

ZÖLDFELÜLET-INTENZITÁS VÁLTOZÁSAI ÚJBUDÁN, BUDAPEST XI. KERÜLETÉBEN *CHANGES IN GREEN SPACE INTENSITY IN ÚJBUDA, IN BUDAPEST'S 11TH DISTRICT*

JOMBACH SÁNDOR | N. HASSAN, YASEEN | WAGNER JAKAB RUDOLF |
DU, CHENYU | SÖLCH BENEDEK | ÜSZTÖKE LAURA

ABSZTRAKT

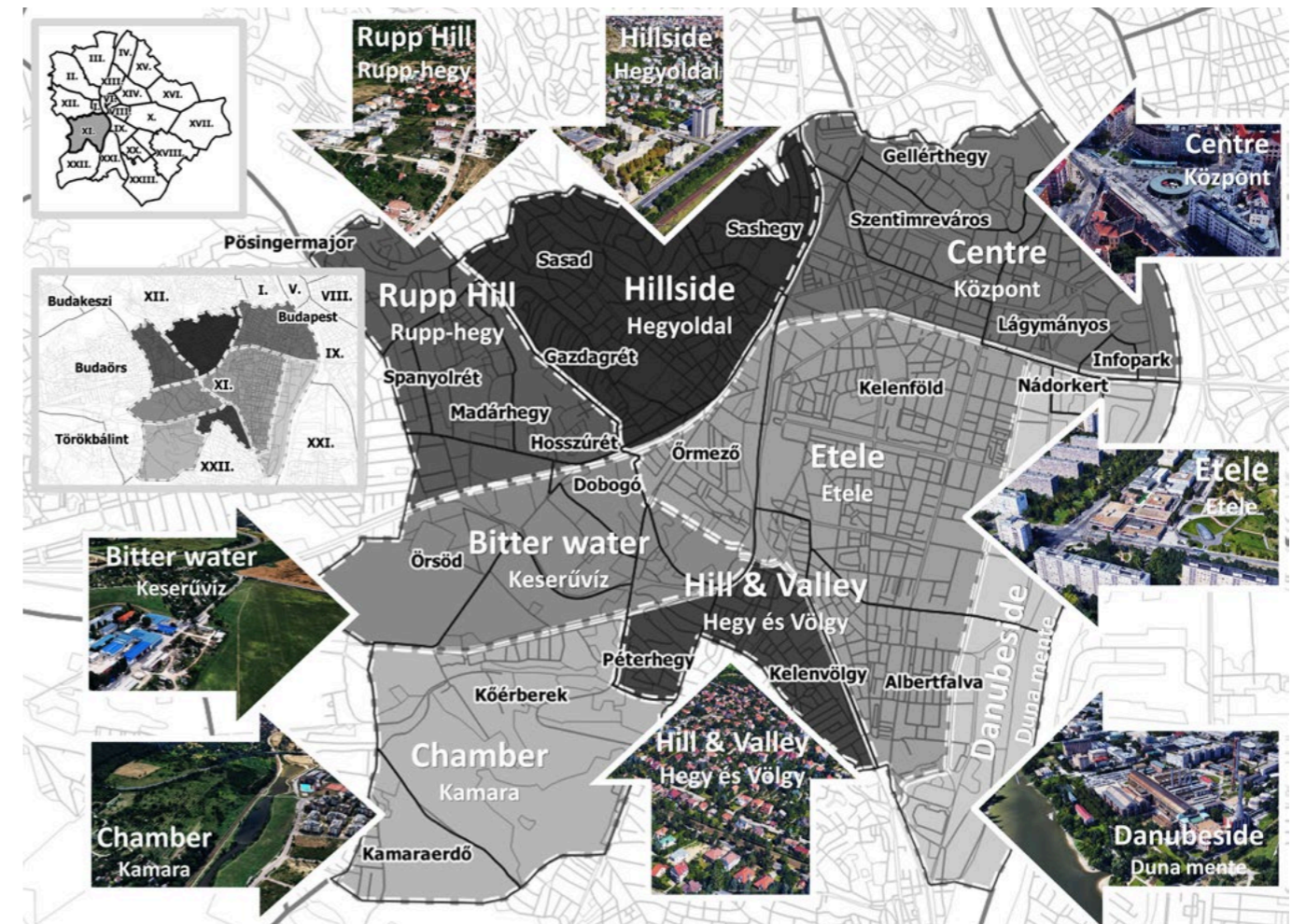
Kutatásunk a "Zöldfelület-Intenzitás" (ZFI) mutatót alkalmazta annak érdekében, hogy jellemezze Újbuda, Budapest XI. kerületének 1992 és 2023 közötti zöldfelület-változásait. A ZFI mutató a műholdfelvételt feldolgozó NDVI indexre (Normalizált Vegetációs Index) épül, de az értékei orthofotóhoz igazítottak, és több nagyon nagy felbontású úrfelvétel felhasználásával ellenőrizzük azokat. A mutatót az elmúlt két évtizedben fejlesztettük ki, közismertté tettük, és magyarországi városok zöldfelületeinek elemzésére alkalmaztuk az elmúlt tíz év kutatásaiban. A zöldfelületek változásának elemzése egy döntés-támogató tevékenység a település-tervezésben és -fejlesztésben. Segít meghatározni a változások mozgatórugóit és a változások hatását a városklímára, a beépített és burkolt felületekre, a városi élővilág fajaira, a honos, az inváziós és a dísznövényfajok szerepére a városi zöldinfrastruktúrában.

Városökológiai szempontból ez a kutatás a jobb és fenntarthatóbb tervezési megoldások megválasztását is támogatja. Újbudán, Budapest XI. kerületében, a rendelkezésre álló Landsat és Sentinel műholdfelvételek felhasználásával három évtized változásait tekintettük át. A három évtized első részében inkább a korábbi használatok felhagyásából fakadóan és a 90-es évek előtt épített lakótelepek zöldfelülete erősödésének volt köszönhető a zöldfelület-intenzitás növekedése, ugyanakkor számos zöldmezős beruházás eredményezett csökkenést. A 2015-öt követő időszakban a felhagyott vagy alacsony intenzitással művelt területek beépítésének „köszönhetően” történt zöldfelület-intenzitás csökkenés, míg növekedést túlnyomóan a korábbi építkezéseket záró kertépítésekhez kapcsolódóan tapasztaltunk.

Kulcsszavak: zöldfelület, növekedés, csökkenés, fejlesztés, átalakulás, felhagyás, változás, változás-foltok

1. ábra/Fig. 1: Budapest XI. kerülete és kerületrészei, jellemző madártávlati képekkel / Budapest's 11th district and its sub-divisions with names and typical bird's eye-view images

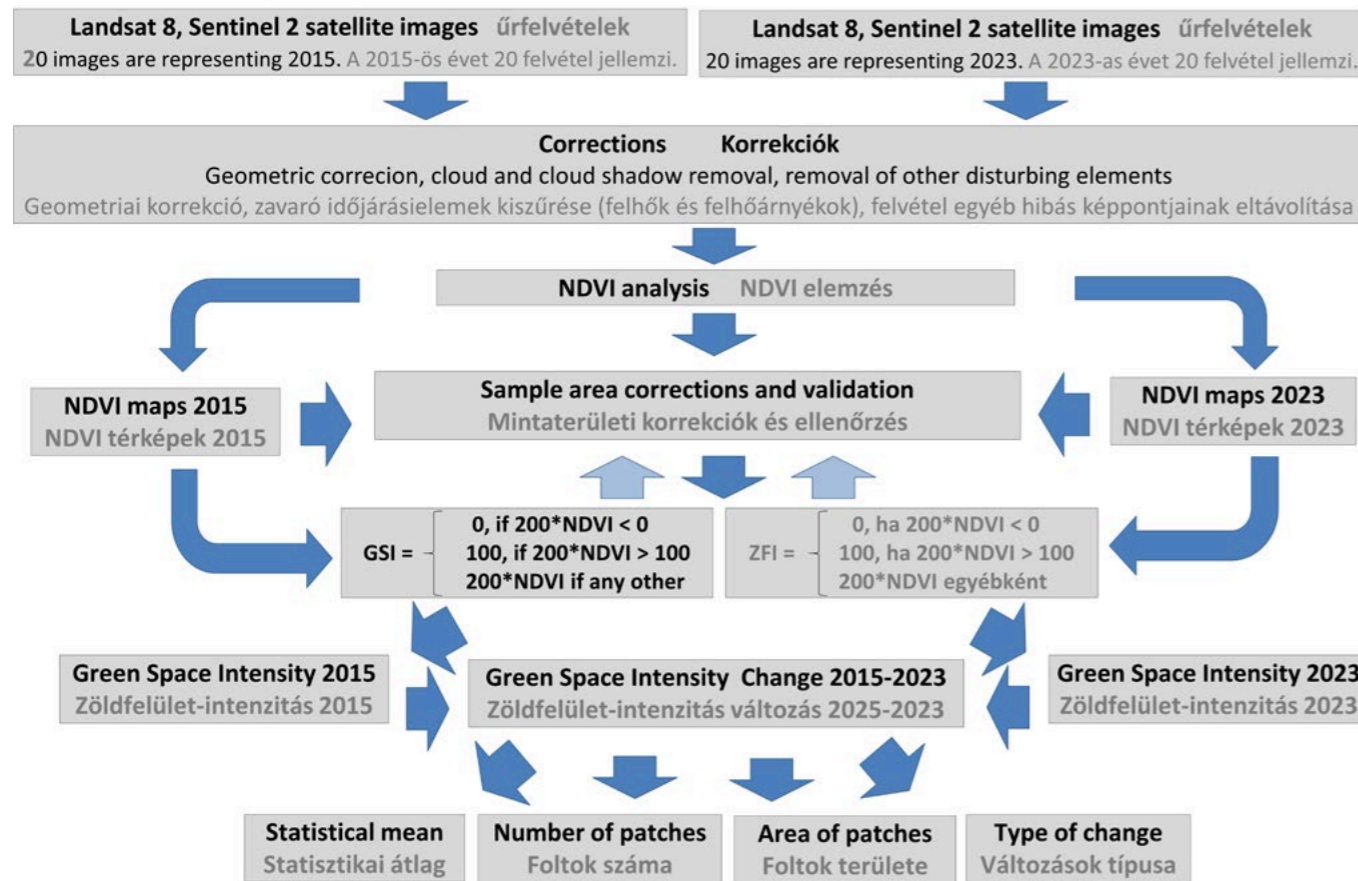
KIS KÉPEK FORRÁSA: GOOGLE EARTH PRO / SOURCES OF SMALL PICTURES: GOOGLE EARTH PRO



ABSTRACT

This research uses the "Green Space Intensity" (GSI) index to describe the changes of green space within Újbuda, Budapest's 11th district, from 1992 to 2023. The GSI index is based on the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) generated from satellites, but the values have been revised and adjusted to high-resolution orthoimagery and validated by VHR satellite images. The index has been developed over the last two decades, is well known and has been used in the last ten years in research to analyse green spaces within the towns and cities of Hungary.

Analysis of green space changes provides reasonable decision-support in urban planning and city development. It helps to define the drivers of change and the effects of changes on the urban climate, paved and built-up areas, the urban habitat of wildlife species and the role of endemic, invasive and ornamental plant species in the city's green infrastructure. From an urban ecology perspective, this research supports better and more sustainable planning and design solutions. In the 11th district of Budapest, called Újbuda or "New Buda", using the available Landsat and Sentinel satellite images, we examined



BEVEZETÉS ÉS HÁTTÉR

A zöldfelületek változásait a kutatók sokféle módszerrel szokták elemezni. Egyes kutatók a zöldfelületi arány változásaira koncentrálnak [1], de vannak, akik a zöldfelületek térbeli változásainak alakulását is modellekkel osztályozzák [2]. Sorra jelennek meg a városi zöldfelületek és a lakóterületek intenzitásának változásával [3], vagy a városi zöldfelületek mesterséges felületekké átalakulásával [4, 5] foglalkozó kutatások is. Sokan közülük használnak távérzékelést és NDVI-indexet a zöldfelületek változásainak térképezésére [6, 7, 8]. Néhányan „zöldfelszín-sűrűség” néven indexet állítanak elő [9], és a legtöbb esetben validálják is az adatokat [8], vagy kiegészítik a térképes elemzést légi- és ortofotó képek vizsgálatával [10, 11].

