

OTDK-dolgozat

2025

Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Víztudományi Kar



CloudFisher típusú hálóak alkalmazhatóságának vizsgálata Magyarországon
Examining the applicability of CloudFisher type networks in Hungary

Jüngling Regina

Konzulens: Papp Tamás

Kézirat lezárásának dátuma: 2025.01.14.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	1
1.1. Problémafelvetés.....	2
2. Csapadékvíz gazdálkodás	3
2.1. Csapadékvíz gyűjtőeszközök és hasznosítás	4
2.2. Kék-zöld infrastruktúra eszközei a csapadékvíz kezelésben	7
3. Speciális csapadékgyűjtés CloudFisher eszközzel	11
3.1. Alkalmazott háló és hálóanyag típusok a ködgyűjtéshez	12
3.2. Marokkó és a berber közösség ivóvízellátása ködszüreteléssel.....	14
3.3. Ködgyűjtés a világban	15
3.3.1. Dél-Amerika	15
3.3.2. Afrika	16
3.3.3. Ázsia	16
3.3.4. Európa	16
3.4. Kihasználatlan területek lehetősége a ködgyűjtésre	17
4. Kérdőíves kutatás.....	18
4.1. Kérdőíves kutatásra vonatkozó hipotézisek ismertetése.....	18
4.2. Kérdőíves kutatások kiértékelése.....	19
5. CloudFisher alkalmazása Magyarországon	27
5.1. Vizsgált területek éghajlatának bemutatása	27
5.2. Kisberendezések bemutatása	33
5.2.1. Baja	35
5.2.2. Salgótarján	38
5.2.3. Tarany	41
5.3. A kapott eredmények kiértékelése	43
5.4. Javaslattétel.....	45
6. Összegzés.....	47
7. Irodalomjegyzék	50

ÁBRAJEGYZÉK

1. sz. ábra: RWH ősi stratégiái (Akpınar Ferrand és Cecunjanin 2014).....	4
2. sz. ábra: Szikkasztó dobozban gyűjtött esővíz (saját ábra).....	6
3. sz. ábra: Hagyományos csapadékvíz-elvezetés és csapadék helyben tartás BGI eszközeivel (saját ábra).....	7
4. sz. ábra: Néprajzi Múzeum, Budapest (Magyar Építők Zrt. 2022).....	9
5. sz. ábra: Zöldfal (Kolak Design SRL 2018)	9
6. sz. ábra: Áteresztő burkolat típusok (Kaiser Mária 2020)	10
7. sz. ábra: Wetland városi környezetben (Andrew Othuke Akpeli 2021)	11
8. sz. ábra: CloudFisher háló (Osman és mtsai. 2017)	12
9. sz. ábra: CloudFisher háló anyagai (Chen és Willis 2022).....	13
10. sz. ábra: Raschel típusú háló anyag (Martina és Loster 2015)	13
11. sz. ábra: CloudFisher hálók Marokkóban (Emma 2017).....	14
12. sz. ábra: Köd- és vagy páragyűjtés a Világ számos helyszínén (Osman és mtsai. 2017)	15
13. sz. ábra: Kanári-szigeteken lévő ködgyűjtők (Bürgen 2022)	17
14. sz. ábra: A kitöltők lakóhelyének típusai (saját ábra).....	19
15. sz. ábra: Ön szerint milyen mértékben változott a lehullott csapadék mennyisége az elmúlt... (saját ábra)	20
16. sz. ábra: Elégedett-e Ön a lakóhelyén történő csapadékvíz elvezetéssel? (saját ábra)	21
17. sz. ábra: Amennyiben Ön nem elégedett teljes mértékben a lakóhelyén történő csapadékvíz elvezetéssel, kérem válasszon az alábbi lehetőségek közül... (saját ábra)	21
18. sz. ábra: Ön öntözési célra (elsősorban) milyen típusú vizet használ? (saját ábra) ..	22
19. sz. ábra: Ön használ/használna-e bármilyen csapadékvíz gyűjtőeszközt lakókörnyezetében? (saját ábra).....	22
20. sz. ábra: Ön mióta használ csapadékvíz gyűjtőeszközt? (saját ábra).....	23
21. sz. ábra: Ön milyen csapadékvíz gyűjtőeszközt használ/használna?.....	23
22. sz. ábra: Mire használja/használná az összegyűjtött csapadékvizet Önt? (saját ábra)	24
23. sz. ábra: Milyen technológiákról/berendezésekről hallott Ön eddig? (saját ábra)....	25
24. sz. ábra: Az Ön véleménye szerint érdemes lenne-e kültéren (pl. az udvarokon) párát gyűjteni Magyarország területén? (saját ábra).....	26
25. sz. ábra: Amennyiben lehetősége lenne Önnek, használna-e a lakókörnyezetében a CloudFisher páragyűjtő eszközt? (saját ábra).....	26

26. sz. ábra: Magyarország éghajlati körzeteinek csoportosítása (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024b))	28
27. sz. ábra: Magyarország átlagos éves középhőmérséklete (1991-2020) (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024e))	29
28. sz. ábra: Havi középhőmérséklet szélsőértékek 2019-2023 között (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024d))	29
29. sz. ábra: Magyarország átlagos éves csapadékösszege (1991-2020) (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024c))	30
30. sz. ábra: Havi átlagos csapadékösszeg 2019-2023 között (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024d))	31
31. sz. ábra: Magyarország átlagos évi szélsébségei 1991-2020 között (saját ábra, adatforrás:(HungaroMet 2024f))	31
32. sz. ábra: Magyarország uralkodó szélirányai (2001-2020 alapján) (saját ábra, adatforrás:(HungaroMet 2024f))	32
33. sz. ábra: Relatív nedvességtartalom éves átlagának szélsőértékei Magyarországon 2001-2022 között (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024d))	33
34. sz. ábra: Kisberendezés szerkezeti ábrája (saját ábra)	34
35. sz. ábra: Hőmérséklet és csapadék értékek Baján a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024a))	37
36. sz. ábra: Páratartalom és csapadék értékek Baján a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024a))	37
37. sz. ábra: Szélerősségek és csapadék értékek Baján a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024a))	38
38. sz. ábra: Hőmérséklet és csapadék értékek Salgótarjánban a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024a))	39
39. sz. ábra: Páratartalom és csapadék értékek Salgótarján a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024a))	40
40. sz. ábra: Szélerősségek és csapadék értékek Salgótarjánban a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024a))	41
41. sz. ábra: Hőmérséklet és csapadék értékek Taranyban a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024a))	42
42. sz. ábra: Páratartalom és csapadék értékek Taranyban a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024a))	42
43. sz. ábra: Szélerősségek és csapadék értékek Taranyban a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet 2024a))	43
44. sz. ábra: Gyűjtött páramennyiségek eredményei a vizsgált időszakban (saját ábra)	45

KÉPJEGYZÉK

1. sz. kép: Gyűjtőcsatorna rögzítése (saját kép).....	35
2. sz. kép: Bajai háló (saját kép)	36
3. sz. kép: Salgótarjáni háló (saját kép)	39
4. sz. kép: Taranyi háló (saját kép)	41

1. BEVEZETÉS

A lehullott csapadék tér, idő, mennyiség és minőségi eloszlása egyre kiszámíthatatlanabb. A nagy intenzitású csapadékesemények egyre gyakrabban fordulnak elő, az általuk okozott villámárvizekre és pontszerű összefolyásokra pedig nincs olyan megoldás, amely kezelni tudná ezen lokális problémákat. Ugyanakkor megfigyelhető az is, hogy egyre több a nyári időszakban az egymást követő napok száma, amelyeken nem hullik semmilyen csapadék sem. Így az ilyen típusú meteorológiai események nagy kockázatot jelentenek, mind a városi, mind a mezőgazdasági területekre. Az elmúlt évtizedben Magyarországon megfigyelhető a szuburbanizáció és dezurbanizáció jelensége. Ennek köszönhetően az a trend észlelhető, hogy a belvárosból a városok külterületeire és vagy elővárosaiba költöznek ki az emberek. Ezen területek zártkertként és vagy község határterületként funkcionáltak, így az infrastruktúrájuk is ily módon lett kialakítva. Többek között a vízelvezető rendszereik is, amik a nagy mennyiségű csapadékra nagyon érzékenyek, hiszen a kiépítésük során nem ekkora kapacitásokra lettek tervezve. Az egyesített rendszerű és az elválasztott rendszerű (szennyvíz)csatornákra is igaz az, hogy jelentős túlterhelést okoznak a csapadékvizek. Záporesők idején mindkét típusú rendszerben ugrásszerűen megnövekszik a levezetendő vízhozam. Ugyanakkor az elvezető rendszerek bővítése, karbantartása forráshiány miatt csak korlátozottan valósítható meg, így a rendszerek terhelésének mérséklése került előtérbe. A csapadékok tározóban történő vezetésével bizonyos mértékig csökkenteni lehet az elvezetőrendszerekre eső pillanatnyi nagy terhelés. Vagyis, ha az ingatlanok képesek lennének az aktuálisan lehulló, nagy mennyiségű csapadékvíz kvázi pontszerű tárolására, akkor a csatornában jelentkező árhullámkép csillapítható lenne. Valamint a tározókkal képesek lennének a lakók a csapadék helyben történő hasznosítására mikor az ingatlanok környezetében lévő növényzet igényli azt (Oszoly, 2021). A házaknál kialakított tározók két problémára is megoldást jelenthetnek, mégis a legnagyobb előnyének az tekinthető, hogy a csapadék gyűjtésével az egyenletes (napi szintű) öntözés valósítható meg. Csapadékgyűjtés esetén a legtöbbször csak az esővíz összegyűjtésére asszociálnak, pedig egyre nagyobb figyelmet kap a levegő nedvességtartalmának a kinyerése. A köd és vagy páratartalom gyűjtése hazánkban nem igazán ismert eljárás, azonban külföldön annál inkább.

„Akárcsak a köd, a pára is parányi lebegő vízcseppekből áll. A különbség a vízcseppek sűrűségében rejlik. Ha annyi vízcsepp van a levegőben, hogy nem látni messzebb egy kilométernél, ködről beszélünk. Ha a látótávolság nagyobb ennél, de a távoli házak, hegyek életlenül, elmosódottan látszanak, azt mondjuk, páras a levegő.” (G-Portál, 2024)

Mivel az éghajlatváltozás hatásai ismeretlenek a jövőre nézve, érdemesnek gondoltam megvizsgálni, hogy vajon lehet-e párát gyűjteni napjainkban Magyarország területein öntözési célra?

1.1. Problémafelvetés

Szakdolgozati témám kiválasztása a lakókörnyezetem és környékének öntözési célú csapadékvíz hasznosítási problémáján alapul. A 21. században a fenntarthatósági célok követendő iránymutatások, amelyeket az emberek döntő többsége próbál megvalósítani. Mégis az emberek jelentős része a mai napig ivóvízzel öntöz. Abban az esetben, ha a lokális csapadékvíz-gazdálkodás kapcsán szemléletváltás történne meg, akkor nem csak az öntözési célú ivóvíz felhasználást lehetne mérsékelni, hanem a lefolyások árhullámképeit is el lehetne nyújtani (Gayer, 2006). Számos médiumból, értekezésből, szakfolyóiratból azt hangoztatják a szakértők és a kutatók, hogy a világ és Magyarország klímája évről-évre nagymértékű változáson esik át. Emiatt az tapasztalható, hogy egyre nagyobb valószínűséggel fordulnak elő szélsőséges meteorológiai viszonyok, amik megnehezítik az emberek mindennapi életét. A kiszámíthatatlan időjárásnak köszönhetően az emberekben kialakult egyfajta aggodalom is, hiszen könnyen előfordulhat, hogy azon a területen, ahol az egyik nyáron a rapid módon lehulló, nagymennyiségű csapadék villámárvizet okoz, ott a másik nyáron aszálykárok keletkeznek a szárazság miatt.

