

Miskolci Egyetem Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar

**Települési klímaadaptációs lehetőségek
Budapest XII. kerület Hegyvidék területén
Szakdolgozat**

Szerző neve:

Rózsa Zoltán

Klímaadaptációs szakmérnök szakirányú továbbképzési szak

Belső konzulens:

Dr. Czira Tamás, mb. egyetemi oktató

2024. május 17.

Miskolc, 2024

Rózsa Zoltán

Klímaadaptációs szakmérnök szakirányú továbbképzési szak hallgató záródolgozatának feladatkiírása

A dolgozat címe:

Települési klímaadaptációs lehetőségek Budapest XII. kerület Hegyvidék területén

A dolgozat célja:

A klímaadaptáció egy olyan komplex felkészülési, tervezési és cselekvési folyamat, amelynek során az emberek és a társadalmak alkalmazkodnak a klímaváltozás okozta hatásokhoz és kihívásokhoz. Ezen folyamat egyik fajtája a települési klímaadaptáció, amely olyan intézkedéseket foglal magában, amelyeket települések hoznak a klímaváltozás hatásaira történő felkészülés érdekében és a hatások kezelésére és az azokhoz való alkalmazkodásra.

A települési klímaadaptáció, azon belül is a városi klímaadaptáció különösen fontos, mivel ezek az épített és természeti környezetet is magában foglaló entitások rendkívül érzékenyek az éghajlatváltozás különböző fokozódó hatásaira, például hóhullámok, árvizek vagy éppen az aszály kezelésére.

A szerző egy konkrét – Budapest XII. kerület Hegyvidék – településen mutassa be az alkalmazkodás lehetőségeit. Ennek keretében vizsgálja meg a település jelenlegi adottságait (természeti, épített környezet, társadalom, éghajlat), a klímaváltozás általi várható hatásokat és ezek alapján mutassa be a település klímaalkalmazkodásának lehetőségeit.

A feladat részletezése:

Általánosan a városok tekintetében

- Ismertesse a klímaváltozás és a városok kapcsolatát;
- Ismertesse a települési klímaadaptáció fontosságát és jelentőségét;

Budapest XII. kerület Hegyvidék esetében

- Mutassa be a település jelenlegi helyzetét, adottságait, éghajlatváltozási kihívásait;
- Azonosítsa az éghajlatváltozás várható hatásait, az éghajlatváltozással szembeni érzékenységet;
- Mutassa be a település klímaadaptációs lehetőségeit,
- Értékelje mely városi alkalmazkodási gyakorlati megoldásokat tartja a leginkább alkalmazhatóknak.

A feladat elkészítésének helye: Miskolci Egyetem, Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar
Földrajz-Geoinformatika Intézet

Konzulens: Dr. Czira Tamás, mb. egyetemi oktató

Beadási határidő: 2024.05.17.

Miskolc, 2023. november 10.


Prof. Dr. Kocsis Károly
akadémikus
intézetigazgató



Eredetiségi nyilatkozat

Alulírott Rózsa Zoltán, a Miskolci Egyetem Műszaki Föld- és Környezettudományi Karának hallgatója büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírásommal igazolom, hogy a „Teleülési klímaadaptációs lehetőségek Budapest XII. kerület Hegyvidék területén” című diplomamunka/szakdolgozat (a továbbiakban: dolgozat) önálló munkám, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait, valamint az Egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat.

A dolgozatban csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem."

Kijelentem, hogy az elektronikusan feltöltött és a papír alapú dokumentum mindenképpen megegyezik.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot nem magam készítettem vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Miskolci Egyetem megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Miskolc, május 17.


.....
a hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1	Bevezetés.....	1
1.1	Klímaváltozás és a városok kapcsolata	1
1.2	Települési klímaadaptáció fontossága és jelentősége	3
2	Budapest XII. kerület bemutatása	3
2.1	Társadalmi helyzetkép.....	7
2.2	Természeti környezet	9
2.3	Épített környezet.....	10
2.3.1	Épített örökség	11
2.3.2	Lakásállomány.....	12
2.3.3	Infrastruktúra	13
3	Éghajlat, éghajlati hatások	15
3.1	Budapest éghajlata	15
3.2	A XII. kerület éghajlata.....	21
3.3	Települési éghajlati prognózisok.....	24
3.3.1	Csapadék alakulása	25
3.3.2	Száraz időszakok, aszály alakulása.....	28
3.3.3	Hőmérsékletváltozás	30
3.3.4	Szélviszonyok változása	35
3.3.5	Éghajlati prognózisok összegzései	36
4	Adaptációs lehetőségek a XII. kerületben	38

4.1	Hőtöbblet kezelése	38
4.1.1	Albedó változtatása	41
4.1.2	Árnyékolás.....	42
4.1.3	Több növényzet	47
4.1.4	Locsolás, öntözés	51
4.1.5	Hőségriadó terv	53
4.2	Csapadékok kezelése.....	55
4.2.1	Terepszint alatti tározók.....	60
4.2.2	Esőkertek	61
4.2.3	Útról zöldfelületre.....	63
4.2.4	Zöldtetők.....	64
4.3	Biodiverzitás kezelése	65
4.4	Szélviszonyok kezelése	68
4.5	Források kezelése	68
4.6	Szemléletformálás	70
5	Következtetések	72
6	Irodalomjegyzék.....	73

ÖSSZEFOGLALÓ

Az éghajlatváltozás és a városok kapcsolata központi téma napjainkban, hiszen az Európai Unió lakosságának 75%-a a városi és városkörnyéki területeken él, amely arány várhatóan tovább fog növekedni az elkövetkező időszakban. Az urbanizáció mértéke meghatározza, hogy mennyi ember van kitéve a városok sajátos környezeti és egészségügyi kockázatainak.

Mivel a városokban élők nagyobb valószínűséggel találkoznak extrém hőmérséklettel, légszennyezéssel és árvizekkel, ezért az urbanizáció mértéke alapvető fontosságú az éghajlatváltozás hatásainak megértéséhez és azokra való reagáláshoz.

Miután ekkora népességet érint és az éghajlatváltozás gyakran a városokban mutatkozik meg legmarkánsabban, így komoly kihívásokat jelent az ott lakók, valamint az infrastruktúra számára.

A települési klímaadaptáció kiemelt jelentőséggel bír az éghajlatváltozás elleni küzdelemben és a városok fenntarthatóságának biztosításában. Azzal együtt, hogy mindent meg kell tenni az egyes települések esetén a mitigáció terén, de a mainál sokkal nagyobb hangsúlyt kell, hogy kapjon az adaptáció, az alkalmazkodás, hiszen a települési klímaadaptáció kulcsfontosságú a városok sebezhetőségének csökkentésében és az ott élő lakosság védelmében. A jól megtervezett és következetesen végrehajtott alkalmazkodási intézkedések hozzájárulhatnak az egészségesebb városi környezet kialakításához, növelhetik az infrastruktúra ellenálló képességét, vagy éppen csökkenthetik a városokat érintő természeti katasztrófák gazdasági hatásait.

A XII. kerület Budapest budai oldalának meghatározó része, ugyanakkor kialakulása szempontjából az egyik legfiatalabb kerülete. Kelet - nyugati irányban teljes metszetét adja a budai oldal természeti, történeti és urbanisztikai szerkezetének. Az alsó, nagyobb népsűrűségű területén a nagyvárosias beépítés a jellemző, míg feljebb a már kerttel rendelkező társasházak, majd a budai hegyoldal villanegyedei és végül az erdőterületek is megtalálhatók

Az Önkormányzat az utóbbi években egyre többet foglalkozik klímaadaptációs törekvésekkel, azonban ezek nem feltétlen tudatos rendszerszintű döntések sorozata, vagy vizsgálatokkal alátámasztott kihívások eredményei, hanem sokkal inkább jó irányú, de ad-hoc döntések.

A szakdolgozat igyekszik feltárni a kerület klímaváltozással kapcsolatos jövőbeni prognózisait és a legfontosabb kihívásait, az alkalmazkodással kapcsolatos meglévő

elindult jógyakorlatokat, valamint javaslatot ad meglévő programok kiegészítésére és új programok elindítására.

Egy település klímaadaptációjának meghatározása során az egyik legnehezebb feladat, hogy rendkívül komplex és egyedi feladat. Minden egyes település más és más, így meg kell ismerni az adottságait és a lehetőségeit, hogy a javasolt adaptációs út reálisan megvalósítható legyen.

Összességében a XII. kerület jó irányba halad a klímaalkalmazkodás terén, de még számos teendője van, hogy igazán reziliens legyen a változásokkal szemben.

ABSTARACT

The relationship between climate change and cities is a central topic nowadays, since 75% of the population of the European Union lives in urban and suburban areas, a proportion that is expected to increase further in the coming period. The degree of urbanization determines how many people are exposed to the specific environmental and health risks of cities.

Because people living in cities are more likely to experience extreme temperatures, air pollution and floods, the degree of urbanization is fundamental to understanding and responding to the effects of climate change.

Since it affects such a large population and climate change is often most pronounced in cities, it poses serious challenges for the residents and the infrastructure.

Urban climate adaptation is of particular importance in the fight against climate change and in ensuring the sustainability of cities. Along with the fact that everything must be done in the case of individual settlements in the field of mitigation, adaptation must be given much greater emphasis than today, since settlement climate adaptation is key to reducing the vulnerability of cities and protecting the population living there. Well-planned and consistently implemented adaptation measures can contribute to creating a healthier urban environment, increase the resilience of infrastructure, or even reduce the economic impact of natural disasters affecting cities.

The XII. district is a defining part of the Buda side of Budapest, but at the same time it is one of the youngest districts in terms of its development. It provides a complete cross-

section of the natural, historical and urban structure of the Buda side in an east-west direction. In the lower, more densely populated area, urban development is typical, while higher up you can find apartment buildings with gardens, then the villa districts of the Buda hillside and finally the forest areas.

In recent years, the local government has been dealing more and more with climate adaptation efforts, but these are not necessarily a series of conscious system-level decisions or the results of challenges supported by studies, but rather well-directed, but ad-hoc decisions.

The thesis tries to reveal the future prognoses and the most important challenges of the district related to climate change, the existing good practices related to adaptation, as well as a proposal to supplement existing programs and start new programs.

One of the most difficult tasks when determining the climate adaptation of a settlement is that it is an extremely complex and unique task. Each settlement is different, so it is necessary to know its features and possibilities so that the proposed adaptation path can be realistically implemented.

Overall, the XII. district is moving in the right direction in terms of climate adaptation, but it still has a lot to do in order to be truly resilient to changes.

1 BEVEZETÉS

A szakdolgozat célja bemutatni a települési klímaadaptáció lehetőségeket egy konkrét helyszínen, a Budapest XII. kerület Hegyvidék területén. Ennek során bemutatásra kerülnek a település jellemzői, így társadalmi helyzete, épített örökségei, természeti és éghajlati adottságai és azok főbb mutatói. Ezt követően igyekszem bemutatni a várható éghajlati prognózisokat a település életében fontos indikátorok tekintetében, majd a kerület klímaváltozás hatásaihoz történő alkalmazkodásának lehetőségeit, a már elindult jógyakorlatait. Végezetül értékelem, hogy mely városi alkalmazkodási gyakorlatokat tartom a leginkább alkalmazható megoldásnak.

A XII. kerületben lakom immár huszonegy éve, itt születtek gyermekeim és itt is dolgozom, így ez a település határozza meg a család mindennapjait. Továbbá a kerületi önkormányzatnál dolgozom huszonhárom éve, így elég jó rálátásom van a Hegyvidék életére, számos projektjére és valamelyest lakosságára. Ezen tényezők motiváltak arra, hogy a kerület klímaadaptációját vegyem fókusz alá és megpróbáljam megkeresni a válaszokat az alábbi kérdésekre:

- vajon a települési alkalmazkodást befolyásoló tényezők vizsgálatához rendelkezésre állnak-e a megfelelő adat és információbázisok?
- mely települési alkalmazkodási megoldások lehetnek a leginkább hatásosak és eredményesek.
- milyen lehetőségei vannak egy kerületi önkormányzatnak a helyi alkalmazkodási potenciál erősítésére?

1.1 Klímaváltozás és a városok kapcsolata

Az éghajlatváltozás és a városok kapcsolata központi téma napjainkban, hiszen a városok nagyban érintettek az éghajlati változások hatásterületeiként és azok hatásainak kezelésében egyaránt. Az éghajlatváltozás gyakran a városokban mutatkozik meg legmarkánsabban, és komoly kihívásokat jelent az ott lakók, valamint az infrastruktúra számára.

Éppen ezért rendkívül fontos az emberiség városi lakosságának aránya. Az urbanizáció mértéke meghatározza, hogy mennyi ember van kitéve a városok sajátos környezeti és egészségügyi kockázatainak. Mivel a városokban élők nagyobb valószínűséggel találkoznak extrém hőmérséklettel, légszennyezéssel és árvizekkel, ezért az urbanizáció mértéke alapvető fontosságú az éghajlatváltozás hatásainak megértéséhez és azokra való reagáláshoz. Ennek megfelelően az emberiség városi aránya egyfajta mutató lehet arra

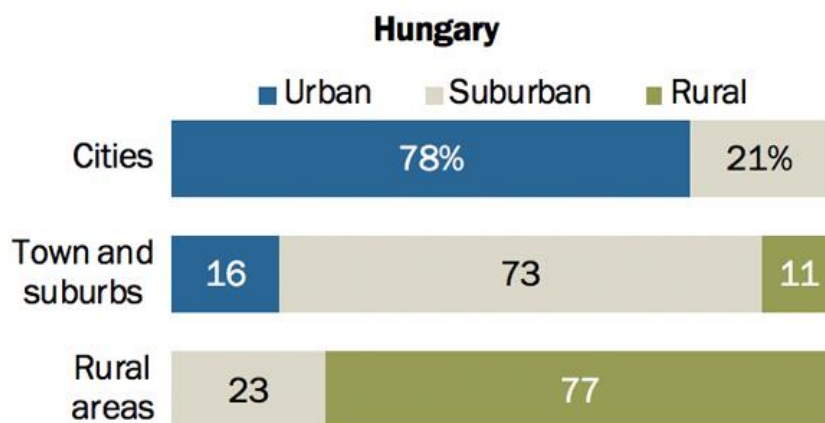
vonatkozóan, hogy mennyire kiemelt figyelmet kell fordítani az éghajlatváltozás elleni küzdelemre és a városi klímaadaptációra.

A városok évszázadok óta a fejlődés legfontosabb színterei, hiszen a vidéki területeknél fejlettebb infrastruktúrával, kulturális, oktatási, egészségügyi tudományos és gazdasági szektoraival vonzzák a lakosságot, akik ezért a vidéki életmódot gyakran váltják városira.

Az Eurostat 2016-os adatai alapján (Eurostat-1, 2016) az Európai Unió lakosságának 75%-a városi és városkörnyéki területeken él, amely arány várhatóan tovább fog növekedni az elkövetkező időszakban.

A Pew Research Center 2018 tavaszán végzett felmérést (Alexandra Castill és társai, 2019) négy európai országban – Görögországban, Magyarországon, Olaszországban és Lengyelországban –, ahol arra kérte az embereket, hogy próbálják beazonosítani, hogy milyen közösségben élnek. Kiemelten a városiasodás mértékére voltak kíváncsiak, miszerint az emberek milyen kategóriába sorolják magukat az urbanizáció fokán. A felmérés „önbevallás” formájában történt, azonban adtak segítséget, hogy mely kategóriák közül választhatnak (pl.: városi, külvárosi, vidéki) és azok mit jelentenek.

Összességében a felmérésben 4103 válaszadó vett részt és Magyarország tekintetében az alábbi 1. ábrán látható az egyik összegzés.



1. ábra Önbevallás Magyarországon az urbanizáció mértékéről
Forrás: Spring 2018 Global Attitudes Survey

1.2 Települési klímaadaptáció fontossága és jelentősége

A települési klímaadaptáció kiemelt jelentőséggel bír az éghajlatváltozás elleni küzdelemben és a városok fenntarthatóságának biztosításában. Azzal együtt, hogy mindent meg kell tenni az egyes települések esetén a mitigáció terén, de a mainál sokkal nagyobb hangsúlyt kell, hogy kapjon az adaptáció, az alkalmazkodás, hiszen a települési klímaadaptáció kulcsfontosságú a városok sebezhetőségének csökkentésében és az ott élő lakosság védelmében. A jól megtervezett és következetesen végrehajtott alkalmazkodási intézkedések hozzájárulhatnak az egészségesebb városi környezet kialakításához, növelhetik az infrastruktúra ellenálló képességét, vagy éppen csökkenthetik a városokat érintő természeti katasztrófák gazdasági hatásait.

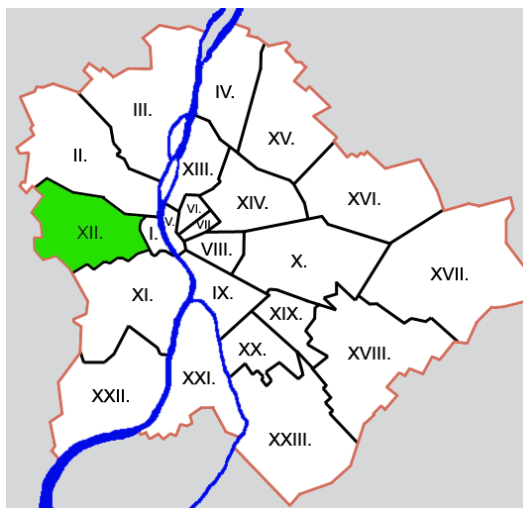
Összességében a települési klímaadaptáció elengedhetetlen az éghajlatváltozás kihívásainak kezelésében és a városok fenntarthatóságának biztosításában. Ezért kiemelt figyelmet és erőforrásokat kell fordítani a városi klímaadaptációs intézkedések kidolgozására és végrehajtására a jövőben.

2 BUDAPEST XII. KERÜLET BEMUTATÁSA

A főváros budai oldalának meghatározó része, ugyanakkor kialakulása szempontjából az egyik legfiatalabb kerülete. Kelet - nyugati irányban teljes metszetét adja a budai oldal természeti, történeti és urbanisztikai szerkezetének. A Déli pályaudvartól indulva az Alkotás utca és Németvölgyi út nagyvárosias beépítésein, a budai hegyoldal villanegyedein, az egykori sváb falun át Csillebérc és a Normafa védett erdeivel bezáróan megtalálható minden jellemző budai települési forma és beépítési karakter.

A település jelentős részeit erdő borítja, amelynek köszönhetően a középkorban az uralkodók közkedvelt vadászterületévé vált: itt alapította meg Mátyás király híres vadsparkját. Az erdővel borított területek ma pedig sokak kedvelt kirándulóhelyévé váltak.

A kerület, mint közigazgatási egység 1940. július 1-én kezdte meg a működését, és bár azóta fokozatosan beépült, még mindig a főváros legzöldebb kerületének számít, és a legszebb fővárosi kirándulóhelyekkel várja a kikapcsolódni vágyókat. Az egyik legkedveltebb kirándulóhely a Normafa is itt található, amely a városban egyedülálló természeti érték, a Budai Tájvédelmi Körzet része.



2. ábra Budapesti kerületek térkép
Forrás: wikipédia-1

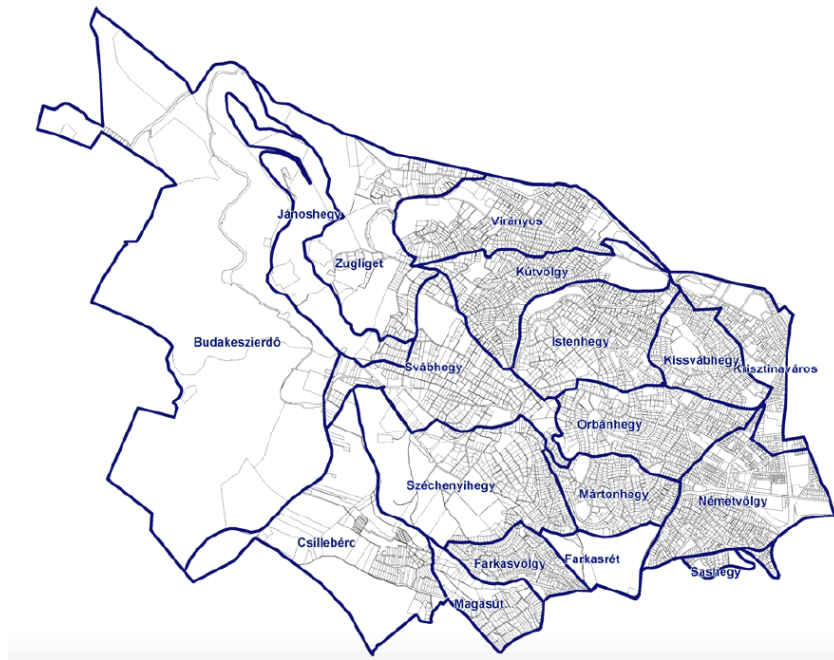
A főváros legmagasabb pontján, a János-hegyen található az Erzsébet kilátó, amelynek kiemelt helyzetét az is jelzi, hogy a kerület logójában és címérében is helyet kapott.



3. ábra Önkormányzat címere és logója
Forrás: Budapest XII. kerület Hegyvidéki Önkormányzat

A kerület tradicionálisan 18 db városrészből áll, amelyek sok esetben eltérő történelemmel, indentitással, társadalommal, természeti és épített környezettel rendelkezik. A nyugati területen elhelyezkedő Budakeszi erdő és Jánoshegy városrészek adják a kerületi erdőállomány zömét, hozzávetőlegesen 8-10 km²-t.

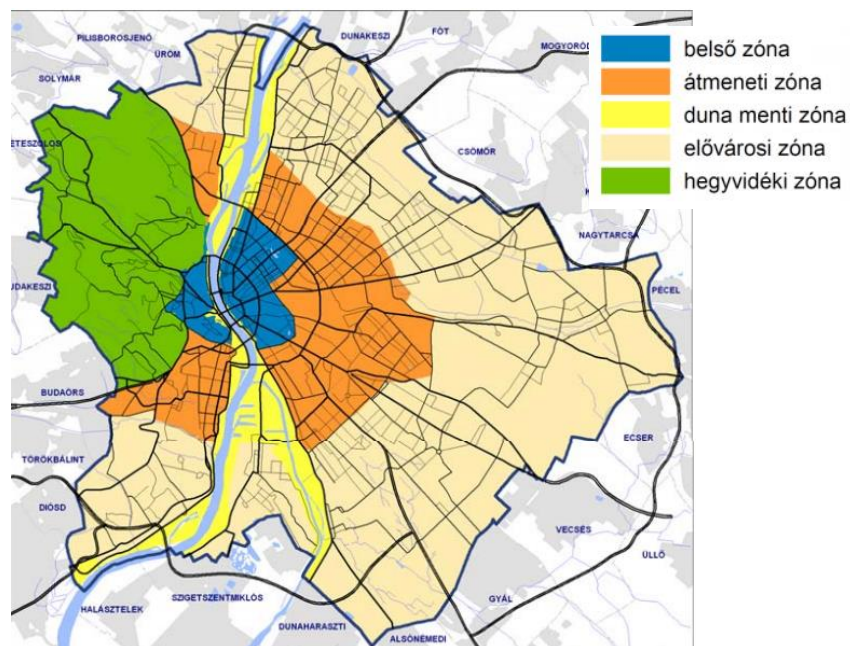
A XII. kerület területe 26,67 km², lakossága közel 58.000 fő (2022-es népszámlálási adatok alapján 57.295 fő).



4. ábra Budapest XII.kerület városrészei térkép
 Forrás: Minerva Térinformatika

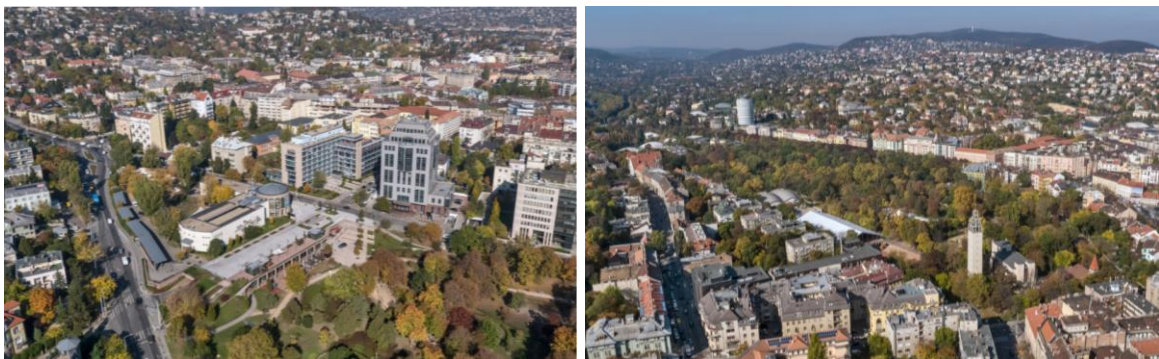
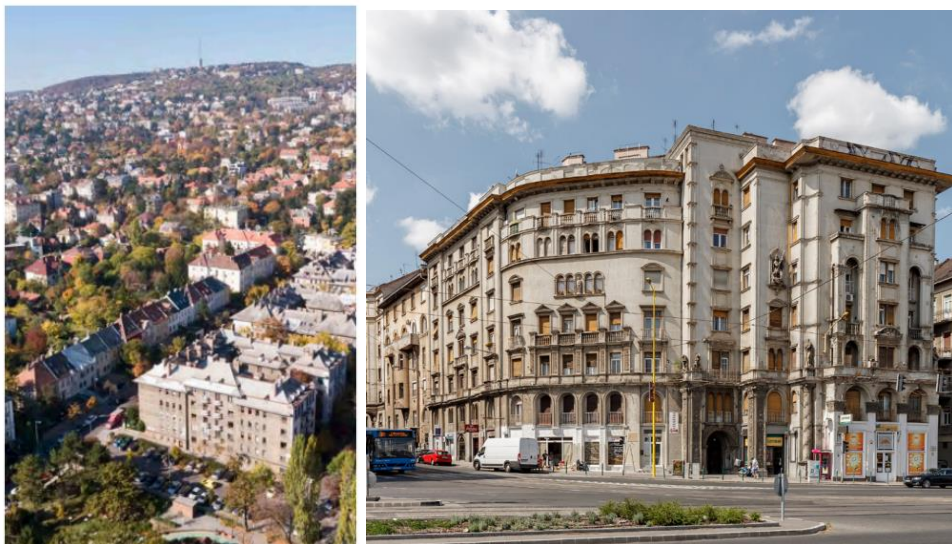
A főváros területét különböző morfológiai adottsággal, eltérő várostörténeti sajátossággal, különféle területfelhasználási és beépítési jellemzőkkel rendelkező öt eltérő zónára osztották (hegyvidéki, belső, Duna menti, átmeneti és elővárosi zóna), amelyek az általános helyzetük, szerkezeti meghatározottságuk alapján eltérő kezelést és fejlesztést igényelnek.