A zöldfelületek felmérésére és elemzésére használt módszerek egyike a zöldfelület-intenzitás (ZFI) számítás, amely űrfelvételek és légifelvételek kombinált feldolgozásával segíti a zöldfelület térképezését és térinformatikai elemzését, értékelését. A módszer alkalmazható településrészek, sőt egyes tömbök zöldfelület-intenzitásának jellemzésére is.

A ZFI módszer első változata 2006-ban a "Pro Verde" projektben [12] került alkalmazásra, amely

térinformatikai módszerekkel célozta meg a zöldfelületek térképezését, értékelését és monitorozási módszerének kidolgozását a főváros területére és annak várostervezési zónáira. A fővárosról és agglomerációjáról szóló zöldfelületi elemzési tanulmány – a projekt megalapozó tanulmánya [13] – elsőként használta az NDVI alapú úgynevezett "elméleti zöldfelület-számítási módszert".

Korábbi zöldfelület-térképezési és elemzési munkák számos tapasztalattal gazdagították a felmérést, térinformatikai és vizuális képértelmezési, képinterpretációs tevékenységükkel [14], vagy „zöldfelületi arány” és „biológiailag aktív felületek” kulcsszavak használatával [15] nyújtottak támpontokat az NDVI vegetációs index települési alkalmazásához. Az NDVI index a vegetáció felszínének biológiai aktivitását mutatja ki, ezért a módszerrel készülő publikációk 2006-ban és 2007-ben még a „zöldfelület biológiai aktivitása” címszóval kerültek nyomdába [16, 17, 18]. Mivel ezzel egy időben elkészült a területek biológiai aktivitásértékének számításáról szóló ÖTM rendelet [19], ezért a későbbiek során célszerűbbé vált az ettől eltérő, ám a módszer lényegét is jobban visszaadó „zöldfelület-intenzitás” kulcsszó bevezetése és használata [20].

2. ábra/ Fig. 2: Az űrfelvételektől a Zöldfelület-intenzitás területi statisztikai elemzéséig tartó adatfeldolgozási folyamat példája 2015-2023 időszakra / Data processing from satellite images to territorial statistical analysis of Green Space Intensity in period 2015-2023

changes over three decades. During the first part of the three decades, the increase in green space intensity was more due to the abandonment of former uses and due to the increase in "block of flat" socialist type residential areas built before the 1990s. Meanwhile, several green-field investment projects resulted in a decrease. For the period after 2015 the decrease in GSI was due to development on abandoned or areas of low land-use intensity, while increases were predominantly associated with the greening and landscaping phase of previous constructions.

Keywords: green space, growth, decrease, development, transformation, abandonment, change, change patches

INTRODUCTION AND BACKGROUND

Green space changes are studied by researchers in a variety of ways. Some researchers focus on the green view ratio changes in the scenery [1], while others classify the evolution of green space spatial changes using models [2]. Studies dealing with the change of urban green space and the evolving intensity of residential space [3], or the transformation of urban green space to artificial surfaces [4, 5] are also emerging. Many of them use remote sensing and the NDVI index to map changes in green space ([6, 7, 8]. Some also generate an index out of it, called "green land density" [9], checking accuracy [8], or enhancing mapping and analysis with VHR images from aerial and orthophotography [10, 11].

Green Space Intensity (GSI) is one of the methods used for green space surveying and analysis. It is applied to help with mapping, geospatial analysis and assessment of green space, by using satellite images and aerial photographs. The method can be applied to characterise green infrastructure within districts or blocks.

The first applied version of the GSI method was used in 2006 in the "Pro Verde" project [12], which aimed to map, assess and develop the monitoring method for green space in Hungary's capital. The preliminary study for the project [13] examining Budapest and its agglomeration used the so-called "theoretical green space" calculation method based on NDVI values.

Previous green space mapping studies supported this research with numerous lessons learned, either through GIS application and visual interpretation activity [14], or using the keywords of "green space ratio" and "biologically active areas" [15], prompting researchers to adapt the NDVI to urban green space analysis. The NDVI and the method developed on the basis of NDVI show the biological activity of the green coverage. Accordingly, the 2006 and 2007 publications used the term "biological activity of green space" [16, 17, 18]. At the same time, a ministerial decree [19] prescribed the "biological activity value" calculation method, and it then became more appropriate to introduce and use the term "Green Space Intensity" for satellite image-based green space mapping and calculations [20].

The Green Space Intensity (GSI) method has been developed and revised through sample area validations, testing and feedback. As an index, GSI shows the spatial ratio and health of vegetation within territorial units. The database generated from satellite images and orthophotos provides information about the territory and the vital condition of vegetation with one combined value. It ranges from zero to one hundred, and shows the intensity of the green space within the analysed territory. The method is generally used for decision-support regarding urban development plans, as a tool for green space analysis and mapping, change mapping and spatial assessment of green spaces e.g. serving recreational needs [21].

3. ábra/Fig. 3: Zöldfelület-intenzitás (ZFI) -térképek és változás-térképek Budapest XI. kerületéből / Green Space Intensity (GSI) maps and Change maps for Budapest's 11th district

A zöldfelület-intenzitás (ZFI) elemzésének módszere számos tekintetben megújult, teszteken és mintaterületi ellenőrzéseken finomodott, visszajelzések alapján felülvizsgálatra került. A zöldfelület-intenzitás (ZFI) megmutatja, hogy mekkora az adott területre eső zöldfelület területi aránya, és milyen az egészségi állapota. A módszer alapján űrfelvételek és ortofotók feldolgozásával készített adatbázis a zöldfelület kiterjedéséről és állapotáról is információt szolgáltat azzal, hogy egy nullától száz százaléig terjedő skálán megmutatja milyen arányú a zöldfelület intenzitása egy adott területen. Elsősorban települési fejlesztési, tervezési munkák megalapozására, döntés-előkészítésre, a zöldfelületek állapotának és változásának monitorozására kívánja a legtöbb felhasználó alkalmazni. A felhasználási példák között szerepel a rekreációs igények kiszolgálása is [21].

ANYAG ÉS MÓDSZER

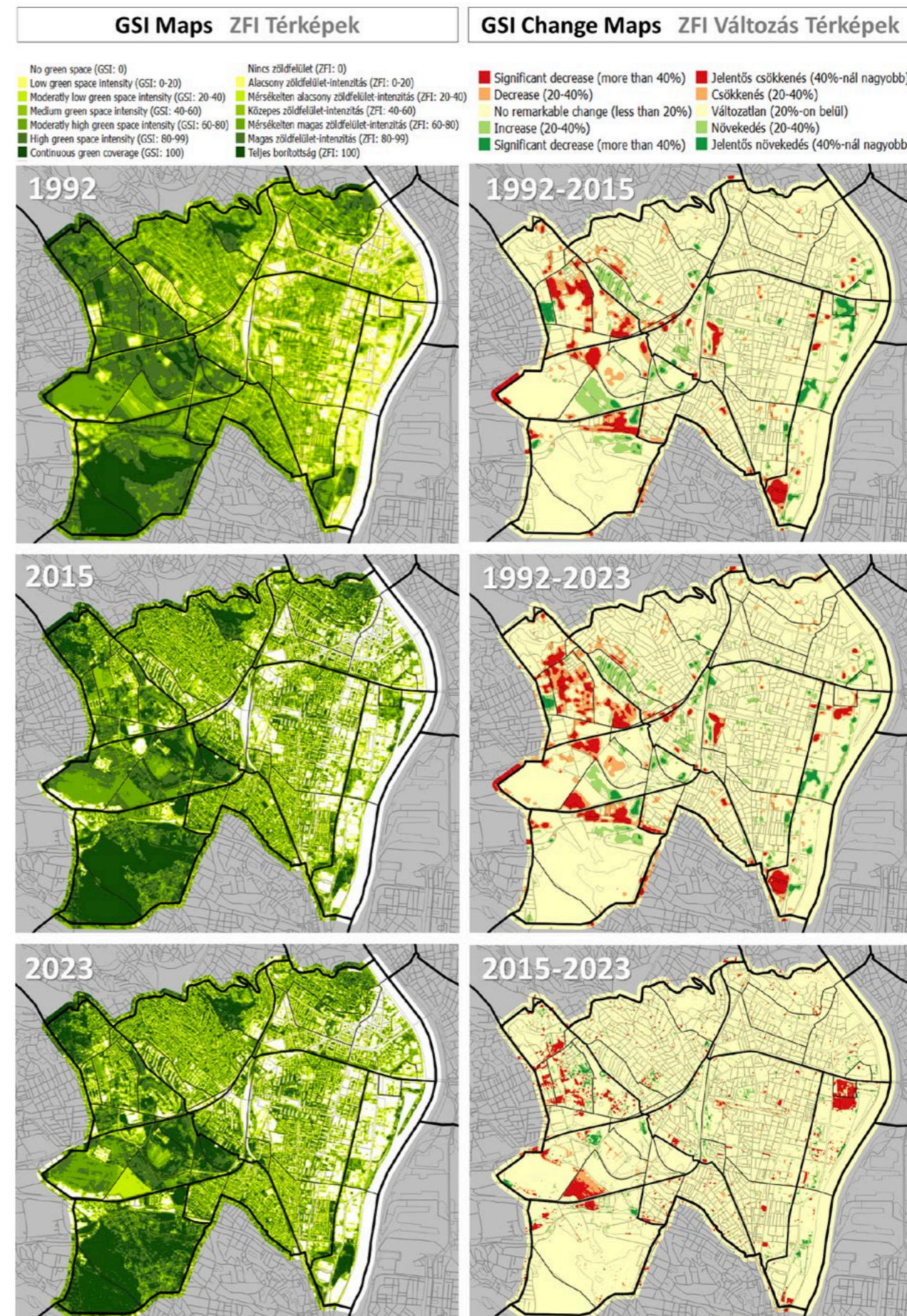
A kutatás a Zöldfelület-intenzitás (ZFI) és a Zöldfelület-intenzitás változásának térbeli elemzésén alapult. Az elemzéshez mindhárom év (2015, 2020, 2023) jellemzésére 20-20 űrfelvételt használtunk fel (Landsat 8 és Sentinel 2 felvételek). Az 1992 és 2015 időszak esetében a korábbi 8-8 felvételre (Landsat 4, 5, 8) épülő elemzési eredményeiket használtuk fel. A Zöldfelület-intenzitás (ZFI) meghatározásához alapvetően a 2011-ben Jombach által publikált módszert alkalmaztuk [22]. A módszer a vegetáció biológiai aktivitásának kimutatására használt NDVI indexre épül [23], de azt mintaterületi tesztek alapján átalakítja. A "Zöldfelület-intenzitás" (ZFI) a vegetáció jelenlétének és egészségi állapotának egyesített indikátora, amely százalékos értékeivel (0-100%-ig) egyetlen számértékkel mutatja meg milyen területi aránnyal és milyen vitalitással bír a növényzet egy adott területen.

Kutatásunk fókuszterülete Budapest XI. kerülete. A kerület a Duna nyugati partján, a Budai-hegység déli lábainál és a Tétényi-fennsík északkeleti lejtőin helyezkedik el. Népessége a vizsgált 31 éves időszakban 174 ezer-ről 143 ezer főre csökkent. A 90-es években a gyengülő ipari tevékenység már nem vonzott további betelepülőket,

és sokan költöztek ki az agglomeráció elővárosi területeire. Ennek ellenére Újbuda még ma is a főváros legnépesebb és egyik legfejlettebb kerülete. Kiemelkedő fejlődését meghatározta központi térbeli elhelyezkedése és dél-budai közlekedési csomóponti szerepe, számos gyárral, lakóteleppel, egyetemmel, irodaközponttal és sportlétesítménnyel. Ezek mindegyike ma már jelentős és igen karakteres zöldfelülettel rendelkezik, de a változás mértéke a zöldfelület-intenzitás részletes elemzését indokolja.

