a rigid base, rainwater falling on the pavement surface is optimally discharged to green areas due to the slope of the pavement, and in the worst case to the closed stormwater drainage system. In the case of the paving stones and ceramics and Mixton stone paving, rainwater seeps directly into the lower layers of the soil, so the water that seeps through the paving into the soil can be absorbed by the surrounding vegetation.

Analysis of vegetation

The Main Square in Kecskemét has a green area ratio of 29%, with a vegetated area of 14,500 m². In addition to their positive impact, green spaces also have a significant economic value, with an estimated total value of woody species of HUF 1.4 billion (Hoyk et al., 2019).

Canopy cover is a key criteria for assessing the conditioning effects of trees. In 2024, the canopy cover over the Main Square, which has a total area of 50,000 m², was 25,226 m², resulting in a canopy cover value of 52% (Figure 6). From a planning viewpoint, canopy cover of 25-30% is considered ideal for open spaces, while 40-60% is considered ideal for parks (Tóth et al., 2024; Városhklíma Műhely, 2012).

In Szabadság Square, trees with a large canopy, such as Japanese pagoda tree and pedunculate oak, have a prominent climatic effect, while in Kossuth Square, less shade-tolerant trees, such as the maidenhair tree and Turkish hazel, have a more moderate effect (Szabó, 2023; Tóth, 2022). Among the younger trees, American tulip trees, dawn redwoods and Atlas cedars can cause significant microclimatic changes over the long term.

The NDVI vegetation index shows an average vegetation intensity of 0.22. The “Címerdomb”, the Kossuth statue and the City Hall have low intensity due to the

dominance of pavement, while the landscaped areas show medium to high values. These spatial differences reflect the traces of the 1976 restructuring.

In addition to trees, shrub and grassland taxa in the Main Square play an important role as conditioning surfaces. For shrubs, an important aspect is that nearly ¾ of the taxa are evergreen or semi-evergreen, so unlike trees, at this level we can conclude that they can exert beneficial effects such as mulching, water retention, evapotranspiration and shading throughout the year. Szabadság Square is mainly dominated by broadleaved evergreens and larger, almost woody deciduous taxa, but in terms of shade, it is also important to highlight the *Wisteria sinensis*, which to a large extent determines the square’s appearance and microclimatic conditions. Kossuth Square is also dominated by evergreens and pines.

Besides the intensively maintained ornamental grasslands, perennial beds are mainly composed of shade-rich groundcover taxa, while mixed beds are created by combining a wide range of plant species – shrubs, groundcover, flowering perennials and grasses – contributing to the biodiversity and sustainability of the space.

ASSESSMENT AND SUGGESTIONS

The analysis of canopy cover, vegetation and surface temperature confirms that medium to high canopy cover and multi-level vegetation is effective in mitigating the urban heat island phenomenon. In the Main Square, the surface temperatures are highest in the most covered, uncanopied areas, while open spaces and ventilation corridors, such as the passageways along Rákóczi Street and Deák Ferenc Square, provide wind channels and significantly mitigate the heat island effect. The roof area of the buildings around the square, covering 12,463 m², also allows for rainwater harvesting, while the light wall surfaces have a positive effect on long-wave radiation, reducing air temperatures.

With only 9.85% of the pavements in the Main Square being permeable and the rest being concrete-based, climate-adaptive retrofitting would involve replacing a large proportion of non-permeable pavements with green surfaces or permeable materials, which would better support local stormwater management and recycling. The vegetation is rich in taxa, but the planting of mature tree species and species with inappropriate environmental needs, such as the American tulip tree and Turkish hazel, should be avoided in the future.



Figure 5: Public utility access to the Main Square
OWN EDITED FIGURE

Figure 6: Canopy cover analysis of the Main Square in Kecskemét
OWN EDITED FIGURE