A fővárosi zónarendszerben a XII. kerület csaknem egésze a hegyvidéki zónában helyezkedik el, csupán a jellemzően zártos, nagy lakósűrűséggel rendelkező keleti rész tartozik a belső zónába.

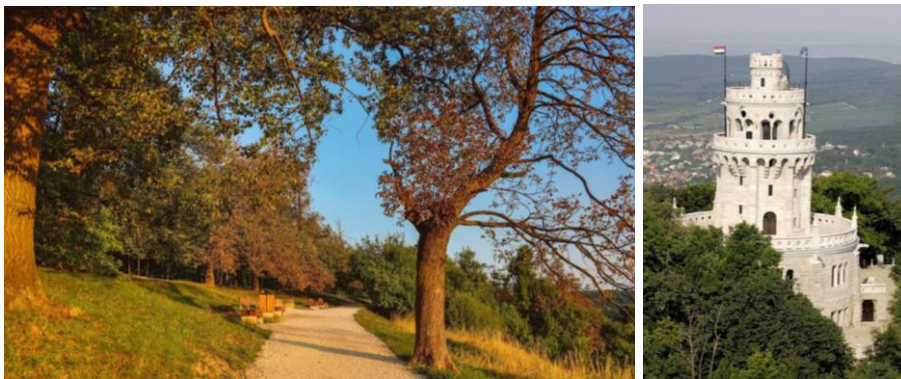


5. ábra Budapest zónarendszere
 Forrás: Budapest Főváros Településszerkezeti Terve

A terület morfológiája alapvetően meghatározta a településszerkezetet és a közlekedéshálózatot. A kerület belső szerkezeti rendszerét elsődlegesen a táji és természeti adottságok, a volt szőlőskertek telekszerkezete alakította. Kivételt képez ez alól a Krisztinaváros és a Városmajor területe, amelyek a belső, városias területek terjeszkedésének eredményeként jöttek létre. A kerület e keleti zónája zárt-térfalas nagyvárosi struktúrájú, a többi területre dominánsan a domborzatot követő, lágy vonalvezetésű útvonalak és a kertes, lazább beépítés a jellemző. A Hegyvidéknek ez a sokszínűsége legjobban a sűrűségben domborodik ki; amíg a városmajori és a krisztinavárosi területekre a zárt sorú, városi struktúrájú, 4-8 szintes települési szövet a jellemző, a Kissvábhegy, Istenhegy, Németvölgy lazább átmeneti zónát képviselnek a szabadon álló beépítésű telkeken megvalósuló, helyenként 4-5 szintes nagy villákkal, társasházakkal. A Kút völgy, Virányos, Sashegy 1-2 szintes családi villái azonban még az egykori szőlőhegyi kertek struktúráját tükrözik, a Csillebérci területek révén pedig a földszintes üdülőházas telepek is jelen vannak.



6. ábra Látképek a XII. kerületről-1
Forrás: Hegyvidék Településképi Arculati Kézikönyv

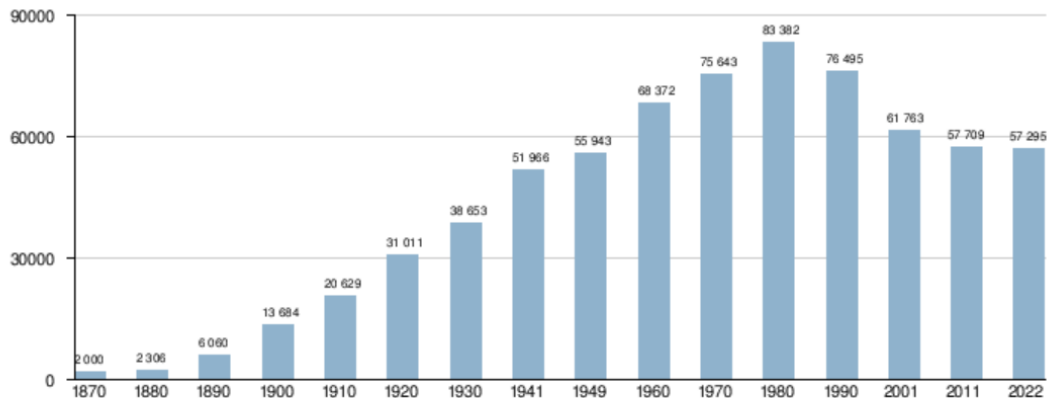


7. ábra Látképek a XII. kerületről-2
Forrás: Hegyvidék Településképi Arculati Kézikönyv

2.1 Társadalmi helyzetkép

Fővárosban a XII. kerület az alacsony – átlagos népsűrűségű kerületek közé tartozik, amelynek a hegyvidéki részek alacsony sűrűségű beépítettsége mellett, a nagy területű zöldfelületek a fő okai. A kerület nagyobb arányú benépesedése az I. világháború után történt, az alsó részein bérlakásokkal, míg felsőbb részein villákkal, családi házakkal; a szocialista időszak iparosított lakásépítései jobbra elkerülték, ekkor inkább társasházak építése jellemezte a kerületet néhány kisebb méretű lakótelepszerű beruházás mellett. A rendszerváltás óta nagyobb mérvű lakásépítés nem volt a kerületben, amely trendet talán a jelenleg elindult társasház, lakópark építések fogják megtörni.

Fentieknek megfelelően a kerület népessége egyenletesen növekedett a nyolcvanas évek közepén vett csúcsig, több mint 83 ezer lakóig, amely a fővárosi folyamatokkal párhuzamosan, de annál drasztikusabb mértékben csökkent 2006-ig, kicsivel több mint 56 ezer főre, és azóta némi növekedés után 57 ezer fő környékén stabilizálódott.

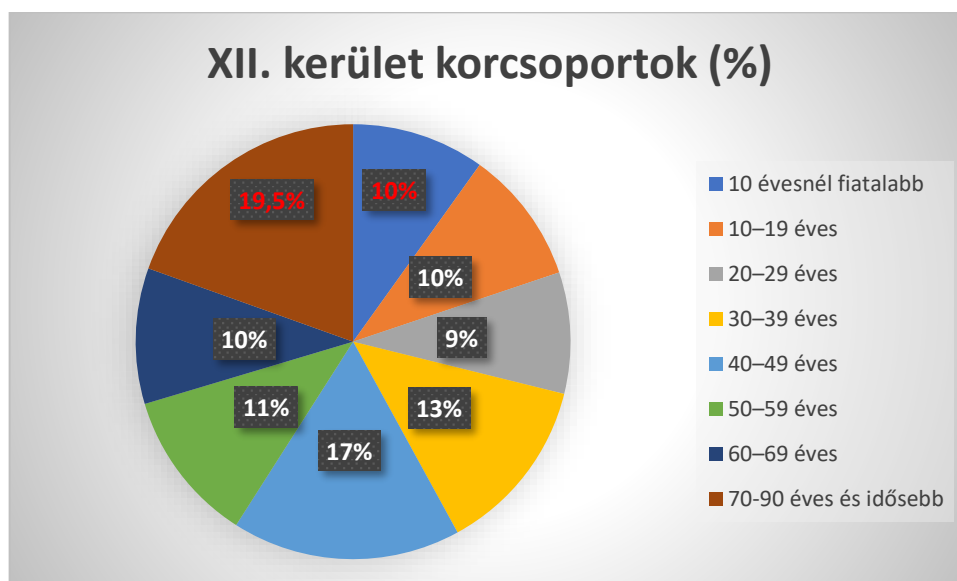


XII. kerület lakosságának alakulása (fő)

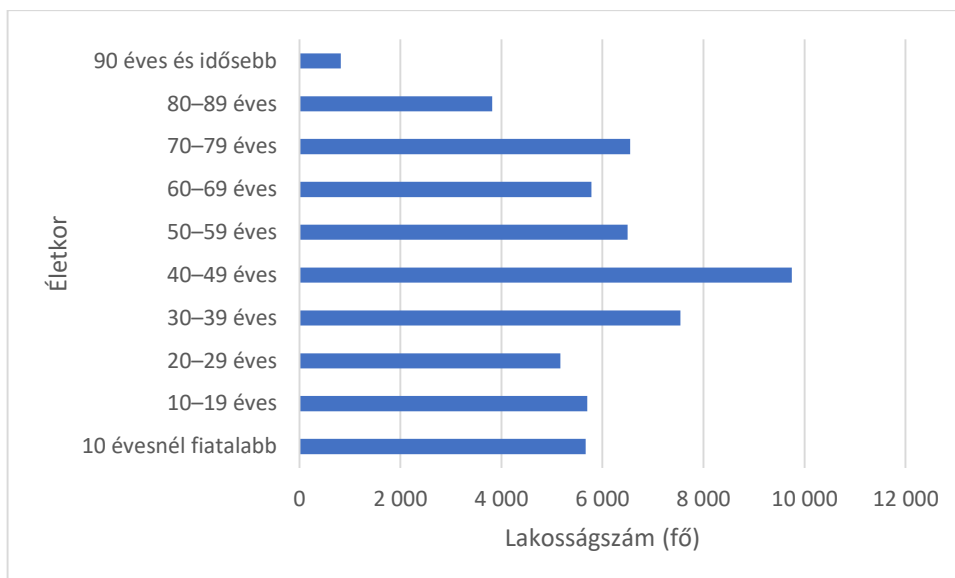
8. ábra XII. kerület lakosságszáma
Forrás: wikipédia-2

A XII. kerületben egyszerre kiemelkedően magas a halálozások és az elveszületések száma, azaz egyszerre van jelen a lakosság növekvő várható életkorából fakadó előregedés és a fiatal, tehetős, kisgyermekes családok jelenlétéből, illetve beáramlásából fakadó fiatalodás, köszönhetően a javuló életkilátásoknak és a dzsentifikációnak, amely egyszerre teszi a kerületet hasonlatossá a szuburbokhoz a magas gyerek számmal, és a belső városrészekhez az idősök magas arányával. Az idősök és a gyermekek egyszerre növekvő számából fakadóan kettős kihívás elé állítja a kerületi ellátórendszert, a városfejlesztést és a klímaalkalmazkodást egyaránt.

A legfrissebb 2022-es KSH adatok alapján a kerület népességének közel 10 %-a (9,89%) 10 évnél fiatalabb, míg 19,5 %-a 70 évnél idősebb (822 fő 90 évnél is idősebb).



9. ábra XII. kerület korcsoportok (%)
Forrás: szerző saját szerkesztése (KSH 2022-es adataiból)



10. ábra XII. kerület korcsoportok (fő)
 Forrás: szerző saját szerkesztése (KSH 2022-es adataiból)

2.2 Természeti környezet

A kerületben egyedülállóan magas a zöldfelület, azon belül is az erdőterület aránya. Egy 2021-es cikk szerint (Csapó Tamás és Baranyai Gábor, 2021) a legnagyobb erdősültségű kerület a XII., ahol 40,7% az erdőterületek aránya.

Egy 2023-as vizsgálat szerint Budapest kerületei közül a XII. kerületben van a legmagasabb zöldfelületi arány 75,2% (Csóka Gergely, 2023).



11. ábra XII. kerület domborzata, szintvonalas térképe
 Forrás: Minerva Térinformatikai

A kerület legalacsonyabb része a Városmajorban található (125 mBf), míg a legmagasabb pontja a Jánoshegyen (527 mBf), így a két terület között 402 méter szintkülönbség van.

A kiemelkedően magas zöldfelületi arány, párosulva a kerület morfológiájával azt eredményezi, hogy a növényzettel fedett budai hegyvidék rendkívül módon dominál a kerület településképében. A kerületben a nagy zöldfelületi elemek elhelyezkedése részben tömb- (erdők), részben mozaikszerű (városi parkok és nagy zöldfelülettel rendelkező intézmények és különleges területek).

Ezen területek mellett a településkép szempontjából mindenképpen megemlítendő a közterületi fasorok hálózata, amely szintén jelentős karakterformáló tényező és jelentősen képes befolyásolni a beépített területeken a hőszigetek kialakulását, vagyis közvetlenül hozzájárul a közterületet használók komfortérzetéhez, a terület élhetőségéhez.



12. ábra Közterületi fasorok, parkok
Forrás: Hegyvidék Településképi Arculati Kézikönyv

2.3 Épített környezet

A mai XII. kerület nagy részét szinte a XVIII. század végéig csak erdőként, legelőként, rétként, szőlőként és szántóként hasznosították. A távolabbi, erdős területek nagy része – adományozás révén – a budai polgárok kezébe került az 1700-as években. Valószínűsíthető, hogy a század második feléig nem állt lakóépület a vidéken.

A forgalmasabb hegyi utak mentén, elsősorban az átutazó kereskedők kiszolgálására, de már az időnként ide kiránduló budai polgárok ellátására, megépültek a hegyvidék első fogadói, kocsmái. 1840 előtt többnyire csak azok laktak a hegyvidéken, akiket a foglalkozása idekötött. 1840 után kezdődött átalakulása nyaralóhellyé. A vidéket felfedezte a városi polgárság és kiránduló, nyaralóhelyként kezdték használni. A XIX. században elkezdődtek a villaépítkezések, megjelentek – sorrendben – klasszicista, romantikus, svájci

típusú villák, amelyek harmonikusan illeszkedtek a tájba, gondosan kialakított közvetlen környezettel. A villák megjelenésével megindult a mezőgazdaság lassú kiszorulása a hegyvidékről.

A hegyvidék – elsősorban a Svábhegy – beépülését jellemzően a Fogaskerekű Vasút 1874-es megnyitásának köszönheti.

A nagyobb arányú építkezések ellenére az első világháború végén – a városhoz közelebb eső részek kivételével – a hegyvidék még csak szórványosan épült be. Nagyobb arányú beépülésének jelentős akadálya volt a közlekedés és a víz hiánya. Eleinte a vagyonos családok nagytelkes nyaralói a völgyekben, általában nagy park közepén épültek. A nagyobb méretű családi házas, társasházias építkezés az 1930-as években kezdődött. (Rózsavölgy, Pasarét, Németvölgy, Farkasrét). Ezáltal a nyaralóövezet kijebb szorult, nyaralók, szállodák, szanatóriumok a Csillebérc környékén, a Svábhegyen és a Széchenyi-hegyen kezdtek épülni. A Hegyvidéken az 1950-es évektől kezdődően a villákat többlakásos társasházakká alakították át, sok esetben figyelmen kívül hagyva a műemléki jelleget és a tájkarakterben betöltött szerepét. Az 1960-as, 70-es években a Hegyvidéken volt a legnagyobb a magánépítkezés. A nagy telkek tovább aprózódtak, a beépítési sűrűség nőtt.

2.3.1 Épített örökség

A kerület területén sok a különböző védettségű és a védelemre tervezett épület, építmény. A védett épületek, építmények, emlékhelyek, különböző szintű védettség alatt állnak: országos (műemlék), helyi (fővárosi) és helyi (kerületi) szint.

Műemlékek, műemlékegyüttesek

A Hegyvidék legjelentősebb, legértékesebb megmaradt emlékei műemléki védelem alatt állnak. A XII. kerületben található mintegy 95 műemléki védettség alatt álló épület és építmény, jelentős része a hegyvidéki részeken a XIX. és XX. században épült villák, valamint a városiasabb alsó részen a két világháború között emelt épületek és emlékek.

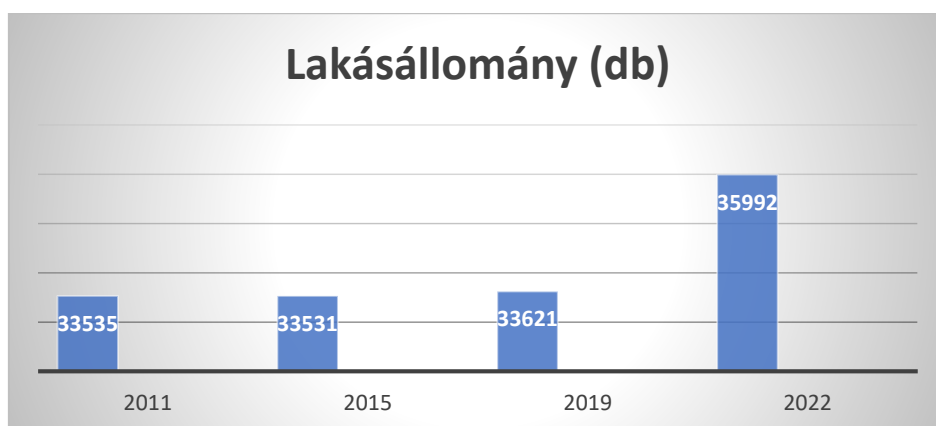
Helyi védelem: Fővárosi és kerületi védelem

A Hegyvidéken 77 épület és 3 épületegyüttes élvez fővárosi szintű helyi védettséget, míg kerületi szintű helyi védettségben 277 objektum részesült.

Ez a közel 450 épített és védett érték fővárosi viszonylatban is jelentősnek mondható (összehasonlítás képpen a XVIII. kerületben egyetlen műemlék található). Ez az örökség azonban fontos szempont a klímaadaptáció területén is, hiszen az egyre gyakoribb időjárási anomáliák jelentősen befolyásolhatják az épületek állagát, állékonyságát.

2.3.2 Lakásállomány

A XII. kerületben – domborzati és természeti viszonyainak köszönhetően – jellemzően lakóépületeket találunk, igen kedvelt lakóhely a fővárosban. 2011. évben a lakott lakások és üdülők együttes száma 33.535 db, 2015-ben 33.531 db, 2019-ben 33.621 volt, jelentős növekedés nem volt azonosítható, azonban a legfrissebb népszámlálási KSH adatok alapján 2022-ben már 35.992 db volt a lakásállomány száma, ami közel 6,5 %-os növekedést jelent.



13. ábra XII. kerület lakásállománya (db)
Forrás: szerző saját szerkesztése

A kerületben az új lakások építésének aránya alacsonynak számít a Budapesttel és közeli nagyvárosokkal való összevetésben. A kerület patinás, de előregedő lakásállománnyal rendelkezik, amely – új és használt lakások esetében is – a legdrágábbak közé tartozik a fővárosban. A keleti, sűrűn beépült részek ingatlanállományának jellege és árai alacsonyabbak és leginkább a belvárosi helyzethez hasonlíthatók. Az utóbbi időben azonban elsősorban MOM Park – Böszörményi út déli részének környékén az ingatlanok árai tekintetében jelentős felértékelődés tapasztalható, a korábbi, kerület átlagához viszonyított 85%-os szintről a közel 100%-os szintre. Kisebb mérvű, de jelentős felértékelődés történt a Maros utca környékén, a 80%-os szintről a 90%-os szintre.

Ezen kívül a közelmúltban elindult új lakásépítés változtathat némileg a kialakult állapotot, ugyanis a több tíz éve üresen álló régi egészségügyi intézmények (jellemzően

szanatóriumok) helyén új társasházak, lakóparkok fejlesztései kezdődtek meg, amelyek csökkenthetik az előregedő lakások arányát. Természetesen ezen fejlesztéseknek számos más következményei is várhatók, amelyek szintén befolyásolhatják a kerület vagy a településrész sérülékenységét, klímaalkalmazkodását.

2.3.3 Infrastruktúra

A kerületi közművek tekintetében alapvetően kijelenthető, hogy biztosított a teljes közművesítettség.

Az ivóvíz ellátását a Szentendrei szigeten létesült fő vízbázis biztosítja, ahonnan a Duna alatt létesített csővezetéken keresztül jut el Budapestre, majd nagytérű főnyomó vezetéken a kerületbe. A korábbiakban a kiépített rendszer jól működött, azonban a 2022. évi aszályos időszakban – a Fővárosi Vízművek tájékoztatása szerint – jelentősen megnőtt annak a veszélye, hogy időszakos korlátozásokat kelljen bevezetni. Szerencsére erre nem került sor, de a rendszer a korlátainak határait súrolta.

A másik érdekes tendencia, ami befolyásolhatja a vízellátást, az az öntözés. Brandstätter Gábor – Fővárosi Vízművek fejlesztési, fenntarthatósági és innovációs igazgatója – tájékoztatása szerint az utóbbi öt évben kimutathatóan nőtt az öntözéssel kapcsolatos vízfogyasztás. A XII. kerület esetében a domborzati adottságok miatt magasra kell feljuttatni az ivóvizet, amely az igazgató szerint, az energiaárak emelkedése miatt jelentős anyagi többlet kiadást jelent a cégnek.

1. táblázat: Locsolásra felhasznált vízmennyiség

	Locsolásra felhasznált (m3)
2018	2 824 393
2019	2 856 650
2020	3 274 596
2021	3 374 093
2022	3 856 128
Növekedés 5 év alatt	+37%

Forrás: Csapadékvíz kezelés a Fővárosi Vízművek szemszögéből c. előadás adatiból a szerző saját szerkesztése

A kerület csatornahálózata jól kiépített, a kisebb utcákban a csatornahálózat csak az elmúlt 25-30 évben épült ki, ezt megelőzően a lakásépítés érdekében elég sok helyen magáncsatorna-hálózattal, és szolgalmi jogos átvezetésekkel oldották meg a

szennyvízelvezetést, így jelentős térségek vannak, ahol a vízelvezetés csak magáncsatornaként épült ki.

Bár a szennyvíz zárt csatornahálózaton való elvezetése megvalósult, a felszíni vizeket a \emptyset 30, \emptyset 40-es csatornák nagy intenzitású esőknél nem tudják minden esetben elvezetni, meredek, nagy esésű utcáknál a csapadékvíz a teljes út keresztmetszében folyik le, előntve a mélyebben fekvő lefolyástalan területeket. A vízgyűjtőterületen belül jelentős utcaszakaszok vannak, ahol a magán és szolgalmi jogos megoldásokkal a szennyvízelvezetés megoldódott, és felszíni vízelvezetés miatt nem épült ki a csatornahálózat.

A kerületben többnyire egyesített rendszerű csatornahálózat üzemel, tehát a szennyvíz és a csapadékvíz ugyanazon csőhálózaton kerül elvezetésre. A vizek a budai főgyűjtőn keresztül a Csepeli szennyvíztisztítóba kerülnek, amelyből már tisztítás után jutnak a végbefogadó Dunába. Kivételt képeznek a jelentős, heves esőzésekkel érintett napok, hetek, amikor nem tudja kezelni a rendszer a hirtelen lezúduló csapadékmennyiséget.

A felszíni nyílt vízelvezető rendszer mára már jelentősen hiányos, ugyanis a korábbi számos nyílt árkot, kis vízfolyás medrét az évtizedek alatt a mindenkori Önkormányzat értékesítette, a szomszédos lakóterületekhez csatolták őket, majd megszüntetésre kerültek, betemették azokat.

A villamosenergia-ellátás szempontjából a kerület beépített része a 10 kV-os hálózattal ellátott, sőt a közelmúltban történt fejlesztéseknek köszönhetően a kiépült hálózat jelentős tartalékkapacitásokkal rendelkezik. Budapesti szinten a KSH adatai szerint az utóbbi két évtizedben alábbi háztartási fogyasztások voltak, amelyek közel azonosak, mint az országos átlag.



14. ábra Budapest villamosenergia fogyasztási adatai
Forrás: szerző saját szerkesztése

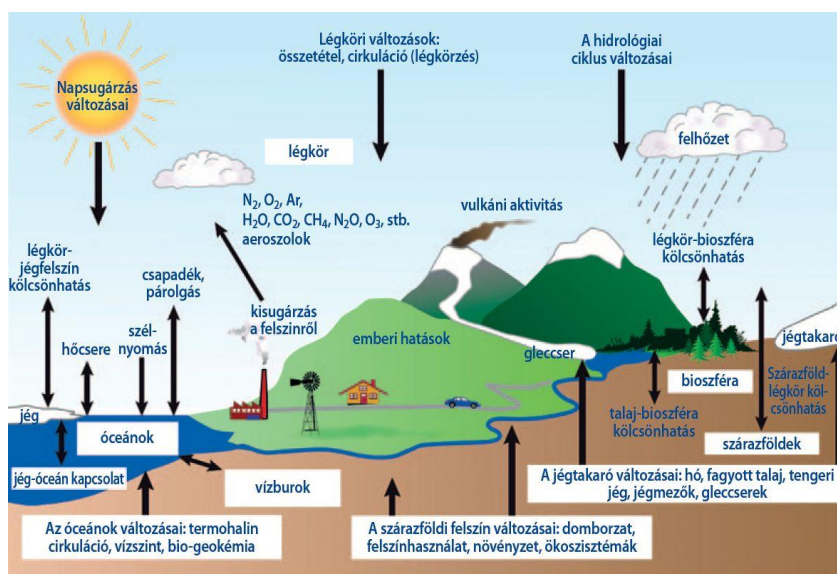
A terület gázellátását a MVM FŐGÁZ Földgázhálózati Kft. nagy- közepnyomású gázhálózata biztosítja. A gázfogyasztók 95,7%-a a gázszolgáltatást fűtésre használja. Ha a 100 lakásra jutó háztartási gázfogyasztók számát tekintjük, megállapítható, hogy a fővárosi tendenciával összhangban 2006-2010. évek óta enyhe csökkenés mutatkozik, azonban 2016. évek óta mintha újra kismértékben emelkednének a fogyasztási adatok.