Újbuda az egyetlen olyan kerület, ami a főváros minden várostervezési zónáját érinti. A Duna menti zóna a folyóhoz esik közel (Duna mente), a Gellért-hegy lábainál van a Belső zóna (Központ), továbbá a Hegyvidéki zóna a Rupp-hegy és a Hegyoldal kerület-részeket foglalja magába (1. ábra). A kerület legnagyobb része azonban az Átmeneti zónában (Etele és Keserűvíz) található, míg a legdélebbi területek - nevezetesen a Kamara (Kamaraerdő) és részben a „Hegy és völgy” terület (azaz Péterhegy és Kelenvölgy) a fővárosi elővárosi zónához kapcsolódnak. A kerületnek sokféle karaktere van változatos helyszíneken. Van belvárosias része, villanegyede, kertvárosi területe, kertesi családi házas övezete, házgyári lakótelepe, „lakópark” címszó alatt futó újépítésű lakóterülete, irodai negyede, ipari és kereskedelmi területe, zöldterülete és barnamezős területe is. A kerületet hivatalosan 21 nagyon eltérő méretű alrészre bontja a kerületi szabályozás (1. ábra, kis fekete címkékkel a térképen). Az elemzéshez azonban felhasználtunk a kerületrészek várostervezési zónákhoz kapcsolható csoportjait is (8 terület, az 1. ábrán fehér szöveggel).

A ZFI változás-elemzések 1992 és 2015 évekre készültek kizárólag a 30 méteres térbeli felbontású Landsat felvételek felhasználásával [24, 25]. A jelenlegi kutatás többnyire 10 méteres felbontású Sentinel felvételeket használt fel és a 2015-ös évet tekintette bázisévnek [26]. A feldolgozási folyamat lépéseit a 2. ábra szemlélteti a 2015-2023 időszakra. Mindazonáltal az 1992 és a 2015 óta történt változásokat a 2020-as és a 2023-as év összefüggésében is elemeztük (3. ábra). A módszer korlátja, hogy a vertikális zöldfelületeket (pl. zöldfalakat, zöld homlokzatokat) nem jelentőségüknek megfelelő mértékben veszi figyelembe.



1. táblázat/Table 1: Zöldfelület-változások kerületrészenkénti összesítése / Green Space Intensity and its changes in district sub-divisions

Név (Kerület) / Name (District)	Átlag ZFI / Statistical mean of GSI				Zöldfelület-intenzitás változása / Green space intensity change					
	1992	2015	2020	2023	1992–2015	1992–2020	1992–2023	2015–2020	2015–2023	2020–2023
Budapest XI., Újbuda / Budapest XI.	51,2	51,3	49,0	49,2	0,1	-2,2	-2,0	-2,3	-2,1	0,2
Kerületrész-csoportok / Groups of sub-divisions	1992	2015	2020	2023	1992–2015	1992–2020	1992–2023	2015–2020	2015–2023	2020–2023
Központ / Centre	32,4	34,3	34,3	33,0	1,9	1,9	0,6	0,0	-1,3	-1,3
Hegyoldal / Hillside	52,5	53,6	51,3	52,6	1,1	-1,2	0,1	-2,3	-1,0	1,3
Rupp-hegy / Rupp Hill	77,2	66,7	58,8	62,1	-10,5	-18,4	-15,1	-7,9	-4,6	3,3
Kamara / Chamber	87,0	86,3	86,7	84,5	-0,7	-0,3	-2,5	0,4	-1,8	-2,2
Duna mente / Danubieside	18,6	22,4	19,3	18,9	3,8	0,7	0,3	-3,1	-3,5	-0,4
Hegy és Völgy / Hill & Valley	56,0	52,4	49,4	48,7	-3,6	-6,6	-7,3	-3,0	-3,7	-0,7
Etele	34,5	36,3	35,8	36,0	1,8	1,3	1,5	-0,5	-0,3	0,2
Keserűvíz / Bitter water	73,6	73,4	68,5	70,4	-0,2	-5,1	-3,2	-4,9	-3,0	1,9
Kerületrészek / District parts	1992	2015	2020	2023	1992–2015	1992–2020	1992–2023	2015–2020	2015–2023	2020–2023
Albertfalva	31,0	29,1	29,4	29,1	-1,9	-1,6	-1,9	0,3	0,0	-0,3
Dobogó	85,3	77,4	78,3	81,6	-7,9	-7,0	-3,7	0,9	4,2	3,3
Gazdagrét	30,2	42,1	41,4	42,9	11,9	11,2	12,7	-0,7	0,8	1,5
Gellérthegy / Gellért Hill	58,3	58,6	57,6	54,9	0,3	-0,7	-3,4	-1,0	-3,7	-2,7
Hosszúrét	79,5	64,7	56,2	62,3	-14,8	-23,3	-17,2	-8,5	-2,4	6,1
Infopark	17,9	24,7	24,3	24,2	6,8	6,4	6,3	-0,4	-0,5	-0,1
Kamaraerdő	95,0	96,0	96,6	95,5	1,0	1,6	0,5	0,6	-0,5	-1,1
Kelenföld	26,2	29,8	28,7	28,4	3,6	2,5	2,2	-1,1	-1,4	-0,3
Kelenvölgy	52,0	49,2	48,2	47,0	-2,8	-3,8	-5,0	-1,0	-2,2	-1,2
Kőérberek	81,5	82,5	82,5	78,2	1,0	1,0	-3,3	0,0	-4,3	-4,3
Lágymányos	14,4	18,4	18,5	17,8	4,0	4,1	3,4	0,1	-0,6	-0,7
Madárhegy	81,3	57,4	46,1	52,4	-23,9	-35,2	-28,9	-11,3	-5,0	6,3
Nádorkert	18,6	53,9	8,5	10,3	35,3	-10,1	-8,3	-45,4	-43,6	1,8
Órmező	44,9	49,1	48,1	49,8	4,2	3,2	4,9	-1,0	0,7	1,7
Örsöd	73,2	67,2	59,7	66,1	-6,0	-13,5	-7,1	-7,5	-1,1	6,4
Péterhegy	66,4	66,2	62,6	62,2	-0,2	-3,8	-4,2	-3,6	-4,0	-0,4
Pösingermajor	84,6	80,5	76,1	75,7	-4,1	-8,5	-8,9	-4,4	-4,8	-0,4
Sasad	54,8	54,2	51,1	52,7	-0,6	-3,7	-2,1	-3,1	-1,5	1,6
Sashegy	59,6	61,1	60,0	60,3	1,5	0,4	0,7	-1,1	-0,8	0,3
Spanyolrét	48,2	67,7	46,8	49,5	19,5	-1,4	1,3	-20,9	-18,2	2,7
Szentimréváros	39,8	38,3	38,7	37,3	-1,5	-1,1	-2,5	0,4	-1,0	-1,4

MATERIALS AND METHODS

The research is based on the spatial analysis of Green Space Intensity (GSI) and the change in GSI. The study used 20 satellite images (Landsat 8 and Sentinel 2) each year (2015, 2020, 2023). It also used the data and the results of the previous studies, which were based on eight Landsat images (Landsat 4, 5 and 8), in both cases from approximately 1992 to 2015. To define GSI, we used the method published in 2011 by Jombach [22]. The method is based on NDVI [23], which is widely used to indicate the biological activity of vegetation but is revised through sample area tests. GSI is a combined indicator of the presence and health of vegetation. It shows the ratio and vitality of vegetation with one single value (ranging from 0 to 100%).

The study focuses on Budapest's 11th district. The district is located on the western bank of the Danube, at the southern foothills of the Buda Hills and on the northeastern slopes of the Tétény Plateau. Its population fell from approximately 174,000 to 143,000 during the decades under review. In the 1990s, declining industrial activity meant few new residents were attracted to the area, and many moved to the suburban areas of the agglomeration. Nevertheless, Újbuda is still the most populous and one of the most developed districts of the capital city. Its outstanding development has been determined by its central geographical location and the role being a transport hub in southern Buda, with many factories, residential areas, universities, office centres and sports facilities. These all have significant and highly distinctive green spaces today, but the extent of their change necessitates a detailed analysis of green space intensity.

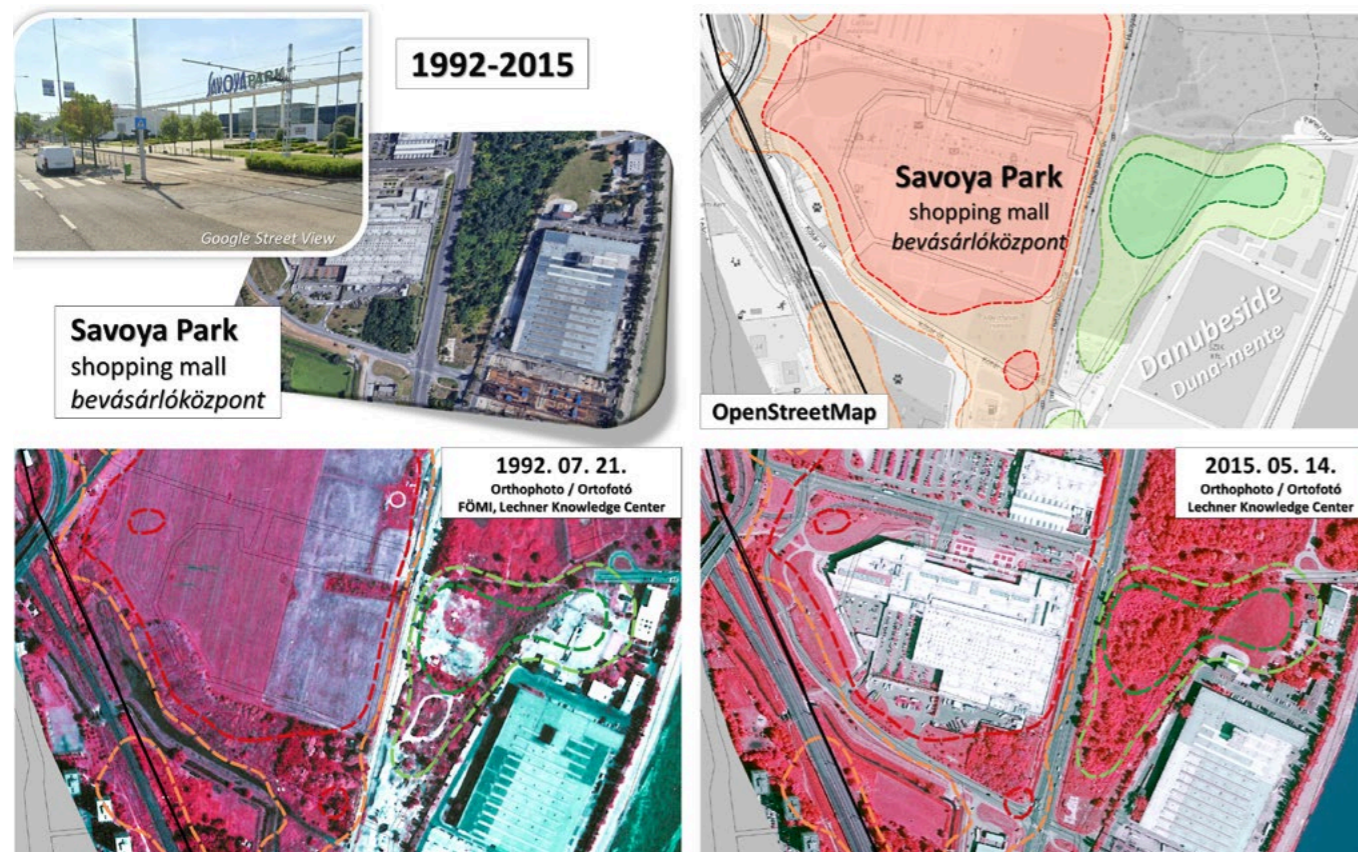
The 11th district is the only district that is part of all urban planning zones of the city. The Danube zone is along the river (Danubieside), the Inner zone (Centre) is

close to Gellért Hill, the Hilly zone includes the Rupp Hill and the Hillside district parts (Fig. 1). The majority of the district can be found in the Transitional zone (Etele and Bitter water areas), and some of the most southerly areas (Chamber and partly the Hill & Valley area, that is Péter Hill and Kelen Valley) are linked to the Suburban zone of the capital city. The character of the district varies depending on the locality. These include city-centre, villa-style and garden-city neighbourhoods, as well as parts comprising family homes with gardens, apartment-block housing estates, new residential areas under the name “residential parks”, office quarters, industrial and commercial areas, green areas and brownfield sites. The district is officially divided into 21 sub-divisions of very different sizes (Figure 1, small black labels on map). However, for the analysis we also used groups of sub-divisions that can be linked to urban planning zones (8 group names, white text on Figure 1).