Számtalan alternatíva létezik már arra, hogy precíziós módon lehessen csapadékot gyűjteni, a legegyszerűbb fémhordótól kezdve a legmodernebb gyűjtőrendszerekig. Mégis az emberek jórésze a könnyebb utat választva vezetékes ivóvízzel öntöz és az ilyen irányultságú mérnöki megoldásokat nem helyezik előtérbe. Ennek a fő oka az, hogy a rohanó világgal az emberek nem tartják a lépést a kellő mértékben. Viszont amit kevesen értenek meg, az az, hogy a csapadék nem egy konstans tényező, hanem térben és időben nagymértékben változó tényező (Bíró, 2019). A gyűjtése azonban nem minden esetben igényel különösebb szakmai hozzáértést, sőt kifejezetten egyszerű praktikákkal is megoldható. Kis energia és idő ráfordításával nagyobb anyagi kiadások nélkül is

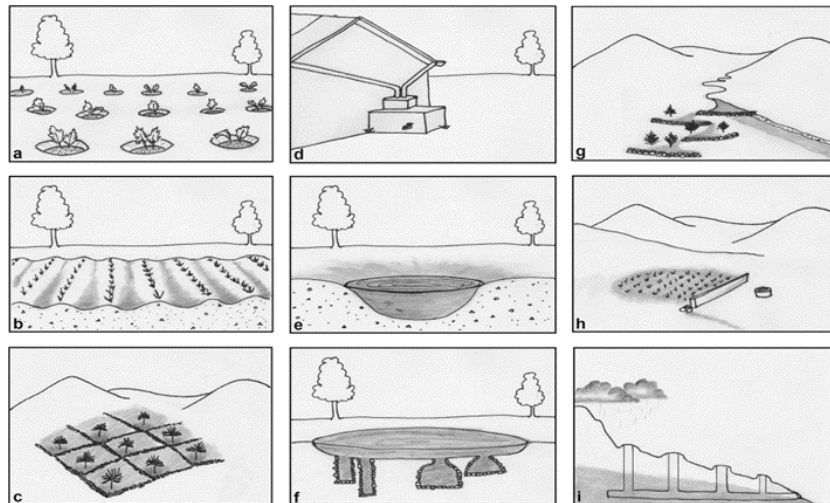
megvalósítható. Napjainkra azonban egyértelművé vált, hogy az emberiségnek a vízgazdálkodáshoz és azon belül is a vízhasznosításhoz való jelenlegi hozzáállásán sürgősen változtatnia kell annak érdekében, hogy a fenntartható fejlődés tartható legyen (Földi és mtsai., 2020).

2. CSAPADÉKVÍZ GAZDÁLKODÁS

Történelmet tekintve az éghajlatváltozás hatásaira például egy aszályra kezdetben az volt a (törzs)közösségek reakciója, hogy egy élhetőbb helyre vándoroltak, ahol már megvoltak azon feltételek, amelyek a létszükségleteiknek eleget tettek. Mára azonban megváltozott ez a fajta szemlélet, a 21. századi modern társadalmi életfeltételeknek köszönhetően a politikai, gazdasági és lakossági hármas egység már nem ezt a fajta problémamegoldást tartja a legcélszerűbbnek (Ferrand és mtsai., 2014). A városi területeken az ivóvízellátáshoz szükséges esővíz összegyűjtése hosszú múltra tekint vissza. Már az első olyan letelepedett közösségek megalakulása óta rájöttek arra, hogy az életbe maradásuk egyik feltétele az ivóvíz. Így letelepedésükkor kiemelt figyelmet kellett fordítaniuk a (tiszta) ivóvíz biztosítására, az egyik legkézenfekvőbb lehetőség volt erre az esővízgyűjtés (Yannopoulos és mtsai., 2016). Míg régen a lakosság az összegyűjtött esővizet elsősorban ivóvízként hasznosította újra, manapság a kültéri használata került előtérbe. Napjainkra már számos kutatást végeztek azt vizsgálva, hogy az emberek az egyes országokban miképp vélekednek az esővíz felhasználásáról és hasznosításáról. Például az Egyesült Királyságban a kérdezettek 92%-a használná fel az összegyűjtött csapadékvizeket kültéri tevékenységekre, azonban háztartási célokra és szervezetük a megfelelő folyadék utánpótlására 38%-a. Az Ausztráliában megkérdezettek aránya szinte teljesen megegyezett ezekkel az eredményekkel. A kutatásban résztvevők 96%-a kizárólag külterületeken, 40%-a pedig ivóvízként fogyasztaná is a tartályukban összegyűjtött csapadékvizet. A jelen korban főként a fejlődő országok közlekedési eszközeinek a szennyező anyagainak növekedése miatt biztonságosabbnak ítélik meg az emberek, ha csak azokon a felhasználási területeken hasznosítják újra ezeket a vizeket, amelyekkel közvetlenül nem érintkeznek (Fielding és mtsai., 2015). Természetesen nem elhanyagolható tényező a tisztított vizet biztosító ivóvízhálózatok kialakulása sem.

2.1. Csapadékvíz gyűjtőeszközök és hasznosítás

Az RWH (Rainwater Harvesting) egy olyan fenntartható stratégia, amely az esővizek összegyűjtésével, tárolásával és későbbi felhasználásával foglalkozik. A különböző rendszerek működési elve nagyon hasonló. A csapadékvizeket összegyűjtik a tető felületéről és gyűjtőtartály(ok)ba vezetik bele, ahonnan vagy a talajba juttatják vissza vagy újrahasznosítják. Az emberek már az ősidőkben is használták a RWH különböző rendszereit, amik bár akkor még elég kezdetlegesek voltak, széles felhasználási területtel rendelkeztek. Főként ivóvízgyűjtésre szolgáltak, majd később már a háztartási szükségleteket is kielégítették szükség esetén. Valamint a mezőgazdasági termeléshez szükséges vízigényt tudták ezzel biztosítani (Ferrand és mtsai., 2014). Mára már ezeket az ősi módszereket kevés helyen alkalmazzák, főként a mezőgazdaságban található erre példa. Az alábbi 1.sz. ábra néhány ősi módszert mutat be.

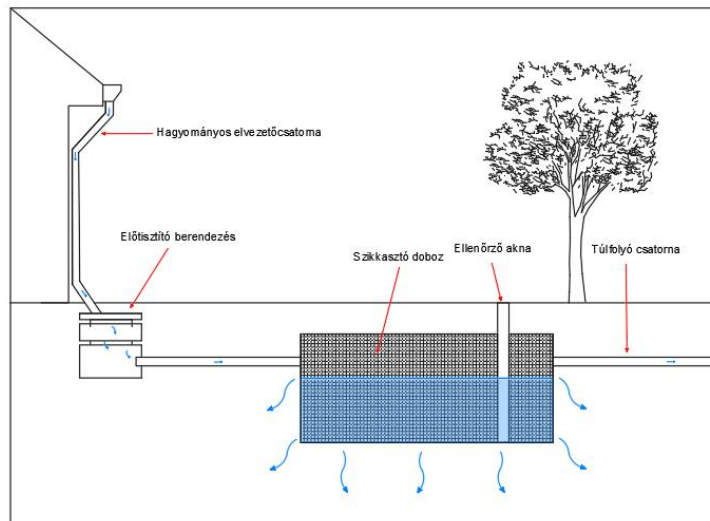


1. sz. ábra: RWH ősi stratégiái (Ferrand és mtsai., 2014)

Az „a” jellel jelölt ábrán kis gödrök láthatóak, amelyeket sík vagy enyhén lejtős területeken ástak ki és eltérő növény fajtákkal ültettek be. A gödör esős időszakban megtelt és a lefolyási sebességet csökkentette azáltal, hogy felfogta a lehullott csapadékmennyiséget növelve ezzel a beszivárgást és a helyszín talajvíz után pótlódását. A „b” -vel jelölt, in situ (természetes helyzetű) RWH földbe vájt barázdák segítségével szintén megnövelték az esővizek beszivárgását az ágyásokban. A „c” jelöli a mikro medencéket, amelyeket kővel vagy földdel vettek körül. Lakossági körben mai napig is alkalmazott a „d” jellel jelölt ábrán látható, technológia, ahol ereszcsonnákkal egy tárolótartályba vezetik bele az esővizet. Az „e” egy hagyományos nyílt vizű tavat jelöl, ahol a tó irányába lejt a terület. Az „f” -fel jelölt ábrán egy sekély mélységű tó látható,

amely alá kis mélységű kutakat ástak, amik a felszínről lefolyó vízmennyiséget gyűjtik össze. Ezt a módszert az ősi maják kezdték el alkalmazni. A „g” jellel jelölt ábrán mezőgazdasági parcellák közé elterelőket építettek, hogy egy nagyobb csapadékmennyiség lefolyása idején csökkentsék a lefolyási sebességét főként a dombos és hegyvidéki területeken, illetve elkerüljék ezzel a talajeróziót. A „h” jelű ábra egy ősi indiai példán keresztül mutat be egy gátat. Csapadékos időszakban a lejtős földterület megtelik vízzel, elkezd beszivárogni a talajba, ami megnöveli a talajvízszintet. Ahogy nő a talajvízszint a gát másik oldalán lévő kiásott gödröt feltölti esővízzel. A magas talajnedvességet kihasználva (miután elvezették a felfogott vizet) telepítik a növényeket. Az „i” -vel jelölt ábrán egy olyan földalatti kútrendszer látható, ahol a hegy aljában egy vízszintes csatornahálózat gyűjti össze a víztartó rétegben a csapadékvizet (Ferrand és mtsai., 2014).

A fenti „d” betűvel jelölt ábrán az ereszcsonnával összegyűjtött és tartályban eltárolt csapadékvíz vidéki területen elvétele egy-két helyen még látható, azonban sokan az esztétikára és egyéb műszaki indokokra támaszkodva nem használják szívesen. Amikor az ereszcsonnából a tartályba kerül az esővíz (mivel az legtöbbször nyitott felszínű és függőleges irányú) a nagy lefolyási sebesség miatt az épületek falaira felfröcsög a víz. Ezzel eláztatja a vakolatot, rosszabb esetben pedig túlfolyik és a ház alá kezd el beszivárogni. Az általános nyitott felszínű tartályt ajánlott zárt, felszín alattira cserélni, hiszen az így összegyűjtött csapadékvíz beszivárog a talajba, túlfolyásakor pedig elvezetésre kerül. Mivel maga az esővíz elvezetése felszín alatt történik, így megoldja az esztétikai kifogásokat is. A gyűjtőtartály tulajdonképpen egy innovatív szikkasztó dobozként funkcionál, amely elé javasolt egy előtisztító berendezés, ami a homok és egyéb anyagok eltávolítását végzi, a teljes folyamat a 2. sz. ábrán látható.



2. sz. ábra: Szikkasztó dobozban gyűjtött esővíz (saját ábra)

Az eddig említett példák mind csak részleges megoldást nyújtanak, azonban, ha teljes csapadékvíz felhasználás és újra hasznosítás a cél, akkor érdemes olyan rendszereket alkalmazni, amik a háztartásba juttatják a gyűjtött esővizet, ezzel is csökkentve a vezetékes ivóvíz felhasználást. Ilyen például a TELESŐ rendszer, ami nem egy előregyártott berendezés, hanem egy tisztítási séma alapján kialakított esővíz újra hasznosító technológia. A rendszer lényege, hogy az egészségre ártalmatlan kezelt vizet vezetik be minden háztartási szolgálatra (például fűtésre, WC öblítésre stb.) egyetlen csapot kivéve, ahonnan ivóvíz minőségű víz folyik, amelyet egy nagyobb hatékonyságú tisztítási folyamat előz meg (Varga, 2018). Az MSZ EN 16941-1 2018 szabvány értelmében a vezetékes ivóvízhálózatba nem köthető. A TELESŐ rendszer alkalmazása minimális szakmai hozzáértést igényel, eközben költséghatékonyan decentralizált ivóvízforrást nyújt.

