



Távérzékeléssel előállított adatok alkalmazhatósága a zöldinfrastruktúra-hálózat értékelésében

VASZÓCSIK Vilja¹ , BÁNHIDAI András² , BÁTHORYNÉ NAGY Ildikó Réka³ ,
CSŐSZI Mónika¹ , ERDÉLYI Regina⁴ , KERÉKGYÁRTÓ Éva¹, MAUCHA Gergely¹

¹Lechner Nonprofit Kft.

1111 Budapest, Budafoki út 59., e-mail: vilja.vaszocsik@lechnerkozpont.hu

²Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti; Településtervezési és Díszkertészeti Intézet;
Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék

1118 Budapest, Villányi út 29–43., e-mail: andrasbanhidai@gmail.com

³Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Budai Campus, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti
Intézet, Településépítészeti és Zöldinfrastruktúra Tanszék

1118 Budapest, Villányi út 29–43., e-mail: bathoryne.nagy.ildiko.reka@uni-mate.hu

⁴Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Budai Campus, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti
Intézet, Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék

1118 Budapest, Villányi út 29–43., e-mail: erdelyiregina11@gmail.com

Kulcsszavak: távérzékelés, zöldinfrastruktúra-értékelés, felszínborítás; természet-
helyreállítási törvény, biodiverzitás stratégia, Copernicus felszínborítási monitoring, városi
ökoszisztémák

Összefoglalás: Kutatásunk során a települési szintű zöldinfrastruktúra-tervezés számára
egyes, térítésmentesen elérhető felszínborítási és távérzékelési adatok alkalmazhatóságát és
esetleges korlátait vizsgáljuk. A Copernicus program keretében előállított adatbázisok megha-
tározott indikátort alapul vevő összehasonlító elemzésével, valamint a Sentinel-2 és Landsat 9
űrfelvételek vörös és infravörös, illetve termális csatornáiból származó adatainak térinforma-
tikai elemzése adta lehetőségek alkalmazásával előállított indikátorok bemutatásával remél-
jük, hogy kutatásunk hasznos segítséget jelent a távérzékelésen alapuló települési zöldinfra-
struktúra-hálózat területi eloszlásának elemzésében és állapotát célzó – a jövőben megvalósí-
tandó városzöldítési tervek elkészítését segítő – egységes, könnyen alkalmazható módszertan
kidolgozásában.

Bevezetés

A 2024 nyár elején elfogadott EU Természet-helyreállítási törvény (http1) kiemelt hangsúlyt
fektet a városi ökoszisztémák, nagyvárosi környezetben megtalálható zöldinfrastruktúra- (to-
vábbiakban ZI) elemek megőrzésére. A célkitűzések között szerepel, a városi zöldterületek

csökkenésének megállítása, valamint 2031-től városi zöldterületek teljes nemzeti kiterjedésének növelése. A városi lombkorona-borítottság növelése – a városi zöldterületek növelésével párhuzamosan – szintén ökoszisztéma-specifikus intézkedésként jelenik meg.

Az Európai Unió Biodiverzitás Stratégia előírja a 20 000 főnél nagyobb városok számára úgynevezett városzöldítési terv készítését is (http2). A városzöldítési tervek elkészítésében segítséget adhat a Bizottság által kiadott útmutató, amely azonban egyelőre csak előzetes verziójában (http3) érhető el. Ez a sikeres városi zöldítési terv elkészítéséhez és végrehajtásához szükséges lépéseket ismerteti, melyek között megjelenik a „természet és a biológiai sokféleség jelenlegi állapotának elemzése”, valamint „monitoring, jelentéstételi és értékelési rendszer létrehozása”.

A települési ZI elemzése és értékelése több egymásra épülő munkafolyamatból tevődik össze (Báthoryné Nagy et. al 2021). Első lépésként a települési ZI azonosítását szükséges elvégezni, amelyet vagy felszínborítás alapú adatbázis – például a nemzeti nagyfelbontású térkép (http4) – alapján, vagy a települések funkcionális tervezését meghatározó tipizálás alapján tudunk elvégezni. A települési ZI azonosítását követően állapotértékelésük következik különböző indikátorok – például EVI (Enhanced Vegetation Indexet) vegetációs index, felszínhőmérséklet, lombkoronaborítottság, zöldfelület elérhetősége – alapján.