A hegyvidéki villamosenergia felhasználás 42%-kal, míg a földgáz felhasználás 41%-al részesedett 2015-ben a terület energiafelhasználásból eredő CO₂ kibocsátásból.

3 ÉGHAJLAT, ÉGHAJLATI HATÁSOK

3.1 Budapest éghajlata

Az éghajlati rendszer a légkör, a felszín és a felszín alatti vizek, a szárazföld, a hó- és jégtakaró és az élővilág kölcsönható együttese (15. ábra). Működését alapvetően a Nap sugárzása szabályozza, illetve ennek a légkörön való áthaladása és a földrajzi eloszlása. (HungaroMet)



15. ábra: Az éghajlati rendszer elemei és legfontosabb kölcsönhatásai
Forrás: HungaroMet

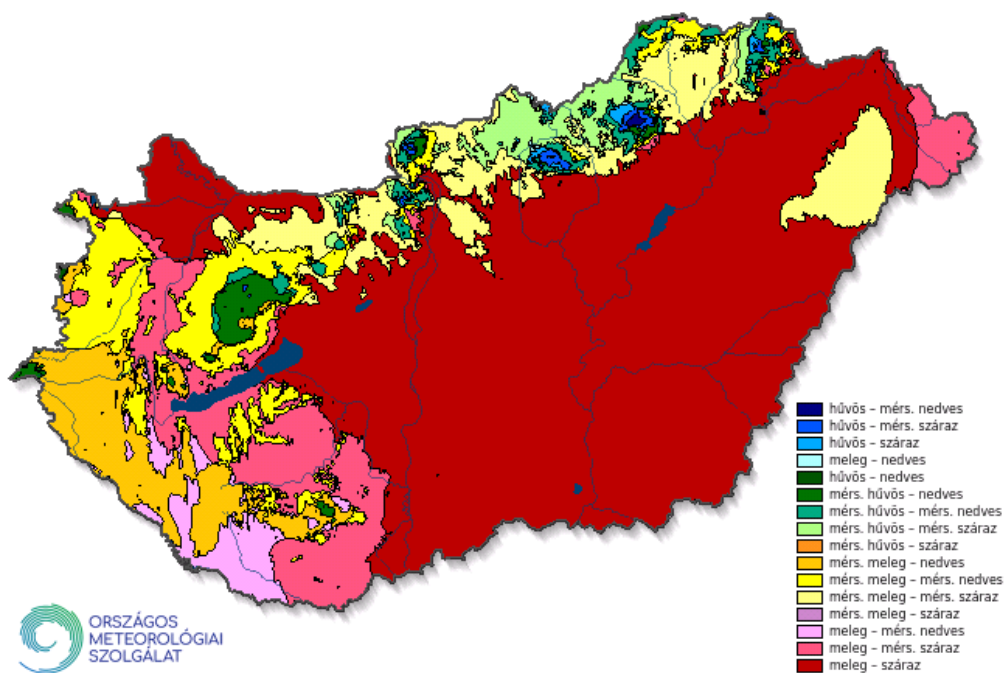
Magyarország nagyjából félúton az Egyenlítő és az Északi-sark között, a szoláris éghajlati felosztás szerint a mérsékelt övben fekszik. Éghajlata nagyon változékony, melynek egyik fő oka, hogy éghajlatunkra a kiegyenlítettebb hőmérsékletjárású, nagy nedvességtartalmú óceáni légtömegek, a szélsőséges hőmérsékletjárású, alapvetően száraz kontinentális, illetve a Földközi-tenger irányából érkező enyhe, nagy nedvességtartalmú légtömegek egyaránt hatással vannak. A nyári félévben a hozzánk érkező légtömegek 60-70%-ában tengeri eredetűek, hideg teleken inkább a szárazföldi eredetű légtömegek vannak

túlsúlyban. A meteorológiai elemek területi eloszlásában megfigyelhető ÉNy-DK-i irányítottság az Atlanti-óceán, a DNy-ÉK-i pedig a Földközi-tenger hatását mutatja. Noha hazánk viszonylag kis területű, és nincsenek jelentős domborzati különbségek, a Kárpátok vonulatai és a környező hegységek hatásai hazánk területén is érvényesülnek, amely az éghajlati elemek területi eloszlásán is megfigyelhető. Az ország a nyugati szelek övében található, elhelyezkedéséből adódóan – az Alpok és a Kárpátok vonulataitól körülölelve – az uralkodó szélirány az északnyugati.

Magyarországot a Köppen féle éghajlati felosztás szerint a Cfa – meleg-mérsékelt éghajlati öv, egyenletes csapadékeloszlású és forró nyarú éghajlattípusba soroljuk. Ezek a globális rendszerezésre szolgáló éghajlati felosztások azonban nem alkalmasak hazánk egyes tájai közti éghajlati különbségek érzékeltetésére, szemléltetésére, ezért Péczely György kidolgozott egy Magyarországra érvényes módszert, amely a vegetációs időszak átlagos hőmérséklete és az ariditási index alapján kategorizálja tájaink hő- és vízellátottságát. Az éghajlati körzetek a két feltétel kategóriáinak kombinációjaként állnak elő.

Budapest a Péczely-féle osztályozás szerint jellemzően a mérsékelt meleg-száraz éghajlati körzetbe tartozik.

Magyarország éghajlati körzetei (1991-2020)



16. ábra: Magyarország éghajlati körzetei 1991- 2020 időszakban Péczely osztályozása alapján
 Forrás: HungaroMet

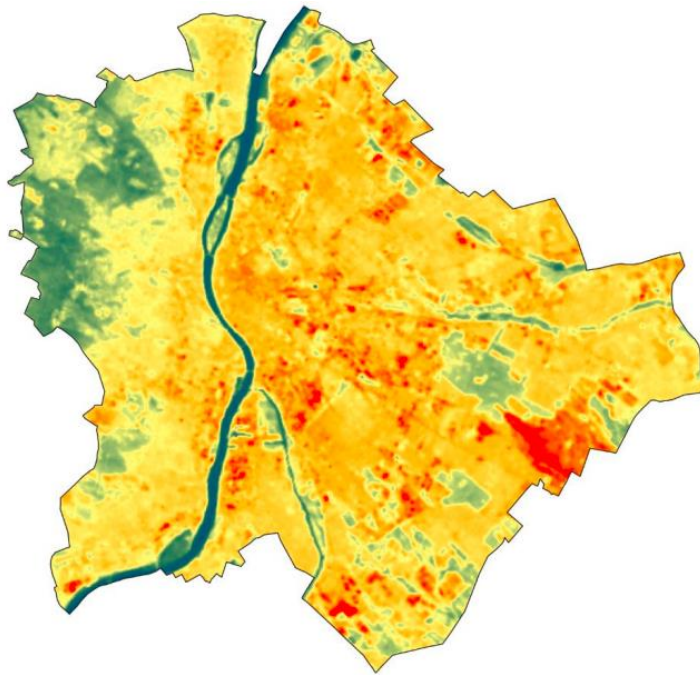
Budapest több nagytáját is érint, úgymint az alföld, az északi-középhegység és a dunántúli-középhegység. Ezen tájegységeknek sok esetben jelentősen eltér az éghajlata, ezért bizonyos éghajlati jellemzőnél (pl.: középhőmérséklet vagy éves csapadék) nehezebb átlagos, a vármegye egészére jellemző adatot, értéket meghatározni.

Hőmérséklet

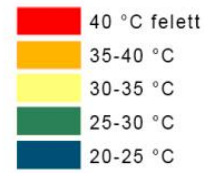
Budapest sokévi (1991-2020) átlagos havi középhőmérsékleteit tekintve (pestszentlőrinci mérések alapján) elmondható, hogy a leghidegebb hónap a január, míg a legmelegebb a július és az éves átlag érték 11,5 °C. Az évi közepes hőingás 22,5°C.

A klímaváltozás helyi hatásait tovább súlyosbítják Budapest mezoklimatikus jellemzői. Ezt alapvetően meghatározza a településszerkezet, illetve a beépítettség mértéke, mely a domborzati viszonyokhoz alkalmazkodott, ezért a budai és a pesti oldal bizonyos klimatikus jellemzői eltérőek. A főváros mezoklimatikus jellemzőinek egyike a hősziget-hatás. A sűrűn beépített területek hőmérséklete műholdas felvételek alapján nyáron akár 7 °C-kal magasabb, mint a környező zöldövezeti területeké. A burkolatok nagy aránya és sötét színe miatt, e felületek kisugárzó hatása és a kisugárzás ideje nagyobb, valamint a lehulló csapadék gyorsan elvezetődik, így annak hűtő hatása sem érvényesül. A hőhullámok hatására egészségügyi problémák jelentkeznek és nő a halálesetek száma.

A budapesti hősziget jelentőségét jól illusztrálja a 17. és a 18. ábra, amely a Landsat 8 műholdfelvétel alapján mutatja a földfelszín becsült hőmérsékletét Celsius fokban, egy-egy kiragadott időpontban. Az egyik időpont 2022. június 29., zavartalan, napfényes időszakban, amikor a léghőmérséklet szélsőségesen meleg volt és harmadfokú hőségriasztás volt érvényben. Budapest hőtérképén kirajzolódnak a magas növényborítottsággal rendelkező területek, ahol a felszínhőmérséklet alacsony. Az erdős területeken alacsonyabb volt a hőmérséklet (25-30 °C), míg a belvárosban, a jellemzően burkolt területeken 35-40 °C volt a mérvadó, de volt, ahol 40-45 °C fölé is emelkedett a felszínhőmérséklet.

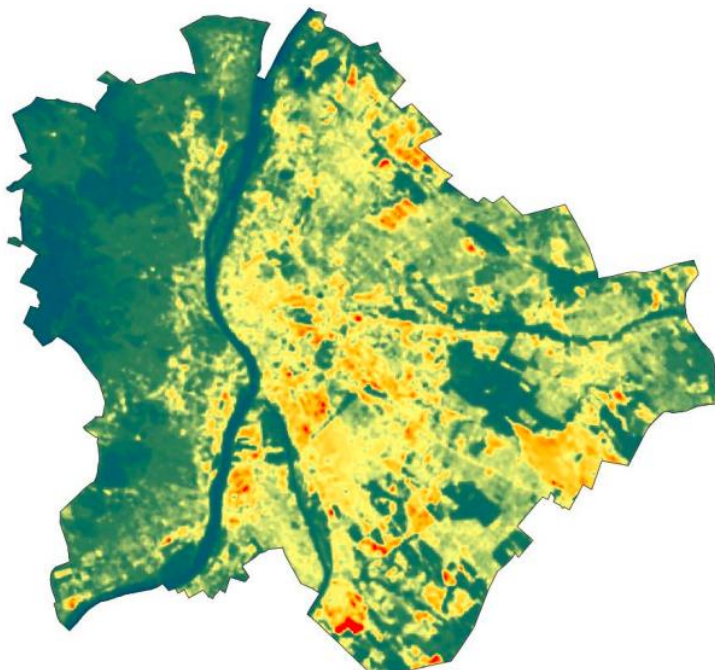


7. ábra: Budapest felszínhőmérséklete egy harmadfokú hőségriasztási napon, 2022. június 29-én (Forrás: Sentinel Hub EO Browser¹)

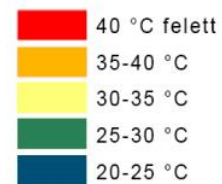


17. ábra Budapest felszínhőmérséklete 2022. június 29-én
Forrás: Budapest Környezeti Állapotértékelése (2023)

A másik időpont az előzőtől eltérően egy átlagos nyári nap felszínhőmérsékletét mutatja amikor jól látható, hogy a felszínhőmérséklet jellemzően alacsonyabb. Az erdős területeken akár 20 -25 °C körül is lehet és jellemzően a belvárosban sem haladja meg a 35 °C-ot, de a legmagasabb felszínhőmérsékletű területek ekkor is elérik a 40 °C-ot.



8. ábra: Budapest felszínhőmérséklete egy átlagos nyári napon, 2021. június 26-án (Forrás: Sentinel Hub EO Browser²)



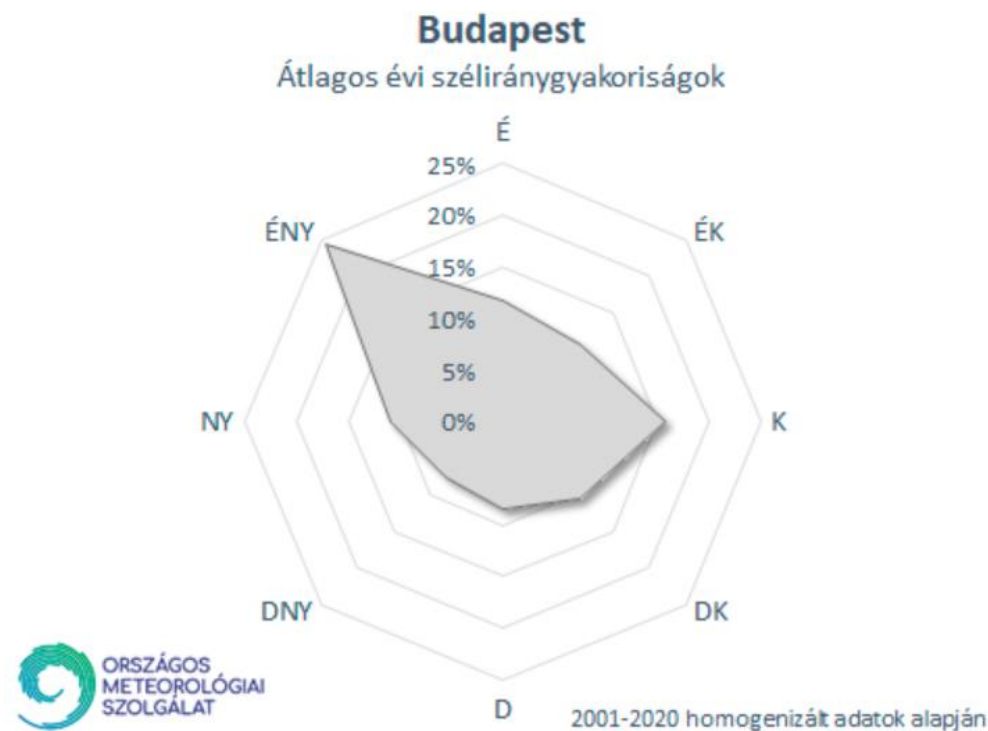
18. ábra Budapest felszínhőmérséklete 2021. június 26-án
Forrás: Budapest Környezeti Állapotértékelése (2023)

Szélviszonyok

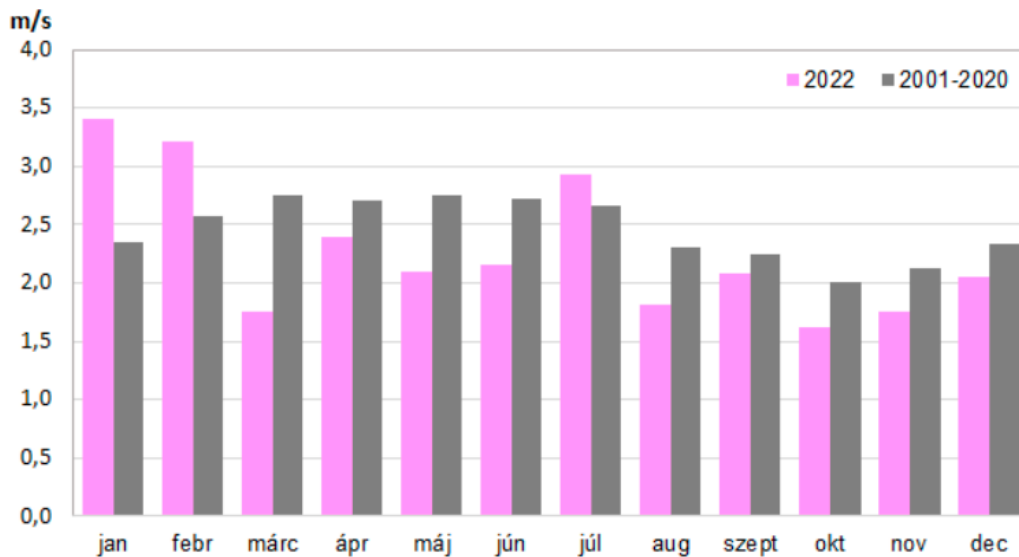
A főváros klímájában a helyi szélviszonyoknak is nagy szerepe van. Budapesten két helyi szélrendszer van, az egyik a hőszigettel összefüggő városi cirkuláció, ami akkor figyelhető meg leginkább, amikor a belváros és a külterületek közötti hőmérsékletkülönbség számottevő. A másik a fővárosi cirkulációs rendszernek a Budai-hegységhez kapcsolódó hegy-völgyi szél. Ez nappal a völgy felől, éjszaka viszont a hegy felől fúj. Ez a helyi levegőáramlás is csak akkor érvényesül, mikor a fronthatás nem jellemző.

Az uralkodó szélirány ÉNy-i, az esetek 24%-ában fúj az uralkodó szélirány felől a szél, míg a keleti iránynak másodmaximuma van, relatív gyakorisága 15,6%. Igen magas a szélcsendes időszakok aránya, ami a hősziget jelenségek kialakulásának kedvez.

Az átlagos szélesebesség éves menetét a 19. ábra tükrözi, amelyen feltüntetésre került a legutóbbi, 2022-es év adatai annak érzékeltetésére, hogy egy-egy évben a szélesebesség alakulása a sokévi átlagtól nagyon is eltérhet.



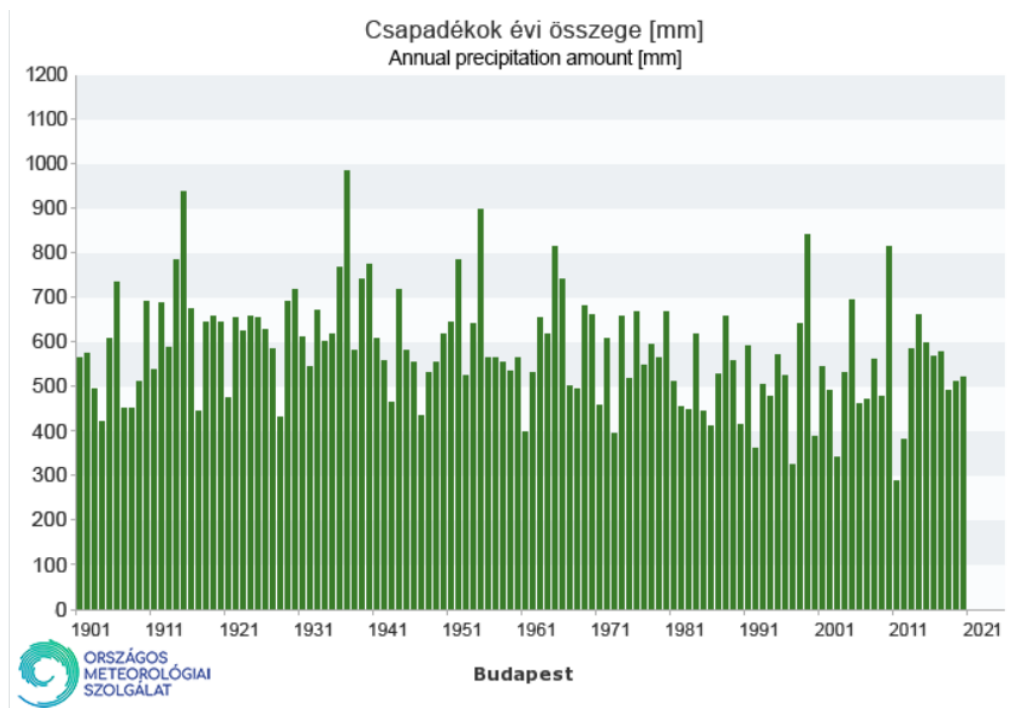
19. ábra Budapest Átlagos évi szélirányok relatív gyakoriságai (2001-2020)
Forrás: HungaroMet



20. ábra A szélesebbesség változása Budapest belterületén
 Forrás: Budapest Környezeti Állapotértékelése (2023)

Csapadékviszonyok

Csapadék Budapest átlagos évi csapadékösszege 586 mm – a legtöbb csapadék május és augusztus között hullik, míg a január és április közti időszak a legkevesbé csapadékos. A két szélsőérték között a különbség nagyjából kétszeres. A július-augusztus időszak nem tekinthető a legszárazabb időszaknak, ugyanakkor ezek a hónapok – a magas átlaghőmérsékletből fakadó nagy párolgási veszteség miatt – aszályosak is lehetnek.



21. ábra Budapest éves csapadékmennyisége (mm)
 Forrás: HungaroMet

Időjárási szélsőségek

Az időjárási szélsőségeket tekintve a nagy, 20 mm-t meghaladó csapadékhozamú napok száma enyhén növekszik, a száraz időszakok hossza és a viharos szellőkések gyakorisága pedig jelentősen megnövekedett Budapesten.

Hőségperiódusok régebben is voltak, ugyanakkor az utóbbi 25 évben rendszeresen előfordultak. A HungaroMet adatai szerint a nyári középhőmérséklet emelkedett leginkább a múlt század eleje óta, amely a hőség hullámok egyre gyakoribb előfordulásában is megmutatkozik.

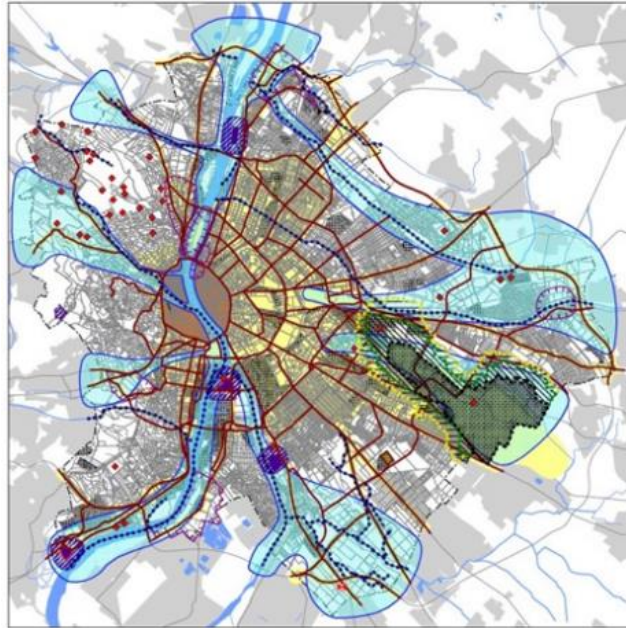
3.2 A XII. kerület éghajlata

A Hegyvidék klimatikus viszonyai kifejezetten diverz képet mutatnak, amely a kerületre jellemző beépítési módok változásának, a területhasználat heterogenitásának, illetve a mikroklimatikus jellemzők befolyásoló erejének köszönhető. Az egyes kerületrészek többféle zónába is sorolhatók: az Alkotás út – Krisztina körút menti sűrű beépítésű, magasabb épületekkel jellemezhető területek bírnak a legkedvezőtlenebb klímával; a belső kerületrészek a hegylábban felfelé haladva fokozatosan hűvösebb és kellemesebb klímával; míg a nagy kiterjedésű erdők és parkok területén hűvös szigetek alakulnak ki.

A kerületre jellemző klimatikus viszonyok alakulásában a döntő szerepet a domborzati adottságok mellett, a zöldterületek, valamint a vízfolyások és hidrodinamikai jellemzők adják.

A kerület „Budapest tüdejeként” is jellemezhető, amelyben elengedhetetlen szerepe van a hegyvidéki fekvésnek és a viszonylag alacsony átlagos beépítési sűrűségnek – kivételt képez ez alól a Krisztina krt. – Alkotás út menti zártabb beépítésű, többemeletes társasházakkal jellemezhető területet. A Normafa és környékének rehabilitációja jótékony hatással van a kellemes klíma kialakításában és hosszú távú megőrzésében, annál is inkább, mivel a jó átszellőzés biztosítása érdekében elengedhetetlen az erdőállomány megóvása.

Az extenzív zöldterületek fennmaradása és minőségi javulása a kerületen kívül élő lakosság hőkomfortját is javítja, egyrészt a XII. kerületi erdők a forró nyári napokon tömegesen vonzzák a főváros lakosságát rekreációs célból, másrészt a főváros egyik legfontosabb átszellőzési zónája.



22. ábra Város klimatológiai szempontból jelentős átszellőzési folyosói (kékkel jelölve)
Forrás: Budapest Főváros Településszerkezeti Terve

Bár az erdőállomány, valamint a zöldfelületek védelme és minőségük javítása elengedhetetlen, a hegyoldalon egyre feljebb terjedő urbanizáció mind erősebben terheli a hegylábi területeket. A növekvő veszélyeztetettség nemcsak az átszellőzés csökkenését, illetve a zöldterületek lehűtő hatását csökkenti, hanem a burkolt felületek kiterjedésének növelésén keresztül negatívan befolyásolja a kerület hidrodinamikai állapotát is.