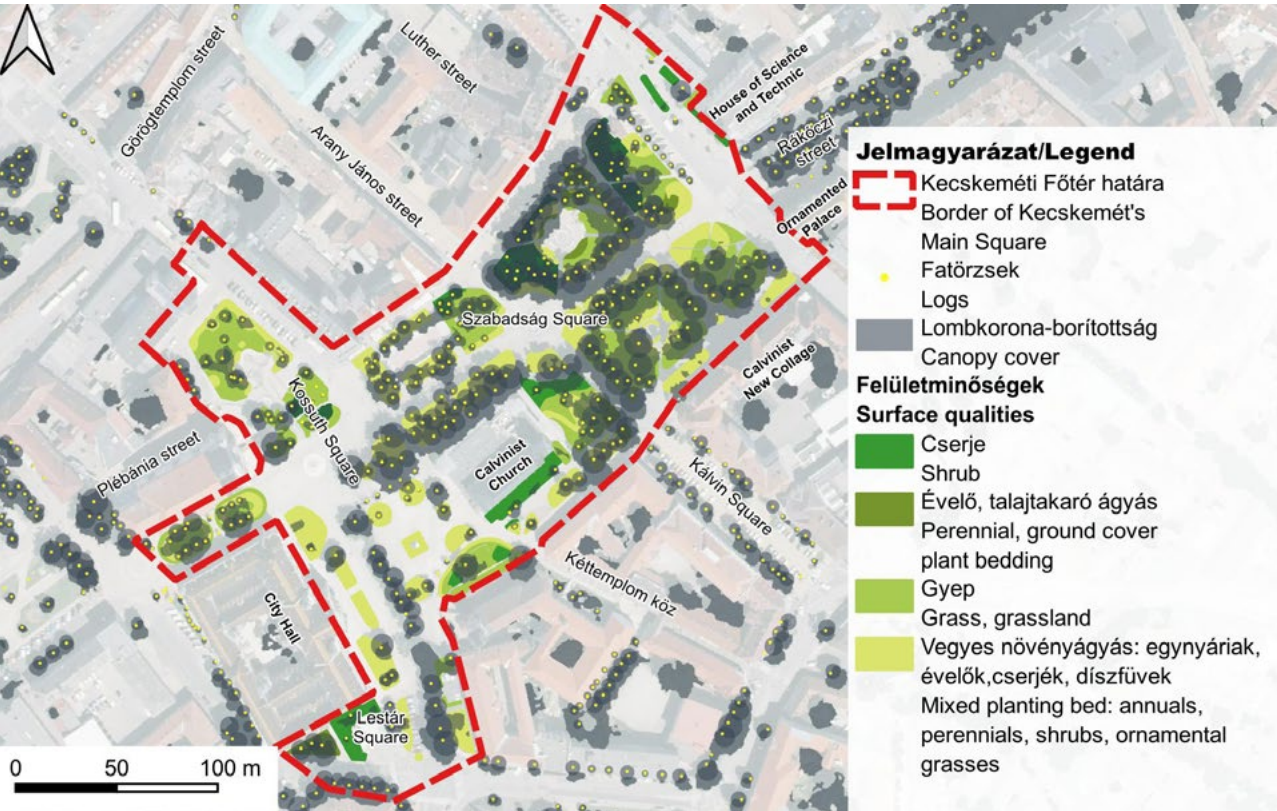
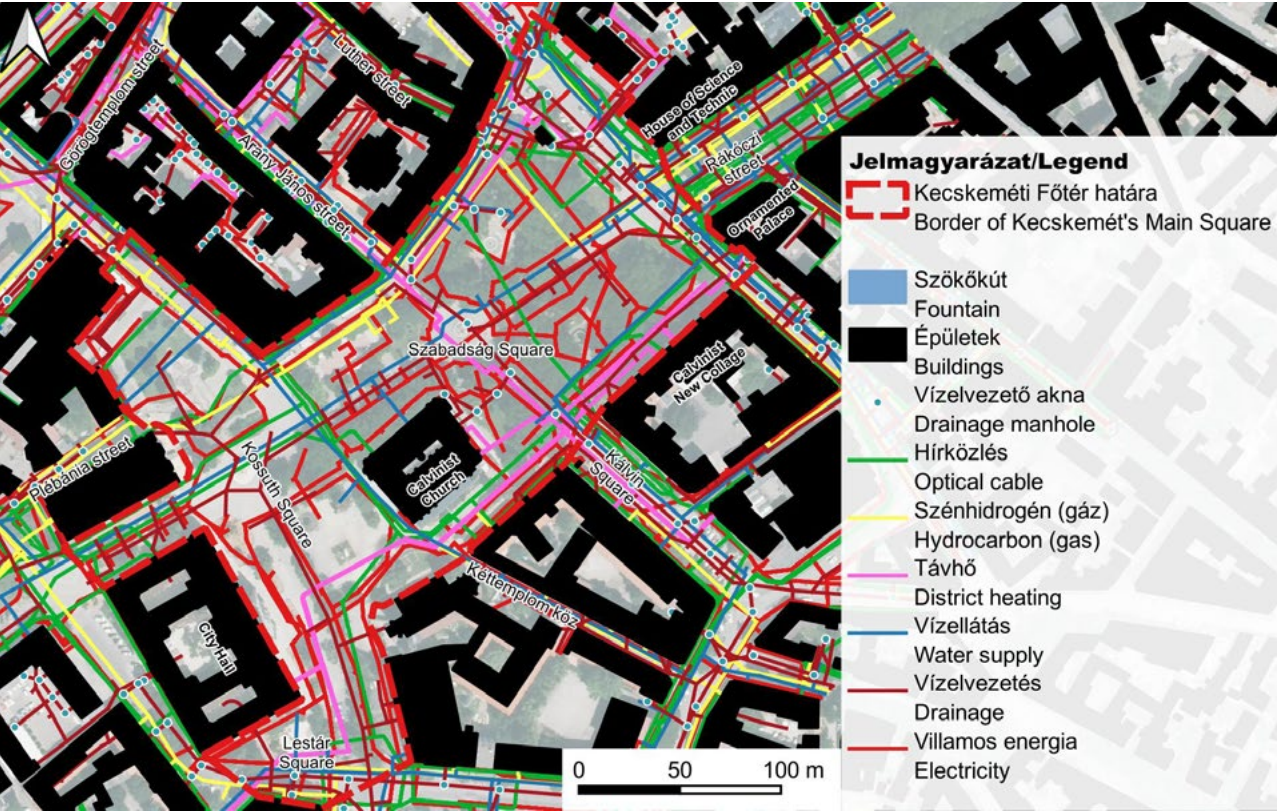