A városzöldítési tervek kialakításához tehát mindenképpen szükséges az alapállapot és a monitoring mutatóinak kiválasztása, azonban ezek körét meghatározzák a rendelkezésre álló erőforrások, így javasolt a térítésmentesen elérhető felszínborítási és távérzékelési adatok alkalmazása. Ezen adatok által előállított indikátorok térképesen képesek megjeleníteni a ZI-elemek térbeli helyzetét és állapotát, amely azért fontos, mert a ZI-elemek által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások szintjét nagyban meghatározza az elhelyezkedésük (pl. mélyfekvésű területek víztározó képessége, sűrűn beépített területeken a klímajavító hatás). Az egész településre kiterjedő, térképalapú monitoring segítséget nyújt a konfliktusterületek meghatározásában (Csősz et al. 2024). Vizsgálatunk ezeknek az adatköröknek az alkalmazhatóságára irányul.

Anyag és módszer

Copernicus adatok vizsgálata

Elsősorban megvizsgáltuk, a Természet-helyreállítási törvény által előírt a városi ökoszisztémákkal kapcsolatos monitoringhoz alkalmazható Copernicus Földfelszín-monitorozási Szolgáltatás (Copernicus Land Monitoring Service, CLMS) adatbázisait.

A vizsgált indikátor a városi lombkorona-borítottság, amely mutató optimális forrásának kiválasztása magában foglalja a városi ökoszisztémákra vonatkozó célok nyomon követéséhez hozzájárulni képes összes Copernicus-adatkészlet átfogó elemzését. A városi területek faborítottságára vonatkozó információk származhatnak a nagy felbontású lombkorona-fedettség adatbázisból (High Resolution Layer Tree Cover Density, HRL-TCD), a Corine Land Cover+ Backbone nagyfelbontású felszínborítás adatbázis megfelelő osztályaiból, az Urban Atlas adatbázis úgynevezett utcafa rétegéből (Urban Atlas Street Tree Layer, UA-STL), valamint a faszorokat és kisebb kiterjedésű fával borított területeket célzó Small Woody Features (HRL-SWF) adatbázisából. Utóbbi adatbázis esetében megvizsgáltuk az adatbázis előállításánál szakértői réteggént létrehozott, faborítottsági valószínűséget adó, úgynevezett „Confidence Layer for

Woody Vegetation Mask” adatot is. Az összehasonlító elemzést Kecskemét mintaterületre, úgynevezett look & feel ellenőrzési módszerrel végeztük el.

Távérzékelési adatokból előállított indikátorok

A Copernicus program keretében előállított adatbázisokon kívül megvizsgáltuk, hogy az elérhető távérzékelési adatok segítségével mely – a ZI értékeléséhez – fontos indikátorok előállítása lehetséges. Két mutatót vizsgáltunk, amelyek esetében a – mintaterület teljes közigazgatási területére – számoltuk ki az városi hősziget hatást (Urban Heat Island – UHI) és a továbbfejlesztett vegetációs indexet (EVI).

Humánegészségügyi és településökológiai szempontból a városi hősziget hatás (UHI) értékelése (Singh et al. 2020) fontos eleme lehet a ZI potenciális fejlesztésének megalapozásához. A felszíni hőmérséklet (Land Surface Temperature LST) kiszámításához – amely egy hat lépéses folyamat (Wang et al. 2015) – a Sentinel-2 vörös és infravörös csatornák és Landsat 9 termális csatorna műholdas állományokat használtunk fel (Sen-2, 2024[1]; Land 9, 2024). Három évből (2020, 2022, 2023) egy-egy, egymáshoz időben közeli (0–2 nap), felhőtlen állapotú hőszegnapokból ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) származó felvételeket használtunk fel. 2021-ből nem találtunk ilyen felvételeket. A Landsat 9 raszttert 30 m-es felbontásról 10 m-re alakítottuk bilineáris interpolációval és igazítottuk a Sentinel-2 rasztterekhez.