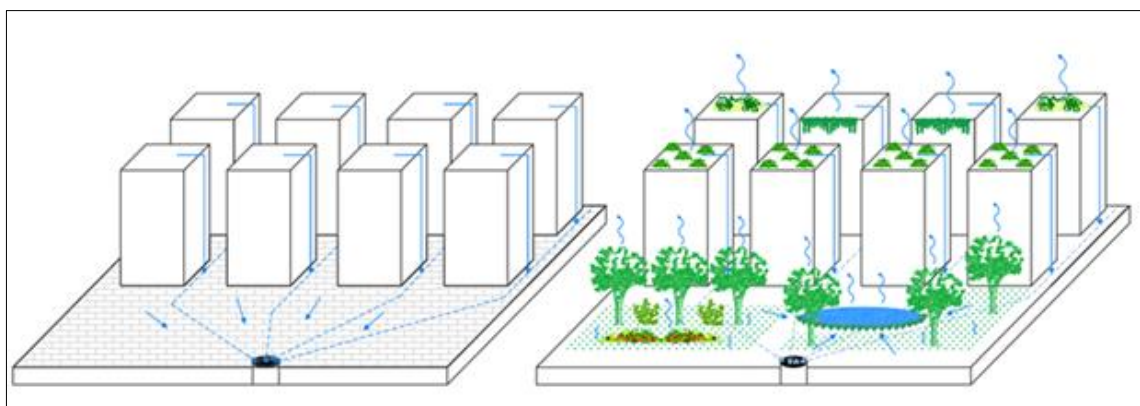
A RWH feladatkörei közé sorolható a vezetékes ivóvíz iránti kereslet csökkentése a csapadékvíz újra felhasználásának széleskörű terjesztésével, a csapadékvíz biztosítása azokon a területeken, ahol a vezetékes ivóvíz továbbra sem teljes körű, ezenfelül a szennyvízhálózatokban kialakuló csúcszomrok redukálása (Fewkes, 2012).

A hagyományos csatornázási rendszereket alapvetően kétfajta csoportba soroljuk: egyesített és elválasztott rendszerek. Az egyesített rendszerek esetében a szennyvíz és a csapadékvíz közös csatornahálózaton keresztül, együttesen kerülnek a szennyvíztisztító telepre, míg az elválasztott rendszer esetében két különböző hálózaton történik elvezetésük. Több érv is szól amellett, hogy a kezdetben sűrűn alkalmazott egyesített rendszereket modernizálják és elválasztott rendszerekké alakítsák. A klímaváltozásból

fakadó extrém esőzések iteratív előfordulása hazánkban is rendszeresen okoz túlterhelést. (Dulovics, 2019) Mivel az éghajlatváltozás is egyre indokoltabbá teszi a fenntartható csapadékvíz gazdálkodást, így az egyesített rendszerek alkalmazása már csak nagyon indokolt esetben tehető meg. Mivel az ilyen rendszerekkel a szennyvízzel együtt a csapadékvíz is elvezetésre kerül, így a beszivárgás minimálisra csökken, ami a talajvízszint apadását eredményezi.

2.2. Kék-zöld infrastruktúra eszközei a csapadékvíz kezelésben

A fejlődő és fenntartható városokban a csapadékvizek kezelése kék-zöld infrastruktúrával manapság az egyik legelterjedtebb alternatívaként jelenik már meg. A kék-zöld infrastruktúra (Blue-Green Infrastructure, későbbiekben: BGI) egy olyan gyűjtőfogalom, amelyben a kék és a zöld infrastruktúra eszközeit a legelőnyösebb módon együttesen alkalmazza a klímaváltozás és az urbanizáció negatív hatásai ellen. A települések vízgazdálkodásába integrálnak természeti elemeket, főként a növényeket. A zöld infrastruktúra (Green Infrastructure) olyan rendszereket foglal magába, amik természetes hidrológiai ciklust imitálnak, például többlet párolgást nyújtanak és megnövelik az árnyékos területeket. A kék infrastruktúra (Blue Infrastructure) olyan víztesteket jelent, amelyek lehetnek természetes eredetűek vagy mesterséges módon kiépítettek. Az említett vízformák ideiglenes tározással lassítják a lefolyási folyamatokat (Almaaitah és mtsai., 2021). A BGI számos előnnyel járul hozzá az innovatív fejlődéshez, amellyel fokozza a természetközeli élhetőséget, növeli a biodiverzitást, elősegíti a vizek természetes körforgását. Mindezek mellett pedig tájépítészeti szempontból modern és esztétikus városokat teremt (Liu és mtsai., 2019), ami a 3. sz. ábrán is látható.



3. sz. ábra: Hagyományos csapadékvíz-elvezetés és csapadék helyben tartás BGI eszközeivel (saját ábra)

A BGI elemei között a legismertebbek a zöldtetők, zöldfalak (zöldhomlokzatok), átteresztő burkolatok, infiltrációs (szikkasztó) medencék és árkok, illetve a vízenyős területek (wetland). Az említett komponensek együttes alkalmazása sokkal kiterjedtebb ökoszisztéma-szolgáltatásokat tudna nyújtani. Megoldást jelenthetnek továbbá az árvízi kockázatok mérséklésében csökkentésében és a mikro klíma javításban is (Liao és mtsai., 2017).

A zöldtetők olyan speciális kialakítású tetőszerkezetek, amelyek külső felületét különböző növénykultúrák borítják be. A zöldtetők legáltalánosabb szerkezeti részei a következők: növényi vegetáció, ültetőközege, szűrő réteg, drén lemez és az elválasztó, vízszigetelő réteg. A legjobb teljesítmény eléréséhez nagyon fontos a legoptimálisabb alkotóegységek helyes méreteinek összeállítása (Shafique és mtsai., 2018). Az első elengedhetetlen lépés az éghajlathoz és tetőhöz való legmegfelelőbb növényzet kiválasztása, majd ezt követően az ültetőközege vastagságának és összetételének precíz megválasztása. Továbbiakban gondoskodni kell az ültetőközege kimosódásának elkerüléséről és a csapadék optimális mennyiségéről, a többletvizekből kialakuló pangóvizek elvezetéséről a szivárgó rétegben (Bellavics, 2023). Kezdeti kihívást jelenthet a magas kiépítési költség, valamint az üzemeltetési szakaszban nem elhanyagolható költségeket jelentenek a karbantartási költségek is. Azonban ezek a költségek idővel (megfelelő üzemeltetés esetében) megtérülnek. Az energiaköltségeket csökkentik, a növényzet segítségével javítják a levegőösszetételt és a lehulló csapadékmennyiségek felfogására és elpárolgására is alkalmasak (Shafique és mtsai., 2018). A zöldtetőket két csoportba sorolhatjuk: intenzív és extenzív zöldtetők. A különbség a két típus között, hogy az intenzív zöldtetők esetében egy változékony növényvilágról beszélünk, amibe a gyökér és fasszárú növények is egyaránt beépíthetők, továbbá a tetőszerkezet emberi tartózkodásra is alkalmas, mint például a Néprajzi Múzeum Budapesten, amely a 4. sz. ábrán látható. Extenzív zöldtetők esetében viszont csak a gyökér és lágyszárú növények ültethetők, így szerkezetileg kevesebb követelménynek kell megfelelniük (Zhang és mtsai., 2012).



4. sz. ábra: Néprajzi Múzeum, Budapest (Magyar Építő Zrt., 2022)

A zöldfalak bár sok mindben nem különböznek a zöldtetőktől, mégis kevésbé elterjedtek Magyarországon. A növényzettel beborított épület falai hőmérséklet javító hatással is rendelkezhetnek. Régebben az épületek árnyékolására sokan borostyánnal, vadszőlővel futtatták be házaikat. A Drezdai Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen végeztek egy kutatást egy déli tájolású, 1000 m² méretű zöldfalra, amelyet borostyánnal borítottak be. A szén-dioxid megkötésre és oxigén termelésre elvégzett számítások után azt az eredményt kapták, hogy 1m³ borostyánnal bevont fal 2,3 kg CO₂ megkötésére alkalmas, illetve 1,7 kg O₂ termelésére (Donát és mtsai., 2016). Viszont a borostyán telepítésekor kiemelt figyelmet kell fordítani a fal minőségére, mivel egy vakolt homlokzat esetén súlyos esztétikai és minőségi károsodást tud okozni a növény.



5. sz. ábra: Zöldfal (Kolak Design SRL, 2018)

A fenntartható városi vízelvezető rendszereket (Sustainable Drainage Systems) már több helyen is alkalmazzák a hagyományos vízelvezető rendszerekkel együttesen. A SUDS célja, hogy a felszíni vizek lefolyását csökkentse azáltal, hogy a beszivárogtatást

segíti elő és közben a vizek minőségét is javítja (Javaid, 2012). A jelenlegi vízelvezető rendszerek legtöbb esetben önmagukban nem elegendőek ahhoz, hogy megfelelő módon lássák el feladataikat. A klímaváltozás új és fenntarthatóbb csapadékvíz elvezetési eszközöket igényel (Liu és mtsai., 2019). A beépítettséghez vezethető vissza a természetes hidrológiai körfolyamat felborulása, mivel a hagyományos leburkolt területeken az esővíz képtelen beszivárogni, így a vízáteresztő burkolatok alkalmazására kellene átállni és olyan műtárgyak használatára, amelyek ideiglenesen tároznák a lehullott csapadékmennyiségeket (Hoyk, 2021). Az egyszerű beton és aszfalt helyett a zöld felületű gyeprácsok, a permeábilis burkolatok és szórt burkolatok jelenthetnek megoldást. Fontos azonban kihangsúlyozni, hogy a hirtelen lezúduló nagy esőzéskor egy áteresztő burkolat sem képes önmagában elszikkasztani a teljes csapadékmennyiséget. A már be nem szivárgó (elfolyó) vizeket célszerű zöld felületre vezetni (Almási és mtsai., 2016).



6. sz. ábra: Áteresztő burkolat típusok (Kaiser, 2020)

A SUDS eszközei, mint például az infiltrációs árkok (szikkasztó árkok) tovább segítik a beszivárgás hatékonyságát. A létesítmény egy sekély mélységű árok, amelyet geotextíliával bélelnek ki az oldalfalaikon és zúzott kővel vagy törmelékkel töltenek fel. Az árok hatékonysága a talaj áteresztőképességétől és a talajvíz mélységétől függ leginkább. Parkolókba, parkokba, játszótereken és az utak mellé is könnyen beilleszthetőek, továbbá praktikus megoldást nyújt olyan területeken is, ahol nincs tágas hely például az ingatlanok vagy különböző épületek között és csak kisebb földszávok állnak rendelkezésre (Kaiser, 2020).

A szikkasztó árkokkal szemben az infiltrációs medence nem a felszín alatt tárolja az összegyűjtött csapadékmennyiséget, hanem a felszínen teszi meg azt. Nagyobb esőzéses időszakot leszámítva a medence önmagában száraz. A talajon keresztül szűri meg a szennyezőanyagokat, így azok nem halmozódnak fel, mint az árkok esetében. Ezzel

szemben viszont nagyobb, sík teret igényelnek és a szennyezett területeken való alkalmazásra nem alkalmasak, hiszen kedvez a talajvíz utánpótlásának (SusDrain, 2024). Városi környezetben, amelyet nagyobb folyó szel át, lehetőség nyílik a vízenyős területek (wetland) alkalmazására. Ezek a vizes, mocsaras területek növelik a biológiai sokféleséget, árvíz idején felfogják és tisztítják a folyók vizét, továbbá a lakosság számára rekreációs (pihenő) területként is szolgál (Carrington, 2022).