A helyi klimatikus viszonyok kialakulásában, illetve a jövőbeni változásokhoz való adaptációban ugyancsak kiemelt szereppel bír a lefolyó vízmennyiséggel, illetve a helyben található forrásokkal való gazdálkodás. A XII. kerület hegyvidéki jellegénél fogva különösen érzékeny a hirtelen lezúduló ún. villámárvizek kezelése területén. A morfológiai sajátosságok mellett, adottság a lezúduló vízmennyiség elvezetésének gyengeségei, melyek egyrészt a folyamatosan beépülő területek, másrészt a hiányzó vagy nem megfelelően kiépített vagy éppen megszüntetett infrastruktúra eredőjeként értelmezendők. A mikroklimatikus viszonyok alakításában a helyi források vizének szabad folyása játszik szerepet, mely területen ugyancsak számos beavatkozás szükséges az ökológiailag is hatékony állapot elérésének érdekében.

A villámárvizek hirtelen lezúdulásának megakadályozása és a helyi források szabadon áramlása egyaránt kulcsfeladat, így növelve ezen átmeneti víztestek hőmérséklet-szabályozó funkcióját.

Éghajlati kitettség

Az éghajlati sérülékenységet három tényező határozza meg, a kitettség, az érzékenység és az adaptációs kapacitás. A kitettség alapvetően egy helyszínhez (pl. település, régió) kapcsolódó tulajdonság, aminek az elemzése arra ad választ, hogy a helyszín milyen mértékben van kitéve egy adott éghajlatváltozási hatásnak (pl. árvíz, villámárvíz, aszály). Az éghajlati kitettség vizsgálata, leskálázott klímamodell eredményekből származtatott klímaindikátorok feldolgozásán alapszik. Ezen vizsgálathoz a lehető legnaprakészebb modelleredményeket érdemes felhasználni, amelyeket különböző éghajlati forgatókönyveket követve határoznak meg.

A Budapest Klímastratégiája szerint az alábbi kiemelt kitettségi problémakörök érinti a várost:

- Hőhullámokra visszavezethető egészségügyi problémák;
- Árvíz;
- Villámárvíz, elöntések;
- Viharkár;
- Károk a közlekedési infrastruktúrában A jövőben a szélsőséges időjárás miatt;
- Allergének, betegségterjesztő rovarok elterjedése;
- Természetes élőhelyek csökkenése;
- Erdők – gyakoribb erdőkár;
- Település levegőminősége;
- Település turisztikai vonzereje.

A XII. kerület ehhez képest a Hegyvidék Klímastratégiájában öt éghajlati kitettséget határozott meg, amelyek a Hegyvidéket (is) érinti:

- hóhullámok általi egészségügyi kockázatok;
- a hirtelen lezúduló csapadékmennyiséggel összefüggő villámárvízi kockázat;
- a kerületben található erdők magas erdőtűz-veszélyeztetettségi értéke;
- a nagyértékű és védett épületállomány állagromlásának veszélye;
- a közlekedési infrastruktúra terheltsége és viharokkal szembeni kockázat.

Ezen dokumentumokat elolvasva és a 20 éves kerületi tapasztalataimat figyelembevéve, a következő éghajlati paramétereket választottam a vizsgálatok tárgyának:

- csapadékmennyiség
- aszály
- hőmérséklet
- szélviszonyok

3.3 Települési éghajlati prognózisok

Az éghajlati indikátorok jövőbeni prognózisairól három nagy program (NATÉR, KlimADAT és Kopernikus), valamint néhány kisebb téma vagy helyspecifikus tanulmány segítségével tesztek megállapításokat.

A NATÉR-ban korábban a Magyarországra vonatkozó projekciókhoz a múltbeli adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat CarpatClim-HU adatbázisából nyerte, 10×10 km-es felbontásban, 1104 rácsponttal az 1961-1990 és 1971-2000 közötti időszakokra vonatkozóan. Ugyanezekre a pontokra készültek el az ALADIN– Climate és a RegCM regionális klímamodellek projekciói is a 2021–2050 és a 2071–2100 közötti időszakokra. Az éghajlatváltozás hatásait a múlttra vonatkozó adatok és a klímamodellekből számított adatok különbségei adják. A későbbiekben a jövőre vonatkozó becslésekhez az EURO–CORDEX adatbázisából származó EC–EARTH és CNRM–CM5 globális klímamodellek RCA4 regionális klímamodellel leskálázott, IPCC V-ös forgatókönyvek (RCP 4.5 és 8.5) alapján készült szimulációi kerültek felhasználásra.

A NATÉR-ben így több forgatókönyvre, több modell eredményei is elérhetők. (NATÉR)

A KlimADAT adatbázis lekérdező és megjelenítő alkalmazásában különböző éghajlati indikátorok múltbeli átlagos és jövőben várható értéke tekinthető meg Magyarországra és Budapestre többféle területi lehatárolásban térképes és grafikonos formában. A múlttra vonatkozó adatok a Hungaromet Zrt. (korábbi Országos Meteorológiai Szolgálat – OMSZ) homogenizált és rácsra interpolált mérései alapján készültek. A Magyarországot lefedő jövőbeli információkat az OMSZ 4 éghajlati modellszimulációjának eredményei alapján állították elő, míg a budapesti eredmények 2 modellszimuláción alapulnak és ebben az esetben csak a hőmérsékletváltozással kapcsolatos információkat tartalmazza a rendszer. Az éghajlatváltozás bizonytalanságát a 4/2 modellszimuláció eredményei alapján számított minimum, medián, maximum várható értékeivel, illetve az országos eredmények esetén különböző irányú és mértékű változások valószínűségével lehet megjeleníteni.

A múlttra vonatkozó adatok forrása 1971-2020 közötti mérési adatok szolgálják. A hőmérséklet esetében 112, a csapadék esetében 461 mérési állomás napi adatait homogenizálták, majd interpolálták egy 1233 pontot tartalmazó rácsra. Térbeli felbontás: 10 km x 10 km.

A jövőbeli projekciók forrása két regionális klímamodellen alapul, a nemzetközi együttműködésben fejlesztett ALADIN modell klímaváltozatán, az ALADIN-Climate modellen és a REMO modellen. Mindkét modellel 1-1 kísérlet készült egy közepes és egy magas antropogén kibocsátást feltételező forgatókönyvvel. 2021–2100 időszakot vizsgálnak 10-évenként léptetett 30-éves mozgóátlagokkal. (KlimADAT)

A Kopernikusz az Európai Unió Föld-megfigyelési programja, amely megfigyeli bolygónkat és környezetét az európai polgárok érdekében. Műholdas Föld-megfigyelésen és helyszíni (nem űrbeli) adatokon alapuló információs szolgáltatásokat kínál.

A Kopernikusz program céljainak megvalósításában számos, erre a célra kijelölt műhold (a Sentinel család) és támogató program (meglévő kereskedelmi és nyilvános műholdak) vesz részt. A Sentinel műholdakat kifejezetten arra tervezték, hogy megfeleljenek a Kopernikusz szolgáltatások és a felhasználók igényeinek. A Kopernikusz emellett információkat gyűjt helyi rendszerek, például szárazföldi állomások segítségével, amelyek továbbítják a szárazföldön, tengeren és levegőben elhelyezett számtalan érzékelő által megszerzett adatokat.

A Kopernikusz szolgáltatásai az óriási mennyiségű műholdas és helyi adatokat feldolgozva és elemezve hozzáadott értéket képviselő információkat állítanak elő. A több évre és évtizedre visszanyúló adatkészletek összehasonlíthatók és kereshetők, ami biztosítja a változások nyomon követését, és sor kerül a minták vizsgálatára, valamint felhasználására például az óceánokkal és légkörrel kapcsolatos jobb előrejelzések érdekében. A képekből térképek készülnek, megtörténik a jellemzők és anomáliák azonosítása, valamint a statisztikai információk kinyerése. (Copernicus)

Jellemzően ezen három nagy komplex rendszerből választottam ki a tényleges éghajlati indikátorokat és ezek elemzéseit láthatók a következőkben.

3.3.1 Csapadék alakulása

NATÉR – 30 mm csapadékot meghaladó napok számának változása

Történelmi adatok: 1961-1990 és az 1971-2000 időszakban egyaránt 0,5-1 nap.

2. táblázat: 30 mm csapadékot meghaladó napok száma

Regionális klímamodell	Történelmi adatok [nap]	2021-2050	2071-2100
		Változás [nap]	Változás [nap]
ALADIN-Climate	0,5-1	0,5-1	0-0,5
RegCM		0-0,5	0,5-1
RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5		0-0,5	0-0,5
RCA4/EC-EARTH/RCP4.5		0-0,5	0-0,5
RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5		0-0,5	0,5-1
RCA4/EC-EARTH/RCP8.5		0-0,5	0,5-1

Forrás: NATÉR adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján jól látható, hogy a 30 mm csapadékot meghaladó napok számában szignifikánsan nem várható változás.

KlimADAT – 20 mm csapadékot meghaladó napok számának változása

A csapadék tekintetében nincsen városi léptékű elemzés, csak regionális, így ebben az esetben Pest vármegye adatait használtam.

Történelmi adatok: 1971-2000 időszakban 3,3 nap

3. táblázat: 20 mm csapadékot meghaladó napok száma

Történelmi adat [nap]	2021-2050			2071-2100		
	minimum	medián	maximum	minimum	medián	maximum
3,3	3,4	3,9	4,4	3,2	4,4	5,3

Forrás: KlimADAT adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a 20 mm-t meghaladó csapadékos napok száma Pest vármegyében növekedni fog, de a változás nem szignifikáns.

KlimADAT – 10 mm csapadékot meghaladó napok számának változása

A csapadék tekintetében nincsen városi léptékű elemzés, csak regionális, így ebben az esetben Pest vármegye adatait használtam.

Történelmi adatok: 1971-2000 időszakban 14,9 nap

4. táblázat: 10 mm csapadékot meghaladó napok száma

Történelmi adat [nap]	2021-2050			2071-2100		
	minimum	medián	maximum	minimum	medián	maximum
14,9	15,8	16,9	19,3	14,8	18	20,8

Forrás: KlimADAT adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a 10 mm-t meghaladó csapadékos napok száma Pest vármegyében néhány nappal (kb. 10-20 %-al) növekedni fog.

KlimADAT – maximális napi csapadékösszeg

A csapadék tekintetében nincsen városi léptékű elemzés, csak regionális, így ebben az esetben Pest vármegye adatait használtam.

Történelmi adatok: 1971-2000 időszakban 31,3 mm

5. táblázat: Maximális napi csapadékösszeg változása

Történelmi adat [mm]	2021-2050			2071-2100		
	minimum	medián	maximum	minimum	medián	maximum
31,3	26,6	38,2	69,1	25,6	41,2	57,4

Forrás: KlimADAT adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a maximális napi csapadékos napok száma Pest vármegyében (kb. 20-30 %-al) növekedni fog.

A XII. kerületi önkormányzat vezető partnere a LIFE Városi Eső projektnek (a továbbiakban: LIFE Városi Eső, <https://varosieso.hu/>) amelynek keretében több szakember és szakértő is bevonásra került a csapadékkal kapcsolatos modellezés tekintetében, így a HungaroMet Nonprofit Zrt. munkatársai is. Ennek keretében elkészült a Budapest éghajlatváltozással szembeni kitettségeinek számszerűsítése c. dokumentum. (Megyeri-Korotaj Otília Anna és társai, 2023)

Ebben a főváros több éghajlati indikátora vizsgálatra került, többek között a nagy csapadékos nap (10 mm) és az extrém nagy csapadékos nap (20 mm) elemzése is. A csapadékkal kapcsolatos indikátorok esetében 4 modellkísérlet, a HungaroMet által futtatott ALADIN-Climate és REMO regionális klímamodellek kétféle – egy magas (RCP8.5) és egy közepes (RCP4.5) antropogén kibocsátáshoz tartozó – forgatókönyvvel készített kísérleteinek eredményeit használták fel.

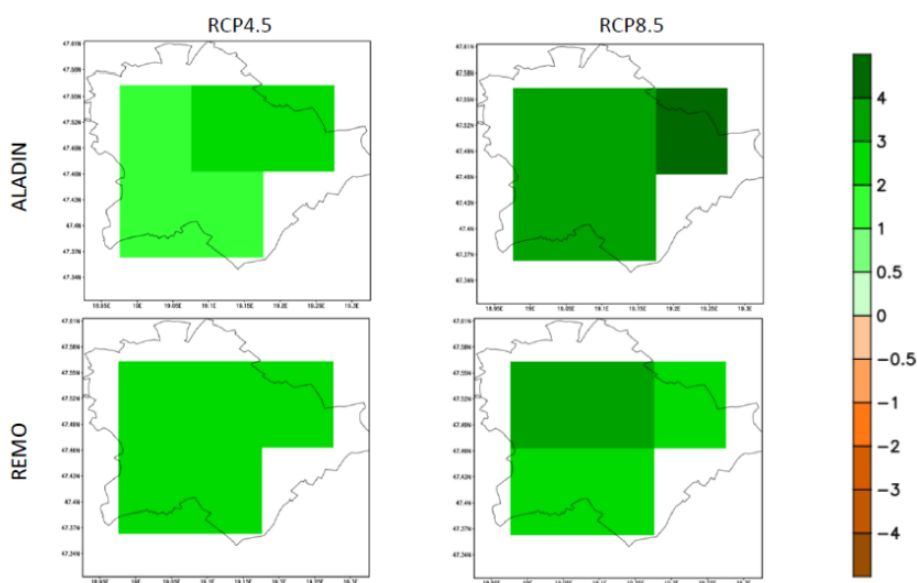
6. táblázat: A vizsgálatban felhasznált modellkísérletek jellemzői

Modell	Modell típusa	Határfeltétel	Kibocsátási forgatókönyv	Felbontás
ALADIN-Climate	Regionális klímamodell	CNRM-CM5	RCP4.5 és RCP8.5	0,1 fok
REMO		MPI-ESM-LR		0,01 fok
SURFEX	Felszíni modell	ALADIN-Climate 5.2		

Forrás: Megyeri-Korotaj Otília Anna és társai 2023: Budapest éghajlatváltozással szembeni kitettségeinek számszerűsítése

10 mm feletti csapadék változása

Történelmi adatok 1871-2000 időszakban 16 nap

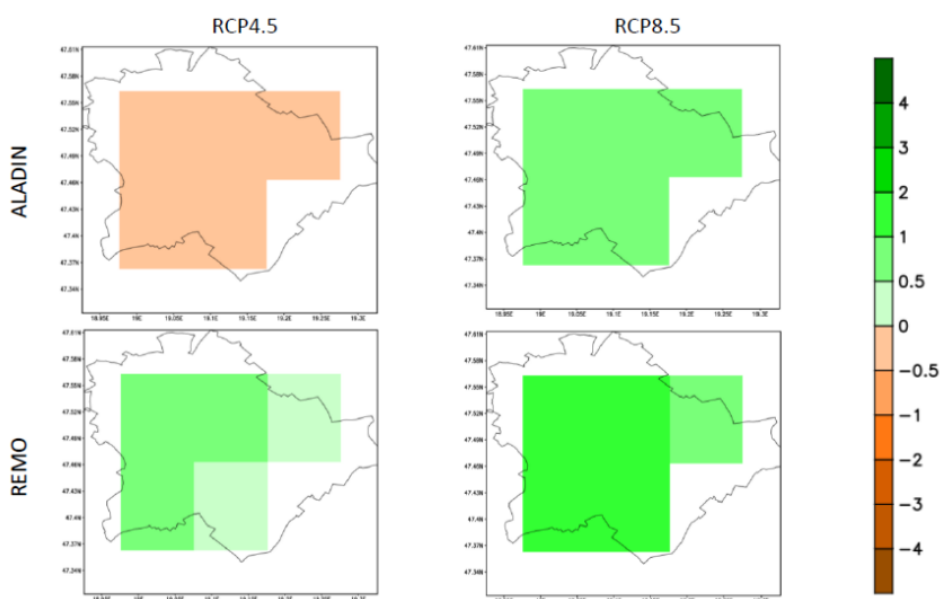


23. ábra: Budapesten a 10 mm-t meghaladó csapadékos napok éves számának változása
Forrás: Budapest éghajlatváltozással szembeni kitettségeinek számszerűsítése (2023)

A 10 mm feletti csapadék az 1971–2000 időszakban Budapesten területi és időbeli átlagban kb. évi 16 napon hullott.

A 2031–2060 időszakban az átlagos (RCP4.5) kibocsátással számoló modelleredmények alapján 2-3 nap, míg az RCP8.5 forgatókönyvvel 2-4 nap növekedésre számíthatunk. A legnagyobb mértékű növekedést a négy szimuláció közül az ALADIN modell RCP8.5-ös forgatókönyve mutatja, míg a legkisebb mértékűt az ugyanezen modell átlagos szcenáriójával készített projekció.

20 mm feletti csapadék változása



24. ábra: Budapesten a 20 mm-t meghaladó csapadékú napok éves számának változása
Forrás: Budapest éghajlatváltozással szembeni kitettségeinek számszerűsítése (2023)

A 20 mm feletti csapadék az 1971–2000 időszakban Budapesten területi és időbeli átlagban kb. évi 4 napon hullott.

Nem egyértelmű a változás iránya 2031–2060-ra, ugyanis az ALADIN modell RCP4.5-ös szimulációja az ezen napok minimális, 30-éves átlagban legfeljebb 1.5-napos csökkenését jelzi, míg a másik három szimuláció legfeljebb 1 napos növekedését.

3.3.2 Száraz időszakok, aszály alakulása

NATÉR – Ariditási index

Az ariditási index az évi csapadékösszeg és az évi potenciális evapotranszpiráció hányadosaként áll elő.

Történelmi adatok: 1961-1990 időszakban 0,8-0,85

7. táblázat: Ariditási index változása

Regionális klímamodell	Történelmi adatok [-]	2021-2050	2071-2100
		Változás [-]	Változás [-]
ALADIN-Climate	0,8-0,85	-0,15 -- - 0,1	-0,3 -- -0,25
RegCM		-0,2 -- -0,15	-0,25 -- -0,2

Forrás: NATÉR adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján elmondható, hogy a trend az egyre aszályosabb időszak irányába mutat, közel 20 %-os a változás.

NATÉR – Pálfai-féle aszályindex

Ez az index az április–augusztusi időszak középhőmérsékletének és az október–augusztusi időszak súlyozott csapadékösszegének a hányadosa. Az index figyelembe veszi a hőségnapok számát, a csapadékszegény időszak hosszát, a talajvíz mélységét és a mezőgazdasági növények időben változó vízigényét is. (Aszálymentes terület az, ahol a PAI 12°C/100 milliméter.)

Történelmi adatok: 1961-1990 időszakban 0,8-0,85

8. táblázat: Pálfai-féle aszályindex változása

Regionális klímamodell	Történelmi adatok [-]	2021-2050	2071-2100
		Változás [-]	Változás [-]
ALADIN-Climate	0,8-0,85	0,5-0,75	1,5-1,75
RegCM		0,75-1	1,25-1,75

Forrás: NATÉR adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján egyértelmű aszályosodás mutatkozik, szignifikáns negatív változás várható.

NATÉR – Csapadékmentes napok száma nyári félévben

Csapadékmentes napnak azok a napok minősülnek, amikor a napi csapadékösszeg nem éri el az 1 mm-t.

Történelmi adatok: 1971-2000 időszakban egyaránt 136-138 nap.

9. táblázat: Csapadékmentes napok számának változása a nyári félévben

Regionális klímamodell	Történelmi adatok [nap]	2021-2050	2071-2100
		Változás [nap]	Változás [nap]
RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5	136-138	0-2	0-2
RCA4/EC-EARTH/RCP4.5		2-4	0-2
RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5		-2-0	0-2
RCA4/EC-EARTH/RCP8.5		2-4	6-8

Forrás: NATÉR adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján 1-2 nappal ugyan növekedni látszik nyári időszakban a csapadékmentes napok száma, azonban nem várható szignifikáns változás.

NATÉR – Csapadékmentes napok száma téli félévben

Csapadékmentes napnak azok a napok minősülnek, amikor a napi csapadékösszeg nem éri el az 1 mm-t.

Történelmi adatok: 1971-2000 időszakban egyaránt 140-142 nap.

10. táblázat: Csapadékmentes napok számának változása a téli félévben

Regionális klímamodell	Történelmi adatok [nap]	2021-2050	2071-2100
		Változás [nap]	Változás [nap]
RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5	140-142	0-2	-2-0
RCA4/EC-EARTH/RCP4.5		-4 -- -2	-2-0
RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5		-4 -- -2	-2-0
RCA4/EC-EARTH/RCP8.5		-4 -- -2	0-2

Forrás: NATÉR adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján a téli időszak csapadékmentes napjainak száma várhatóan néhány nappal csökkeni fog.

KlimADAT – egymást követő száraz napok maximális száma

Az a leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg nem éri el az 1 mm-t.

Történelmi adatok: 1971-2000 időszakban 30,3 nap

11. táblázat: Egymást követő száraz napok maximális száma

Történelmi adat [nap]	2021-2050			2071-2100		
	minimum	medián	maximum	minimum	medián	maximum
30,3	26,6	28,3	30	25,8	30,3	33,2

Forrás: KlimADAT adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján érdemi változás nem várható

3.3.3 Hőmérsékletváltozás

NATÉR – Átlaghőmérséklet változása

Történelmi adatok: 1961-1990 és az 1971-2000 időszakban egyaránt 10-11 °C

12. táblázat: Átlaghőmérsékelt változása

Regionális klímamodell	Történelmi adatok [°C]	2021-2050	2071-2100
		Változás [°C]	Változás [°C]
ALADIN-Climate	10-11	1,5-2	3-3,5
RegCM		1-1,5	3-3,5
RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5		0,5-1	2-2,5
RCA4/EC-EARTH/RCP4.5		1-1,5	2-2,5
RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5		1-1,5	3,5-4
RCA4/EC-EARTH/RCP8.5		1,5-2	4-4,5

Forrás: NATÉR adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján egyértelmű melegedés várható az átlaghőmérséklet tekintetében, mivel 1-2 °C fokos melegedés várható.

Kopernikusz – Átlaghőmérséklet

Történelmi adatok: 1981-2010 időszak

13. táblázat: Átlaghőmérsékelt változása

Forgatókönyv	Történelmi adatok [°C]	2011-2040	2041-2070	2071-2100
		[°C]	[°C]	[°C]
RCP4.5	10	11	12	12
RCP8.5		11	12	14

Forrás: Kopernikusz adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján 1-2 °C fokos melegedés várható az átlaghőmérséklet tekintetében.

KlimADAT – napi átlaghőmérséklet változása

A napi átlaghőmérséklet tekintetében van budapesti adat, sőt kerületi felbontás is megtalálható, így a XII. kerületi adatokat használtam.

Történelmi adatok: 1971-2000 időszakban 9,5 °C

14. táblázat: Napi átlaghőmérséklet változása

Történelmi adat [°C]	2021-2050			2071-2100		
	minimum	medián	maximum	minimum	medián	maximum
9,5	10,7	-	11,1	12,3	-	13,4

Forrás: KlimADAT adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján egyértelmű 1-2 °C fokos melegedés várható az átlaghőmérséklet tekintetében.

Kopernikusz – 30 °C feletti hőstressz (március 15-től október 01-ig)

Történelmi adatok: 1981-2010 időszak

15. táblázat: 30 °C feletti hőstresszes napok számának változása

Forgatókönyv	Történelmi adatok [nap]	2011-2040	2041-2070	2071-2100
		[nap]	[nap]	[nap]
RCP4.5	10	21	30	32
RCP8.5		22	32	51

Forrás: Kopernikusz adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján egyértelmű növekedés várható a 30 °C feletti hőstresszes napok számában, ahol az emelkedés akár 10-20 napot is jelenthet, ami a bázis időszakhoz képest 100-200%-os növekedés.

Kopernikusz – 25 °C feletti éves napok száma

Történelmi adatok: 1981-2010 időszak

16. táblázat: 25 °C feletti éves napok száma

Forgatókönyv	Történelmi adatok [nap]	2011-2040	2041-2070	2071-2100
		[nap]	[nap]	[nap]
RCP4.5	54	71	82	85
RCP8.5		75	86	108

Forrás: Kopernikusz adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján 25 °C feletti éves napok száma is jelentősen emelkedni fog az elkövetkező időszakban, közel 20-25 nappal (40-50%-os emelkedés).

NATÉR – Hőségriadós napok számának változása

Hőségriadós napnak azok a napok minősülnek, amikor a napi középhőmérséklet meghaladja a 25°C-t.

Történelmi adatok: 1961-1990 időszakban 3-4, míg az 1971-2000 időszakban 5-6 nap.

17. táblázat: Hőségriadós napok számának változása

Regionális klímamodell	Történelmi adatok [nap]	2021-2050	2071-2100
		Változás [nap]	Változás [nap]
ALADIN-Climate	3-6	15-20	40-50
RegCM		0-5	15-20
RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5		5-10	10-15
RCA4/EC-EARTH/RCP4.5		0-5	10-15
RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5		0-5	25-30
RCA4/EC-EARTH/RCP8.5		5-10	30-35

Forrás: NATÉR adatbázisból a szerző saját szerkesztése

Az adatok alapján hosszabb távon egyértelműen a hőségriadós napok számának jelentős emelkedésével kell számolni, de már rövid távon is kisebb mértékű növekedéssel.