The GSI change analysis was conducted for the years 1992 and 2015, using only Landsat images with 30m spatial resolution [24, 25]. The current study used Sentinel images with 10m resolution and considered 2015 as a base year [26]. The data processing steps are shown in Figure 2 for the period 2015-2023. However, the changes since 1992 and 2015 were also analysed in the context of 2020 and 2023 (Figure 3.). The limitation of the method is that vertical green surfaces (e.g. green walls, green facades) are not taken into account to the extent of their significance.

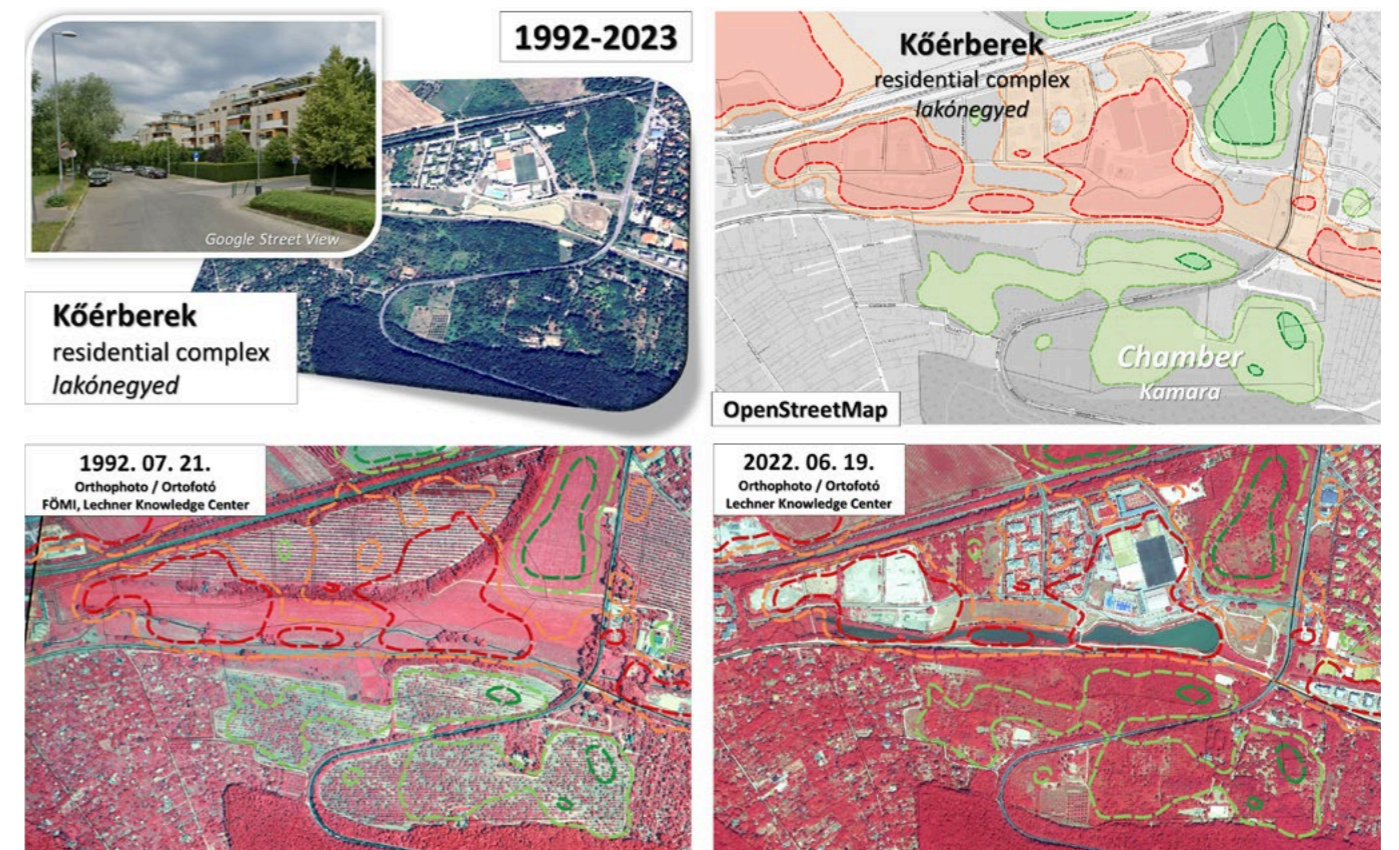
RESULTS

The mean green space intensity of Újbuda was around 50%, similar to the Budapest average, in the three decades under study. From 1992, the average value fell from 51.2% to 49.2% by 2023, driven by the significant construction



4. ábra/Fig. 4: Változások a Savoya Park környékén a zöldmezős beruházás eredményeként / Changes near Savoya Park due to green field investment

5. ábra/Fig. 5: Zöldmezős beruházás a Kőerberek környéki lakóépületek építésekor / Greenfield investment of housing estates in the Kőerberek neighbourhood



EREDMÉNYEK

Újbuda területére összesítve – a fővárosihoz hasonló – 50% körüli zöldfelület-intenzitás érték volt jellemző a vizsgált három évtizedben. Az 1992-es évben még az 51,2%-os átlagértékről 2023-ra 49,2%-ra csökkent, 2020-ban a 49%-ot is érintette, annak következtében, hogy a megelőző időszakra nagy építkezési hullám volt jellemző. Az 1990-es évektől kezdődően főként az olyan zöldmezős beruházások eredményeztek nagyobb visszaeséseket mint amit a 2000 után megépült Savoya Park bevásárló-központ környékén látunk (4. ábra). A pusztán statisztikai értékek alapján azt mondhatnánk, hogy 31 év alatt összességében inkább stagnálás történt, de a vizsgált időszak utolsó nyolc éve erőteljes kilengéseket mutatott (1. táblázat). Különösen igaz az állítás, ha kerületrész-szinten vizsgáljuk az eredményeket, és a helyben jellemző változásokat is megfigyeljük. A 2015-2020 közötti 2%-ot meghaladó

viSSzaesés a fővárosi kerületek között a hatodik legnagyobb csökkenést jelentette.

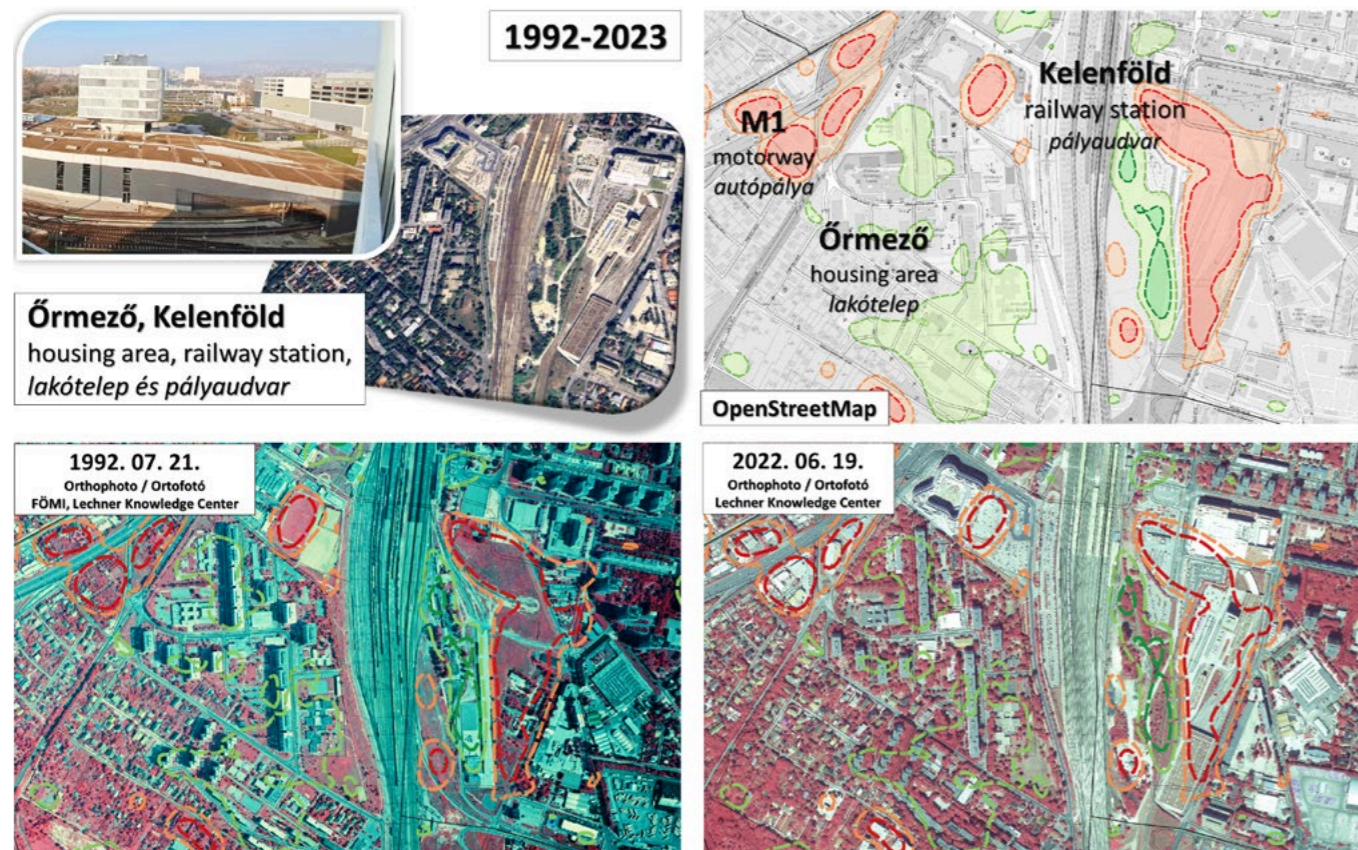
A Savoya Park ábráján megfigyelhető, hogy a felhagyott területeken spontán növekedő zöldfelületek jelentek meg (4. ábra). Hasonló jelenség érvényesült azon a helyszínen is, ahol a Kőerberek lakónegyed létesült és napjainkban is fejlődik. Az egykori mezőgazdasági területeken (főként gyümölcsös, gyepek, szántók) megvalósult lakóterületi, sport és részben rekreációs célú fejlesztések zöldfelület-intenzitás-csökkenést eredményeztek. Ugyanakkor a szomszédos gyepek és gyümölcsösök felhagyásával erősödött a zöldfelület-intenzitás (5. ábra), ami spontán cserjésedés és erdősülés útján általában invazív, gyorsan terjedő gyomfajokkal vegyesen valósul meg. Ez nem biztosít többfunkciós városi zöldfelületet, ugyanakkor klimatikus hatása kedvező lehet a környező lakóterületekre. A Kőerberek és Kamarasdó kerületrészek azonban épp a

activity in the previous decade. From the 1990s onwards, the process of greenfield investment caused a major loss of green space intensity, as seen around the Savoya Park shopping centre, built after 2000 (Figure 4). Based on the statistics alone, one could say that there has been stagnation overall over 31 years, but the last eight years of the period under review have shown strong fluctuations (Table 1.), especially when looking at the results at sub-division level, or extending the analysis to include the local character of the changes. The decline of more than 2% between 2015 and 2020 was the 6th largest among the districts in the capital city.