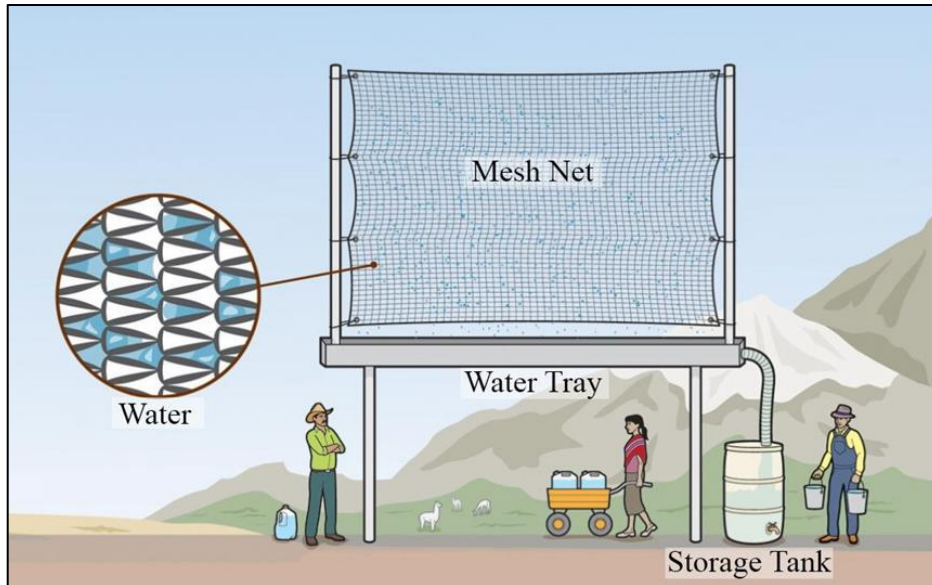


7. sz. ábra: Wetland városi környezetben (Akpeli, 2021)

3. SPECIÁLIS CSAPADÉKGYŰJTÉS CLOUDFISHER ESZKÖZZEL

Számos területen az emberek számára korlátozott az ivóvízhez való hozzáférés. Ilyen például a Marokkó délnyugati részén élő berber közösség is. Mivel egyes területeken kis mennyiségű csapadék áll rendelkezésre, a vízgyűjtés egy olyan probléma, ami nap mint nap nehezíti meg az ott élő közösség mindennapjait. A víznyerési gond megoldására a legkézenfekvőbb gyakorlati megoldás az ivóvíznyerő kutak telepítése. Viszont a kutak létesítése az ilyen és ehhez hasonló sivatagos területeken több szempontból sem helytálló megoldás. A terület éghajlati adottságát (nagy hőingás) kihasználva célszerű és kifizetődő megoldás a ködgyűjtő hálók és a gravitációs csőrendszerek használata az összegyűjtött víz elszállítására. A hálókön könnyedén letud csapódni a köd, ami a gravitáció hatására víz formájában lefolyik a hálók felületén. Amint a vízcseppek leesnek a hálóról, egy csőrendszerekbe kerülnek. Az összegyűjtött vizet szintén gravitációs megoldással, olyan területekerek vezetik, amelyek a közösségek számára könnyen megközelíthetők (Chen és mtsai., 2022). Azokon a területeken, ahol minimális mennyiségű csapadék áll rendelkezésre és a vízkinyerés különböző okok miatt

nem megvalósítható, a CloudFisher (ford.: ködgyűjtő háló) lehet egyfajta modern és fenntartható megoldás. A műtárgy maga egy nagyon egyszerű szerkezet, azonban kevesek számára ismert technológia. A terület éghajlati adottságától függően egyaránt alkalmas ködgyűjtésre és páragyűjtésre is.

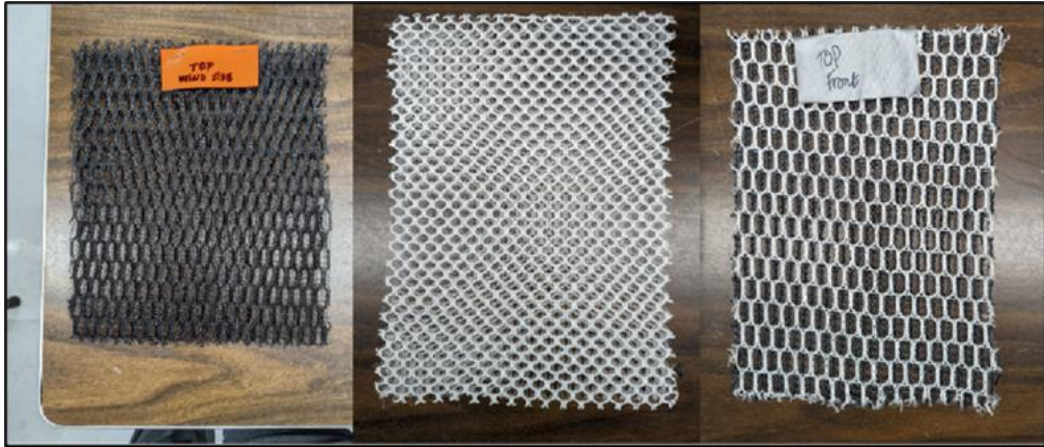


8. sz. ábra: CloudFisher háló (Osman és mtsai., 2017)

3.1. Alkalmazott háló és hálóanyag típusok a ködgyűjtéshez

A ködgyűjtő háló, vagyis a CloudFisher, Peter Trautwein kutató nevéhez fűződik. A háló anyagainak köszönhetően sokkal tartósabbá teszik a műtárgyat, így az akár 120 km/órás szélesebségnek is ellenáll (WasserStiftung, 2024). A CloudFisher hálók típusuk szerint három csoportba sorolhatóak: az első az Aqualonis (fekete színű) háló, második a fehér színű háló, a harmadik pedig a két típus keveréke, a fehér-fekete színű háló. A háló fajták méreteiket tekintve megegyeznek, a különbség a hálók között szövésükben rejlik. A sűrű szövésű fehér háló ovális rések találhatók, ezek minden irányból szimmetrikusak, lazábbak, mint az Aqualonis. A fekete színű egy hexagon háló, amelyet középen a mellette lévő hatszög egyik oldala mindig keresztezi.

A „vegyes” kétszínű egyik irányból hatszögletű, másik irányból ovális alakú (Chen és mtsai., 2022). A 9. sz. ábra szemlélteti a hálók anyagait, bal oldalon az Aqualonis, középen a fehér és jobb oldalon pedig a fekete-fehér háló látható.



9. sz. ábra: CloudFisher háló anyagai (Chen és mtsai., 2022)

Régebben és a mai napig is a legtöbb helyen (még az erős szélnek kitett területeken is) az egyszerű Raschel-hálót alkalmazzák főként költséghatékonyság szempontjából. Általánosságban elmondható, hogy az esetek többségében az erős szellőkések okozták a ködgyűjtő hálók meghibásodását. A 10. sz. ábrán látható a háló szövési sűrűsége, aminek köszönhetően rendkívül jól alkalmazható még azokon a területeken is, ahol kis sűrű köd áll rendelkezésre. Azonban úgy gondolom, hogy a kevésbé szélvédett térségeken erősebb anyagú hálók használatára lenne szükség, valamint ahol tönkrementek a Raschel-típusú hálók, azonban a csapadékgyűjtés folyamata eredményes volt, célszerű lenne más fajta hálóanyaggal bevont CloudFishereket létesíteni (például Chilében).



10. sz. ábra: Raschel típusú háló anyag (Mayerhofer és mtsai., 2015)

A hálók szerkezetileg két csoportba sorolhatók: szabályos kisködgyűjtő háló (Standard Fog Collector, a későbbiekben: SFC) és a nagy ködgyűjtő hálók (Large Fog Collector, későbbiekben: LFC). A kisméretű hálók többnyire kutatási céllal készülnek, míg a nagyobb hálók már a csapadék összegyűjtésére szolgálnak. A gyakorlatban ez a legtöbbször úgy valósul meg, hogy eleinte a kisméretű hálókkal vizsgálják meg, hogy az adott terület alkalmas-e a vízgyűjtésre. Majd amennyiben pozitív eredmények mutatkoznak, akkor a nagyobb hálók is kiépítésre kerülnek. A kis hálók 1-2 m² felülettel rendelkeznek, amik a talajszinttől számítva 1-2 m magasságban vannak elhelyezve, ezzel

szemben a nagy ködgyűjtők változó mérettel készülnek el, alkalmazkodva a helyi igényekhez és lehetőségekhez. (Klemm és mtsai., 2012).

3.2. Marokkó és a berber közösség ivóvízellátása ködszüreteléssel

Marokkóban a Boutmezguida hegységben összesen 600 m² felületű hálót építettek 4 település és egy iskola ivóvízellátásának céljára. A hegy tetején kifeszített hálókkal összegyűjtött ködvíz 1225 méter magasságból, 7 km-es gyűjtőcsatornán keresztül jut el a völgyben található városokba. Marokkóban a kutatások alapján a ködgyűjtés decembertől júniusig a leghatékonyabb. A száraz, kisebb hóingású hónapok átvészelésére tározó tartályok kerültek kiépítésre, amelyekkel így biztosítható az ivóvíz. Az összegyűjtött vízért a közösségeknek fizetnie kell, hogy elkerüljék a pazarlást, azonban mindössze 0,40 eurót 1000 literenként (ami átszámítva 154 Ft, hazánkban átlagosan: 1000 liter ivóvíz kb. 600 Ft).

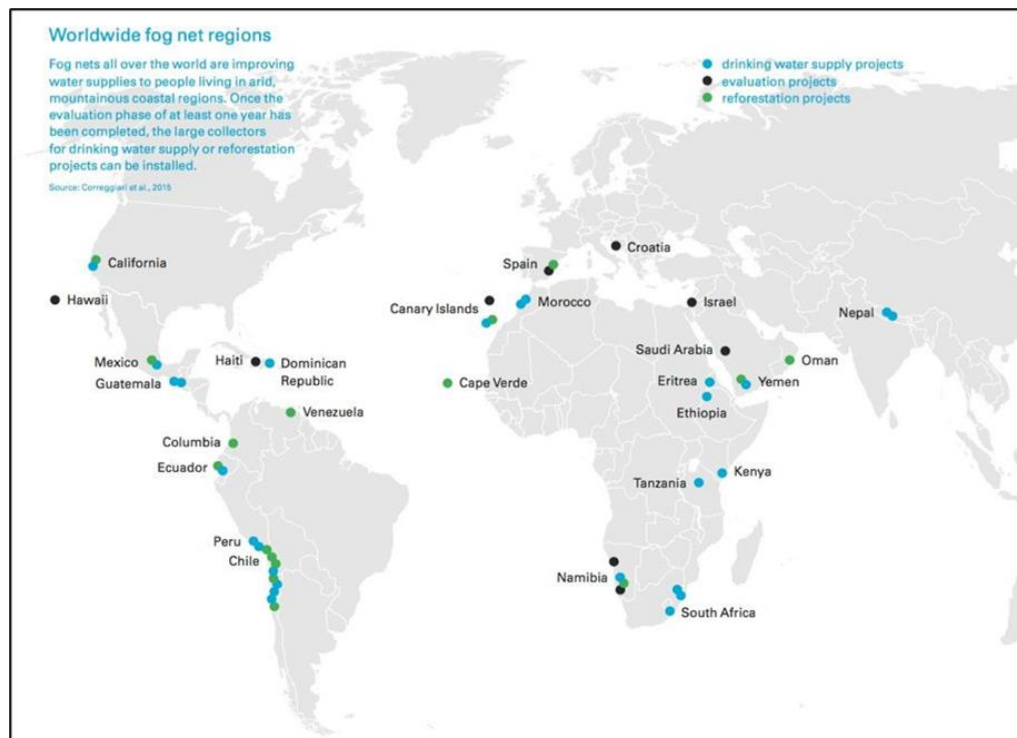


11. sz. ábra: CloudFisher hálók Marokkóban (Emma, 2017)

Ezt az egyszerűnek tűnő technológiát négy éven át tesztelték, majd további öt év kellett a teljes rendszer kiépítéséhez. 2006 júniusában szerelték fel az első teszhálókat az SFC típusú kisméretű hálókat, majd ezt követte a négyéves ciklus, ami alatt kielemezték a vízhozamokat: átlagosan 11 litert mértek négyzetméterenként naponta. 2011-ben a közösség „Fog Net” pályázat keretében finanszírozást nyert el. Kezdetben 40 m² összfelületű LFC típusú hálót szerettek volna alkalmazni, azonban a hegytetőn lévő magas széllokések miatt biztonsági okból végül 2 x 15 m² hálókat építettek. 2012-re befejezték a hálók építését, végeztek a csővezetékek kiépítésével is (elsőként a falvakban, majd a magánházakban). 2014-ben megfigyelő állomást építettek és vízsűrítő rendszereket építettek be a rendszerekbe. 2015-ben adták át az elkészült teljes rendszert a víz világnapja alkalmából rendezett ünnepségen és azóta is tiszta ivóvízzel látja el az ottani lakosokat (Mayerhofer és mtsai., 2015).