NATÉR – Forró napok számának változása

Forró napnak azok a napok minősülnek, amikor a napi maximum hőmérséklet eléri, vagy meghaladja a 35°C-t.

Történelmi adatok: 1961-1990 időszakban 0-0,2, míg az 1971-2000 időszakban 0,6-0,8 nap.

18. táblázat: Forrónapok változása

Regionális klímamodell	Történelmi adatok [nap]	2021-2050	2071-2100
		Változás [nap]	Változás [nap]
ALADIN-Climate	0-0,8	5-10	25-30
RegCM		0-5	0-5
RCA4/CNRM-CM5/RCP4.5		0-5	5-10
RCA4/EC-EARTH/RCP4.5		0-5	5-10
RCA4/CNRM-CM5/RCP8.5		0-5	10-15
RCA4/EC-EARTH/RCP8.5		0-5	15-20

Forrás: NATÉR adatbázisból a szerző saját szerkesztése

A forró napok száma szignifikánsan emelkedni fog, már rövid távon is a bázis időszakban mért értékek többszöröse lehet.

KlimADAT – Hőségnapok számának változása

Hőségnap alatt azokat a napokat értjük, amikor a napi maximum-hőmérséklet eléri vagy meghaladja a 30 °C-ot.

A hőségnapok számánál is elérhető kerületi felbontás, így a XII. kerületi adatokat használtam.

Történelmi adatok: 1971-2000 időszakban 0 nap

19. táblázat: Hőségnapok számának változása

Történelmi adat [nap]	2021-2050			2071-2100		
	minimum	medián	maximum	minimum	medián	maximum
0	2,2	-	3,3	9,9	-	35,2

Forrás: KlimADAT adatbázisból a szerző saját szerkesztése

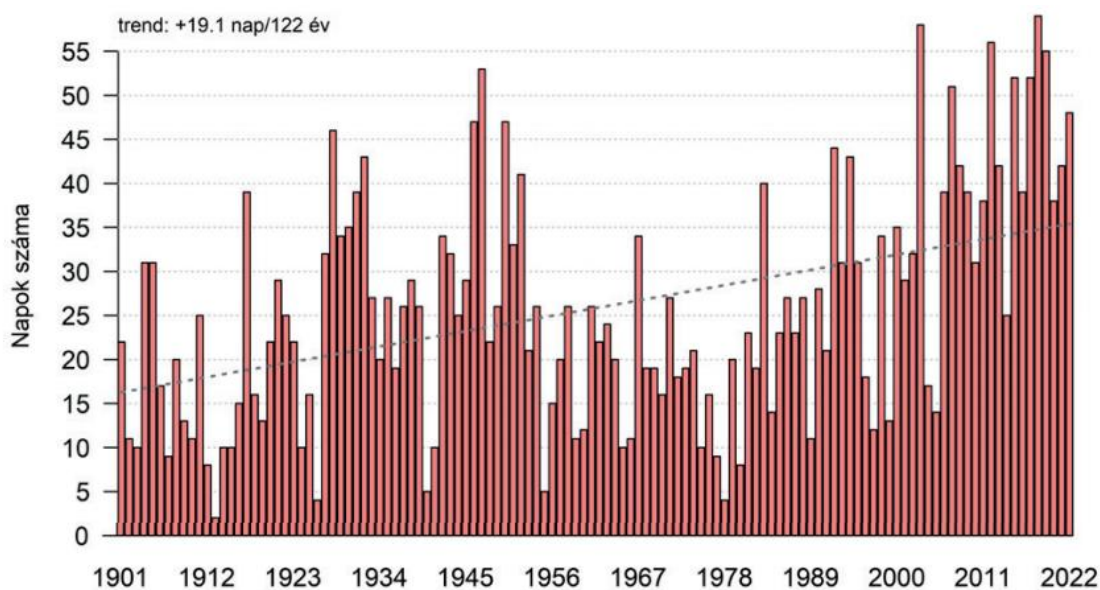
A hőségnapok számának jelentős emelkedése várható, rövid távon 2-3 nappal, míg hosszabb távon akár 10-30 nappal is.

Az alábbiakban egy kifejezetten Budapestre készült vizsgálat eredményeit mutatom be, amely a hőmérsékletváltozással, kiemelten a hőségperiódusokkal foglalkozott.

A HungaroMet két munkatársa által készített tanulmány 2022-ben került publikálásra, Hőségperiódusok vizsgálata Budapesten a XX. század elejétől napjainkig címmel. (Bokros Kinga és Lakatos Mónika, 2022)

A tanulmány alapján a hőségnapok száma érzékelhetően növekedett, a 24. ábrán a hőségnapok éves összegei jelennek meg 1901 és 2022 között, mely időszak alatt 19,1 nappal nőtt a 30 °C feletti maximumhőmérsékletű napok éves száma. Budapesten a legtöbb hőségnapot számláló év 2018 volt, amikor 59 napon alakult 30 °C felett a napi maximumhőmérséklet.

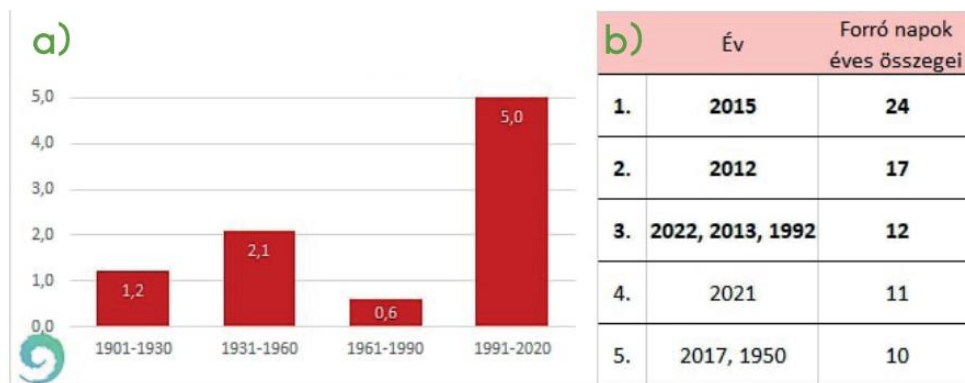
Az ábráról leolvasható továbbá, hogy 1980-ban fordult elő utoljára 10 nap alatti éves összeg a hőségnapok tekintetében, ugyanakkor 2005 óta minden évben 20-nál több hőségnap fordult elő.



25. ábra: Hőségnapok száma Budapest belterületében

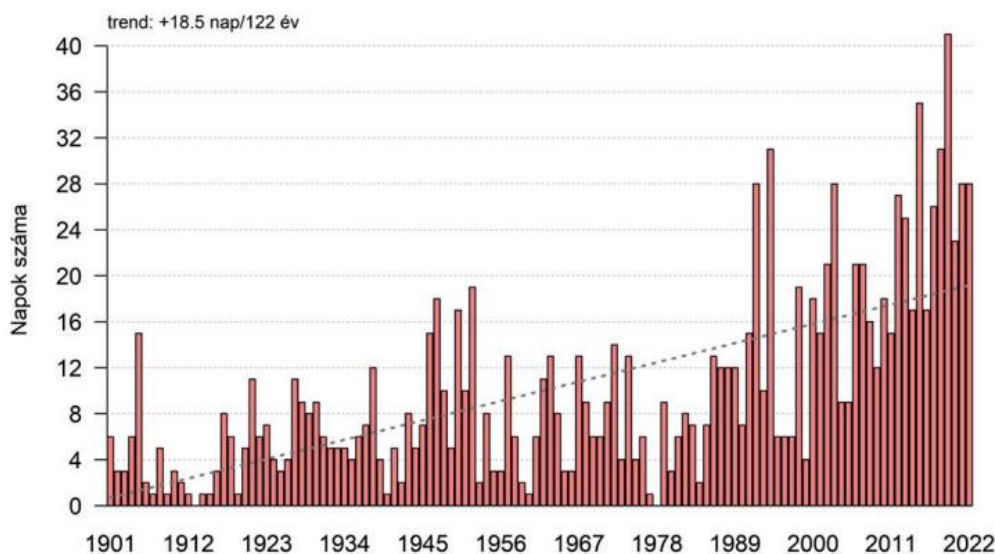
Forrás: Bokros Kinga és Lakatos Mónika 2022: Hőségperiódusok vizsgálata Budapesten a XX. század elejétől napjainkig

A 30 fokos maximumok mellett a 35 °C maximumhőmérsékletet elérő (forró) napokszáma is emelkedett. A fővárosi forró napok 122 éves idősorát +4,7 napos trend jellemzi. A forró napok számának növekedése az elmúlt évtizedekben vált erőteljessé, melyet jól szemléltetnek a 30 éves normálidőszakok átlagai (26/a ábra). Az 1991–2020-ra vonatkozó átlag 5 nap, mely az előző normálidőszakok átlagai közül jelentősen kiemelkedik. Az elmúlt évek, évtizedek intenzív melegedésének tényét támasztja alá továbbá, hogy az 5 legtöbb forró napot számláló év az elmúlt évtizedből származik (26/b ábra).



26.a)-b) ábra: A forró napok számának 30 éves átlagai (a), valamint az 5 legtöbb forró napot számláló év listája (b) Budapest belterület állomáson 1901 és 2022 között.
 Forrás: Bokros Kinga és Lakatos Mónika 2022: Hőségperiódusokvizsgálata Budapesten a XX. század elejétől napjainkig

A hóhullámok, hőségperiódusok velejárói a trópusi éjszakák, amikor éjszaka sem csökken a hőmérséklet 20 °C alá, mely az emberi szervezet számára igen megterhelő egy hóhullámos nap során. Budapest esetén a trópusi éjszakák száma jelentősen nőtt 1901 óta: +18,5 napos trend jellemzi a változást 122 év alatt.



27. ábra: Trópusi éjszakák számának éves összegei Budapest belterület állomáson 1901 és 2022 között.
 Forrás: Bokros Kinga és Lakatos Mónika 2022: Hőségperiódusokvizsgálata Budapesten a XX. század elejétől napjainkig

3.3.4 Szélviszonyok változása

A szélesebesség aktuális értékét nagymértékben befolyásolják a lokális tényezők. A szélesebesség a makroléptékű tényezőkön kívül a domborzattól, a felszínborítottságtól és az adott hely környezetében levő egyéb akadályoktól (épületek, fák, fasorok stb.) függ. Az átlagos szélesebesség alapján hazánkat a mérsékleten szeles vidékek közé sorolhatjuk, a

szélesség évi átlagai Magyarországon 2-4 m/s között változnak, de a fentiek miatt lokálisan ettől jelentősen eltérő értékek is megfigyelhetők.

Egy 2009-es szakdolgozat a napi maximális szélesség irányának és nagyságának 2071-2100-ra valószínűsíthető változásait vizsgálta, modellezte, amely alapján a következő megállapítások születtek (Dobor Laura, 2009).

Általánosságban a Kárpát-medence térségében a szélesség várhatóan az egész év során növekedni fog. A legnagyobb mértékű növekedésre a nyári hónapokban számíthatunk (elsősorban júliusban). A prognosztizált havi szignifikáns szélesség változások átlagosan kb. 5-10%-os nagyságrendűek.

A szélökésesség erőssége várhatóan a nagyobb sebességek felé tolódik el az egész év során, leginkább nyáron és télen.

Hazánk területén várhatóan egész évben (a téli hónapok kivételével) a nyugatias szélirányok gyakoriságának növekedésére számíthatunk a XXI. század végére. Az uralkodó szélirányok várhatóan nagyobb gyakorisággal lesznek nyugatiasak és még inkább dominánssá válnak.

3.3.5 Éghajlati prognózisok összegzései

Csapadékmennyiség

A csapadék tekintetében a 10, 20 és 30 mm csapadék változásait, valamint a maximális napi csapadékösszegek változásait vizsgáltam meg.

Az értékelhető rendszerben – a Kopernikusz rendszerben nem találtam ezen indikátoroknak megfelelőt, csupán historikus adatokat – fellelhető adatsorok alapján elmondható, hogy a 20/30 mm-t meghaladó csapadékos napok száma a területen stagnálni fog vagy esetleg mérsékelt növekedés várható, de az bizonyosnak tűnik, hogy szignifikáns változás nem várható.

A budapesti 10 mm-es csapadékok esetében már kimutatható érdemi változás, így ezen események gyakoriságában közel 20%-os növekedés várható, ami hozzávetőlegesen 2-3 nap növekedést jelent.

Hasonló mértékű növekedés prognosztizálható Budapesten a maximális napi csapadékösszegek tekintetében is, ezen indikátor esetén 20-30%-os növekedés várható, ami közel 7-10 mm többletet jelent.

Száraz időszakok, aszály alakulása

A szárazság, aszály tekintetében az ariditási indexet, a Pálfai-féle aszályindexet, a csapadékmentes napok számát és az egymást követő száraz napok számát vizsgáltam meg.

A fellelhető adatsorok alapján elmondható, hogy ugyan az egymást követő száraz napok számában nem prognosztizálható érdemi változás, azonban ennek ellenére egyértelmű szárazosodás várható a fővárosban is

Hőmérsékletváltozás

A hőmérséklet változás tekintetében az átlaghőmérséklet, a 30 °C feletti hőstressz, a 25 °C feletti éves napok számát, a hőségriadós napok számának változását, a forró napok számát és a hőségnapok számát vizsgáltam.

Igyekeztem olyan indikátorokat választani, amelyek némileg hasonló tartalommal, jelentéssel bírnak. Ezek nem egyeznek meg teljes mértékben, azonban azt gondolom ezen értékek összehasonlíthatók egymással. Nem az indikátorok értékei lesznek jelen esetben összehasonlíthatók, hanem az egyes rendszerekben megfigyelhető trendek, amelyek alapján egyértelmű kijelenthető, hogy melegedés várható.

Az átlaghőmérséklet 1-2 °C fokos emelkedése mutatkozik az adatokból, míg a hőmérsékleti anomáliákat jobban leíró indikátorok esetében nem feltétlenül a várható számok értékei a legbeszédesebbek, hanem a változás mértéke (például a 30 °C feletti hőstressz esetében 100-200%-os emelkedés várható, vagy a 25 °C feletti éves napokszámában is 40-50%-os növekedés látszik).

Szélviszonyok változása

A szélviszonyok alaphelyzete és azok változása volt talán az egyik legnehezebb feladat, ugyanis ezen időjárási eseményről találtam a legkevesebb adatot.

A jövőbeni prognózis tekintetében általánosságban elmondható, hogy a szélesebb 5-10% mértékű növekedése várható és a legnagyobb mértékű növekedésre a nyári hónapokban számíthatunk.

A szélökés erőssége várhatóan a nagyobb sebességek felé tolódik el az egész év során, azonban leginkább nyáron és télen.

A téli hónapok kivételével a nyugatias szélirányok gyakoriságának növekedésére számíthatunk és az uralkodó szélirányok várhatóan nagyobb gyakorisággal lesznek nyugatiasak és még inkább dominánssá válnak.

4 ADAPTÁCIÓS LEHETŐSÉGEK A XII. KERÜLETBEN

A klímaadaptáció egy olyan komplex felkészülési, tervezési és cselekvési folyamat, amelynek során az emberek és a társadalmak alkalmazkodnak a klímaváltozás okozta hatásokhoz és kihívásokhoz. Ezen folyamat egyik fajtája a települési klímaadaptáció, amely olyan intézkedéseket foglal magában, amelyeket települések hoznak a klímaváltozás hatásaira történő felkészülés érdekében és a hatások kezelésére és az azokhoz való alkalmazkodásra.

A kerület/kerületrész sérülékenységét a kitettség, az érzékenység és az adaptációs kapacitás mértéke határozza meg. Tehát az éghajlati komplex sérülékenységet csökkentő, a kitettségi és érzékenységi értékeket ellensúlyozó összetevő az adaptációs kapacitás, vagyis a kerület alkalmazkodási képessége. A Hegyvidék kritikus alkalmazkodási területei egyben meghatározzák azokat a sérülékenységi beavatkozási kategóriákat is, melyek esetén alkalmazkodási és felkészülési célokat, s azokhoz kapcsolódó beavatkozásokat kell definiálni minden egyes kerületrészre a sérülékenység függvényében.

Az alábbi hat kritikus terület, beavatkozási kategóriát választottam és igyekeztem alkalmazkodási lehetőségeket és/vagy konkrét cselekvési javaslatokat is adni:

Hőtöbblet	Biodiverzitás	Források
Csapadék	Szél	Szemléletformálás

4.1 Hőtöbblet kezelése

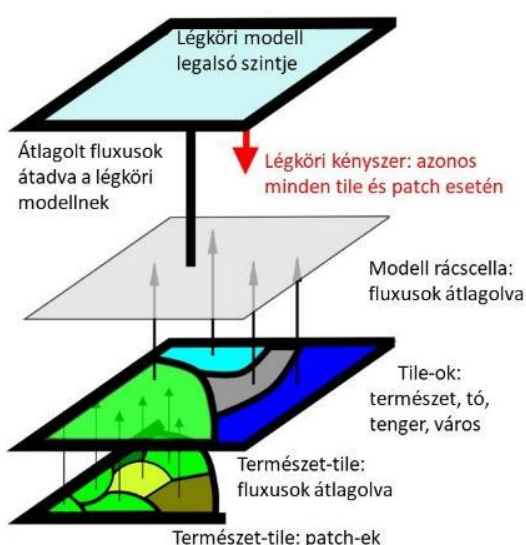
A városok éghajlati jellemzője több tekintetben eltér a természetes területek éghajlatától, ami fizikai és morfológiai tulajdonságaik különbségeivel magyarázható. Ezek ugyanis sűrűn beépítettek, nagy a burkolt felületek aránya, és az épületek nagy hőkapacitással bírnak, aminek következtében energiaháztartásuk jelentősen eltér a természetes területekhez képest. Napközben az épületek, burkolt felszínek nagyobb mértékben elnyelik és elraktározzák a Napból érkező sugárzást, mint a vegetációval borított földfelszín. A sűrű beépítésnek köszönhetően az épületek által kibocsátott hőszugárzás egy része csapdázódik, nem tudja a város légterét elhagyni. A raktározott többletenergia következtében a délutáni, esti órákban a városi légkör lassabban hűl a vidéki felszínhez képest, aminek következtében úgynevezett éjszakai városi hősziget jelenség alakul ki. A

legnagyobb hőmérsékletkülönbség napnyugta után 3-5 órával jelentkezik. Nappal ugyanakkor a burkolt városi felszínek felszíni tulajdonságaik és a párologtatás hiánya miatt jóval nagyobb mértékben melegedhetnek fel, mint a vegetációval borított, városon kívüli területek. Ezt a jelenséget felszíni városi hőszigetnek nevezzük, s jellemzően nappal, a legmelegebb órákban éri el maximumát. (HungaroMet 2023)

A korábbi vizsgálatok is kimutatták, sőt már a mindennapjainkban mi magunk is tapasztalhatjuk, hogy a felmelegedés, a hőszigetjelenségek jelen vannak, és a kerület alsóbb sűrűbben beépített részén várhatóan ez fokozódni fog.

Egy ország vagy régió éghajlatának jövőben várható változásáról számszerű információval a regionális éghajlati modellek szolgálnak. Ma ezek a modellek jellemzően 10-25 km-es rácsfelbontásúak, tehát egy több száz km² kiterjedésű várost (pl. Budapestet) mindössze néhány (3-5) rácsponttal fednek le. A feladat szempontjából elégtelen felbontás mellett a városi felszín és a városi légkör fizikai folyamatainak leírása jelenleg egyáltalán nem, vagy csak nagyfokú közelítéssel van figyelembe véve. A regionális klímamodellek tehát önmagukban ma még nem alkalmazhatók arra, hogy részletes információt adjanak az éghajlatváltozás városi hatásairól. A regionális klímamodelleredmények finomítására ún. felszíni modelleket alkalmazunk, amelyek a légkör egészében zajló mozgások helyett mindössze a felszín és az azzal közvetlen kapcsolatban álló (néhány 10 méteres kiterjedésű) légköri réteg közötti folyamatokat írják le, a regionális klímamodellek által leírt háttérklímát pedig kényszerként veszik figyelembe. (HungaroMet 2023)

A HungaroMet-nél az éghajlatváltozás városi hatásainak vizsgálatára a SURFEX felszíni modellt alkalmazzák.



28. ábra: A SURFEX felszíni modell felépítése
 Forrás: HungaroMet-2

A LIFE Városi Eső projekt keretében a SURFEX-szel érzékenységi vizsgálatok készültek Budapestre és/vagy a XII. kerületre a városi hőtöbblet mérséklésének lehetőségeire vonatkozóan. A vizsgálatok célja az volt, hogy számszerű és objektív ajánlással szolgáljon a különböző adaptációs lehetőségek várható éghajlati hatásairól városi és kerületi szinten. A projekt keretén belül összesen három érzékenységvizsgálat készült el a következő témákban: az utak és a tetők albedójának növelése (ALBEDÓ), a zöldterület arányának és összetételének megváltoztatása (ZÖLDÍTÉS), valamint az öntözés és a locsolás napon belüli optimális időpontjának meghatározása (ÖNTÖZÉS).

4.1.1 Albedó változtatása

Az albedó röviden egy anyag, objektum, felület fényvisszaverő képességének mértéke. A fentiekben említett albedó változtatással kapcsolatos érzékenységvizsgálat során két kísérlet történt:

- albedó növelése az utakon 0,08-ról 0,58-ra;
- albedó növelése a tetőkön 0,15-ről 0,65-re.

20. táblázat: Az albedó kísérlet során vizsgált változók

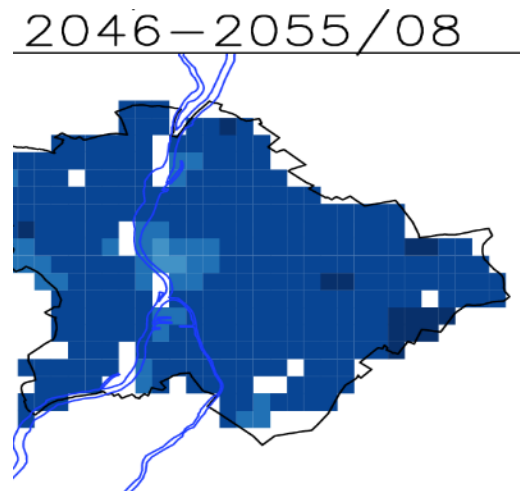
	ALBEDÓ
2 m-es napi maximum-hőmérséklet	x
2 m-es napi minimum-hőmérséklet	x
látszólagos hőmérséklet (humánkomfort-index)	x
elsőfokú hőhullámos napok száma	x
másodfokú hőhullámos napok száma	x
trópusi éjszakák száma	x

Forrás: szerző saját szerkesztése

A kísérlet során azt vizsgálták, hogy milyen hatása van külön az utak és a tetők albedó növelésének Budapest teljes területén. Mindkét felszín esetén +0,5-tel módosított albedó értéket alkalmaztak, így az utak albedója 0,08-ról 0,58-ra, a tetőké 0,15-ről 0,65-re változott. A változtatás mértéke megegyezik azzal, mintha utak esetén aszfaltot gránitra vagy betonra cserélnénk, tetők esetén pedig piros betoncserepet fehér fém felületre. A szimulációk 10 éves időszakra (2046–2055) két forgatókönyv alapján (RCP4.5 és RCP8.5) készültek el.

Az eredmények alapján az albedó növelésének elsősorban a nyári hónapokban és nappal van nagyobb hatása. A 2 m-es minimum-hőmérsékletben, és a trópusi éjszakák száma éghajlati indexben alig volt változás, és a 2 m-es maximum-hőmérsékletben is mindössze néhány tized fokos volt a csökkenés. A felszínhőmérsékletek tekintetében jelentősen nagyobb volt a változás. A felszíni maximum-hőmérséklet esetén évszakfüggő, hogy az

utak vagy a tetők albedójának növelése okoz nagyobb hatást: szeptembertől ápriliséig a tetők, míg májustól augusztusig az utak hőmérséklet-csökkenése a nagyobb (29. ábra). A nyári hónapokban a felszíni maximum-hőmérsékletekben 10°C-ot meghaladó csökkenés alakult ki. A két antropogén forgatókönyv között nincs jelentős eltérés.



29. ábra: Az utak napi maximális felszínhőmérsékletének változása
Forrás: HungaroMet-2

Klímaadaptációs javaslat

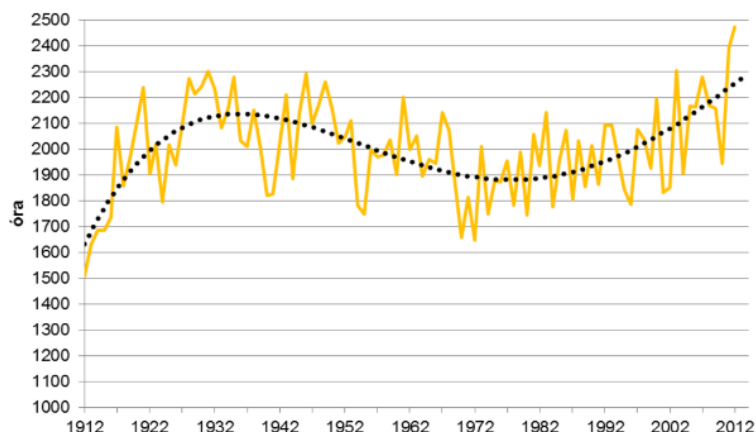
A vizsgálatok alapján megvizsgálandó a kerületben, hogy új utak építésénél, illetve meglévő utak felújításánál áttérni világosabb színű burkolatra, amely nagyban segíthet a nyári időszakban a felszíni hőmérséklet csökkenésében.