Az UHI kiszámítását Malik és Kalotra (2024) nyomán készítettük: $\text{UHI} = (\text{LST} - \text{LST}_{\text{átlag}}) / \text{LST}$ -szórás. A három év UHI raszttereiből átlagszámítással kaptuk meg az eredmény UHI raszttert, amelynek értékeit kvantilis töréssel öt csoportba osztottuk, ezáltal kellően pontosan kimutathatóvá váltak a belterületi és a külterületi városi hőszigethatással erősen, gyengébben vagy nem érintett területek.

A zöldfelületek intenzitásának és egészségi állapotának mérésére az EVI-t használtuk, amely kiküszöböli az Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) hiányosságait, vagyis a légkör és a talaj/földfelszín értéktorzító hatásait (Huete et al. 2002). Az EVI értékeket Huete et al. (2002) nyomán számoltuk, amelyhez Sentinel 2 műholdas adatállományokat (vörös, infravörös és kék csatornák) használtunk fel (Sen-2, 2024[2]). Az átfogó kép érdekében, öt év (2019–2023) három-három vegetációs időpontból származó EVI értékeit használtuk. Mind-egyik évre egy-egy átlagértéket számoltunk, majd az öt átlag éves értékből egy összesített öt éves átlagértéket, amelyet öt csoportra osztottunk (2. ábra). Így kaptuk meg Kecskemétre az elmúlt öt év adatain alapuló összesített zöldfelület-intenzitást és egészségi állapotot, amely alapján kimutathatók azok a területek, ahol potenciális minőségi fejlesztések valósíthatók meg a ZI terén.

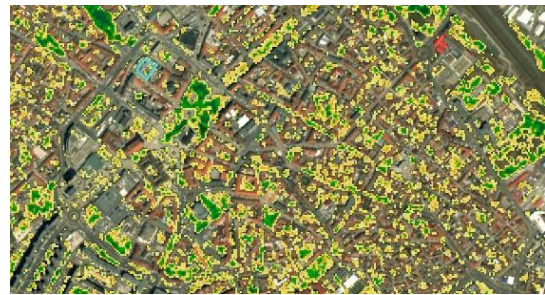
Eredmények

A Copernicus adatbázisok összehasonlító elemzése során megállapítható, hogy a közvetlenül a HRL TCD értékeken alapuló becslések a valós fafedettség jelentős alulbecslését mutatták, bár a TCD értékek és a CLC+ Backbone fás osztályok átlagosan statisztikailag viszonylag jó becslést adnak a városi területeken belül kiemelkedőne fontos finomabb struktúrák (pl.: fasorok) nem jelennek meg. Az Urban Atlas utcafa adatok (UA-STL) nem állnak rendelkezésre minden városi területre, és a tapasztalatok szerint nem teljesek. A 10 méteres felbontású termékek (sem a TCD, sem a CLC+ Backbone) egyike sem nyújt megbízható információt a városi faborított-ságról a nagyon sűrűn beépített városközpontban. Az 5 m-es felbontású SWF a városi fáknak

csak kisebb részét fedi le, viszont az előállítás során, a távérzékelési adatokból létrehozott szakértői réteg jól reprezentálja azok elhelyezkedését (1. ábra).



Very High Resolution Google Earth imagery



Confidence Layer for Woody Vegetation Mask:
yellow-orange 1–50%; greens 51–100%



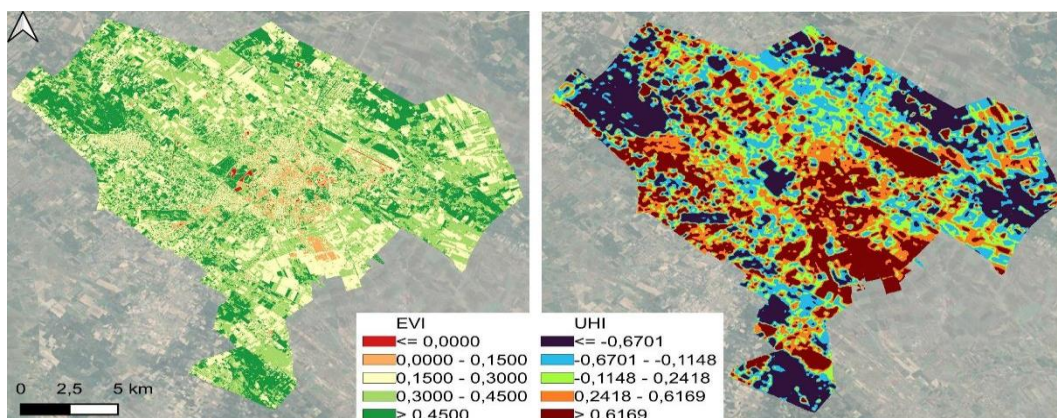
TCD value: 30-100 TCD value: 10-29 TCD value: 1 - 9