3.3. Ködgyűjtés a világban

Nem a marokkói projekt volt az első, ahol a levegő nedvességtartalmának kinyerésével próbálkoztak. A világ legtöbb kontinensén ez már egy jól bevett gyakorlat.



12. sz. ábra: Köd- és vagy páragyűjtés a Világ számos helyszínén (Osman és mtsai., 2017)

A 12. sz. ábra szemlélteti a köd- és vagy páragyűjtés széleskörű felhasználásának helyszíneit, ahol a kék pont az ivóvízellátás, a fekete pont a kutatás és a zöld pont pedig az erdőfelújítás céljából telepített hálókat jelöli. A ködháló egyik jelentős kutatója Victoria Marzol (aki részt vett a marokkói programban) egyik tudományos interjújában elmondta, hogy amikor 1994-ben Chilében járt 74 darab hálót látott, amely a sivatagból La Serena város lakosságát látta el ivóvízzel. Egészen addig amíg az El Niño időjárási jelenség heves szellőzéseket nem idézett elő. A szélsőségek többször is 100 km/h fölé emelkedett, amit a hálók már nem bírtak ki és tönkrementek (Mayerhofer és mtsai., 2015).

3.3.1. Dél-Amerika

Az 1960-as években építették az első LFC típusú hálókat (Antofagastában) Chilében. Pár évvel később Coquimbo területén is megindult a telepítés, ami összesen 90 db 48 m² felületű hálót eredményezett. A cél a lakosság ivóvízzel való ellátása volt,

ami hatalmas sikernek örvendett hosszú éveken át egészen addig, amíg a lakosságszám meg nem ugrott, így kiépítették a vezetékes ivóvizet. Peruban elsősorban az erdők újra telepítése miatt alkalmazták és bebizonyították, hogy működőképes, hiszen azon a területen a mai napig gyümölcsstermesztés folyik (Klemm és mtsai., 2012). A 12. sz. ábrán jól látható, hogy a Chile környéki települések nagy számmal építettek ködgyűjtő állomásokat, mint ivóvízellátás, illetve erdőfelújítás és újratelepítés végett. Ecuador egyik kis falujában 2006-ban 35 db LFC típusú hálót létesítenek, hogy a száraz téli időszakban is legyen elég víz a közösség számára. Ebben a periódusban átlagosan 6300 liter vizet termelnek naponta, a csapadékkal teli hónapokban pedig jelentősen többet (Klemm és mtsai., 2012).

3.3.2. Afrika

Dél-Amerikához hasonlóan a 60-as években kezdődtek a köd- és vagy páragyűjtési kutatások egyes Dél-Afrikai területen is. Kezdetben tesztelésként kis SFC hálókat, később a hegyvidéki területeken nagyobb, LFC típusú hálókat feszítettek ki szintén vízellátás céljából (Klemm és mtsai., 2012). A Namib-sivatagban lévő hatalmas hóingásnak köszönhetően jelentős mennyiségű és sűrűségű pára áll rendelkezésre, amelyről korábban már megállapították, hogy alkalmas lenne páragyűjtésre. 8 éven át végzett kutatást a Gobabed Képzési és Kutatóközpont hat különböző helyszínen az ott élő közösségek környékén. A vizsgálat során SFC típusú hálókkal teszteltek és azt az eredményt kapták, hogy csak az Atlanti-óceántól mért 50 km-es körzetben hatásos a módszer (Makuti és mtsai., 2004). Eritreában a Vörös-tenger partjaira további 20 db LFC típusú hálót telepítettek 2 falu és egy iskola szintén ivóvízellátására. A projekt maga sikeres, azonban bizonyos időközönként karbantartást igényelnek. Jelentős kutatásokat folytattak még Etiópiában és Kenyában is (Klemm és mtsai., 2012).

3.3.3. Ázsia

Ázsiában a legnagyobb ködgyűjtő projekt ivóvíz ellátás céljából Nepálban található, ami a mai napig is tart. Kezdetben sok másik területhez hasonlóan itt is az SFC típusú hálókkal kezdték a ködszüretelést, majd áttértek az LFC típusú hálók építésére. Jelenleg Ázsiában 6 különböző kutatás van folyamatban a CloudFisher hálók optimális működésének meghatározására, ezek elsősorban a hálók méreteinek ideális kiválasztására irányulnak. (Klemm és mtsai., 2012).

3.3.4. Európa

A többi kontinenssel ellentétben, Európában nagyon kezdetleges és kevésbé elterjedt a köd- és vagy páragyűjtők használata. Főként a déli országokat érinti egyre inkább az állandó vízkészletek biztosítása a csapadékhiányos időszakokban, így ezeken a (főként tengerpart menti) területeken lenne érdemes kihasználni a páragyűjtés lehetőségeit. Az ezredforduló idején Horvátországban a Veliki Zavizan hegységben kezdtek el SFC típusú hálókka ködvizet gyűjteni. A mért adatok alapján a területi adottság szerint csapadékmentes időszakban átlagosan $19 \text{ l/m}^2/\text{d}$ hozam mérhető, míg csapadékosabb időszakban $28 \text{ l/m}^2/\text{d}$ (Mileta és mtsai., 2007). Spanyolországban a Kanári szigeteken és az Ibériai-félsziget keleti partszakaszára is telepítettek gyűjtőeszközöket erdőfelújítás céljából (Klemm és mtsai., 2012). A már jól ismert egyoldalas háló mellett azonban egy teljesen új téglatest vázú szerkezetet építettek, aminek minden oldala hálóval fedett.



13. sz. ábra: Kanári-szigeteken lévő ködgyűjtők (Burgen, 2022)

3.4. Kihasztnátlan területek lehetősége a ködgyűjtésre

Meteorológus kutatók szerint a Kanadában található Új-Fundland szigete a világ legködösebb területe. Mivel szigetről van szó, a terület minden oldalát tenger veszi körbe, ennek köszönhető a nagy mennyiségű köd képződése. Éves szinten ez átlagosan 206 darab ködös napot jelent. Kaliforniában több helyen is kísérleteztek, de a Point Reyes partfok területén eddig még nem. Pedig Észak-Amerika második legködösebb területéről van szó, ahol a ködös napok száma évente kb. 200. Az óceán sós vize a nyári hónapokban rendkívül sűrű ködöt képez, ami időnként korlátozza a látási viszonyokat is. Ezt a problémát esetlegesen mérsékelni lehetne, ha ködgyűjtő hálókat telepítenének a térségbe (Osman és mtsai., 2017).

4. KÉRDŐÍVES KUTATÁS

Szakdolgozatomhoz kérdőívet készítettem Google Űrlap segítségével a hipotéziseim igazolására. Az elsődleges célom ezzel az volt, hogy széles körben tájékozódni tudjak a lakossági csapadékgyűjtési módszerekről. Továbbá a kérdőívvel az volt a célom, hogy felmérjem, lenne-e igénye a lakosságnak arra, hogy környezetbarát módon helyben gyűjtse és újra is hasznosítsa a párát (és vagy ködöt). A kérdőív három szakaszból tevődött össze. Az első szakaszrészben lévő kérdések mindenki számára egységesen kötelezően megválaszolandók voltak. A legelső részben az utolsó kérdésre leadott válasz alapján a kérdőív automatikusan vagy a második, vagy a harmadik szakasz kérdéseit jelenítette meg. A szakaszhatárok alkalmazására azért került sor, mert a kérdőív kitöltését ezzel egyszerűsíteni, gyorsítani lehetett.

Maga a kérdőív szerkezetileg néhány alapvető kérdéssel kezdődött, melyek a kitöltő személyére irányultak. Ezután a válaszadók lakókörnyezetének csapadékelvezetésével kapcsolatos kérdések következtek. A legtöbb kérdés a csapadékvíz gyűjtésére, gyűjtési módjára és annak felhasználására vonatkozott. Végezetül pedig az egyéb olyan kék-zöld infrastruktúra technológiák és berendezések ismeretére vonatkoztak a kérdések, amelyek megoldást jelentenek a csapadékvizek gyűjtésére és annak helyben tartására. Az általam készített kérdőív befejező kérdései a CloudFisher alkalmazásának hajlandóságáról szóltak, mivel ez áll a kutatásom központjában.

4.1. Kérdőíves kutatásra vonatkozó hipotézisek ismertetése

Az általam felállított hipotéziseket két csoportra osztottam fel. Az egyik csoport (H_1 - H_5) azokat a feltételezéseimet tartalmazza, amelyek igazolására kérdőíves kutatást végeztem. A hipotézisek másik csoportja az általam tesztelt CloudFisher kisminták eredményire vonatkozó feltételezéseimet tartalmazza, amelyeket az alábbiak:

H₁: A kitöltők minimum 30%-a elsősorban még mindig vezetékes ivóvízzel öntöz.

H₂: Véleményem szerint az összkitöltők több mint a fele használ valamilyen eszközt csapadékvíz gyűjtésre annak érdekében, hogy később helyben tudja hasznosítani azt.

H₃: A válaszadók több mint 80%-a nem hallott még a CloudFisherről.

H₄: A kérdőívet kitöltők 50%-a szerint Magyarország területén érdemes lenne kültereken párát gyűjteni.

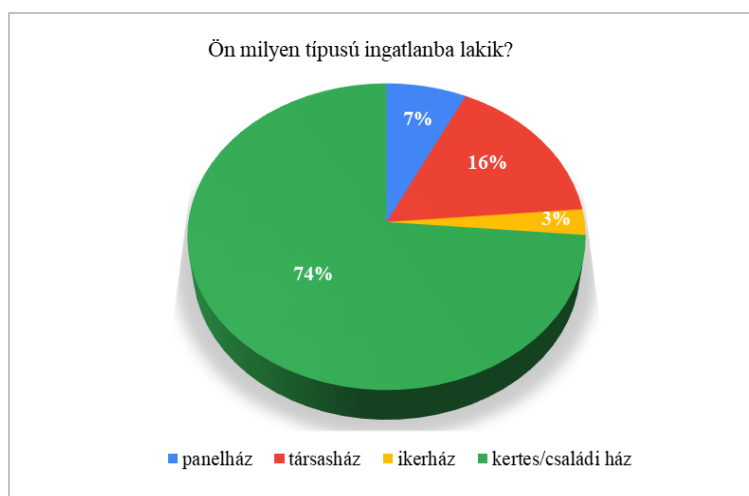
H5: Úgy gondolom, hogy az összköltők maximum negyede használná a CloudFishert csapadékgyűjtésre otthonában.

4.2. Kérdőíves kutatások kiértékelése

Az öntözés célú precíziós csapadékgyűjtési módok vizsgálata című kérdőívet összesen 406 fő töltötte ki teljesen anonim módon. A kérdőív összesen 2 hónapig, 60 napon át volt elérhető.