Az építési szabályzatban megvizsgálni, hogy milyen előírások tehetők annak elérésére, akár kötelező szabályozók, akár ösztönzők segítségével, hogy előtérbe kerüljenek a világosabb színű tetőfelületek.

4.1.2 Árnyékolás

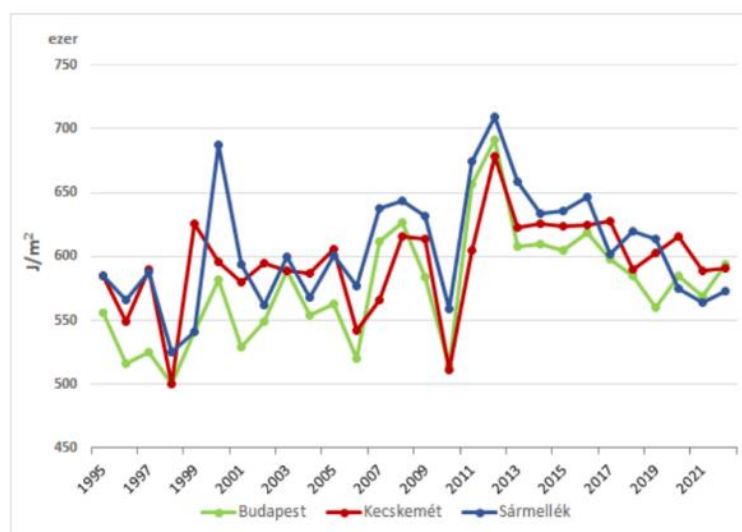
A napfénytartam mérése Budapesten 1912-ben kezdődött. Az éves összeg teljes időszakra vonatkozó átlaga 2000 óra. A legkevesebbet, 1505 órát a mérés kezdetének évében, 1912-ben sütött a nap. Ennek oka az, hogy az alaskai Katmai Nemzeti Park területén lévő Novarupta vulkán kitöréséből jelentős mennyiségű por került a légkörbe, ami világszerte csökkentette a besugárzást. Azóta a trendet nagyjából két hullámmal írhatjuk le: maximuma az 1930-as évekre esett, majd ezt az 1970-es évek elejéig tartó visszaesés követte.

Azóta a napfénytartam évi összege folyamatosan nő, értéke immár meghaladja az első hullám maximumát. (Budapest Környezeti Állapotértékelése 2023.)



30. ábra: A napfénytartam évi összegének változása Budapest belterületén 1912 és 2012 között
Forrás: HungaroMet-3

Említést érdemel még a napsugárzás UV-B sugárzási tartománya, amely alapvetően jótékonyan hat az emberi szervezetre (D-vitamin képződés), de nagy dózisban káros hatású. Lehetséges negatív hatásai: bőregés, bőrbetegségek. Az UV-B sugárzás Budapesten is emelkedett az elmúlt évtizedekben.



31. ábra: A biológiailag effektív UV sugárzás évi összegeinek változása Budapesten és két másik településen
Forrás: HungaroMet-4

A fenti adatokból jól látható, hogy rendkívül fontos és egyre fontosabb lesz az árnyékolás kérdése. A XII. kerületben megvizsgáltam, hogy hány olyan utca, közterület van, ahol nincs árnyékot adó növényzet (fa) (32. ábra), majd ezek közül kihúztam azon utcákat, ahol a közterületen ugyan nincs zöldfelület, de a szomszédos magánterületen megtalálható kilógó fák vagy zölddel való befuttatás hatására egyrészt úgy érzékelhető, hogy van ott növényállomány, másrészt valamelyest árnyékot is vetnek (33. ábra).

Közterületi növényzet hiánya:

- Gébcics utca
- Fürj utca
- Táltos utca
- Bán utca
- Kiss János altábornagy utca (Alkotás és Györi út között)
- Márvány utca
- Zsámbéki utca
- Törpe utca
- Greguss utca
- Ráth György utca (Kékgolyó-Alkotás utca között)
- Schwartz Ferenc utca Nagyenyed utca
- Kapitány utca
- Szoboszlai utca
- Szendi utca
- Muskátli utca
- Szolyva utca
- Bíró utca
- Karap utca



32. ábra: A Hegyvidék azon utcái, ahol hiányzik a fa, a zöldfelület
Forrás: szerző saját szerkesztése



33. ábra: A Hegyvidék azon utcái, ahol hiányzik a zöldfelület, de érzékelhetően mégis megtalálható
Forrás: szerző saját szerkesztése

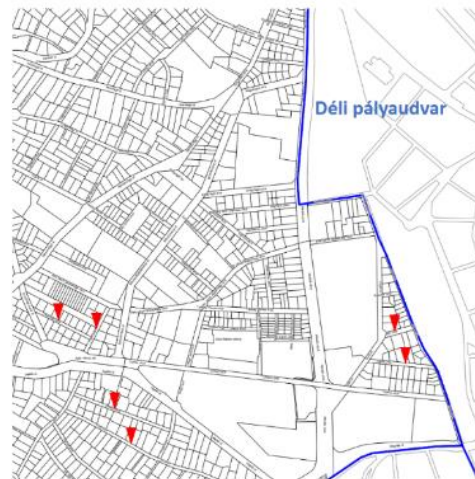
Ezt követően megvizsgáltam az utcák fekvését, közműhelyzetét, parkolási rendjét, amelyeknek eredményeként hat olyan közterületet határoztam meg, ahonnan hiányzik a zöldfelület, a természetes árnyékolás és elképzelhető fák vagy fasor telepítése.

Érintett utcák:

- Gébics utca: 4 db fa
- Fürj utca: 13 db fa
- Táltos utca: 10 db fa
- Bán utca: 4 db fa
- Zsámbéki utca: 7 db fa
- Törpe utca: 3 db fa

Szempontok:

- napsütéses oldal
- nincs légvezeték
- parkolás az úttesten
- közművek elhelyezkedése
- magántelkekről kilógó fák



34. ábra: A Hegyvidék azon utcái, ahol hiányzik a zöldfelület, de fák telepíthetőek
Forrás: szerző saját szerkesztése

Az érintett utcákban megvizsgáltam továbbá két lehetséges árnyékolási módszert is, amelyek nem olyan természetes hatásúak, mint egy fa lombozata, így a napvitorlákat és az árnyékolt parkletek helyzetét.

A napvitorlák esetében jó példák vannak arra, amikor az utcában lévő épületek két szemközti homlokzata között kerül kifeszítésre, amelynek következménye, hogy alapvetően a keskenyebb utcákban lehet alkalmazni.



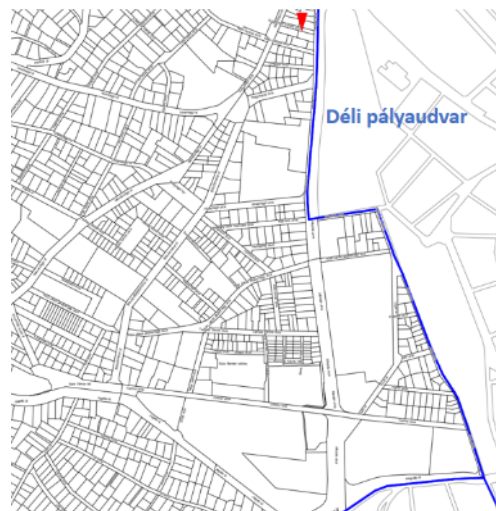
Napvitorlák belvárosi utcában
Magyarország, Pécs



Napvitorlák belváros
Spanyolország, Seville

35. ábra: Jó példák napvitorlák alkalmazására
Forrás: pécsma.hu

Ilyen és hasonló árnyékolást – minta jelleggel – ki lehetne alakítani a Déli pályaudvar közelében lévő Schwartzter Ferenc utcában, ezt követően további keskeny utcák esetében is alkalmazható lehet.



36. ábra: Javasolt mintautca helyszín napvitorla kipróbálására
 Forrás: Hegyvidéki Önkormányzat képe

A parkletek esetében talán először érdemes tisztázni, hogy mi is az a parklet.

A parklet egy járdabővítés, amely több helyet és kényelmet biztosít az utcát használó emberek számára. Általában a parkleteket parkolósávokra telepítik, és több parkolóhelyet használnak. A parkletek jellemzően a járdától a járda szintjén nyúlnak ki a szomszédos parkolóhely szélességéig.

Az ötlet San Franciscóból származik, amikor egy művészeti és dizájnstúdió 2005-ben egy napos novemberi reggelen úgy döntött, munkatársaival elfoglal egy parkolóhelyet magának. Két órára kifizették a parkolási díjat, kitelepültek egy paddal, egy cserepes fával, ami mellé füves részt alakítottak ki (feltekerhető gyepszőnyeg), majd a két óra leteltével összehajtották és rendet raktak maguk után.



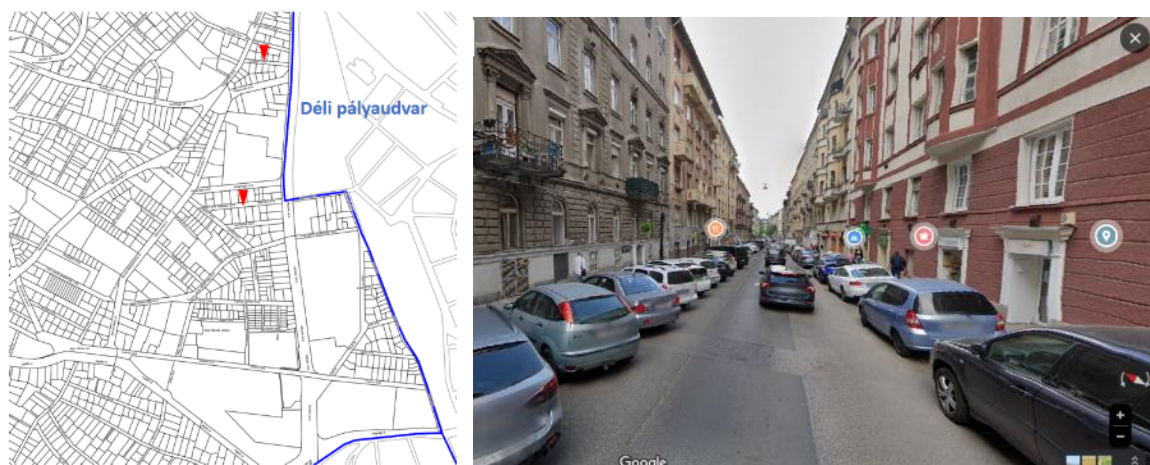
Ügassal árnyékolt parklet
 Anglia, London



Napvitorlával árnyékolt parklet
 Dallas, Egyesült Államok

37. ábra: Jó példák árnyékos parkletekre
 Forrás:Pinterest

Árnyékos parkletet – minta jelleggel – ki lehetne alakítani a Márvány vagy a Greguss utcában, ezt követően további zöldfelület és árnyék nélküli utcák esetében is alkalmazható lehet.



38. ábra: Javasolt mintautca helyszín árnyékos parklet kipróbálására
Forrás: google utcakép

Klímaadaptációs javaslat

A fenti vizsgálatok alapján javasolt mindhárom módszer alkalmazását, akár ütemezetten is, így az érintett hat utcában fa, vagy fasor telepítését, a Schwartzer Ferenc utcában napvitorla kipróbálását, valamint a Márvány vagy a Greguss utcában árnyékos parklet kiépítését, először akár ideiglenes jelleggel is.

4.1.3 Több növényzet

A LIFE Városi Eső projekt keretében elkészült a XII. kerület zöldterület arányának és összetételének megváltoztatásával kapcsolatos érzékenységvizsgálat is. A vizsgált terület a Hegyvidék azon része, amely a SURFEX modellben 100% külvárosi kategória volt.

Két kísérlet (RCP4.5 és RCP8.5 forgatókönyv alapján):

1. kísérlet: a természetes felszín arányának növelése
2. kísérlet: a városi felszín arányának növelése

21. táblázat: A városi és a természetes felszín aránya

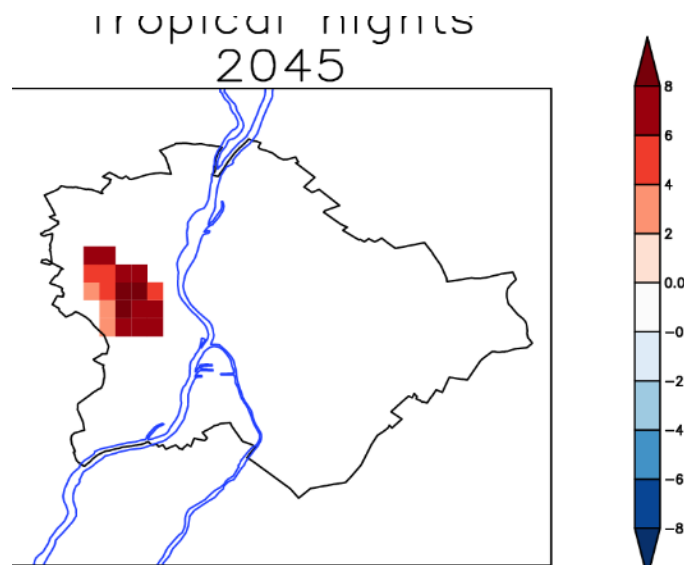
	városi felszín aránya	természetes felszín aránya
referencia	60%	40%
természetes felszín	30%	70%
városi felszín	90%	10%

Forrás: szerző saját szerkesztése

A kísérletekben eltérő volt a növényzet típusa:

- referencia: 50 % fa, 50 % park
- természetes: 100 % fa (5 m magas fák, vastagabb gyökérszóna) – nagy vegetációs hatás
- városi: 100 % park – kis vegetációs hatás

Nem meglepő módon a természetes terület és benne a fák arányának növelése hatására a hőmérsékleti értékek csökkentek, csökkentésének hatására pedig növekedtek. A legnagyobb hatás a napi minimum-hőmérsékletre és a trópusi éjszakák számára volt. A természetes terület és fa arány növelésének hatására a minimum-hőmérséklet területi átlagban 0,3–1,2 °C-ot csökkent, a trópusi éjszakák száma pedig 4 nappal csökkent (39. ábra). A legkisebb hatás a napi maximum-hőmérsékletre volt: 0–0,3 °C változás mindkét esetben. A napi átlaghőmérséklet területi átlag a látszólagos hőmérséklethez hasonlóan 0,1–0,6 °C-kal változott mindkét esetben. Az elsőfokú és a másodfokú hóhullámos napok száma 1–2 napot csökkent a természetes terület és fa arány növelésének hatására.



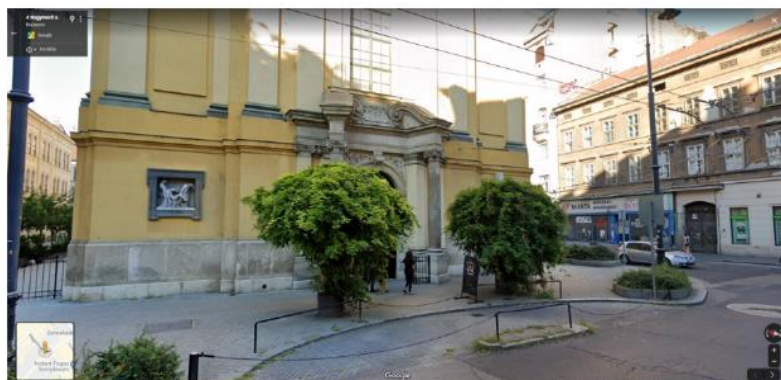
39. ábra: A trópusi éjszakák számának változása
Forrás: HungaroMet-2

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy fontos a területek zöldfelületi növelése, így megvizsgálandó a kerület olyan szemmel, hogy hova lehet még fákat vagy fasort telepíteni, vagy amennyiben erre nincs lehetőség (például közműhelyzet miatt), akkor egyéb akár nem fás szárú növények telepítése.

Ennek megvalósítása céljából egyrészt felhasználható az előző árnyékolással foglalkozó fejezetben részletezett vizsgálat, amely szerint meghatározásra kerültek azok az utcák, ahol hiányoznak a zöldfelületek, így kiemelten azon hat utcát, ahova fát vagy fasort lehet

telepíteni. Másrészt megvizsgáltam további két lehetséges beavatkozási módszert új zöldfelület kialakítására: növénykandeláber (40-41. ábra) és zöldhomlokzat (42-44. ábra).

Fém vázra futtatott kúszónövény



Bokrosodott kandeláber
Budapest, Nagymező utca



Ültetési állapot,
majd megerősödött növény

40. ábra: Növénykandeláber
Forrás: google utcakép, green-city

A Növénykandeláber magyar Green City fejlesztés, amely Budapest Terézváros vezetőivel való párbeszéd eredményeként született. Az ökológiai fenntarthatóság kritériumait szem előtt tartva, újrahasznosított anyagokból, újrahasznosított ültető közegben, olyan helyen kínál lehetőséget zöld, strapabíró kúszónövények fa-szerű telepítésére, ahol a teljes aszfalt, illetve járólappal burkolat, valamint a talajban futó közművek lehetetlenné teszik egy-egy nagyobb fa elültetését. (Green City Növénykandeláber)

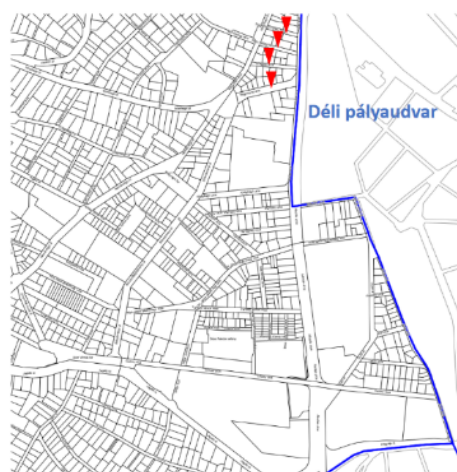
Az alábbi utcákban lehetne elsőként kipróbálni a növénykandelábereket, majd a meghatározni a további lehetséges helyszíneket.

Érintett utcák:

- Greguss utca
- Ráth György utca
- Schwartz Ferenc utca
- Nagyenyed utca

Szempontok:

- fajtának megfelelő mikroklíma
- örökzöld/lombhullató
- járda szélessége
- 2,2 m talajcsavar nem zavarja a közművet
- 0,4 x 0,4 m ültetőközeg nem zavarja a közlekedő felületet



41. ábra: Növénykandeláberek telepítésének lehetséges helyszínei
Forrás: szerzős saját szerkesztése

A másik lehetséges új zöldfelületek kialakítása a vertikális növényzet ösztönzése. Ennek a legegyszerűbb módja ha az épületek közterületi homlokzata befuttatásra kerül, így zöldfalat létrehozva. Előnye, hogy kis befektetéssel kialakítható, hátránya, hogy nehezen indul meg a folyamat egy társasházi közösségben, ahol konszenszusz kell/kellene ehhez.

Két megoldási módszer is alkalmazható, a helyi adottságok függvényében, az egyik a hagyományos talajkapcsolatos növény ültetés, a másik amelyik a burkolt sűrű városi szövetben is alkalmazható, a planténeres kialakítás.



42. ábra: Zöldfal kerületi jó példák
Forrás: szerzős saját képei

Javasolt az Önkormányzatnak jó példával elől járni, így először a saját tulajdonú épületeinek befuttatása, majd a következő lépésben valamifajta ösztönző rendszert (pl.: pályázatot) kialakítani a lakosság számára, hogy minél nagyobb számban elterjednek ezen vertikális zöldfelületek.



Hegyvidéki Sportközpont és Tanuszoda
Városmajor utca 29.

Lakóház
Nagyenyed utca 4.

43. ábra: Zöldfal telepítésének lehetséges helyszínei – önkormányzati tulajdonú épületek
Forrás: szerzős saját képei

Üdvözlendő, hogy az Önkormányzat elindult ezen az úton és megtervezette, engedélyeztette a Polgármesteri Hivatal védett épületének befuttatását, részben talajkapcsolatos, részben planténeres növényekkel (44. ábra).



44. ábra: XII. ker. Önkormányzat épülete – homlokzatzöldítési terv
 Forrás: Turcsányi Katalin és Szabó Patrícia tájépítésszámológok 2023

Klímaadaptációs javaslat

Az érzékenyvizsgálat alapján megállapítható, hogy fontos a terület zöldfelületi növelése. Ennek érdekében szükséges lenne az összes bemutatott módszer alkalmazása, így a meghatározott utcákban fa vagy fasor ültetése, a növénykandeláber alkalmazása, zöldfalak kialakítása és a lakosság ösztönzése.

4.1.4 Locsolás, öntözés

A korábbi „Hőtöbblet kezelése” fejezetben jelzett LIFE Városi Eső projekt keretében elkészült érzékenységi vizsgálatok esetében, a locsolással kapcsolatban is készült kísérlet. A kísérlet célja az egyidejű öntözés és locsolás napon belüli optimális időpontjának a meghatározása volt.

Egy-egy néhánynapos melegebb és mérsékelt meleg nyári időszak került kiválasztásra a 2045.08.01. – 2045.08.04. időszakra, az RCP8.5 forgatókönyvvel. Az időszakok csapadékmentesek, előbbi átlaghőmérséklete 24,5 °C, utóbbié 22,9 °C. Mindkét időszakra vonatkozóan 8 kísérlet készült el.

Mivel itt egy jövőbeni, igen rövid időszakra (négy nap) vizsgált kísérletről van szó, így hozzá kell tenni, hogy nagyfokú bizonytalansággal terhelt.

Az időszak minden napján a locsolás és az öntözés 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 és 21 UTC kor történt. Adott időponthoz tartozó locsolás/öntözés során 3 óra alatt összesen 1 mm víz kilocsolása történt meg, egyenletes intenzitással.

A locsolási/öntözési időpontok két csoportra oszthatók hatás szempontjából: nappali locsolás/öntözés 6, 9, 12 és 15 UTC-kor és éjszakai locsolás/öntözés 0, 3, 18 és 21 UTC-kor.

A nappali locsolás/öntözés esetén a folyamatnak közvetlen, nagymértékű felszíni és kisebb 2 m-es hőmérsékletcsökkentő hatása volt, amely nem maradt fenn hosszú távon.

Az éjszakai locsolás/öntözés ezzel szemben elnyújtottan fejti ki hatását, amely mértéke azonban kisebb, mint a nappali locsolás/öntözés esetén. Az értékek 15 UTC-re álltak vissza a referencia szintjére, addig mind a felszíni, mind a 2 m-es hőmérsékleti értékek a referencia alatt maradnak.

A vizsgálat különböző változókra készült, például 2 m-es hőmérséklet, utak felszíni hőmérséklete vagy a tetők felszíni hőmérséklete, így ezen adatok részletesebb kiértékelését javasolt összevetni a Fővárosi Önkormányzat által végzett közút és villamos sín locsolási időszakokkal, és meghatározni az legoptimálisabb hatást elérő időszakot.

A XII. kerületben számos olyan kisebb-nagyobb közterületi zöldfelület található, amelynél nincs kiépített csepegtető rendszer, így kisebb teherautóval történik a helyszíni locsolás. Ezért nagyon fontos lenne azt pontosabban meghatározni, hogy mikor és mennyi vízmennyiség lenne szükséges egy-egy helyszínrre.

A Városi zöldfelületek öntözési vízigényének meghatározása c. 2023-es szakdolgozat során (Szentirmai Piroska, 2023) ez a témakör került vizsgálatra. A vizsgálatban összevetésre kerültek a különböző meteorológiai mérések (csapadék, hőmérséklet, evapotranszpiráció) adatai, a különböző növények vízigényének számai és az öntözési vízigény és 11 budai helyszín esetében meghatározásra kerültek a szükséges vízmennyiségek. Ezeket össze lehetett vetni a valós öntözési adatokkal, így meghatározható, hogy megfelelően történik-e az öntözés vagy korrigálni szükséges. Ennek fontossága kettős, hiszen egyrészt a XII. kerületben az öntözés ivóvízzel történik, így törekedni kell ennek csökkentésére, másrészt jelentős anyagai terhet ró az Önkormányzatra az öntözés költsége.

Klímaadaptációs javaslat

Javasolt a Fővárosi Önkormányzat közterületi locsolási rendszerébe beépíteni az érzékenységvizsgálat eredményeit, adatait, valamint megvizsgálni a zöldfelületek öntözésének optimális mértékét.

4.1.5 Hőségriadó terv

A hőségriasztás előrejelző és figyelmeztető rendszerét 2005-ben vezették be Magyarországon azzal a céllal, hogy időben tájékoztassa a lakosságot a hőmérséklet-emelkedésről, felkészítse az egészségügyi ellátórendszert a várhatóan megnövekedő feladatokra, illetve hogy felhívja az önkormányzatok, a védelmi igazgatás és az együttműködő szervezetek figyelmét a szükséges intézkedések megtételére, valamint időben tájékoztassa a lakosságot a hőmérséklet-emelkedésről. (Egészségvonal 2023)

A hőhullámok gyakori előfordulása indokolja, hogy egységes szakmai elvek mentén kerüljön sor a hőség során alkalmazandó intézkedések megfogalmazására és végrehajtására mind a hőhullámok bekövetkezésére történő előzetes figyelmeztetés (prevenció), mind a kialakult helyzet hatékony és komplex kezelése terén. A hőség-időszakok elleni védekezés megszervezése azért is kiemelten szükséges, mert az egészségügyi, a szociális, valamint az egyes oktatási intézményekben nagyszámú érzékeny (sérülékeny) csoport és személy tartózkodik huzamos ideig vagy állandó jelleggel.