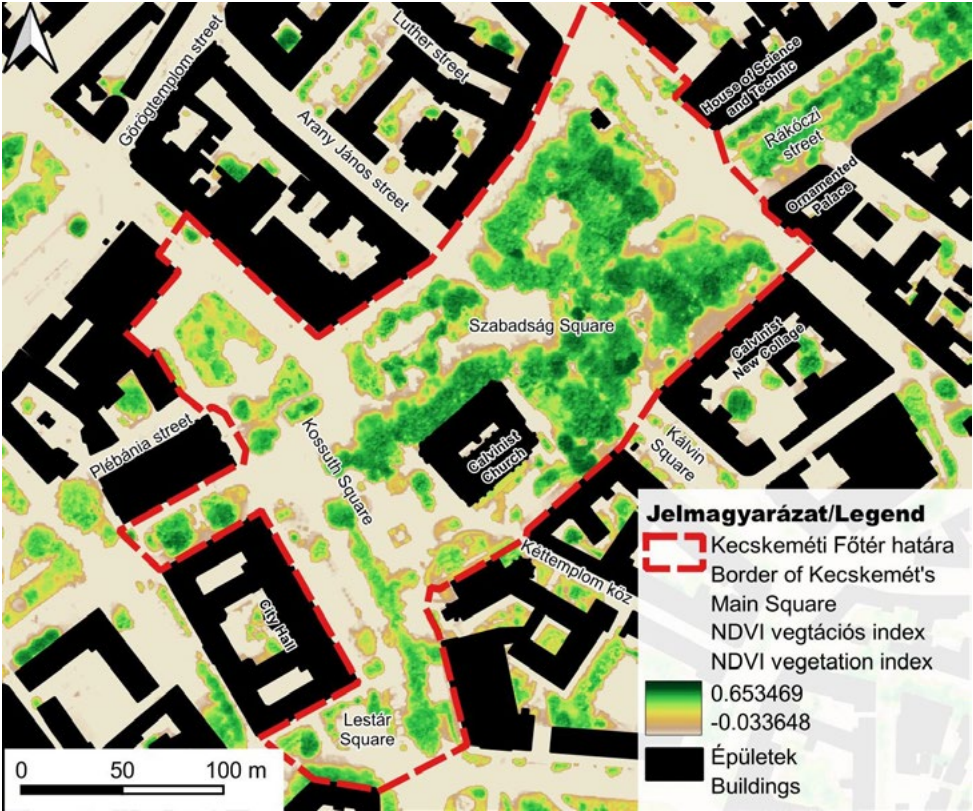