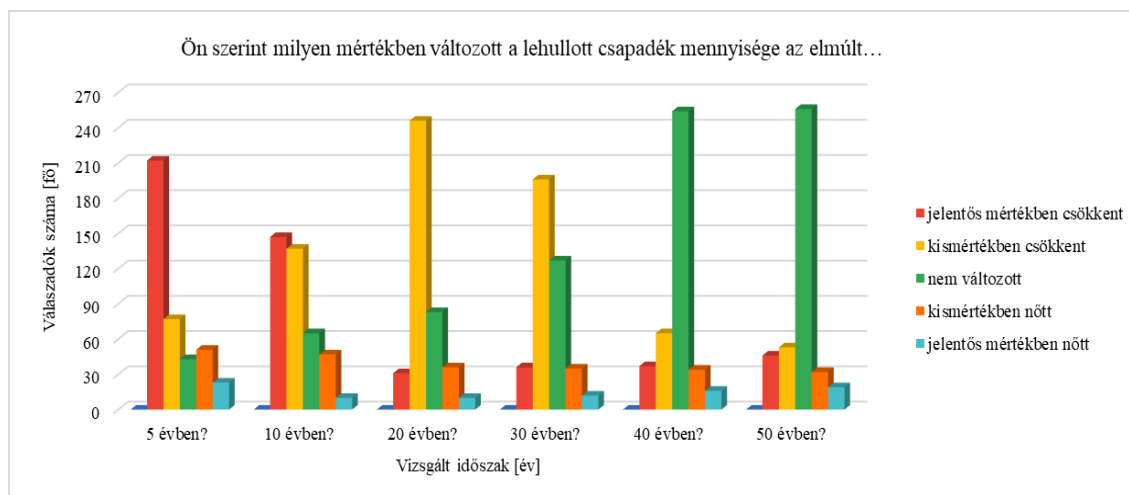
Elsőként a kitöltő személyére vonatkozó általános kérdésekkel kezdtem, ahol rákérdeztem nemre, életkorra és a kitöltő településének jellegére.

A válaszadók 53,4%-a (217 fő) nő és 46,6%-a (189 fő) férfi volt. A kitöltők 74%-a (301 fő) 50 év alatti, amelyből 30,4%-a (123 fő) 18 – 29 év, 17,2 %-a (70 fő) 30 – 39 év, és 26,6%-a (108 fő) 40 – 49 év és közöttiek voltak. A megkérdezettek válasza alapján az összköltők 36,7%-a (149 fő) kisvárosban, 33,5%-a (136 fő) községben/faluban, 13,3%-a (54 fő) nagyvárosban, 13,1%-a (53 fő) vármegyeszékhelyen, 2,2%-a (9 fő) fővárosban és 1,2%-a (5 fő) tanyán él. A kérdőívben a kitöltők lakóhelyének típusára is rákérdeztem, a válaszok a 14. sz. ábrán láthatók, amely jól szemlélteti, hogy főként kertés/családi házban élők töltötték ki.



14. sz. ábra: A kitöltők lakóhelyének típusai (saját ábra)

A válaszadók 74%-a, 299 fő él kertés/családi házban, társasházban 16%-a (67 fő), panelházban 7 %-a (29 fő) és ikerházban 3%-a (11 fő).



15. sz. ábra: Ön szerint milyen mértékben változott a lehullott csapadék mennyisége az elmúlt... (saját ábra)

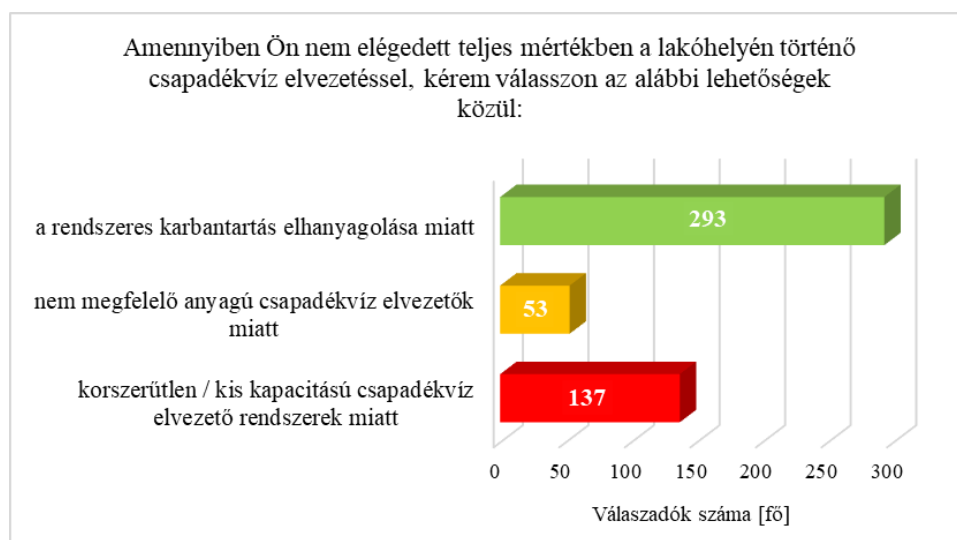
Majd a kitöltőket megkérdeztem arról, hogy szerintük milyen mértékben változott a lehullott csapadék mennyisége az elmúlt 5, 10, 20, 30, 40 és 50 évben. A válaszokat a 15. sz. ábra szemlélteti, amin az figyelhető meg, hogy a megkérdezettek többsége szerint a lehullott csapadék mennyisége az elmúlt 5 és 10 évben jelentős mértékben csökkent, az elmúlt 20 és 30 évben kismértékben csökkent, az elmúlt 40 és 50 évben pedig nem változott. Ezután lakókörnyezetük csapadékvíz elvezetésével kapcsolatosan tettem fel a következő kérdéseket. Elsőként, hogy „Érintette-e már az Ön közvetlen lakókörnyezetét valamilyen szélsőséges meteorológiai jelenség, például: aszálykár, árvíz, villámárvíz?” A válaszadók 44,8%-át (182 főt) igen (és legtöbbször a villámárvízet írták), 55,2%-át (224 főt) nem. Ezt követően arról kérdeztem meg a kitöltőket, hogy elégedettek-e lakóhelyükön történő csapadékvíz-elvezetéssel.

A 16. sz. ábra mutatja, hogy a kitöltők a mindössze 7%-a elégedett teljes mértékben a lakóhelyén történő csapadékvíz elvezetéssel, míg 28%-a többnyire/részben elégedett, 30%-a kevésbé elégedett és 35%-a nem elégedett.



16. sz. ábra: Elégedett-e Ön a lakóhelyén történő csapadékvíz elvezetéssel? (saját ábra)

A következő kérdésem a többivel ellentétben nem volt kötelezően kitöltendő, mivel arra kellett a kitöltőknek válaszolniuk, hogy mi az oka annak, hogy nem elégedettek teljes mértékben a lakóhelyükön lévő csapadékvíz elvezetéssel. Több válasz lehetőséget is meg lehetett jelölni, amelynek az eredménye a 17. sz. ábrán látható.

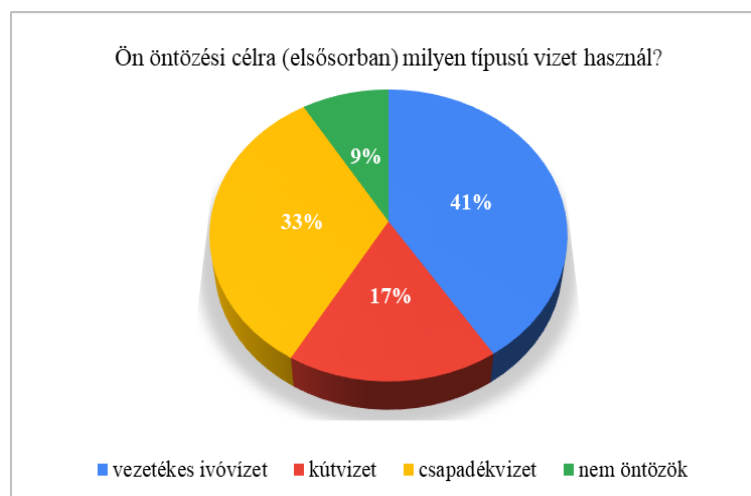


17. sz. ábra: Amennyiben Ön nem elégedett teljes mértékben a lakóhelyén történő csapadékvíz elvezetéssel, kérem válasszon az alábbi lehetőségek közül... (saját ábra)

Legtöbbször a rendszeres karbantartás elhanyagolását tartják a probléma okának (293 fő). 137 válasz érkezett a korszerűtlen/kis kapacitású csapadékvíz elvezető rendszerek panaszára és 53 válasz pedig a nem megfelelő anyagú csapadékelvezetőkre.

A H_1 hipotézisem az volt, hogy „A kitöltők minimum 30%-a elsősorban még mindig vezetékes ivóvízzel öntözt.” Ezt az állításomat az alábbi 18. sz. ábra támasztja alá,

amin jól látható, hogy a kitöltők többsége 41%-a (166 fő) vezetékes ivóvizet használ öntözésre.



18. sz. ábra: Ön öntözési célra (elsősorban) milyen típusú vizet használ? (saját ábra)

A csapadékvízzel való öntözést 33% (134 fő) választotta, kútvízzel történő öntözést 17%-a (71 fő). A kitöltők 9%-a (35 fő) pedig egyáltalán nem öntöz.

A következő (19. sz.) ábrán látható, hogy az összköltők (406 fő) 82%-a (332 fő) használ/ használna csapadékvíz gyűjtőeszközt saját lakókörnyezetében, ezzel szemben 18%-a (74 fő) nem.

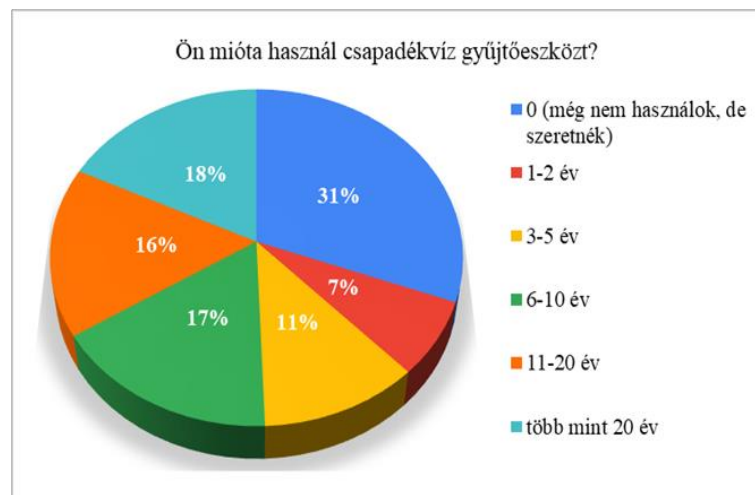


19. sz. ábra: Ön használ/használna-e bármilyen csapadékvíz gyűjtőeszközt lakókörnyezetében? (saját ábra)

Ez volt az utolsó kérdés az első szakaszban, a második szakasz kérdése csak azok számára volt elérhető, akik az „igen” válasz lehetőségre mentek.

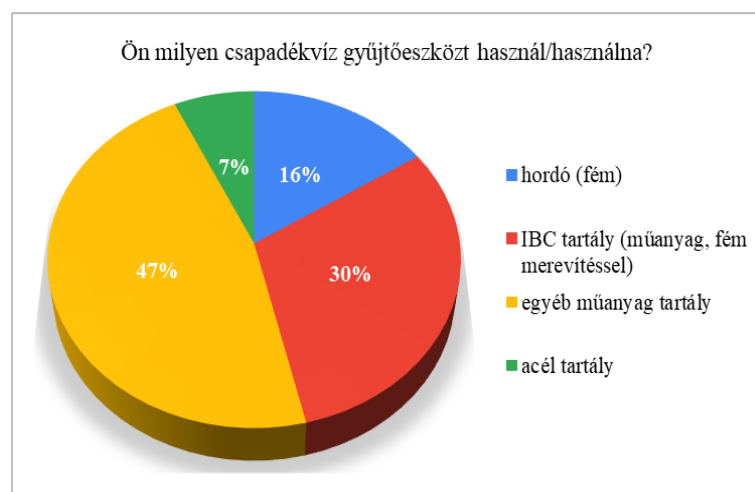
A H₂ tézisem így szólt: „Véleményem szerint az összköltők több mint a fele használ valamilyen eszközt csapadékvíz gyűjtésre annak érdekében, hogy később helyben

tudja hasznosítani azt.” A 20. sz. ábra igazolja az állításomat, amelyen jól látszik, hogy a kitöltők 31%-a (102 fő) még nem használ csapadékvíz gyűjtőeszközt, de a jövőben szeretne, és a fennmaradó 57%-a (230 fő) pedig már használ valamilyen gyűjtőeszközt. Ebből 1–2 éve 7%-a (24 fő), 3-5 éve 11%-a (38 fő), 6-10 éve 17%-a (55 fő), 11-20 éve 16%-a (54 fő) több mint 20 éve pedig 18% (59 fő). A hipotézisem mellett az ábra azt is igazolja, hogy egyre kevesebben kezdenek el csapadékot gyűjteni, hiszen megfigyelhető, hogy a régebb óta gyűjtők vannak többségben és egyre kevesebbek a „újabb, kezdő gyűjtők”.