CLC+ Backbone

1. ábra. Kecskemét központi belterületének faborítotttsága a különböző CLMS adatbázisok alapján
Figure 1 Tree coverage of the central area of Kecskemét based on different CLMS databases

A távérzékelési adatokból előállított két indikátor esetében 10 méteres felbontású indikátortérképet kaptunk, amelyeken jól elkülöníthetők az összefüggő zöldinfrastruktúrával rendelkező területek (erdők, zöldterületek) és a nagy beépítettségű arányú területek (belváros, iparterületek) is. (2. ábra)



2. ábra. Kecskemét továbbfejlesztett vegetációs index (EVI) és városi hősziget hatás (UHI) indikátorok
Figure 2 Kecskemét Enhanced vegetation index (EVI) and urban heat island effect (UHI) indicators

A városi hőszigethatás indikátor esetében jól látszik, hogy nemcsak a sűrűn beépített területen alakulnak ki gócpontok, hanem a külterületeken is. Ortofotó segítségével megállapítható,

hogy ezek a területek döntően szántó művelés alatt állnak és az augusztusra már fedetlen talaj okoz jelentős hőszigetelést.

Megvitatás

A vizsgálatunk folyamán elemzett felszínborítási adatbázisok közül a HRL-TCD és a CLC+ Backbone esetében elmondható, hogy nagyobb léptékben jól alkalmazható a lombkorona-borítottság elemzésére, de éppen a városi területeken belül kiemelkedően fontos fasorok megjelenítésére nem alkalmas.

A távérzékelési adatokból előállítható 10 méteres felbontású indikátorok elsősorban a teljes közigazgatási területre kiterjedő ZI-hálózat bemutatását és a beavatkozásokat igénylő gócpontok kijelölését, valamint a folyamatos monitorozást segíthetik.

Ugyanakkor az elérhető adatbázisok 10 méteres pontossága a sűrűn beépített területek differenciált értékelését nem teszi lehetővé. Jelenleg a minél nagyobb pontosság érdekében a ZI-elemek azonosítását és állapotterképezését kiegészítő terepi vizsgálatokkal, valamint helyben épített és folyamatosan frissített (pl.: ortofotó értékelésen alapuló) adatbázisok integrálásával szükséges elvégezni.

Az általunk elemzett adatkörök és további indikátorok előállítását biztosító módszerek – például ortoclass osztályozás, lidarfelmérés alapján előállított fakataszterek – országos szintű elérhetőségének biztosítása segítheti a városi ökoszisztémák megőrzését és fejlesztését szolgáló városzöldítési tervek kidolgozását.

Irodalom

- Báthoryné Nagy I. R., Kollányi L., Tar Gy. (2021): Zöldinfrastruktúra városi és térségi léptékben - Módszertani útmutató mintaterületi elemzések alapján. Természetvédelmi füzetek 8., Agrárminisztérium
- Csöszi M., Báthoryné Nagy I. R., Mezei C., Nagy O., Szkordilis F., Vadász N., Vaszócsik V. (2024): Zöldinfrastruktúra Útmutató - Segédlet zöldinfrastruktúra fejlesztések tervezéséhez, megvalósításához
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., Ferreira, L. G. (2002): Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 83(1-2): 195–213.
- Malik, A., Kalotra, G. (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): 1–21. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i01.11865>
- Maucha, G., Kerékgyártó, É., Turos, V., Vaszócsik, V., Ruf, K., Watson, M. (2024): Task 5 – Support to quality control of deliverables – Small woody features (SWF) 2018. European Topic Centre on Data Integration and Digitalisation
- Singh, N., Singh, S., Mall, R. K. (2020): Chapter 17. Urban ecology and human health: implications of urban heat island, air pollution and climate change nexus. In: Verma, P., Singh, P., Singh, R., Raghubanshi, A.S. *Urban ecology. Emerging Patterns and Social-Ecological Systems*. VI. Cities: healthy, smart and sustainable, pp. 317–334. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820730-7.00017-3>
- Wang, F., Qin, Z., Song, C., Tu, L., Karnieli, A., Zhao, S. (2015): An improved mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat 8 thermal infrared sensor data. *Remote sensing*, 7(4): 4268–4289.