Ahogy emelkedik a hőmérséklet, úgy nő szervezetünk terhelése. Testünk jó hőszabályozó, úgy válaszol az emelkedő hőmérsékletre, hogy növeli a test felszínén a keringő vérmennyiséget és emeli a bőr hőmérsékletét. A hőtöbbletet a bőrön át adjuk le azáltal, hogy izzadunk. A fizikai aktivitás csökkentheti a bőr vérkeringését, ezáltal akadályozza a hőleadást. Az izzadás fenntartja az állandó testhőmérsékletet akkor, ha a környezeti levegő páratartalma elég alacsony ahhoz, hogy elpárologjon a verejték – és ezt megfelelő só- és folyadék felvétellel pótoljuk. Ha a szervezet nem tudja leadni a hőt, akkor tárolja azt. Ezáltal emelkedik a testhőmérséklet – ez már egészségkockázat! Sok tényező károsíthatja a szervezet hőszabályozó képességét (életkor, testsúly, fittség, egészségi állapot, táplálkozás).

Sérülékeny lakossági csoportok a hőhullámok idején

- Idősek,
- Kisgyermek,
- Krónikus betegségben szenvedők,
- Hajléktalanok,
- Hőmunkának kitett személyek.

Általános teendők hőhullám idején

- Lakás hűtése, éjszakai szellőztetése, légkondicionálása, - Testhőmérséklet alacsonyan tartása,
- Gyakori zuhanyozás,

- Világos, bő ruha viselete,
- Rendszeres folyadékfogyasztás, sópótlás (alkohol, kávé magas cukortartalmú italok fogyasztása nem ajánlott),
- Testhőmérséklet folyamatos ellenőrzése,
- Gyógyszerek szedése esetén egyeztetés a kezelőorvossal a folyadék-egyensúly fenntartása érdekében,
- Gyógyszerek megfelelő hőmérsékleten tartása,
- Hűtött, klimatizált középületek felkeresése. (Veszprém Hőség-és UV-riadó terve 2022)

A hőségriasztás fokozatai

I. fok: Figyelmeztető jelzés abban az esetben, ha egy napig a napi középhőmérséklet eléri vagy meghaladja a 25°C-ot.

II. fok: Riasztás: az előrejelzés szerint a középhőmérséklet várhatóan legalább három egymást követő napon eléri (vagy meghaladja) a 25°C-ot.

III. fok: Riadó jelzés Amennyiben várhatóan legalább három egymást követő napra eléri a napi középhőmérséklet a 27°C-ot. (Nemzeti Népegészségügyi Központ)

A hőségi riadó tervben meghatározásra kerülnek a különböző riasztási fokozatok esetén szükséges feladatok, intézkedések. Ilyenek lehetnek a lakosság tájékoztatása, ajánlások megfogalmazása, ívóutak és klimatizált helyiségek listájának közzététele, párapapuk kihelyezése, víz osztása, veszélyeztetett lakosságcsoportok fokozott figyelemmel kísérése, útburkolatok gépi locsolása.

Mivel a XII. kerületben a lakosság jelentős része (gyermekek, idősek) kiemelten veszélyeztetett ilyen időszakokban, valamint számos országos és/vagy fővárosi jelentőségű egészségügyi intézmény található a hegyvidéken, így szükséges hőségi riadó terv elkészítése.

Ugyan riasztás esetén történnek intézkedések a kerületben, azonban ennek ellenére a Hegyvidéknek nincsen elfogadott hőségi riadó terve.

Klímaadaptációs javaslat

Készüljön el a kerület hőségi riadó terve, majd kerüljön elfogadásra és használatba a dokumentum.

4.2 Csapadékok kezelése

Az éghajlatváltozás következtében átalakuló csapadékviszonyok miatt a csapadékvízgazdálkodási tervezés során érdemes nemcsak a jelen állapotot, hanem a jövőben lehetséges változásokat is figyelembe venni.

Budapesten az évente átlagosan lehulló csapadékösszeg kismértékű növekedése várható, míg az egyes hónapok között nem egyenletes a változás. A nyári hónapok többségében és májusban csökken, míg a többi hónapban növekszik a csapadék mennyisége. Az extrém csapadék intenzitások gyakoribbá válása is jellemző. A napi indexeket tekintve a nyári periódust leszámítva minden hónapban intenzitásnövekedéssel kell számolni. Az összes hónapban jellemzően hosszabb száraz időszakok fognak jelentkezni egy-egy csapadékesemény között. A csapadékvíz-elvezető rendszerek terhelése nagymértékben növekedhet az intenzívebb csapadékok következtében. A vízgyűjtőn történő, csapadékvízvisszatartásra szolgáló beavatkozások nélkül a lokális vízháztartási mérleg további romlása várható.

A csapadékvíz-gazdálkodási szempontokat tekintve egyre nagyobb hangsúlyt kell fektetni a vízgyűjtőkön olyan tározóterek kialakítására, amelyekkel növelhető a csapadékvíz talajba szivárgása és párolgása, és mérsékelhető a felszíni lefolyás mértéke, ezáltal kedvezőbbé téve a helyi mikroklímát és a hidrológiai ciklust. Tározók alkalmazásával lehetőség nyílik az egyenletlen csapadékhullás (intenzív csapadék, majd hosszú száraz időszak az egyes események között) bizonyos mértékű kiegyenlítésére, és a fellépő vízigények részleges/teljes mértékű kielégítésére csapadékvízből.

A kerületet is egyre gyakrabban érinti a hirtelen nagy mennyiségű csapadék által okozott káresemény. Sűrűsödnek a lakossági bejelentések, a biztosítási káresemények és az Önkormányzat infrastruktúrájában (utak, lépcsők) is egyre többször keletkezik veszteség. A nyílt vízvezető árkok az évtizedek során megszűntek, feltöltődtek, eladásra kerültek, így ma már nem tudják betölteni eredeti szerepüket.

A problémák kezelésekor azonban pontos adatok és stratégia nélkül ad-hoc döntések és „megoldások” születtek az adott lokális helyzetre. Igyekezett az Önkormányzat az évtizedekig bevált forgatókönyvekre támaszkodni, újabb csatorna bevezetési pont kialakítását kérte a Fővárosi Csatornázási Művektől (FCSM), az elöntések területén ciszternát alakított ki, azonban egyrészt az FCSM már nem engedélyez újabb csapadék bevezetést a rendszerbe, másrészt nincs az a tározó mennyiség, ami az elöntéssel érintett területen elég lenne.

Végül 2021-ben eljött az időszak, amikor felismerte az kerület, hogy valamit cselekedni kell és jó példát keresett, amit adaptálhatott a Hegyvidékre.

Jó gyakorlatként megismerte a LIFE MICACC, majd később annak folytatás a LIFE Logos 4 Waters projektet, amely bemutatta, hogy kis beavatkozásokkal is sokat lehet csökkenteni a hirtelen lezúduló csapadékok által okozott káreseményen, javítva ezzel a település rezilienciáját. Azonban ezen projektek rurális területeken járnak élen, így a XII. kerület esetében sokszor nem alkalmazhatók az ott kipróbált megoldások.

Eljutott végül oda a kerület, hogy komolyabban elkezdett foglalkozni, a villámárvíz kérdéskörével és egy olyan projektet hozott létre, amely kimondottan városi környezetre fókuszál és a Hegyvidék Önkormányzata a vezetője. Ez a már korábban is említett LIFE Városi Eső projekt.

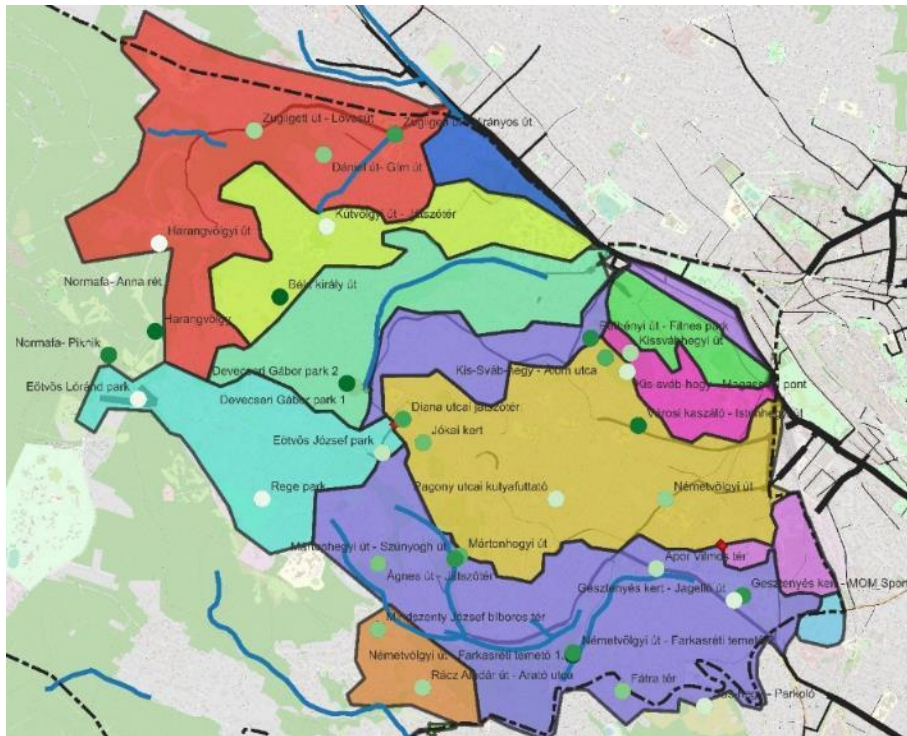
2021 óta párhuzamosan folytak vizsgálatok, mérések, modellezések, szemléletformálás, ismeretterjesztés, egyeztetések szakmai és közigazgatási szervezetekkel, így mára már az alábbi eredmények realizálhatók:

- elkészült a kerület lefolyás modellezése,
- meghatározásra kerültek a kerületben vízgyűjtő területek, sőt a rész vízgyűjtők is,
- beszivárgási mérések történtek,
- csapadék mérések (lapostetőkön csapadék mennyiség, csatornában áramlás mérések),
- felszínborítottság vizsgálat (LIDAR),
- minta területek kijelölése (különböző kék-zöld és szürke infrastruktúrák kialakítása érdekében),
- tetővíztározók méretezése c. segédlet létrehozása, a tetőfelületekről összegyűjtött csapadékvíz hasznosítására szolgáló tározók méretezésére,
- lakossági esővízgyűjtő edény program elindítása,
- zöldtető program elindítása,
- klímamodellezések, érzékenységvizsgálatok (albedó változtatásra, locsolásra, zöldfelület növelésre),
- több külföldi szakmai út került megszervezésre a korábban megvalósult beruházások és esetleges szabályozások tapasztalatainak leszűrése érdekében.

A továbbiakban pedig a tervezett főbb tevékenységek

- sérülékenység vizsgálat,
- minta beruházások megvalósítása,
- beruházások mérése, monitoring,
- csapadékvíz akcióterv elkészítése,
- Budapestre mérőhálózat kiépítése (150 mérési ponttal),

- összes kerületi önkormányzat bevonása,
- szakmai anyagok, útmutatók elkészítése (pl.: zöldtető, szivacsváros kiadvány),
- szemléletformálás lakosság, szakmai szervezetek, közigazgatás irányába.



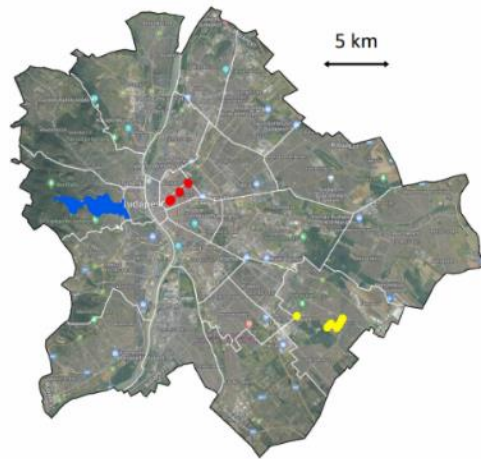
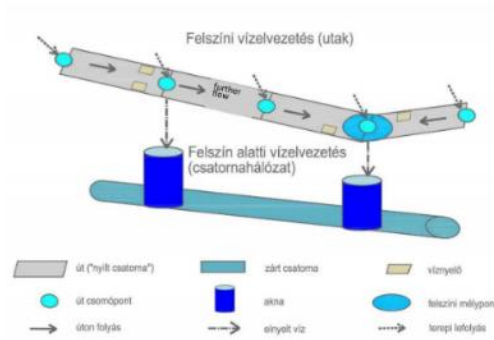
45. ábra XII. kerületi vízgyűjtő területek (részlet) és a beszivárgás mérés helyszínei
 Forrás: LIFE Városi Eső

• Helyszíni beszivárgás-vizsgálatok



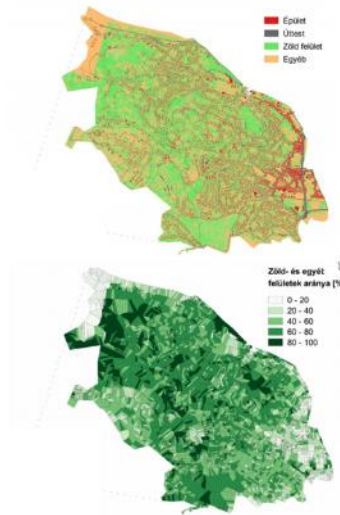
46. ábra: Beszivárgás vizsgálatok helyszínei
 Forrás: LIFE Városi Eső

- A felszíni és a csatorna-lefolyások összekapcsolt dinamikus modellezése
- Döntéstámogató modellezés



47. ábra: Lefolyás modellezés
Forrás: LIFE Városi Eső

- Automatikus felszínborítottság-érzékelés



48. ábra: Felszínborítottság vizsgálat
Forrás: LIFE Városi Eső

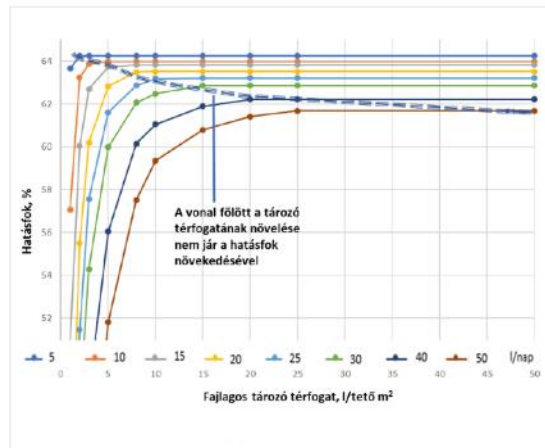


49. ábra: Csapadék mérés (tető, csatorna)
Forrás: LIFE Városi Eső

Segédlet a tetőfelületekről összegyűjtött csapadékvíz hasznosítására szolgáló tározók méretezésére

Segédlet célja:
Az öntözési célt kielégítő
tetővíztározók méretezésének
meghatározása

Szerzők:
Dr. Búzás Kálmán
(BME Víz Közmű és Környezetmérnöki Tanszék)
Dr. Honti Márk
(ELKH-BME Vízgazdálkodási Kutatócsoport)
Varga Laura
(BME Víz Közmű és Környezetmérnöki Tanszék)



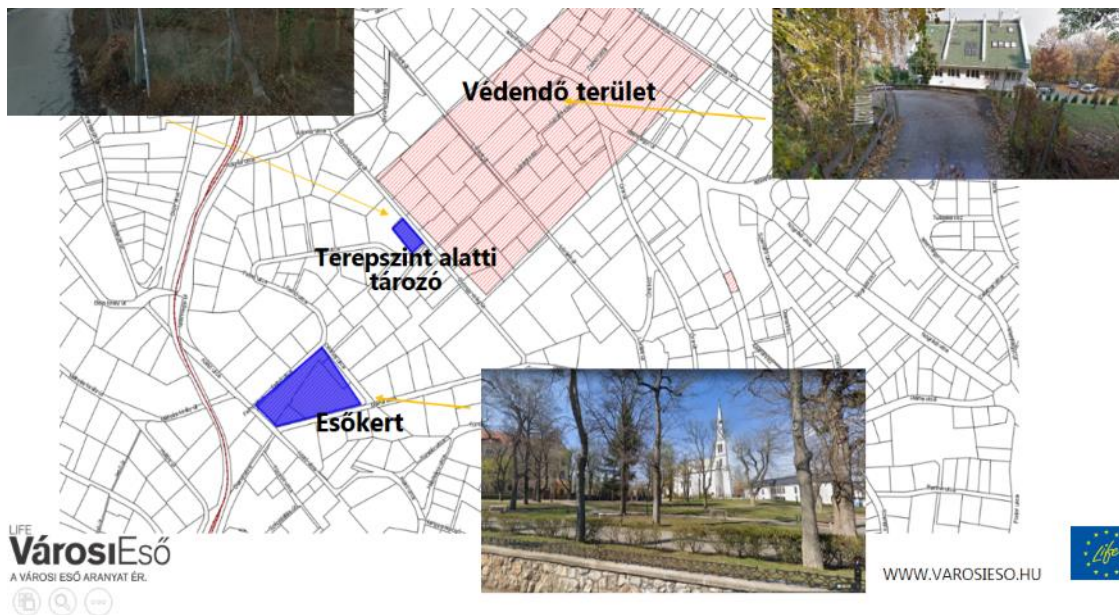
3. ábra: Tározási görbék egy 200 m²-es tetőfelület esetén, vízhasználat csak a vegetációs időszakban



WWW.VAROSIESO.HU

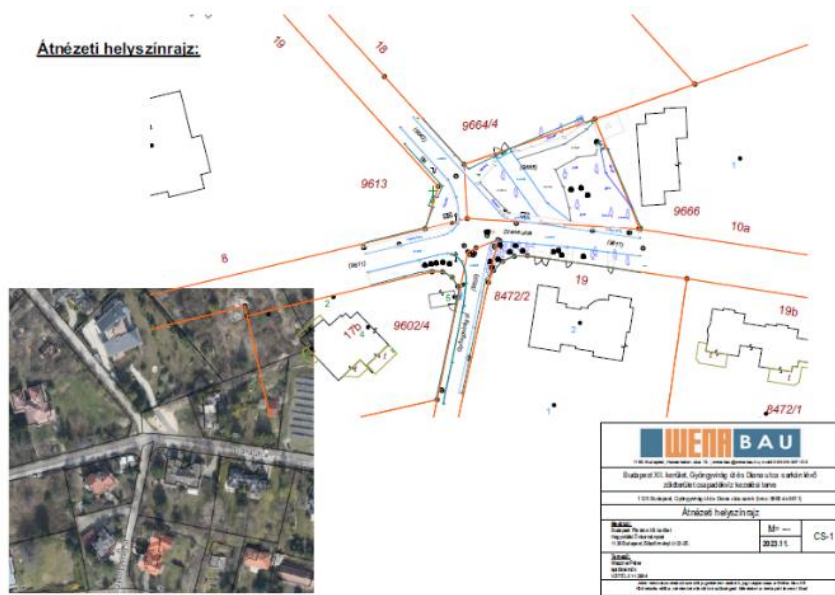


50. ábra: Segédlet a tetőfelületekről összegyűjtött csapadékvíz hasznosítására szolgáló tározók méretezése
Forrás: LIFE Városi Eső

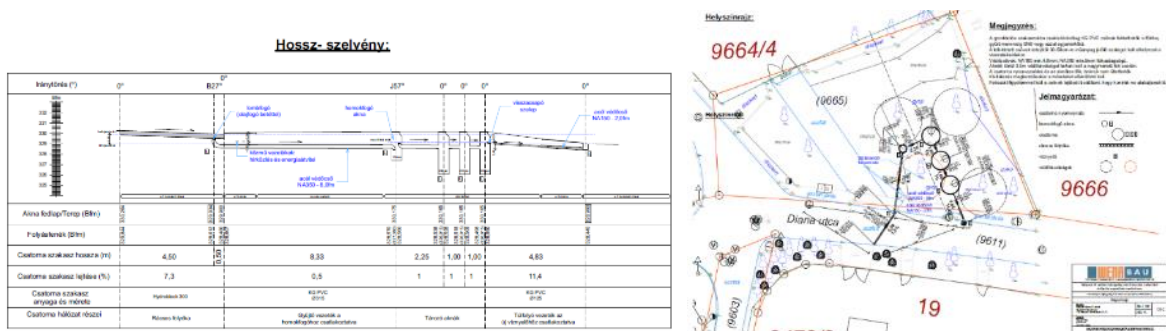


51. ábra: Minta terület-Eötvös Park (terepszint alatti tározó, esőkert együttes kipróbálása)
Forrás: LIFE Városi Eső

A LIFE Városi Eső projekt eddigi vizsgálatait és tapasztalatait alapján csak egy komplex rendszer tudja enyhíteni a hirtelen lezúduló csapadékot, így együttesen kell alkalmazni a különböző beavatkozási formákat (tározók, esőkertek, különböző zöldfelületek és faárkok, zöldtetők), amelyek szerepelnek majd az elkészülő csapadékvíz akciótervben, stratégiában.



54. ábra Diana utca terepszint alatti tározó - helyszínrajz
 Forrás: LIFE Városi Eső



55. ábra Diana utca terepszint alatti tározó - részletrajzok
 Forrás: LIFE Városi Eső

Klímaadaptációs javaslat

A megtervezett tározók megépítése, valamint új területek meghatározása, megtervezése és kiépítése, hogy egy hálózatot, rendszert alkossanak a kerületben.

4.2.2 Esőkertek

Az esőkertek esetében először érdemes tisztázni, hogy mi az az esőkert.

Az esőkertek a természetes erdők működését utánozó, mesterségesen létrehozott, mélyedésben kialakított életközösségek. Céljuk a csapadék kezelése, összegyűjtése, elnyelése, szűrése, helyben tartása, hasznosítása, melyet a talajszerkezet átalakításával és a növényzet közreműködésével, valósítunk meg. A megfelelő rétegrend és méretezés mellett az esőkertek időszakos vízborítása elenyésző. (esőkert.hu)



56. ábra Esőkert funkciója, kialakítása
 Forrás: esőkert.hu

Az esőkertek a csapadékvíz gazdálkodás természet alapú megoldásinak egyik fajtája. Előnye, hogy relatív kis költségigényű, könnyen fenntartható, segíti a biodiverzitás növelését és kétszer több víz felvételére képes, mint egy hagyományos vízmegtartó árok. Magyarországon csupán néhány éve kezdtek esőkertek építeni, tapasztalat és igazából szaktudás nélkül.

Mára már körvonalazódott, hogy két főbb típust különböztetünk meg: az egyik rétegrendjében komposztot használnak, a másikban pedig különböző frakciójú kavicsot. A XII. kerületben a „komposztos” esőkertek kerülnek megtervezésre, amelynek egyik legnagyobb előnye, hogy 1 m³ esőkert hozzávetőlegesen 0,9 m³ vizet magában tud tartani.



57. ábra Minta terület – Szepesi utca (esőkert rendszer kipróbálása)
 Forrás: LIFE Városi Eső

Klímaadaptációs javaslat

A megtervezett esőkertek megépítése, valamint új területek meghatározása, megtervezése és kiépítése, hogy egy hálózatot, rendszert alkossanak a kerületben.

4.2.3 Útról zöldfelületre

Számos olyan szituációval találkozunk, amikor az úttest szomszédságában egy fasor vagy egyéb zöldfelület található. A csapadékvíz megtartás és/vagy lassítás egyik megoldása, ha egyszerűen az útról a zöldfelületre vezetik a vizet. Természetesen itt is meg kell vizsgálni a talajviszonyokat, a beszivárgási képességet, fák gyökérzetét stb., de ezektől eltekintve egy valóban nagyon egyszerű megoldásnak tűnik. Ennek ellenére eddig mégsem terjedt el hazánkban, sőt szakemberekkel egyeztetve az az általános szempont, hogy jogilag nem lehetséges ez, mert az úttestről származó vízmennyiség igen szennyezett és károsítja a növényzetet.

Egyrészt a kutatásaim, a szakemberekkel és kamarákkal való egyeztetés alapján nincs olyan jogszabály, ami tiltaná ezt a módszert – egyedül a legalább 10 férőhelyes felszíni parkolóból összegyűjtött víz esetén vannak szabályozások. Másrészt ma már vannak olyan innovatív megoldások, amivel csökkenthető a szennyezett vízmennyiség zöldfelületre való bejutása.

Bécsben egy cég kifejlesztette az ún. szivacsövet (Schwammstein), amely szabályozza az útfelületről a zöldterületre engedett vizet különböző szabályozókon keresztül.



58. ábra Szivacső

Forrás: Schwammstein és a szerző saját képe

A szivacső lényege, hogy az útszegélybe építve automatikusan szabályozza a befolyó csapadékot, érzékelve a hőmérsékletet, az időt, a csapadékot. Így 8 °C alatt lezárja a befolyó víz útját, mivel azt érzékeli a rendszer, hogy hideg van, ezért előfordulhat, hogy az utat sózzák és az ne kerüljön a zöldfelületbe. A másik fontos tulajdonsága, hogy érzékeli a

csapadék intenzitását, az úton folyó csapadékot és az első öt percben – amikor még jelentős szennyezés található a vízben – nem engedi a befolyást.

Bécs város önkormányzatának tájékoztatása szerint az első szivacskövet már két éve telepítették és eddig jó tapasztalataik vannak, ráadásul relatív kisebb anyagai ráfordítást igényel, ugyanis hozzávetőlegesen 500 EUR/db.