20. sz. ábra: Ön mióta használ csapadékvíz gyűjtőeszközt? (saját ábra)

Ezután arra voltam kíváncsi, hogy milyen típusú csapadékvíz gyűjtőeszközt alkalmaznak/alkalmaznának a kitöltők, ezt a 21. sz. ábra szemlélteti.

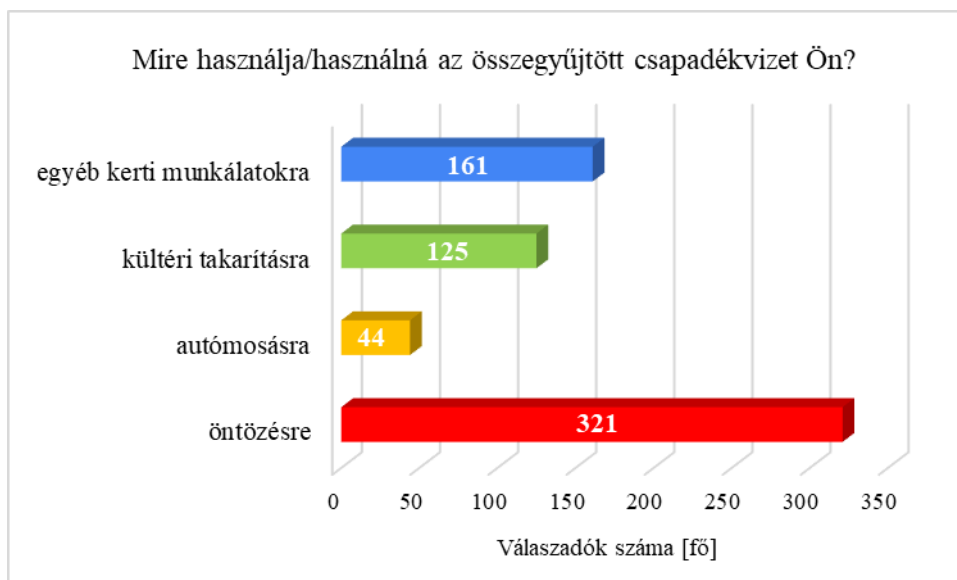


21. sz. ábra: Ön milyen csapadékvíz gyűjtőeszközt használ/használna?

A legtöbben (47%, ami 191 fő) műanyag tartályokat használnak/használnának. Ezt követi a szintén műanyag, fém merevítésű IBC tartály alkalmazása (30%, ami 124 fő). Fémhordókat mindössze 16% (64 fő) és acél tartályokat csupán 7% (28 fő) használ/használna.

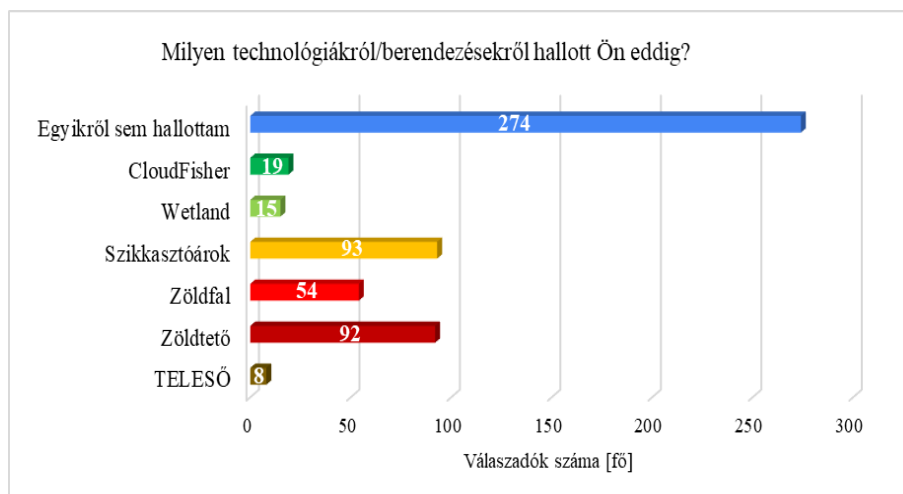
A következő kérdéseimet arra irányoztam, hogy megtudjam mekkora öntözési vízigényük van a kitöltőknek, és mekkora térfogatú gyűjtőeszközt használnak/használnának. Erre azonban nem kaptam közel sem olyan egységes választ, mint az előbbiek esetében. A válaszadók vízigénye a kérdőív alapján a következőképpen alakult: 21-50 litert 22% (89 fő), 51-100 litert 18% (72 fő), 101-250 litert 13% (51 fő), 5-10 litert 11% (44 fő), 251-500 litert 10% (41 fő), 11-20 litert 7% (28 fő), 501-1000 litert 6% (25 fő), 1001-3000 litert 3% (14 fő) használ el öntözési célra. 3000 liternél több vízigénye (öntözésre) csupán 1 főnek volt. A fennmaradó 10% (41 fő) pedig nem öntöz. A gyűjtőedény térfogatára kapott válaszok hasonlóan alakultak: 501-1000 literűt 31% (102 fő), 101-250 literűt 18% (61 fő), 251-500 literűt 16% (53 fő), 51-100 literűt szintúgy 16% (53 fő), 1001-3000 literűt 8% (26 fő), 11-50 literűt 6% (20 fő), 3000 liternél nagyobb 4% (14 fő), végezetül 5-10 liter térfogatút csak 1% (3 fő) választott.

A kérdőívben feltett kérdésként szerepelt még, hogy „Mire használja/használná az összegyűjtött csapadékvizet Ön?” Az erre adott válaszok a 22. sz. ábrán láthatóak, amelyeken jól látszik, hogy legtöbben öntözésre 49% (321 fő), egyéb kerti munkálatokra 25% (161 fő), kültéri takarításra 19% (121 fő) végül autómosásra 7% (44 fő) használja/használná fel. Ebben a kérdésben több válasz lehetőség megjelölése is lehetséges volt.



22. sz. ábra: Mire használja/használná az összegyűjtött csapadékvizet Önt? (saját ábra)

Kérdések között arra is rákérdeztem, hogy felszín felett vagy felszín alatt helyeznék el inkább a gyűjtőeszközt. A megkérdezettek 87%-a (290 fő) helyezné el felszín felett, és 13%-a (43 fő) helyezné el felszín alatt. A következő kérdések már a harmadik szakaszhoz tartoznak, amelyek ismét mindenki számára elérhetőek voltak. Kezdeként arra voltam kíváncsi, hogy a kitöltők milyen berendezésekről és technológiákról hallottak eddig. A 23. sz. ábrán látható, hogy a válaszadók többsége egyik berendezésről sem hallott eddig (274 fő). Legtöbben a szikkasztóárokról (93 fő) és zöldtetőről (92 fő) hallottak, ezt követte a zöldfal (54 fő). A H₃ ismét beigazolódott. Azt feltételeztem, hogy válaszadók több mint 80%-a nem hallott még a CloudFisherről, ami igaz is, hiszen kevesebb mint 5%-a (mindössze 19 fő) hallott róla. A kérdőív válaszai alapján a legkevésbé ismert technológia/berendezés a Wetland (15 fő) és a TELESŐ (8 fő) lett.



23. sz. ábra: Milyen technológiákról/berendezésekről hallott Ön eddig? (saját ábra)

A kérdőív záró két kérdését a CloudFisherre vonatkozó hipotéziseim igazolása miatt tettem fel, amelyből a H₄: „A kérdőívet kitöltők 50%-a szerint Magyarország területén érdemes lenne kültereken párát gyűjteni” szintén igaznak minősült, amit a 24. sz. ábra támaszt alá.

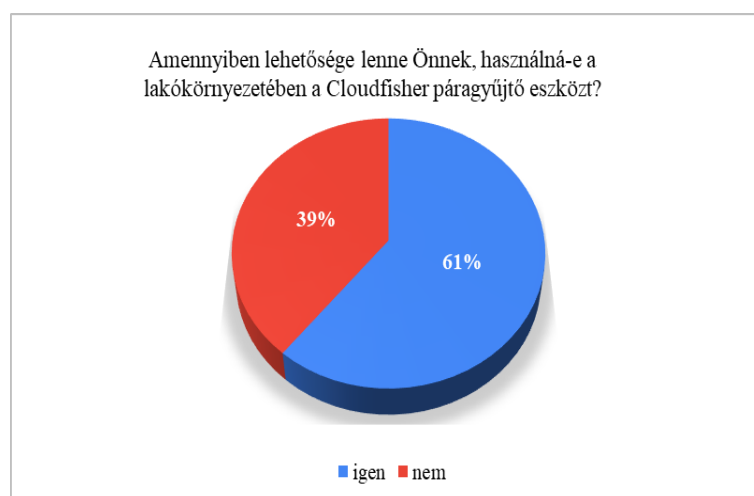


24. sz. ábra: Az Ön véleménye szerint érdemes lenne-e kültereken (pl. az udvarokon) párárt gyűjteni Magyarország területén? (saját ábra)

A válaszadók 83%-a (335 fő) szerint igen, 17%-a (71 fő) szerint nem. A szakirodalmak alapján valószínűnek tartottam, hogy lesz olyan kitöltő, aki nem ismeri a CloudFisher eszközt, így a kérdések alá képeket illesztettem be, illetve tájékoztatásul ezt írtam:

„Magyarország területén 1 nap alatt 2 négyzetméternyi háló felületen akár 0,15-0,20 liter párárt lehet gyűjteni. Éghajlattól, és területtől függően 36-126 liter/nap hozam is mérhető, Marokkóban az eddigi csúcérték 600 liter/nap” (Barkowski, 2019).

A H₅ szerint: „Úgy gondolom, hogy az összkitöltők maximum negyede használná a CloudFishert csapadékgyűjtésre otthonában.” A 25. sz. ábra mutatja be, hogy ez az állításom nem igazolódott be, sőt rendkívül alábecsültem a hálók alkalmazásának hajlandóságát.



25. sz. ábra: Amennyiben lehetősége lenne Önnek, használná-e a lakókörnyezetében a CloudFisher páragyűjtő eszközt? (saját ábra)

A megkérdezettek 61%-a (245 fő) szívesen alkalmazná saját lakókörnyezetében, 39%-a (158 fő) azonban nem.

5. CLOUDFISHER ALKALMAZÁSA MAGYARORSZÁGON

Az irodalomkutatás során részletezett széleskörű felhasználási lehetőségek, előnyök és pozitív tapasztalatok arra ösztönöztek, hogy megvizsgáljam Magyarországon három különböző területén a páragyűjtés lehetőségét CloudFisher páragyűjtő hálók segítségével. Ehhez kapcsolódóan a kutatás előtt hipotéziseket állítottam fel, amelyek az alábbiak:

H₆: Magyarországon területtől függetlenül eredményesen használhatóak a CloudFisher hálók.

H₇: A három CloudFisher közül az Északi-középhegységben lévő fogja a legtöbb csapadékot összegyűjteni.