HRL TCD <https://land.copernicus.eu/en/products/high-resolution-layer-tree-cover-density>
 CLC+ Backbone <https://land.copernicus.eu/en/products/clc-backbone>
 Urban Atlas STL <https://land.copernicus.eu/en/products/urban-atlas/street-tree-layer-stl-2018>
 HRL SWF <https://land.copernicus.eu/en/products/high-resolution-layer-small-woody-features>
 Sen-2, 2024[1]: Sentinel-2 műholdas adatállomány (2020.08.12; 2022.08.17.; 2023.08.22.), <https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections/sentinel-data/sentinel-2>, letöltés időpontja: 2024.07.08.
 Sen-2, 2024[2]: Sentinel-2 műholdas adatállomány (2019.08.28.; 2019.09.12.; 2019.09.22; 2020.07.28.; 2020.08.12.; 2020.08.22; 2021.05.04.; 2021.06.23.; 2021.09.13.; 2022.06.03.; 2022.07.23.; 2022.08.27.; 2023.06.03.; 2023.08.27.; 2023.09.26.), <https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections/sentinel-data/sentinel-2>, letöltés időpontja: 2024.07.08.
 Land 9, 2024: Landsat 9 műholdas adatállomány (2020.08.10.; 2022.08.17.; 2023.08.20.), <https://earthexplorer.usgs.gov/>, letöltés időpontja: 2024.07.08.
 http1 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401991 (letöltve:2024.11.25.)
 http2 <https://eur-lex.europa.eu/HU/legal-content/summary/eu-biodiversity-strategy-for-2030.html> (letöltve:2024.08.09.)
 http3 <https://circabc.europa.eu/ui/group/3f466d71-92a7-49eb-9c63-6cb0fadf29dc/library/6d3d8199-38cf-443b-b4ec-3326263db9e3/details?download=true> (letöltve:2024.08.09.)
 http4 <https://raster.lechnerkozpont.hu/apps/copernicus/> (letöltve:2024.08.09.)

Application of remote sensing data in green infrastructure network assessment

V. VASZÓCSIK¹ , A. BÁNHIDAI² , I. R. BÁTHORYNÉ NAGY³ , M. CSŐSZI¹ , R. ERDÉLYI⁴ ,
 É. KERÉKGYÁRTÓ¹, G. MAUCHAI¹ 

¹Lechner Nonprofit Kft.

1111 Budapest, Budafoki út 59., e-mail: vilja.vaszocsik@lechnerkozpont.hu

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Garden Art, Department of Landscape Protection and Reclamation

1118 Budapest, Villányi út 29–43., e-mail: andrasbanhidai@gmail.com

³Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Garden Art, Department of Urban Planning and Urban Green Infrastructure

1118 Budapest, Villányi út 29–43., e-mail: bathoryne.nagy.ildiko.reka@uni-mate.hu

⁴Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Garden Art, Department for Landscape Planning and Regional Development

1118 Budapest, Villányi út 29–43., e-mail: erdelyiregina11@gmail.com

Keywords: remote sensing, green infrastructure assessment, land cover; Nature Restoration Act, biodiversity strategy, Copernicus land cover monitoring, urban ecosystem

In our research, we investigate the applicability and potential limitations of some freely available surface cover and remote sensing data for green infrastructure planning at the municipal level. We hope to demonstrate the potential of the indicators produced by using a comparative analysis of databases produced under the Copernicus programme based on specific indicators, and by applying geospatial analysis of red, infrared and thermal channels data from Sentinel-2 and Landsat 9 space images, that our research will be useful for the analysis of the spatial distribution and the development of a standardised and easily applicable methodology for the assessment of the status of the urban green infrastructure network based on remote sensing, which will help to prepare future urban greening plans.