Klímaadaptációs javaslat

Meghatározni néhány olyan területet, ahol mintaként ki lehet próbálni a szivacskövet, majd a tapasztalatok megszerzését követően akár rendszerszinten bevezetni a kerületben.

4.2.4 Zöldtetők

A Zöldtető- és Zöldfal Építők Országos Szövetsége (ZÉOSZ) meghatározása szerint zöldtetőnek nevezzük azokat a növényzettel borított födémeket, ahol a kertészeti és a szigetelési rétegek szerves egységet alkotnak. A megfogalmazás lényege, hogy nem hívjuk zöldtetőnek azokat a teraszokat, lapos tetőket, ahová a nyári melegben egyszerűen kipakoljuk a cserepes, dézsás növényeinket, hogy egy kis zöld foltot teremtsünk magunknak.

Két fő csoportja van az extenzív vagy az intenzív:

- extenzív, ahol 5-10 cm-es ültetőközegbe ültetjük a helyi klímában már bizonyítottan szárazságtűrő, ellenálló, évelő, főleg pozsgás növényfajokat.
- intenzív tetőről beszélünk a minimum 30 cm ültetőközegű, akár a talajszinti kerttel megegyező tetőkert kialakításakor.

A XII. kerület esetében az extenzív zöldtető már 2009 óta megtalálható az építési szabályzatban, miszerint új lapostető építésénél vagy meglévő átépítésénél legalább extenzív zöldtetőként kell kialakítani.

Annak érdekében, hogy a lakók és a beruházók megismerjék a zöldtető fogalmát, tulajdonságait, előnyeit, kialakításának módját, ezért az Önkormányzat 5-6 évvel ezelőtt egy minta zöldtetőt alakított ki a Polgármesteri Hivatal épületén, ahol rendszeres bejárást, szakmai előadást szerveznek.

A klímaadaptáció terén azért fontosak ezen tető típusok, mert egyrészt tárolják a csapadékvizet, kb. 18 l/m² mértékben, valamint lassítják annak lefolyását. Ezen kívül számos más előnye is van, úgy mint a biodiverzitás növelése, a párolgás, hősziget jelenség csökkentése, relatív kis bekerülési költség vagy éppen az épület energetikai tulajdonságai.

Üdvözlendő a kerületben az említett építési szabályzat előírása, ugyanakkor ezek jellemzően az új épületeknél érik el hatásukat. El kell ezért érni a kerületben, hogy az alsóbb, sűrűn beépített városrészekben, ahol kiemelten érzékelhető a hősziget hatás, nagyobb mértékben elterjedjenek a zöldtetők.



59. ábra XII. kerületi Önkormányzat épületén extenzív zöldtető
Forrás: Vizi Gergely képe

Klímaadaptációs javaslat

A Hegyvidék meghatározott (alsóbb) részein a meglévő lakóépületek számára ösztönzési rendszer kidolgozása, amelynek eredményeként újabb zöldtetők jönnek létre.

4.3 Biodiverzitás kezelése

A fentiekben már meghatározott trendek alapján fontos célkitűzés az újabb zöldfelületek létrehozása, azonban a klímaváltozás hatására a meglévő növényállomány átalakítása is sürgős feladat, hiszen a melegedő hőmérséklet, a csapadékokéven belüli eltérő eloszlása és a biodiverzitás csökkenése mind arra mutat, hogy kiemelt a meglévő zöldfelületek fejlesztése, klímaváltozást jobban tűrő átalakítása is.

A XII. kerületi Önkormányzat megkezdte ezen feladatokat, így a meglévő jellemzően egygyári ágyásait átalakítja szárazságtűrőbb évelőágyásokra, és új ágyásokat is kialakít.



60. ábra: korábbi gyepek helyett élő vadvirágos terület (Városmajor)
 Forrás: google utcakép (2022) és a szerző saját képe (2024)



61. ábra: korábbi gyepek helyett jellemzően egyvári ágyás, majd élő ágyás kialakítása (Szent Orbán tér)
 Forrás: google utcakép (2012, 2019) szerző saját képei (2023)

A biológiai sokféleség növelése jegyében több intézkedést, programot is elindított a kerület, például Beporzóbarát Kerület, Madárbarát Kerület, Hegyvidéki Csemete és Suháng Program, amelyek átszövik a közterületi zöldfelületek kezelését.

Ezek értelmében az új zöldfelületek kialakítása, a meglévők átalakítása vagy fasori fa telepítése során is fontos szempont a beporzóbarát növények alkalmazása, a közterületi zöldfelületeken most már számos méhlegelő megtalálható, legyen az kevesebbszer kaszált élő, vagy magszórásos terület.



62. ábra: magszórásos méhlegelők
 Forrás: Laki Nóra képei (2024)

A több éves kísérletezés eredményeként mára megtalálták azt a honos évelő növényekből álló magkeveréket amelyik jól tűri a lokális viszonyokat.



63. ábra: méhlegelő és rovarhotel
Forrás:Laki Nóra képe (2023)

Minden évben újabb rovarhotel kerül telepítésre, létrejött a Normafa méhes, aminek van saját terméke is (Normafa méz), az Ökológiai Kutató Központ munkatársai évente monitoringozzák a méhlegelő területeket, botanikusok a kevésbé kaszált területeket. A Suháng program keretében a Nemzetközi Dendrológiai Alapítvány munkatársai minden évben nevelnek és telepítenek a kerületben olyan honos suhángokat, amiket alapvetően a faiskolák nem nevelnek (pl.: különböző tölgyek), valamint a Hegyvidék déli, kitett területén kísérletezés folyik a nem honos, mediterránabb fajokkal (pineák) is.



64. ábra: Suháng program keretében elültett csertölgyek 2019-ben és 2020-ban
Forrás:Dr. Debreczy Zsolt képei

Klímaadaptációs javaslat

Folytatni kell a közterületi zöldfelületek átalakítását és új területek kialakítását, folyamatosan figyelni kell, hogy mely növények alkalmasabbak a klímaváltozás hatásainak elviselésére. Szintén folytatni kell a különböző szakágak ellenőrzési, monitoring megfigyeléseit és kibővíteni újabb fajok megfigyelésével.

4.4 Szélviszonyok kezelése

A szélviszonyok megismerésének helyzete a legbonyolultabb a kerületben, ugyanis alapvetően kevés adatunk van a jelenlegi helyzetről, a jövőbeni prognózisról is, azonban az utóbbi években tapasztalhatóan több káresemény történt vagy éppen rekord mértékű széllesek alakultak ki. Sőt a kerület domborzatából adódóan speciális szélviszonyok is létrejönnek, így például a szélszívás, amelynek eredményeként a Svábhegyen lévő Normafa óvoda lapostetejét a szél 2 cm-re megemelte, majd visszajejtette.

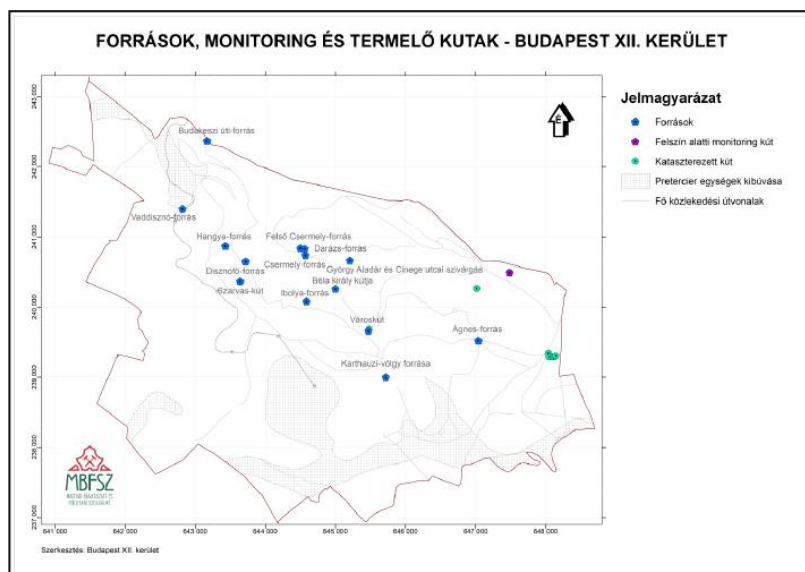
Megvizsgálandó lehet az építési szabályzatban olyan előírás kialakítása, amely bizonyos területeken, bizonyos épületek esetében speciális előírásokat tartalmaz, például olyan méretezési küszöbértékeket, amelyek biztosítják az új épületek esetében, hogy ilyen ne fordulhasson elő.

Klímaadaptációs javaslat

Megvizsgálni és/vagy megmérni a kerületi szélviszonyokat, amelyek alapján meghatározhatók lehetnek a sérülékenyebb területek a Hegyvidéken.

4.5 Források kezelése

A helyi mikroklíma kedvező befolyásolása érdekében javasolt új vízfelület létrehozása, amelyekre potenciális lehetőség mutatkozik a kerületi források tekintetében. 2018-ban az Önkormányzat megrendelte a források vizsgálatát és kataszterét, amely meghatározta azok helyzetét és adottságait.

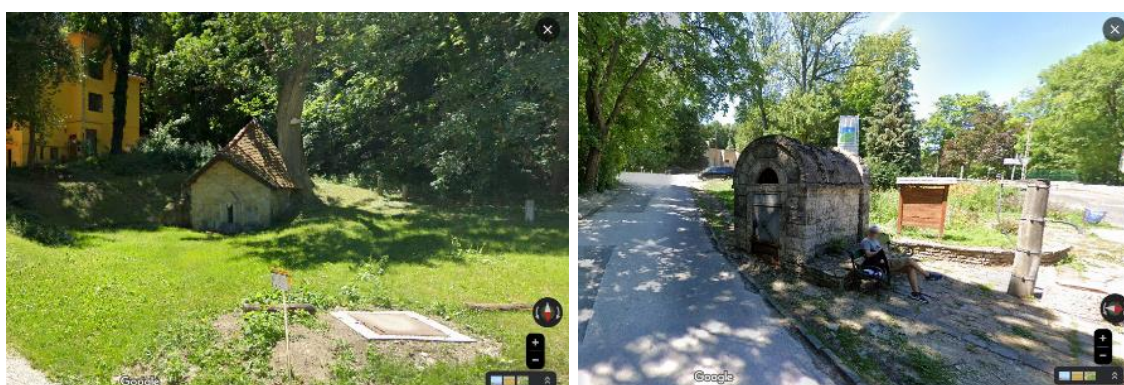


65. ábra: XII. kerületi források
 Forrás: Forráskataszter

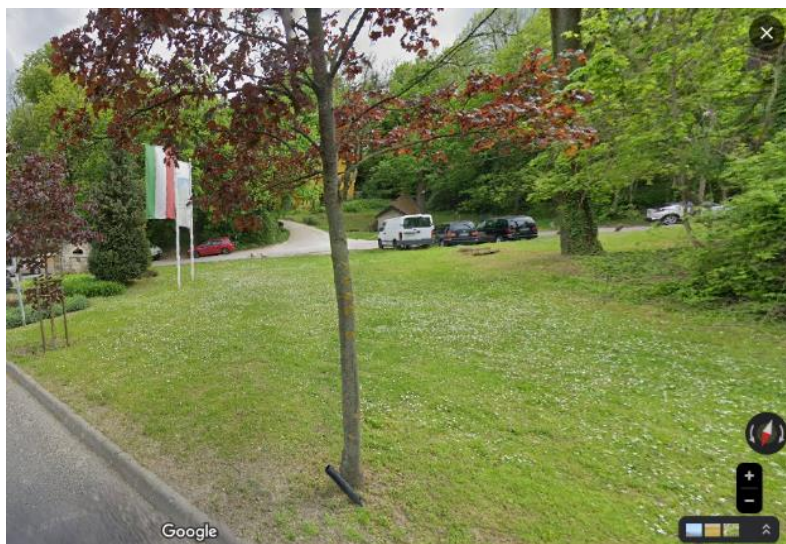
A források egy része elapadt, egy része időszakos vízfolyássá alakult, azonban még így is található 7-8 állandó vízhozammal rendelkező forrás, amelyeknek azonban jelentős része közvetlenül a csatornahálózatba folyik.

A források egy részében telepítésre került vízhozam mérő műszer, valamint az Önkormányzat néhány éve csináltatott vízminőség vizsgálatot is. Ezek alapján vannak olyan források, amelyek több tíz liter vízhozamot adnak percenként, amely már érdemes lehet akár a hasznosításra (locsolás) is.

Az egyik ilyen forrás a Város-kút, amelynek hozama 20-50 l/perc körüli és található mellette olyan terület, ahol kialakítható lehet egy látvány tó. A megvalósítás esetén egyrészt alkalmas lehet a lakosság ismeretterjesztésnek bővítésére, másrészt a tó mintegy pufferterület alkalmas lehet azon víz tározására, amiből locsolni lehet a közterületi zöldfelületek.



66. ábra: Város-kút felső és alsó forrásház
 Forrás: google utcakép



67. ábra: Város-kút mellet kialakítandó tó helyszíne
Forrás: google utcakép

Klímaadaptációs javaslat

Megvizsgálendő, hogy mely források vize hozható a felszínre, további hasznosítási lehetőséget adva ezzel a környezetnek. Minden állandó vízhozammal rendelkező forrást monitoringozni kell vízhozam és vízminőség szempontjából.

4.6 Szemléletformálás

A kerület számos szemléletformáló programot, akciót és pályázatot elindított, amelyek összefüggésben vannak a klímaváltozással:

- Klímabarát esték programsorozat
- Séták (botanikai, madárbarát, beporzó)
- Ismeretterjesztő előadások
- Óshonos gyümölcsfa program (favásár, metszés, oltás bemutató)
- Udvarzöldítési program
- Kertemben a Természet pályázat
- Esővízgyűjtő program
- Vadgesztenye fa kártevőmentesítés
- Madárbarát Kerület (madár odú, madáretető, előadás)
- Ágaprítás program
- Komposztálási program
- Beporzóbarát növények osztása
- Lakossági épületenergetikai fórum
- Holtfa program



68. ábra: Különböző szemléletformáló akciók képei
 (Normafa méhes, Madárbarát séta, Ismeretterjesztő előadás, Kertemben a természet, Föld napja)
 Forrás: Önkormányzat képei

Klímaadaptációs javaslat

A meglévő programok nagyon hasznosak és fontosak, így ezek megtartása mellett, kiemelt szempont, hogy most már az általános ismereteken túl részletesebb tudást vagy speciálisabb, mélyebb élményt is szerezzenek a lakók. Ezen kívül növelni kell az elméleti tudás-átadás mellett a gyakorlati ismeretek átadásának arányát. Több ismeretet kell átadni a klímaváltozás hatásairól és azokhoz való alkalmazkodásról.

5 KÖVETKEZTETÉSEK

A XII. kerület társadalmi, épített és természeti adottságai egyaránt nagyon változatos képet mutat, emiatt a klímaadaptációs feladatok is sokrétűek lesznek.

Jól látható a fentiekben leírt vizsgálatokból, tanulmányokból, hogy az elsődleges nagy feladat minden településnek, hogy adatokat állítson elő számos indikátor esetében, illetve különböző vizsgálatokat végezzen, hiszen amíg ezek nem állnak rendelkezésre, addig nem lehetséges meghatározni megoldási javaslatot sem.

Fontos következtetés azonban, hogy egész települést érintő adatvásárlás vagy vizsgálat elvégzése, jelentős anyagi terhet és akár években mérhető időráfordítást jelent. Véleményem szerint ez jelenleg az egyik legnagyobb kihívás a települési klímaadaptáció terén.

A kerület ebből a szempontból jó helyzetben van, mivel proaktívan pályázott a korábbiakban olyan programokra ahol talált forrást a vizsgálatokra és adatvásárlásokra. Így születhetett meg például a csapadékvízzel kapcsolatos lefolyásvizsgálat, vagy különböző témákban elkészített érzékenységvizsgálat, illetve biodiverzitással kapcsolatos monitoringozások is.

A következő kiemelő szempont, hogy nincsen olyan megoldási javaslat, ami minden településre nézve megfelelő lenne, így azt sem lehet konkrétan meghatározni, hogy mely adaptációs megoldások, javaslatok a legeredményesebbek. A XII. kerület példáján azonban jól kivehető, hogy azok a megoldások bizonyulnak hatásosabbnak, amikor a település több kisebb beavatkozást hajt végre, néhány jelentős beruházás helyett. Ezek a kisebb, de jelentős számú cselekvések „összeadódnak”, így növelve az egész település ellenállóképességét. Ebben az értelemben a cselekvő településbe bele értendő az önkormányzat, a lakosok, az intézmények és az összes érintett fél (stakeholder), aki mind hozzáteszi a maga kisebb beavatkozását.

A harmadik konklúzió, ami egyrészt utal az előzőekre, hogy az önkormányzat ugyan nagyon fontos láncszem a klímaalkalmazkodás terén, de önmagában nem elégséges. Mint említettem minden fél együttes cselekvésére van szükség. Ettől függetlenül jelentős felelősége van az önkormányzat, hiszen számos esetben jó példát tud mutatni és katalizátor szerepet betölteni. Budapest esetében pedig létrejön egy speciális szempont is, a főváros – kerület viszonyrendszer, amely sok esetben egyszerűsítheti és/vagy nehezítheti a feladatokat, de mindenestre bonyolítja azt. Nem mindig egyértelmű a feladatmegosztás sem a két közigazgatási szint között és mindenképpen közös együttműködést igényel, amely nem magától értetődő.

6 IRODALOMJEGYZÉK

Eurostat-1 (2016) Urban Europe – Statistics on cities, towns and suburbs, 2016. Elérhető: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/7596823/KS-01-16-691-EN-N.pdf/0abf140c-ccc7-4a7f-b236-682effcde10f?t=1472645220000>

Alexandra Castill és társai (2019) Spring 2018 Global Attitudes Survey – Alexandra Castill és társai 2019: Measuring community type in Europe, from big cities to country villages Elérhető: <https://www.pewresearch.org/decoded/2019/12/10/measuring-community-type-in-europe-from-big-cities-to-country-villages/>

Wikipédia-1, Budapesti kerületek térkép Elérhető: <https://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A1jl:BP12kerulet.png&filetimestamp=20080823050521>

Budapest XII.kerület városrészei térkép – Minerva Térinformatikai Rendszer, elérhető: <https://minerva.bp12ker.hu/minerva/bp12ker/internet.php>

Budapest zónarendszere – Budapest Főváros Településszerkezeti Terve 2021. I. kötet Megalapozó munkarész, elérhető: <https://archiv.budapest.hu/telepulesrendezesitervek/Lapok/default.aspx>

Látképek a XII. kerületről – Hegyvidék Településképi Arculati Kézikönyv 2023., elérhető: <https://hegyvidek.hu/ugyintezes/varosrendezes/telepuleskepi-rendelet-es-arculati-kezikonyv>

Wikipédia-2, XII. kerület lakosság száma, elérhető: https://hu.wikipedia.org/wiki/Budapest_XII._ker%C3%BClete

Csapó Tamás és Baranyai Gábor (2021), Zöldterületek Budapesten elérhető: <https://ojs.elte.hu/tft/article/view/3137> (letöltés időpontja: 2024.05.06.).

Csóka Gergely (2023), 25-ször több hőség is lehet Budapesten a század végére, kritikus fontosságú a zöldfelületek óvása és kiterjesztése, Másfél fok, elérhető: <https://masfelfok.hu/2023/07/18/hosegnap-hohullam-budapest-klimavaltozas-varosi-hosziget-zoldfeluletek-fak/> (letöltés időpontja: 2023.11.09.).

XII. kerület domborzata, szintvonalas térképe – Minerva Térinformatikai Rendszer, elérhető: <https://minerva.bp12ker.hu/minerva/bp12ker/internet.php>

Közterületi fasorok, parkok – Hegyvidék Településképi Arculati Kézikönyv 2023., elérhető: <https://hegyvidek.hu/ugyintezes/varosrendezes/telepuleskepi-rendelet-es-arculati-kezikonyv>

Az éghajlati rendszer elemei és legfontosabb kölcsönhatásai – HungaroMet, elérhető: https://www.met.hu/omsz/tevekenysegek/klimamodellezes/modellezesi_hatter/

Magyarország éghajlati körzetei 1991- 2020 időszakban Péczy osztályozása alapján – HungaroMet, elérhető: https://met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/altalanos_leiras/

Budapest felszínhőmérséklete 2022. június 29-én – Budapest Környezeti Állapotértékelése (2023), elérhető: [BK%20%2023.pdf \(budapest.hu\)](BK%20%2023.pdf)

Budapest felszínhőmérséklete 2021. június 26-án – Budapest Környezeti Állapotértékelése (2023), elérhető: [BK%20%2023.pdf \(budapest.hu\)](BK%20%2023.pdf)

Budapest Átlagos évi szélirányok relatív gyakoriságai (2001-2020) – HungaroMet, elérhető: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Budapest/

A szélsőségek változása Budapest belterületén – Budapest Környezeti Állapotértékelése (2023), elérhető: [BK%20%2023.pdf \(budapest.hu\)](BK%20%2023.pdf)

Budapest éves csapadékmennyisége – HungaroMet, elérhető: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/Budapest/grafikonok/#y_rs

HÉTFA Kutatóintézet és Elemző Központ (2020) – Budapest XII. kerület Integrált Településfejlesztési Stratégiájának felülvizsgálatát megalapozó kutatás

Budapest Főváros XII. kerület Hegyvidéki Klímastratégia 2030-ig, kitekintéssel 2050-re (2023), elérhető: <https://hegyvidek.hu/onkormanyzat/dokumentumtar/klimastrategia>

Budapest Főváros XII. kerület Hegyvidéki Önkormányzat Fenntartható Energia- és Klíma Akcióterve (SECAP) (2018.), elérhető: <https://zold.hegyvidek.hu/dokumentumtar/szakmai-dokumentumok>

Budapest Klímastratégiája (2018.), elérhető: [BP_klimastrategia_SECAP.pdf \(budapest.hu\)](BP_klimastrategia_SECAP.pdf)

Dr. Pálvölgyi T. – A Hegyvidék kerületszékeinek éghajlati sérülékenysége és alkalmazkodási programja (munkaközi)

Országos Meteorológiai Szolgálat (2014) – Normafa térségének éghajlati viszonyai az 1971-2000 közötti periódus alapján, kitékintéssel a 100 éves budapesti történelmi mérésekre

Bokros Kinga és Lakatos Mónika (2022), Hőségperiódusokvizsgálata Budapesten a XX. század elejétől napjainkig, elérhető: https://real.mtak.hu/162656/1/LEGKOR_2022-4-4-BOKROS.pdf

Megyeri-Korotaj Otilia Anna, Allaga-Zsebeházi Gabriella, Szépszó Gabriella (2023) – Budapest éghajlatváltozással szembeni kitettségeinek számszerűsítése

NATÉR, elérhető: <https://map.mbfisz.gov.hu/nater/>

Budapest éghajlati jellemzői – HungaroMet, elérhető: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/varosok_jellemzoi/Budapest/

Hegyvidék Településfejlesztési Konceptió megalapozó vizsgálata 2015 (<https://hegyvidek.hu/onkormanyzat/koncepcio-k-strategiak/keruletfejlesztési-koncepcio-k>)

Budapest Főváros Településszerkezeti Terve 2021 https://archiv.budapest.hu/telepulesrendezesitervek/TSZT/TSZT/TSZT%20hat%C3%A1lyos%202021.04.03.%20-I_kotet_Helyzetelemzes/I_kotet_Megalapozo_munkaresz.pdf

Dobor Laura (2009), Szakdolgozat: A magyarországi szélsőségek várható változása a XXI. század végére a PRUDENCE eredmények alapján, elérhető: https://nimbus.elte.hu/tanszek/docs/BSc/DoborLaura_2009.pdf

Green City-Növénykandelláber, elérhető: https://green-city.hu/sites/default/files/csatoImany/octogon_architecture_and_design_magazine_fejlesztések_a_vi_keruletben.pdf

Jó példák napvitorlák alkalmazására, képek: <https://www.pecsma.hu/oazisek-a-pecsi-belvarosban/?highlight=napvitorla>

Wikipédia-Parklet, elérhető: <https://en.wikipedia.org/wiki/Parklet>

Árnyékos parklet, képek: <https://www.pinterest.com/pin/386254105528102509/>

Egészségvonal, elérhető: <https://egeszsegvonal.gov.hu/maradi-egeszseges/tudnivalok-hoseg-idejen/1845-hosegriado.html>

Nemzeti Népegészségügyi Központ, elérhető: https://www.antsz.hu/felso_menu/temaink/veszelyhelyzetek/hosegriasztas/a_hoseg_fokozatai.html

Zempléni Zsuzsanna (2024) – HungaroMet, LIFE Városi Eső, Érzékenységvizsgálat öntözés és locsolás napon belüli időpontjára

Zempléni Zsuzsanna (2024) – HungaroMet, LIFE Városi Eső, A városi hőhőbület mérséklésének lehetőségeire vonatkozó érzékenységvizsgálatok eredményei, Záróbeszámoló

MBFSZ (2018), Forráskataszter – Budapest XII. kerület forrásainak vizsgálata és forráskatasztere II. ütem

Szentirmai Piroska (2023), Városi zöldfelületek öntözési vízigényének meghatározása szakdolgozat

Szivacskö, elérhető: [Klima | Schwammstein GmbH | Wien](#) (letöltés időpontja: 2024.03.27.)

Zöldtető, elérhető: <https://zeosz.hu/zoldtetokrol-es-tipusai/>

Allaga-Zsebeházi Gabriella (2023) – HungaroMet, LIFE Városi Eső, Irodalmi áttekintés a városi hőhőbület mérséklésének lehetőségeiről