The spontaneous growth of green areas in abandoned locations can be observed near Savoya Park (Figure 4). A similar phenomenon we observed in the area where the Kőerberek housing estate was built and is still developing. Residential, sport and partly recreational development on

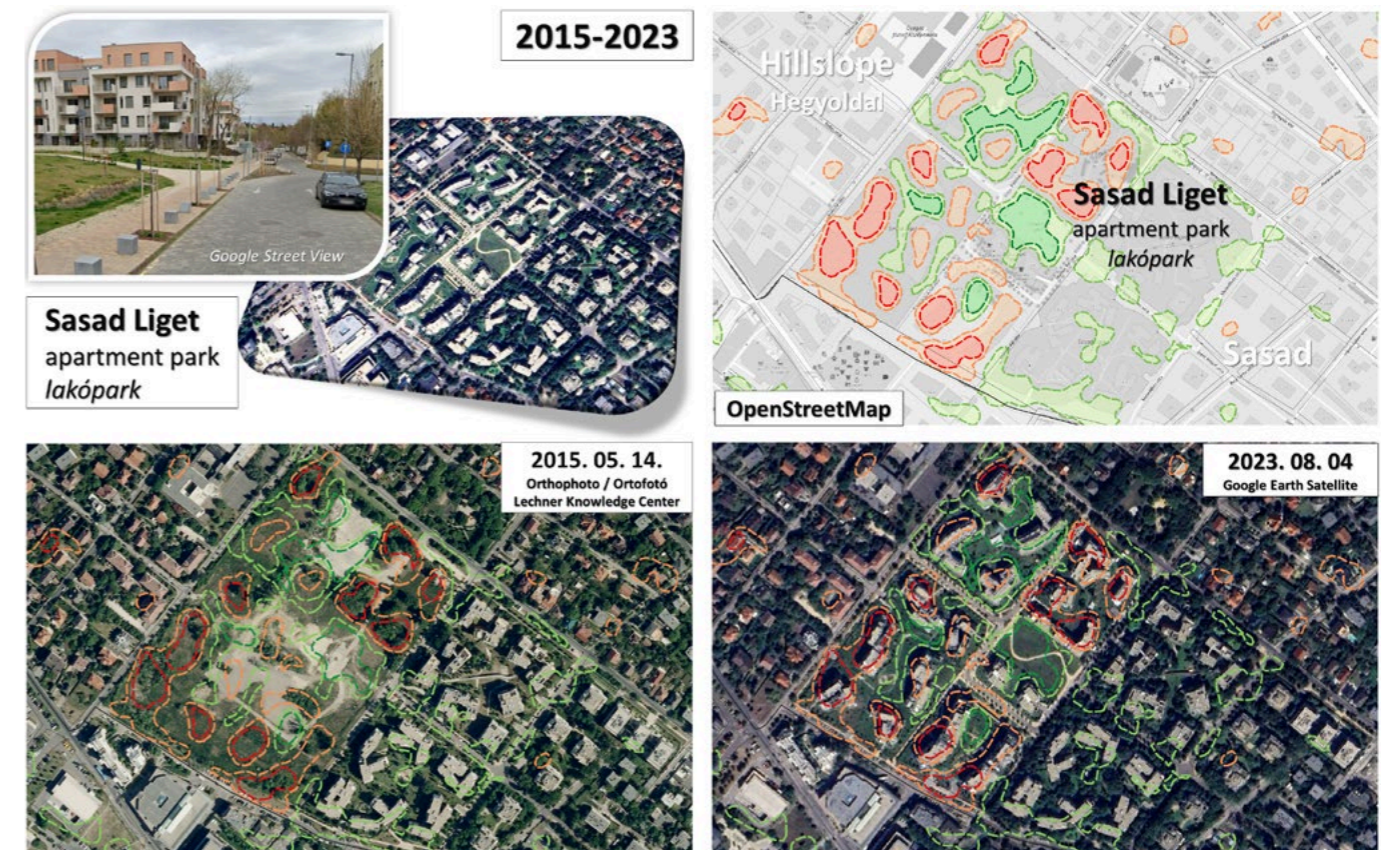
former agricultural land (mainly orchards, grassland and ploughland) has resulted in a reduction in green space intensity. At the same time, by contrast, the abandonment of grassland and orchards has increased the intensity of green space (Figure 5) that occurs through spontaneous shrub growth and afforestation, usually mixed with invasive, fast-growing weed species. This does not provide multifunctional urban green spaces, but may have a beneficial climatic effect on surrounding residential areas and enhance biodiversity. However, the Kőerberek and Kamarasdó sub-divisions still have the highest green space intensity (78% and 96% respectively).

However, the green areas of the 1970s housing estates of the Örmény, planted with trees and shrubs in the 1980s and 1990s, have strengthened over the three decades. As is typical in case of the housing estates, the green space intensity has increased moderately. The gain is



◀◀6. ábra/Fig. 6: Kelenföld vasútállomás a 4-es metró végállomással: A változékonny környék / A change-prone neighbourhood with a subway terminal: Kelenföld Railway Station

7. ábra/Fig. 7: Lakóterületi megújulás a Sasad Liget lakóparkok építésével, korábbi lakóterületi helyszínen / Renewal of housing in the Sasad Liget neighbourhood on a former residential site



legmagasabb zöldfelület-intenzitással rendelkező kerületrészek még napjainkban is (78% és 96%).

Az 1970-es években épített Órmezői lakótelep 80-as és 90-es években fásszárúakkal betelepített zöldfelületei a vizsgált időszak három évtizede alatt azonban megerősödtek. A házigyári lakótelepekre jellemző módon a zöldfelület-intenzitás mérsékelt növekedést mutat. A növekedés a fák korona-erősödésének és ezáltal a burkolt felületek fölé is benyúló nagyobb lomb-borítottságnak köszönhető. Órmező kerületrész zöldfelület-intenzitása 44,9%-ról 49,8%-ra növekedett 31 év alatt. Hasonló jelenséget figyeltünk meg Gazdagrét kerületrészben is, ahol ez az érték 30,2%-ról 42,9%-ra növekedett. Az M1-es autópálya melletti beépítések (benzinkutak, parkolóház, autókereskedések) látványosan jelzik az utak mentén történő fejlesztések zöldfelület-csökkenő hatását (6 ábra). A Kelenföldi pályaudvar környéke jelentős átalakuláson

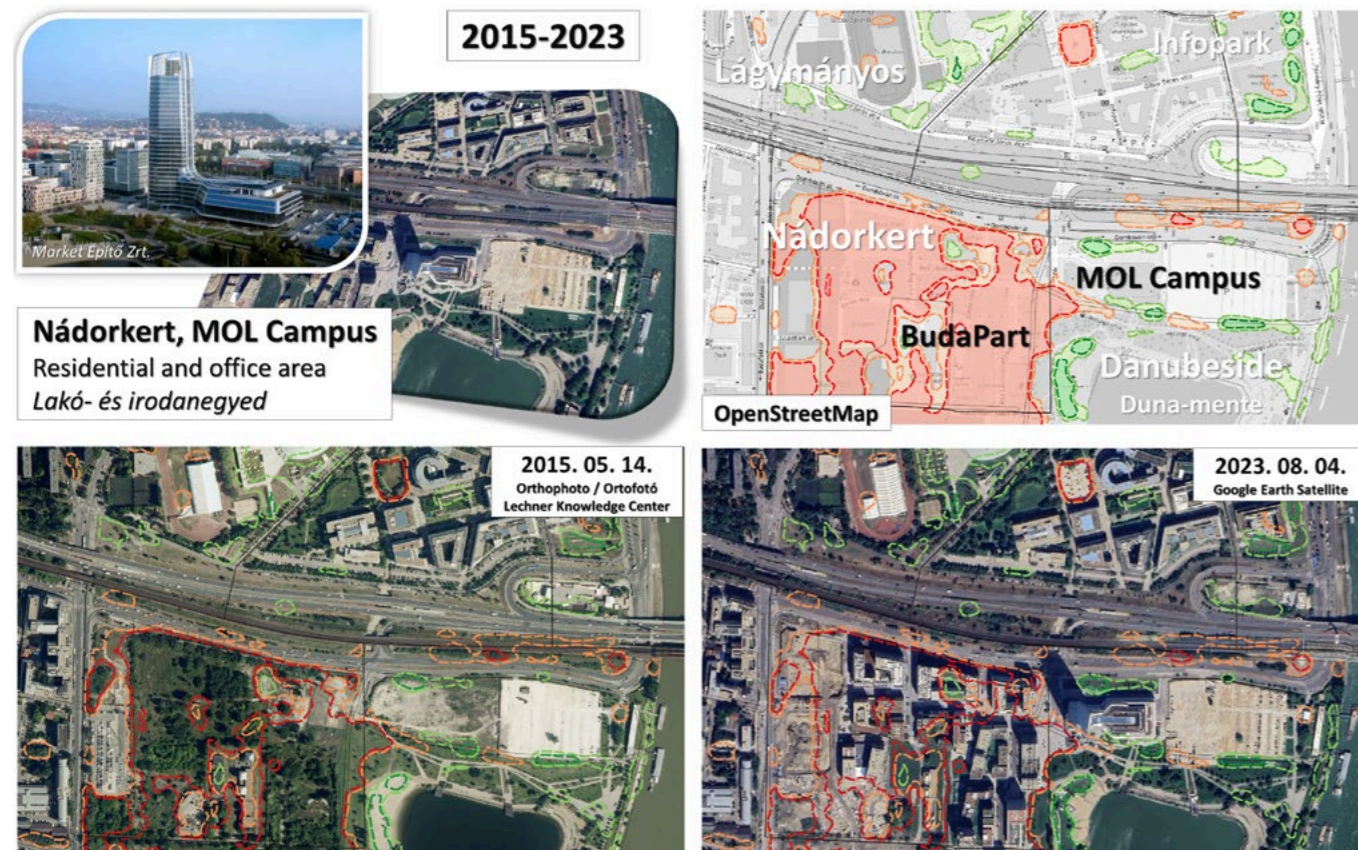
ment keresztül. A metró-végállomás, a vasútállomás és a buszpályaudvar kialakításával, a "Budapest One" irodaház és az Etele Pláza megépítésével többnyire veszített zöldfelület-intenzitásából a terület.

Vizsgálataink alapján a XI. kerületben a legtöbb változást a lakóterületi fejlesztések hozták magukkal. Az egyik legkorábbi lakóterületi fejlesztés, a Sasad Liget lakópark két ütemben megépült tömbjeinek zöldfelület-változásai jól mutatják az építési területek kialakításával eltűnő zöldfelületeket és az építés befejezése után telepített növényzet erősödésének folyamatát. A 2008-2009-es gazdasági válságévekben épített első ütemben (délkeleti rész) kialakított zöldfelületek a gondos fenntartásnak és öntözőrendszernek köszönhetően a 2015-2023 időszakban tovább erősödtek. Ugyanakkor a válság évei után a második ütem (északnyugati rész) évekig váratott magára, és a terület felhagyásával spontán gyomosodás, cserjésedés

due to the growth of trees and thus the greater canopy coverage over the paved surfaces. The GSI of the Órmező district has increased from 44.9% to 49.8% over 31 years. A similar phenomenon can be observed in the Gazdagrét district, where the figure rose from 30.2% to 42.9%. By contrast, the development along the M1 motorway (petrol stations, car parks, car dealerships) is a striking example roadside development reducing green space (Figure 6). The area around Kelenföld station has undergone a major transformation. With the construction of the metro terminal, the railway station and the bus station, the "Budapest One" office building and Etele shopping mall, the area has lost much of its green space intensity.

Based on our analysis in district XI, most of the changes have come from residential developments. The changes in green space in the two phases of the earliest residential development, the Sasad Liget housing estate,

illustrate the loss of green space as construction sites were developed and the increase in vegetation planted after the construction was completed. The green spaces established in the first phase (south-east) built in the years of the 2008-2009 economic crisis were further enhanced in the period 2015-2023 thanks to careful maintenance and irrigation systems. However, after the crisis years, the second phase (north-west) was delayed for several years and, with the abandonment of the area, spontaneous weed and scrub encroachment started, resulting by 2015 in an enclosed green space of moderate value (Figure 7). A decrease was observed in 2015-2023, when the second phase of the Sasad Liget apartment park was completed. Here, a public garden (Sasad Liget Park) was designed in the central part, forming the largest patch of green space growth, 0.4 ha in total, an over 40% increase in the Sasad subdivision and the whole district as well.



indult meg, amelynek köszönhetően egy közepesen értékes vegetáció alakult ki 2015-re (7. ábra). Ennek csökkenése figyelhető meg a 2015-2023 időszakban, amikor a Sasad Liget lakópark második üteme megvalósult. Itt a központi részen egy közkert (Sasad Liget park) is létrejött, ami a legnagyobb kiterjedésű, 0,4 hektáros, 40% feletti zöldfelület-növekedési foltot eredményezett Sasad kerület-részben és az egész kerületben.