Figure 7: NDVI vegetation index for the Main Square and its surroundings
OWN EDITED FIGURE FOR THE 2023 FOLIAGE PERIOD,
BASED ON AN ORTHOPHOTO AT 0.4 M/PIXEL FIELD
RESOLUTION



In the short term, the most important measures are to improve green space indicators and to protect and care for the trees in a professional way. In particular, older trees in poor health, such as common hackberry, Japanese ash and columnar black poplar, really need replacing. In the medium term, creating conditions for adequate stormwater management and evapotranspiration will become a priority, for example with the installation of water gateways, creating water surfaces, installing rain gardens or creating groundwater reservoirs. Reducing paved surfaces and increasing green areas are also essential to improving microclimatic conditions.

SUMMARY

Kecskemét's Main Square has a significant positive impact on the microclimate of the surrounding buildings and blocks, but in light of climate change, it needs to be developed in a climate-friendly manner to further enhance its role. In order to preserve the city's long-term livability, architectural and public space solutions typical of climate-friendly cities should be prioritised. Although the transformation of the Main Square has often been driven by economic or technical considerations or

architectural prestige, it is now time to focus on environmental considerations. Although no major redevelopment is foreseen, measures to improve human comfort need to be developed to integrate building, façade design, stormwater management, green spaces and paving in the square. In addition to examining the most important factors affecting the Main Square's microclimate, more precise climatic analyses, such as an LCZ assessment method and seasonal air temperature and humidity measurements, are needed. ☺



This work is licensed under Creative Commons 4.0 standard licenc: CC-BY-NC-ND-4.0.

Abhishek, A. M., & Gaurav, G. K. (2024). Land Surface Temperature and Urban Heat Island: A Case Study of Faridabad City using RS and GIS techniques. *International Journal For Multidisciplinary Research*, 6(1), 11865. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i01.11865>

Csizmadia, D. (2022). Klímaadaptív gyepgazdálkodás a városban. *4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat*, 90–91. <https://doi.org/10.36249/62.8>

Dadvand, P., Bartoll, X., Basagaña, X., Dalmau-Bueno, A., Martinez, D., Ambros, A., Cirach, M., Triguero-Mas, M., Gascon, M., Borrell, C., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2016). Green spaces and General Health: Roles of mental health status, social support, and physical activity. *Environment International*, 91, 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.029>

Dövényi, Z. (2010). Magyarország kistájainak katasztere—Dövényi Zoltán—Régikönyvek webáruház. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. <https://www.regikonyvek.hu/kiadas/magyarorszag-kistajainak-katasztere-2010-mta-foldrajztudomanyi-kutatointezet>

EarthExplorer. (2025). <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Ekkel, E. D., & De Vries, S. (2017). Nearby green space and human health: Evaluating accessibility metrics. *Landscape and Urban Planning*, 157, 214–220. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.06.008>

Építésközpont Tervező, Beruházó és Szolgáltató Kft. (1994). Előkészítés-vizsgálat és programjavaslat a Kecskemét, Főtér és környezete tervfelülvizsgálathoz, valamint új rendezési tervéhez.

Erdélyi, R., & Sallay, Á. (2023). A kecskeméti főter fejlődéstörténete és zöldinfrastruktúra szerepének változása. *4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat*, 72–87. <https://doi.org/10.36249/4d.67.4129>

Füzi, L., & Walter, P. (2005). Kecskemét Fő tere: Vallomás a városról. *Kecskeméti Lapok* Kiadói Kft.

Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>

Google. (2015). Google Satellite műholdfelvétel ©2015 Google, (2023). <https://www.google.at/permissions/geoguidelines/attr-guide.html>

Gutai, M. (2005). Kortárs építészek Kecskemétről. *Kecskeméti Monográfia*. <https://moly.hu/konyvek/gutai-matyas-kortars-epiteszek-kecskemetro>

Hoyk, E., & Kanalas, I. (2020). Kecskemét klímaváltozási kihívásai és alkalmazkodási lehetősége. 7–8, 148–165.

Hoyk, E., Kanalas, I., & Farkas, J. Z. (2019). Környezeti kihívások a városfejlesztésben Kecskemét példáján. IN: Farkas J. Zs., Kovács AD, Perger É., Lennert J., Hoyk E., Gémes T.(Szerk.): *Alföldi Kaleidoszkóp: A Magyar Vidék a XXI. Században: Tanulmányok a, 70, 133–146.*

Kecskeméti Városfejlesztő Kft. (2023). *Kecskemét Megyei Jogú Város Megalapozó Vizsgálat. I. kötet.*

Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. (n.d.). *Meteorológiai Adattár*. Retrieved 20 January 2025, from <https://odp.met.hu/climate/>

Netatmo kültéri mérőállomás csapadék adatai (Hoyk Edit). (2024). [Dataset].