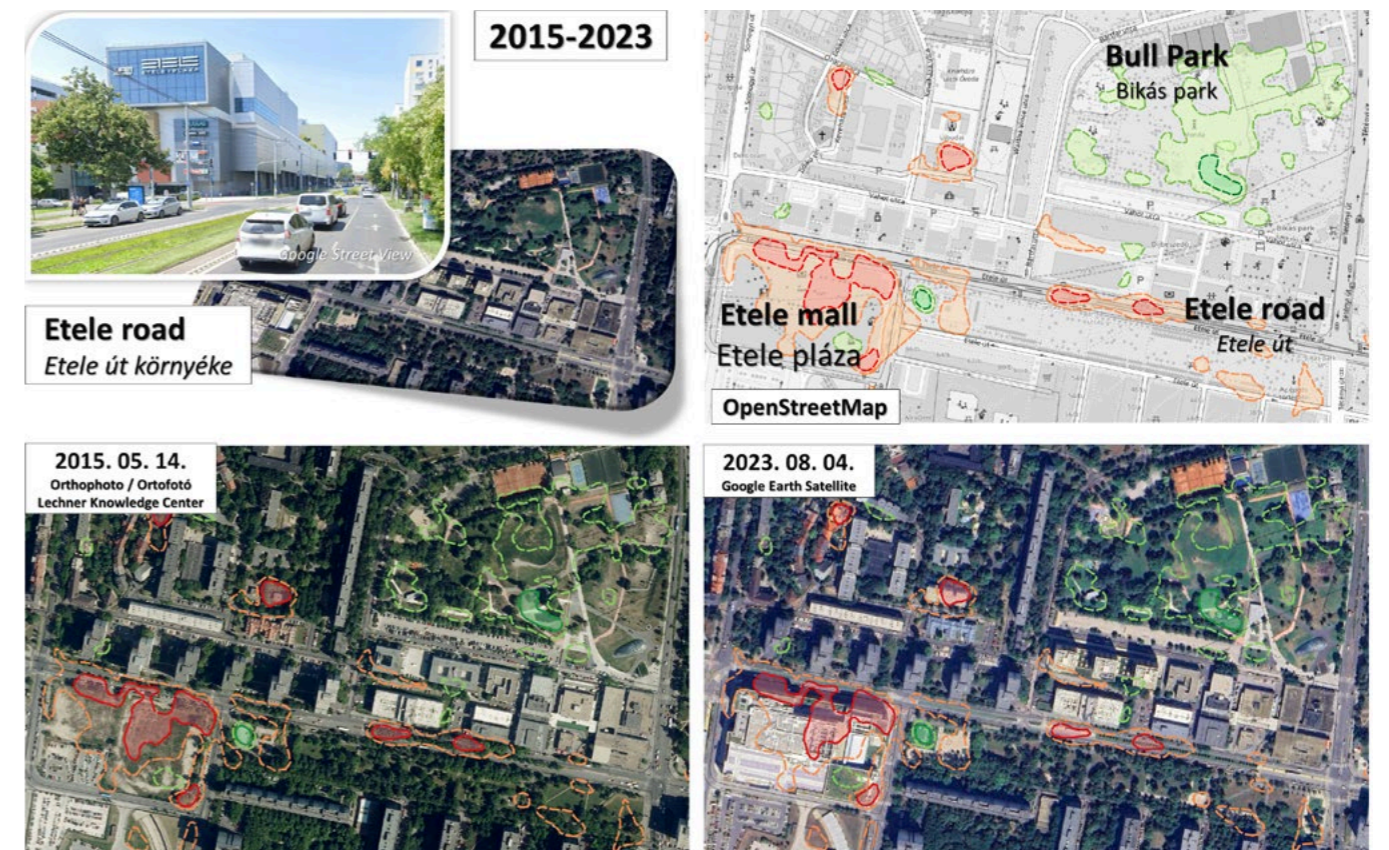
A Duna-menti zónában a kerületen belül a zöldfelület-intenzitás 18,6%-ról 22,4%-ra növekedett 1992 és 2015 között, majd a következő 8 évben több mint 2,5%-kal lecsökkent 18,9%-ra. A Nádorkert a maga 15 hektárjával a legkisebb kerületrész, de jól illusztrálja a folyamat lényegét (8. ábra). A 1992-től 2015-ig a Nádorkert felhagyásával és cserjésedésével a zöldfelület-intenzitás közel 18,6%-áról 54%-ra emelkedett, majd a BudaPart irodaház és lakóház komplexum építésével 2020-ra lecsökkent

8,5%-ra, és az utolsó vizsgált szakaszban 2023-ra 10,3%-ra nőtt. Mondhatnánk, hogy egyedi és számai tekintve valóban extrém példa, de sok helyen alakult hasonlóan a felhagyott Duna menti gazdasági, vasúti és ipari területek sorsa. A felhagyás éveiben spontán, vélhetőleg agresszíven terjedő gyomfajokkal vegyes cserjésedés indult meg, majd egy építési hullámban az így keletkezett zöldfelületeken beépítés történt, amit zöldfelület-telepítés követett. A Lágymányos és az Infopark városrészben az alacsony 14-18%-os intenzitás értékekről 31 év alatt 18-24% értékekre növekedett a zöldfelület-intenzitás. Itt számos kisebb foltban valósult meg zöldfelület-fejlesztés és meglévő zöldtető-felület bővítése is.

Az Etele út mentén sok változás-foltot dokumentáltunk a 2015-2023 időszakban. A zöldfelület csökkent a vilamosvonal kialakításának, az Etele Pláza és egyéb lakóépületek építésének következtében (9. ábra). Míg az Etele

◀◀8. ábra/Fig. 8: Lakó- és irodaházak építése Nádorkert és Lágymányos térségében / Development of office buildings and housing estates in the Nádorkert and Lágymányos areas

9. ábra/Fig. 9: Sok változás-folt, sok zöld veszteség, kis zöldfelületi nyereséggel az Etele út környékén / Many changes, more loss and limited gain of green spaces near Elele Road



Within the district in the Danube zone, green space intensity increased from 18.6% to 22.4% between 1992 and 2015, before falling by more than 2.5% over the next eight years, back to 18.9%. The Nádorkert, with its 15 hectares, is the smallest part of the district, but it illustrates the essence of the process (Figure 8). From 1992 to 2015, with the abandonment and scrub growth of the Nádorkert, green area intensity increased from nearly 18.6% to 54%, then fell to 8.5% by the year 2020, thanks to the construction of the BudaPart office and residential complex, and increased to 10.3% by 2023. It could be said that this is a unique and extreme example in terms of numbers, but there are many places where the abandoned economic areas, railways and industrial sites along the Danube have had a similar history. In the years of abandonment spontaneous shrub formation is witnessed, presumably starting with aggressive weed species,

followed by construction, until finally garden and open space design reaches the area. In the Lágymányos and Infopark sub-division, the intensity of green space has increased from 14-18% to 18-24% within 31 years. Several small patches of green space have been developed here in this new area and an existing green roof has also been extended.

Many change patches have been documented along Etele Road between 2015 and 2023. Green space has been reduced due to the construction of the tram line, Etele Mall and other residential buildings. While a tree line was cut in the green lane of Etele road, the mall was built on a formerly built up area (Figure 9). The old buildings were demolished in 2010 and then the area was left abandoned and increasingly overgrown by weeds until 2018. However, the construction not only affected the young perennial weeds within the site, but also the roadside

10. ábra/Fig. 10: Változási folyamatok, tendenciák, hullámok a Madárhegy és a Spanyolrét környékén / Processes, tendencies, waves in changes of Madárhegy and Spanyolrét neighbourhood

út elválasztósávjában fasor kivágása történt, addig a pláza a 2010-ben lebontott épületek helyén, időközben felhagyott, gyomosodó építési területen épült meg 2018 után. Az építkezésnek azonban nemcsak a telken belüli pár éves gyomok, hanem a telekhatáron kívül eső útszéli fák is áldozatául estek. A bevásárlóközpont közelében jelenleg nincsenek fák, a telek 100%-ban beépítésre került. Sok esetben látható az építési munkák éveig történő elhúzódása kerületszerte, így Kelenföld kerületrészben is, aminek következménye a növényzet megjelenése az elkerített, nem bolygatott építési területeken. Ezeknek is köszönhető, hogy 1992 és 2015 között több mint két százalékot növekedett a zöldfelület-intenzitás a kerületrészben, de azóta összességében inkább stagnálást vagy némi csökkenést is megfigyeltünk. Az intenzitás szinten tartásához minden bizonnyal hozzájárult az is, hogy a Bikás parkban öntözőrendszert építettek be, aminek a hatása már 2015 után érzékelhető volt. Az öntözéssel főleg a park gyepterületének intenzitása vált stabilabbá a nyári időszakban.

A változások több évtizeden átnyúló elemzése során felmerül a kérdés, hogy miképpen érdemes a zöldfelület-intenzitás-változások irányát és mértékét összesíteni. A százalékos kimutatásokat kerületrészekre lebontott táblázatos formában vagy a jelentős változások mértékének statisztikai összesítésében vagy a változásfoltok elhelyezkedésében, kiterjedésében, számában lehet meglátni a lényegét? Az egyes változások konkrét beazonosításával, tipizálásával, a területek helyszíni bejárásával lehet leginkább megismerni és jellemezni a változási folyamatokat? Az újbudai eredmények azt mutatják, hogy midezre szükség van ahhoz, hogy körültekintő képet alkossunk a zöldfelület mennyiségi változásairól. A minőségi változásokra a terepen szerzett információk és a változások jellege, részletesebb képe alapján lehet csak következtetni.

A Madárhegy kerületrészben zajló egyértelmű lakóterület-fejlesztési folyamat mögötti zöldfelület-változás is olyan összetett, amit leginkább csak képsorozatokkal lehet érzékeltetni. Az 1992-2020 időszakban a terület nagymértékű változáson ment keresztül, 81,3-ról 46,1%-ra esett vissza a zöldfelület-intenzitás. A 2020-2023 időszakban a továbbra is zajló építkezések ellenére a már




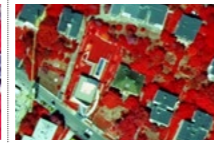
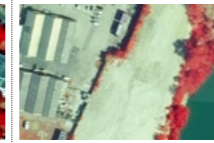
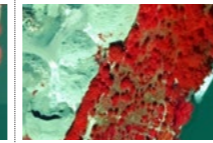

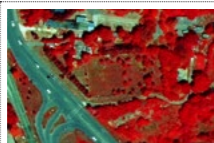
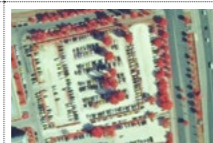

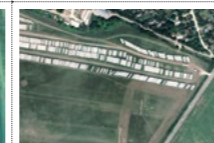




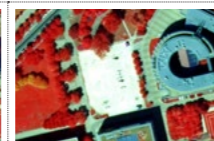


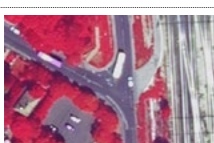




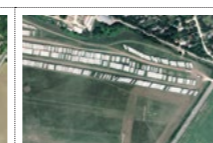
elkészült lakóingatlanok kertjének felcseperedő, gondozott és öntözött növényzete helyenként mennyiségi növekedést is tudott eredményezni (10. ábra). A növekedést 2023 csapadékos karaktere és a további nagy kiterjedést érintő spontán gyomosodó terület is erősítette. Az újépítésű lakóterületek zöldfelület-intenzitásának változásait a növényzet kiirtásától induló, újratelepítésen, növekedésen, érésen és öregedésen keresztül vezető körkörös folyamat állomásai jellemzik. A folyamatot egyrészt az építés, a fejlesztés, másrészt a gondozás és a felhagyás hullámai cizellálják. Ez az értelmezés pedig kiemeli a zöldfelületek tervezésének, kivitelezésének és kezelésének fontosságát.

VITA

A Zuglóra, Budapest XIV. kerületére készített tanulmányunkban [27] számos zöldfelület-intenzitás változás-típust feltártunk. Ezek közül sokat megtaláltunk Újbudán is. Pár esetben újabb változástípusokat is beazonosítottunk, melyeket a 2. és a 3. táblázatban figyelhetünk meg. Külön kategóriába soroltuk a COVID-19 járvány idején a reptér gypén százával parkoló kamionok hatására csökkenő zöldfelület-intenzitást, majd a járvány és az ideiglenes parkolás megszűntével újjáéledő gypet. Szokatlan a sportpálya (tenispálya) hosszú évekre történő felhagyása, de akadt rá példa, mint ahogy útépítésre, utak bővítésére, kanyarodó sávok kialakítására, továbbá zöldtetők megszüntetésére és napelemmel történő helyettesítésére is.

Valamennyi változás-foltot egy térképre téve megállapítottuk, hogy a kerület 28,1%-án történt valamilyen változás a 31 év alatt (11./A ábra). Ebből kivonva a 0,23 km²-es szántóterületet elmondhatjuk, hogy a kerület 27,4%-án történt valamilyen zöldfelület változás a hat vizsgált időszak valamelyikén (1992-2015, 1992-2020, 1992-2023, 2015-2020, 2015-2023, 2020-2023). Budapest Főváros Településszerkezeti Tervében [28] megnevezett "jelentős változással érintett terület" több mint felén történt valamilyen irányú zöldfelület-intenzitás-változás (11/B ábra). A Rupp-hegy városrészben, amely a fővárosi várostervési zónák közül a Hegyvidékibe tartozik – a változásfoltok területe meghaladta az 54%-ot. Madárhegy, Spanyolrét és



Zöldfelület-intenzitás növekedését kiváltó jelenségek / Phenomena causing growth in Green Space Intensity		Zöldfelület-intenzitás növekedését kiváltó jelenségek / Phenomena causing growth in Green Space Intensity		Zöldfelület-intenzitás növekedését kiváltó jelenségek / Phenomena causing growth in Green Space Intensity	
Korábban / Earlier	Később / Later	Korábban / Earlier	Később / Later	Korábban / Earlier	Később / Later
1. Közkert létesítése korábbi építési területen (2019-2022) / Creation of a public garden on a former construction site (2019-2022)		2. Lakóterületi zöld telepítése telken belül (2019-2022) / Garden construction in a residential plot (2019-2022)		3. Felhagyott terület cserjésedése (2015-2023) / Scrub growths on abandoned land (2015-2023)	
					
4. Sportpálya (tenispálya) felhagyása, cserjésedése (2013-2022) / Sports field abandonment leading to weed and scrub growth (2013-2022)		5. Parkoló helyén épület mélygarázzsal és zöldfelülettel (2015-2022) / Building with underground garage and green space on a former parking lot (2015-2022)		6. Gyep újjáéledése ideiglenes parkolóhely felszámolásával (COVID után) (2020-2023) / Lawn revitalisation by removing temporary parking (after COVID) (2020-2023)	
					
Zöldfelület-intenzitás növekedését kiváltó jelenségek / Phenomena causing growth in Green Space Intensity		Zöldfelület-intenzitás növekedését kiváltó jelenségek / Phenomena causing growth in Green Space Intensity		Zöldfelület-intenzitás növekedését kiváltó jelenségek / Phenomena causing growth in Green Space Intensity	
Korábban / Earlier	Később / Later	Korábban / Earlier	Később / Later	Korábban / Earlier	Később / Later
1. Műfüves sportpálya létesítése (2015-2022) / Construction of sports field with artificial turf (2015-2022)		2. Parkoló kialakítása (2015-2022) / Area for parking (2015-2022)		3. Útépítés (2015-2022) / Road construction (2015-2022)	
					
4. Útbővítés, útszélesítés (2019-2022) / Road extension, road widening (2019-2022)		5. Zöldtető megszüntetése (2021-2023) / Elimination of green roof (2021-2023)		6. Reptér gyepterületén ideiglenes parkoló kialakítása (COVID idején leállt kamionok) (2015-2020) / Temporary parking area on the grass of the airport (Trucks during COVID) (2015-2020)	
					

2. táblázat/Table 2: Speciális zöldfelület-intenzitás növekedés-típusok a XI. kerületben / Specific types of growth in Green Space Intensity in the 11th District

A KÉPEK FORRÁSA: ORTOFOTÓ, LECHNER TUDÁSKÖZPONT, GOOGLE EARTH MŰHOLDFELVÉTEL / IMAGE SOURCE: LECHNER KNOWLEDGE CENTRE, GOOGLE EARTH SATELLITE

3. táblázat/Table 3: Zöldfelület-intenzitás csökkenés-típusok a XI. kerületben / Types of decrease in Green Space Intensity in the 11th District

A KÉPEK FORRÁSA: ORTOFOTÓ, LECHNER TUDÁSKÖZPONT, GOOGLE EARTH MŰHOLDFELVÉTEL / IMAGE SOURCE: LECHNER KNOWLEDGE CENTRE, GOOGLE EARTH SATELLITE

trees outside the plot boundary. As such, there are currently no trees near the mall, and the plot has been 100% built in. In many cases, construction work seems to have been delayed or stopped for a couple of years throughout the district, including in the Kelenföld sub-division. This results in vegetation growth in fenced, non-used, non-disturbed construction sites. The factors above are also responsible for an increase in green space intensity of more than 2% between 1992 and 2015 in Kelenföld. Since then there has been overall stagnation or minor decline. The installation of an irrigation system in Bikás Park (Bull Park), the effect of which was already noticeable after 2015, has certainly contributed to maintaining the level of intensity in the district. The irrigation system has led to a more stable intensity, especially in the lawn area of the park, during the summer period.

An analysis of changes over several decades raises the question of how to summarise the direction and extent of changes in green space intensity. Is it reasonable to see the percentage statements in a table of subdivisions (Table 1), or in a statistical aggregation of the significant changes, or in the location, extent and number of change patches? Is the best way to understand and characterise change processes by identification and classification of individual changes, by visiting sites in the field? The results from Újbuda show that all of these are necessary to build up a comprehensive picture of quantitative green space changes. Qualitative changes can be estimated through fieldwork, and the type and details of individual processes.

The change in green space in the Madárhegy district, despite the clear residential development process, is also a complex one that can be best captured through a series of images. Over the period 1992-2020, the area underwent a major decline in green space intensity from 81.3% to 46.1%. In the period 2020-2023, despite the ongoing construction works, the emergence of mature, well-maintained and irrigated greenery in the gardens of the completed residential properties has led to a quantitative increase in some places (Figure 10). This growth was also enhanced by the rainfall character of 2023 and, in addition, by a large area

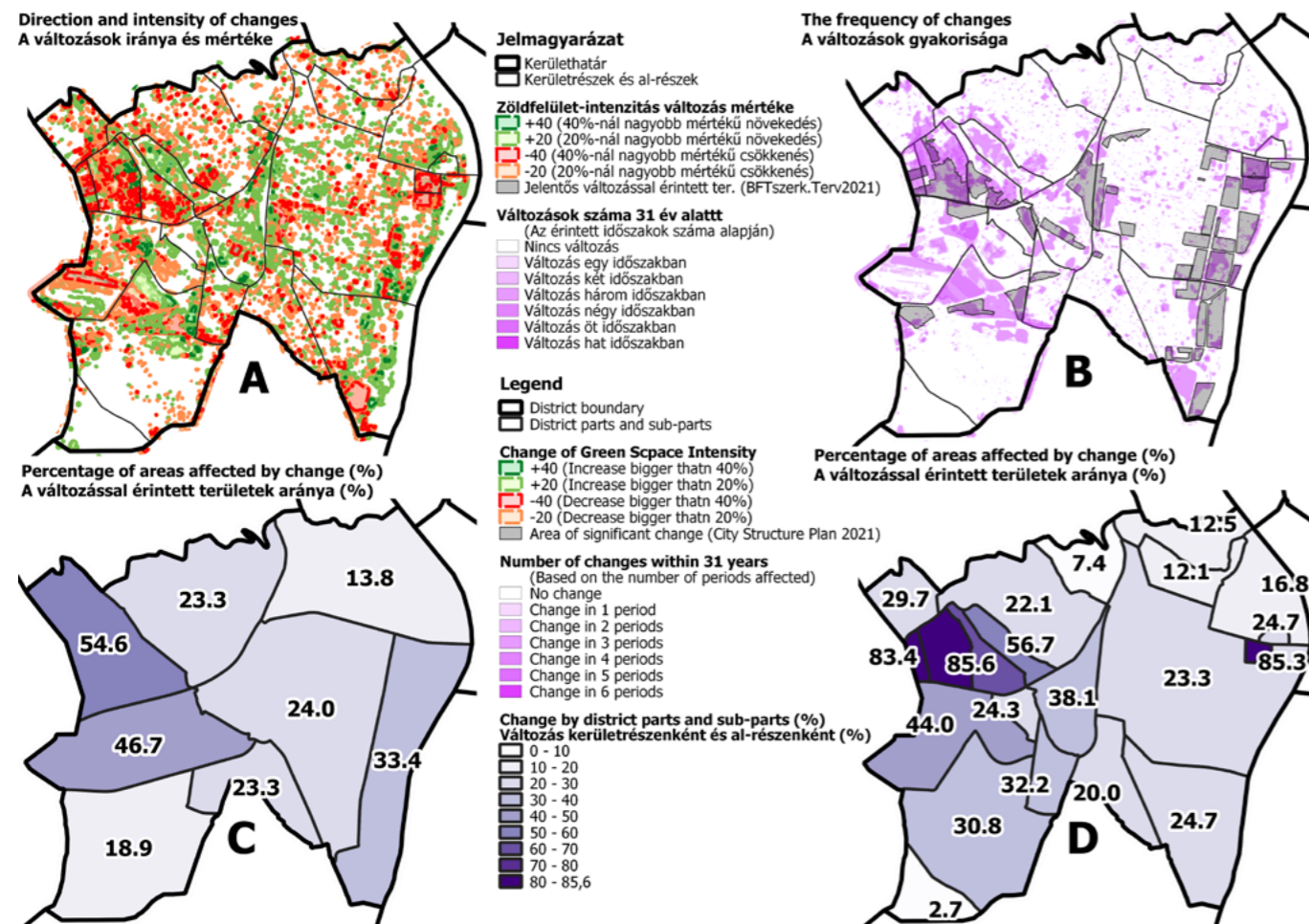
of spontaneous weed growth. The changes of GSI in newly developed residential areas are characterized by a circular process with stations of vegetation clearance, replanting, growth, maturation and ageing. The process is further shaped by waves of construction, development, maintenance and abandonment. This interpretation in turn highlights the importance of the design, construction and management of green spaces.

DISCUSSION

In our previous study in Zugló, Budapest, District XIV [27], several types of GSI changes were identified. Many of these were also found in Újbuda. In a few cases we also identified new types of change, which can be observed in Tables 2 and 3. In a separate category, we identified the reduction in green space intensity during the COVID-19 pandemic due to the hundreds of trucks parked on the airport grass, and the revival of the grass after the pandemic and the temporary parking had ended. The abandonment of the sports field (tennis court) over many years is unusual, but there has been an example of this, as well as road building, road widening, the creation of turning lanes and the removal of green roofs, to be replaced by solar panels.

Putting all the change patches on a map, it has been determined that 28.1% of the district has seen some change over the 31 years (Figure 11/A). Excluding the 0.23 km² of arable land, 27.4% of the district still experienced some change in green space intensity in one of the six periods studied (1992-2015, 1992-2020, 1992-2023, 2015-2020, 2015-2023 and 2020-2023). More than half of the area subject to significant change according to the Budapest Urban Structure Plan [28] experienced some change in green space intensity (Figure 11/B). In the Rupp-hegy district, which is part of the Hegyvidék urban planning zone of the capital, the area of change patches exceeded 54%. Madárhegy, Spanyolrét and Nádorkert sub-districts were affected by territory more than 80% within the 31-year time span (Figure 11/ C, D).

The large proportion of land where the green space value has changed indicates that the vegetation has been



Nádorkert kerületrészek több mint 80 százalékát érintette változásolt a 31 éves időtávon belül (11/C, D ábra).

A nagy területre kiterjedő változásoltok azt jelzik, hogy a növényállomány a vizsgált 31 év alatt a kerület több mint negyedén teljesen kicserélődött. Ez nem csak azt jelenti, hogy bizonyos növényegyedek helyett újakat ültettek a kertekben vagy parkokban, hanem inkább azt, hogy a növényzet legalább egy időre eltűnt, vagy jelentősen lecsökkent a vitalitása, majd megrősödött, újra telepítésre került. Mindez fokozottan rávilágít a tájépítészek szerepére a városi zöldfelületek tervezésében, kivitelezésében és fenntartásában. Kiemelt jelentősége lehet a tervezésnek a biodiverzitás megőrzésének, a terepalakításnak, a vízmegtartásnak, a fajválasztásnak és a telepített egyedek kezelésének, hiszen láthatjuk, hogy a zöldfelület legalább a kerület negyedében kicserélődött, de legalábbis jelentősen átalakult három évtized alatt.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás célja az volt, hogy a XI. kerületben úgy elemezzük a Zöldfelület-intenzitás változásait, hogy meghatározzuk:

- a változás domináns irányát,
- a változások térbeli sajátosságait,
- a változások jellegét és
- a változások jelentőségét.