Planet Labs: Satellite Imagery & Earth Data Analytics. (2025). https://www.planet.com/?utm_source=google&utm_campaign=evr-brand&utm_content=pros-leads-brandsearch-0124&utm_medium=paid-search&gad_source=1&gclid=CjoKCQiAhbi8BhDIARIsAJLOueaxRgpl7haSjc75mszkgpkxoJaPr7haztgeNlguhWkKI5RGIh4cKoaArE-EALw_wcB

Ren, J., Shi, K., Li, Z., Kong, X., & Zhou, H. (2023). A Review on the Impacts of Urban Heat Islands on Outdoor Thermal Comfort. *Buildings*, 13(6), 1368. <https://doi.org/10.3390/buildings13061368>

Szabó, K. (2023). *Klímafák és városfásítás*. Starkiss Kft., Budapest

Tóth, B. (2022). *Kertművészeti fejlesztési lehetőségek a Budai Arborétumban*. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem.

Tóth, B., Doma-Tarcsányi, J., & Szabó, K. (2024). A telepítési sűrűség és a lombkorona-borítottág vizsgálata budapesti szabadtereken: *Esettanulmányok 1. rész – Mórícz Zsigmond körtér*. *4D Tájépítészeti És Kertművészeti Folyóirat*, 70, 14–31. <https://doi.org/10.36249/4d.70.4728>

Unger, J., Sümeghy, Z., Kántor, N., & Gulyás, Á. (2012). *Kisléptékű környezeti klimatológia*. JATEPress. <https://moly.hu/konyvek/unger-janos-sumeghy-zoltan-kantor-noemi-gulyas-agnes-kislepteku-kornyezeti-klimatologia>

Városklíma Műhely. (2012). *Városklíma Kalauz*. <chrome-extension://efaidnbmnnnnbpccajpc-glclefindmkaj/http://urban-path.hu/~tgal/pdf/Varosklíma%20kalauz.pdf>

Yang, J. (2009). Assessing the Impact of Climate Change on Urban Tree Species Selection: A Case Study in Philadelphia. *Journal of Forestry*, 107, 364–372.

Czech Technical University in Prague, Department of Landscape Architecture

SALZMANN, KLARA
egyetemi docens / associate professor
email: klarasalzmann@gmail.com

MATE, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Budapest / MATE, Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Garden Art, Budapest

Kert- és Szabadtervezési Tanszék / Department of Garden and Open Space Design

ALMÁSI BALÁZS
egyetemi docens / associate professor
email: almasi.balazs@uni-mate.hu

BAGDINÉ FEKETE ORSOLYA
egyetemi adjunktus / assistant professor
email: bagdine.fekete.orsolya@uni-mate.hu

DOMA-TARCSÁNYI JUDIT
PhD hallgató / PhD student
email: Doma-Tarcsanyi.Judit@uni-mate.hu

KARLÓCAINÉ BAKAY ESZTER
egyetemi docens / associate professor
email: Karlocaine.Bakay.Eszter@uni-mate.hu

DRAGÁN PETRA EMESE
egyetemi tanársegéd, PhD hallgató / assistant lecturer, PhD student
email: Dragan.Petra.Emese@uni-mate.hu

JÁNOSSYNNÉ PERNECZKY SÁRA SAROLTA
tudományos segédmunkatárs / research assistant
email: janossyne.perneczky.sara.sarolta@uni-mate.hu

PAP MIKLÓS LÁSZLÓ
PhD hallgató / PhD student
email: pap.miklos.laszlo@phd.uni-mate.hu

SZABÓ GELLÉRT VILMOS
PhD hallgató / PhD student
email: g.vilmosszabo@gmail.com

SZABÓ KRISZTINA
egyetemi docens / associate professor
email: szabo.krisztina.dendro@uni-mate.hu

TÓTH BARNABÁS
PhD hallgató / PhD student
email: Toth.Barnabas@uni-mate.hu

WALLNER ANDREA
PhD hallgató / PhD student
email: Wallner.Andrea.Orsolya@phd.uni-mate.hu

Kertművészeti és Kertépítészeti Tanszék / Department of Garden Art and Garden Design

TAKÁCS KATALIN
egyetemi adjunktus / assistant professor
email: takacs.katalin@uni-mate.hu

Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék / Department of Landscape Planning and Regional Development

ERDÉLYI REGINA
PhD hallgató / PhD student
email: erdelyiregina11@gmail.com

SALLAY ÁGNES
egyetemi tanár / professor
email: Sallay.Agnes@uni-mate.hu

Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék / Department of Landscape Protection and Reclamation

BÁNHIDAI ANDRÁS
PhD hallgató / PhD student
email: andrasbanhidai@gmail.com

MATE, Szőlészeti és Borászati Intézet / MATE, Institute of Viticulture and Oenology

BODOR-PESTI PÉTER
egyetemi docens / associate professor
email: Bodor-Pesti.Peter@uni-mate.hu



NEMZETI KULTURÁLIS ALAP



ORMOS IMRE ALAPÍTVÁNY