A zöldfelület-intenzitás változásából levonható következtetések:

- A zöldfelület-intenzitás változása a kerület egészére mérsékelt csökkenést jelez. Helyenként azonban ez főként az építési beruházások miatt jelentős csökkenést takar, amit ritkábban kisebb zöldfelületi fejlesztések, gyakrabban felhagyott területek spontán gyomosodása, cserjésedése ellensúlyoz.

11. ábra/Fig. 11: A vizsgált időszak 31 éve alatt bekövetkezett valamennyi jelentős zöldfelület-intenzitás-változás / All Green Space Intensity change over the entire analysed time period of 31 years

completely replaced in more than a quarter of the district over the 31 years studied. This does not mean simply that certain plant species have been replaced by new ones within gardens or parks, but that vegetation has disappeared for some period of time and may (or may not) have been replanted later. This highlights the role of landscape architects in the design, maintenance and protection of urban green spaces. Landscaping, water retention, species selection and the management and protection of planted specimens are particularly important in biodiversity conservation. Biodiversity conservation, landscaping, water retention, species selection and management of planted species can be of particular importance to the design, as we can see that the green cover in at least a quarter of the district has been replaced or at least significantly transformed over three decades.

SUMMARY

The goal of the research was to analyse the changes in Green Space Intensity based on satellite images in Újbuda, Budapest's 11th district, and the areas making up the district. Specifically, this means that the objectives were:

- to determine the dominant direction of change
- to describe the spatial characteristics of changes
- to categorise the changes in types
- to evaluate the significance of changes

Conclusions related to changes in Green Space Intensity:

- The change in green space intensity indicates a moderate decrease for the district as a whole. In some places, however, it shows a significant decrease mainly due to construction projects, which are more rarely counterbalanced by smaller green space developments and more often by spontaneous weed and scrub encroachment on abandoned areas.
- Patches of green space intensity change cover slightly more than a quarter of the district. The number of green space intensity loss patches among all change patches was higher in the years 2015-2020 than in the period 1992-2020. In the period 1992 to 2023, the

overall area of decrease patches was one and a half times larger than the area of increase patches.

- The change types show that changes are largely driven by residential and infrastructure (mainly road network) development. Irrigation and maintenance play an important role, resulting in higher coverage and vitality. Greenfield investments carry a significant risk of reducing green space intensity, as has been the case in many sub-districts. Today, even abandoned brownfield sites have spontaneous green cover, so achieving higher green space intensity through development is not easy, even in brownfield sites.
- Changes in green space intensity are of particular importance in Újbuda because they indicate a continuous and large-scale transformation of the municipal green space, which has the potential to avoid hazards, but also to aggravate them. Examples of the former could be species selection to adapt to climate change, and the latter could be the neglect of minimum green space requirements. The actual negative trends of GSI change in the district currently seem to indicate the latter course. The work of landscape and garden engineers has a key role in climate change mitigation, water retention and biodiversity conservation. ©



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

- A zöldfelület-intenzitás változás-foltok a kerület kicsivel több mint negyedére kiterjedtek. A zöldfelület-intenzitás csökkenés-foltok száma magasabb volt a 2015 és 2020 közötti években, mint az 1992-2020 közötti időszakban, ami részben a frissebb adatok nagyobb részletgazdagságát is tükrözi, részben a közelmúlt szétszóródottabb változásaira is felhívja a figyelmet. Az 1992-től 2023-ig tartó időszakban a ZFI csökkenés-foltok területe közel másfélszer nagyobb volt, mint a növekedés-foltok területe.
- A változások típusai azt mutatják, hogy a változásokat nagymértékben meghatározzák a lakóterületi fejlesztések, az infrastrukturális (főként úthálózati) fejlesztések. Komoly szerepe van az öntözésnek és a fenntartásnak, ami magasabb borítottságot és vitalitást eredményez. A zöldmezős beruházások esetében jelentős a kockázata a zöldfelület-intenzitás csökkenésének, ahogy ez számos kerületrészben beigazolódott. Ma már a felhagyott barnamezőkön is sokszor spontán megjelenő zöldfelületborítás található, tehát fejlesztéssel történő magasabb zöldfelület-intenzitás értékeket még barnamezők esetében sem egyszerű elérni.
- Újbudán a zöldfelület-intenzitás tapasztalt változásainak nagy jelentőséget kell tulajdonítanunk, mert jelzik a települési zöldfelület folyamatos és nagyarányú átalakulását, amely magában rejt a veszélyhelyzetek elkerülésének lehetőségét, de a súlyosbításának esélyét is. Előbbire példa lehet a klímaváltozáshoz alkalmazkodó fajválasztás, utóbbira a zöldfelületi minimum-előírások negligálása. A jelenlegi csökkenő tendenciát mutató ZFI változási folyamatok inkább az utóbbit látszanak jelezni. Mind az éghajlati viszonyok, mind a vízmegtartás, mind a biodiverzitás megőrzése szempontjából kulcsszerepe lehet a tájrendező- és kertépítő mérnökök munkájának. ©

- Zhang, X., Fang, Y., Zhang, G. and Cheng, S., 2024. Exploring the Long-Term Changes in Visual Attributes of Urban Green Spaces Using Point Clouds. *Land*, 13(6), p.884.
- Zhao, H., Zhu, T., Wang, S. and Lindley, S., 2022. Study on the Changes of Urban Green Space with Remote Sensing Data: a Comparison of Nanjing and Greater Manchester. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(1).
- Lu, S., Wang, Y. and Shao, L., 2023. The change of green space well-being during rapid urbanization: A case study in Jinan, China, 2006–2018. *Plos one*, 18(9), p.e0289480.
- Wang, H., Lin, C., Ou, S., Feng, Q., Guo, K., Wei, X. and Xie, J., 2024. Multilevel Change of Urban Green Space and Spatiotemporal Heterogeneity Analysis of Driving Factors. *Sustainability*, 16(11), p.4762.
- de Lima, G. N. Fonseca-Salazar, A., Campo, J. (2023): Urban growth and loss of green spaces in the metropolitan areas of São Paulo and Mexico City effects of land-cover changes on climate and water flow regulation, *Urban Ecosystems*, 26:1739–1752
- Salehi, H., Meshkini, A., Shokripur Dizaj, H. and Najafi, S., 2019. Analysis of urban sprawl and its role in the trend of green space changes Case study: City of Yazd. *Anthropogenic Pollution*, 3(1), pp.11–24.
- Marković, M., Cheema, J., Teofilović, A., Čepić, S., Popović, Z., Tomićević-Dubljević, J. and Pause, M., 2021. Monitoring of spatiotemporal change of green spaces in relation to the land surface temperature: A case study of Belgrade, Serbia. *Remote Sensing*, 13(19), p.3846.
- (X18) Nawar, N., Sorker, R., Chowdhury, F.J. and Rahman, M.M., 2022. Present status and historical changes of urban green space in Dhaka city, Bangladesh: A remote sensing driven approach. *Environmental Challenges*, 6, p.100425.
- Pan, T., He, S., Liu, Z., Jiang, L., Zhao, Q. and Hamdi, R., 2023. Analyzing Changes in Urban Green Spaces and Their Effect on Land Temperature from the Perspective of Surface Radiation Energy Balance in Rizhao City, the Central Coast of China. *Remote Sensing*, 15(19), p.4785.
- Kasim, J.A., Yusof, M.J.M. and Shafri, H.Z.M., 2019. Monitoring urban green space (UGS) changes by using high resolution aerial imagery: A case study of Kuala Lumpur, Malaysia. *Pertanika J. Sci. Technol*, 27, pp.1971–1990.
- Ramneantu, K. and Marat-Mendes, T., 2024. An exploratory study of the evolution of urban green spaces in Lisbon using diachronic analysis of orthophoto maps. *Journal of Architecture and Urbanism*, 48(1), pp.39–51.
- Studio Metropolitana (2006): Pro Verde! Budapest Zöldfelületi Rendszerének Fejlesztési Konceptiója és Programja (egyeztetett dokumentáció), (in English: Development Concept of Budapest's Green Space System) Studio Metropolitana Urbanisztikai Kutató Központ Kht. Budapest
- Studio Metropolitana (2006): A zöldfelületi rendszer állapota és változása Budapest éa Budapesti Agglomeráció területén 1990-2005, (in English: The status and changes of green space system in Budapest and in the Budapest Agglomeration) Studio Metropolitana Urbanisztikai Kutató Központ Kht. Budapest
- Ökoplan Kft (1994): Budapest Digitális Zöldfelületi Kataszter, (in English: Green Space Cadastre of Budapest) Budapest Főváros Főpolgármesteri Hivatala Környezetvédelmi Ügyosztálya, Budapest
- Kinga M. Szilágyi (1993): Település zöldfelületi rendszerének vizsgálati és értékelési módszerei (in English: Analysis and assesment methods of municipal green space system), Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Kert és Településépítészeti Tanszék, Budapest, Kandidátusi értekezés
- Péter Gábor, Sándor Jombach, Richárd Ongjerth (2006): Budapest zöldfelületi állapotfelmérése ürfelvételek feldolgozásával (in English: Green space survey of Budapest with satellite image processing), 4D Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat, Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti Kar, Budapest, 4. szám, pp.15–22.
- Péter Gábor, Sándor Jombach, Richárd Ongjerth (2007): A biológiai aktivitás változása Budapesten és a Budapesti Agglomerációban 1990 és 2005 között, (in English: Green space change survey of Budapest with satellite image processing), 4D Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat, Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti Kar, Budapest, 5. szám, pp.21–28.
- Sándor Jombach (2007): Landsat image utilisation in Green Surface intensity Survey of Budapest, microCAD 2007 International Scientific Conference, Miskolci Egyetem Innovációs és Technológia Transzfer Centruma, Miskolc, pp. 105–110.
- 9/2007. (IV. 3.) ÖTM rendelet: a területek biológiai aktivitásértékének számításáról (in English: decree about the calculation of biological activity value of areas),
- Gábor Péter, Jombach Sándor (2008): Zöldfelület Intenzitás és a városi hősziget jelenségének összefüggései Budapesten, (in English: Relations of Green Space Intensity and Urban Heat Island phenomenon in Budapest), Falu Város Régió, Budapest, 2008/1. szám Váti Kht. pp. 31–36.
- Kinga M. Szilágyi, Ildikó Réka B. Nagy (2017): Urban Landscape Architecture – Green network research on recreational needs and social care, Városi Tájépítészeti – Zöldhálózat kutatások a rekreációs igények és a szociális ellátás tükrében, *Journal of Landscape Architecture and Garden Art – 4D Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat*. No. 46. 2017, pp. 2–31.
- Sándor Jombach (2012): Térségi vagy települési szintű zöldfelület-intenzitás távérzékelési elemzésének módszere. (in English: Regional or municipal analysis methods of Green Space Intensity with remote sensing), 4D: Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat Különszám, pp. 219–232..
- Paul J. Gibson, Clare H. Power (2000): *Introductory Remote Sensing, Digital Image Processing and Applications*, Routledge, London, 2000, pp. 117–118.
- Sándor Jombach (2011): A 2010. évi Budapesti Zöldfelületi Intenzitás (ZFI) adatbázis leírása, (in English: Description of the Green Space Intensity dataset of Budapest in 2010), BCE, Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék, Budapest

- Sándor Jombach (2011): Zöldfelület-intenzitás elemzése távérzékeléssel a Budapesti Agglomerációban, (in English: Analysis of Green Space Intensity with Remote Sensing in Budapest Agglomeration) Élhető Települési Táj Kutatási Program, BCE Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék
- Budapest Főváros Önkormányzata (2017): Budapest Zöldinfrastruktúra Konceptiója I. és II. kötetek Helyzetelemzés és értékelés, konceptió. (in English: Green Infrastructure Concept of Budapest, Volume 1. and 2. Status report and assessment, Concept) Budapest, Budapest Főváros Önkormányzata
- Jombach S., Üszöke L., Hassan Yaseen N. (2023): Changes in Green Space Intensity in Budapest's 14th district. (2023). 4D *Journal of Landscape Architecture and Garden Art*, 67, 30–43. <https://doi.org/10.36249/4d.67.4188> (in Hungarian: Zöldfelület-intenzitás változásai Budapest XIV. kerületében. (2023). 4D Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat, 67, pp. 30–43.
- TSZT (2021): Budapest Főváros Településszerkezeti Terve. III. kötet. Budapest: Budapest Főváros Önkormányzat., TSZT területfelhasználási tervlap 65-324 és 65-413 (in English: City Structure Plan, Volume III. Budapest: Budapest Municipality., TSZT land use plan)