H₈: A novemberi hónapban fogják a legtöbb csapadékot összegyűjteni a hálók.

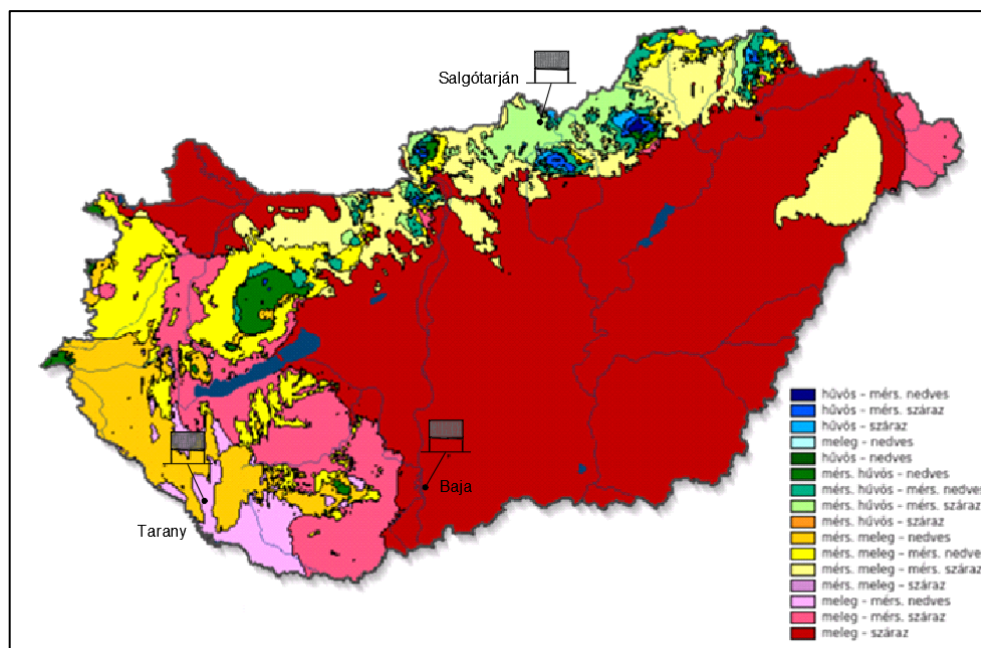
H₉: A hálók akkor fognak csak jelentős mennyiségű csapadékot összegyűjteni (esőmentes napokon), ha páratartalom legalább 90%-os.

H₁₀: A vizsgált időszak alatt nem lesz szükség karbantartásra egyik háló esetén sem.

5.1. Vizsgált területek éghajlatának bemutatása

Magyarország Közép-Európában található az északi félteke mérsékelt éghajlati övezetében a Kárpátok hegysorai közötti medencében terül el. Az ország egy harmada közepes magasságú, alacsony tengerszint feletti sík terület, nyugati részről hullámos, dombokkal teli északról pedig hegyvidék jellemzi (Országos Széchényi Könyvtár, 2024).

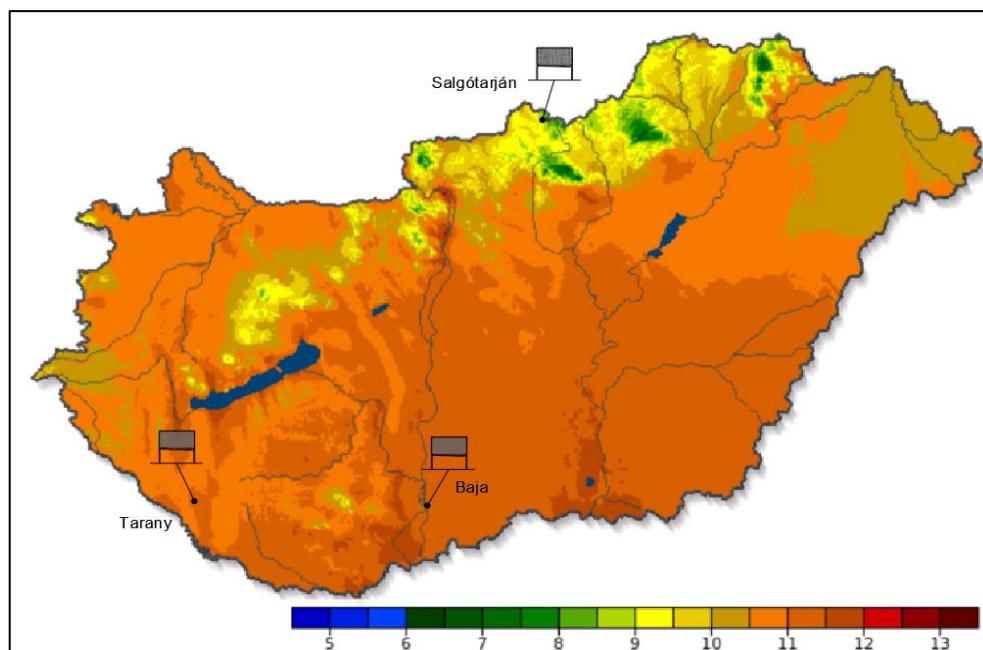
Hazánk rendkívül sokszínű éghajlata elsősorban annak köszönhető, hogy különféle légtömegek veszik körül. Ezek közé tartoznak a kiegyensúlyozott hőmérsékletű, magas nedvességtartalmú éghajlat az uralkodó osztály, ezért is választottam elsőként a Dél-Alföldön található Baja várost vizsgálati területnek. A kutatáshoz szükséges területek óceáni, a szélsőséges hőmérsékletű, általában száraz kontinentális, valamint a Földközi-tenger felől érkező enyhe, jelentős nedvességtartalmú légtömegek. Ezen tényezők nagy mértékben befolyásolják az időjárást és az éghajlatot is Magyarország területein (HungaroMet, 2024b).



26. sz. ábra: Magyarország éghajlati körzeteinek csoportosítása (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024b))

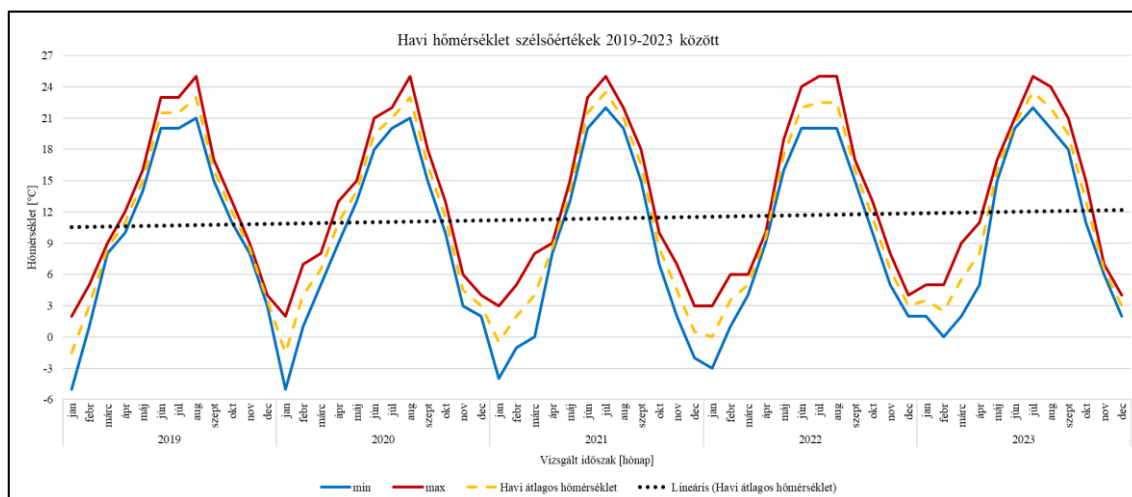
A 26. sz. ábrán egyértelműen látható, hogy az ország legnagyobb területén a meleg-száraz kiválasztásakor egyik legfőbb szempont az volt, hogy az országot lefedve eltérő éghajlatú térségeket vizsgáljak a minél átfogóbb kutatás érdekében. A Dél-Dunántúl változékony éghajlatának köszönhetően lett a második vizsgált terület helyszíne Tarany község, ami a meleg-mérsékelt nedves kategóriába sorolható. Mivel mindkét település az ország déli területére esett, így a harmadik kutatási helyszínnek az Észak-Magyarország területén található Salgótarján vármegyeszékhely lett kijelölve, ami a mérsékelt hűvös- mérsékelt száraz osztályba sorolható.

Magyarországon az átlagos évi középhőmérséklet 10, illetve 11,5 °C közötti tartományban ingadozott az 1990-2020 között, ami a 27. sz. ábrán látható. Az ábra az évi középhőmérséklet mellett megfigyelhető, hogy az alacsonyabb területeken, mint például az Alföld, magasabb az átlagos hőmérséklet, továbbá dél fele haladva megnő a hőmérséklet és a határ mentén kisebb térségeken az átlagos középhőmérséklet eléri az akár 11,5 °C fokot is. Ezzel ellentétben az Északi-Középhegység és a Bakony környékén 8,5 – 9,5 °C fok közé esik, a magasabb hegységekben, például a Mátrában akár 7 °C fokra is lecsökkenhet ez az érték (HungaroMet, 2024e).



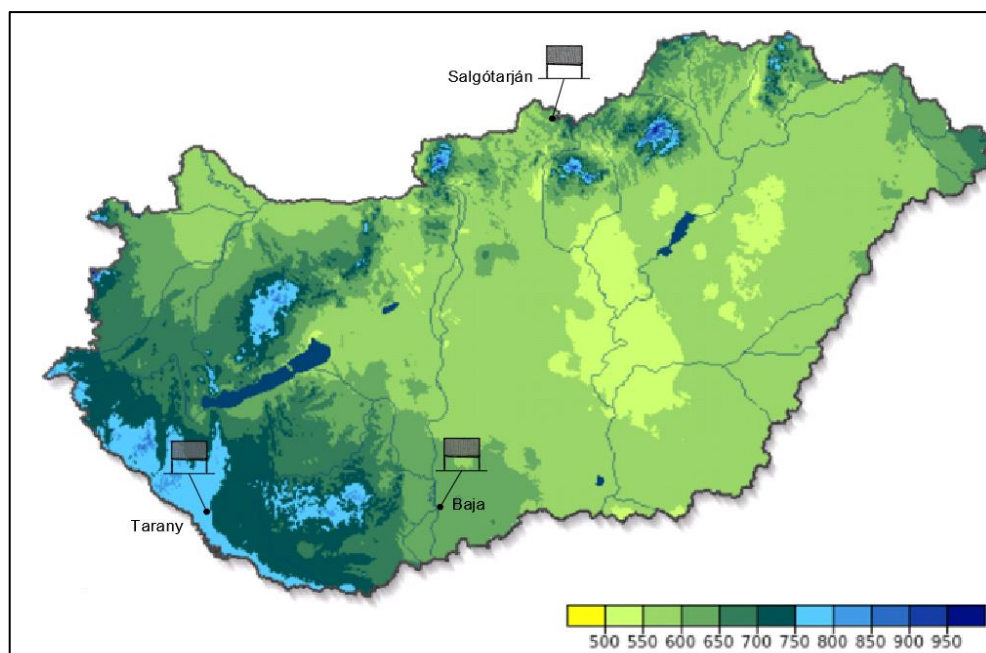
27. sz. ábra: Magyarország átlagos éves középhőmérséklete (1991-2020) (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024e))

A 28. sz. ábrán az a trend figyelhető meg, miszerint Magyarország éves középhőmérséklet szélsőértékei 2019 és 2023 között növekvő tendenciát mutatnak. A vörös színnel jelölt maximum értékek jelentősen nem változtak, ellenben a kék színnel jelölt minimum értékeknél megfigyelhető, hogy a kezdeti januári mínusz értékek egyre csökkennek. 2023-ban a havi középhőmérséklet már nem vett fel negatív értéket és a korábbi január februárban (a megszokott január helyett).



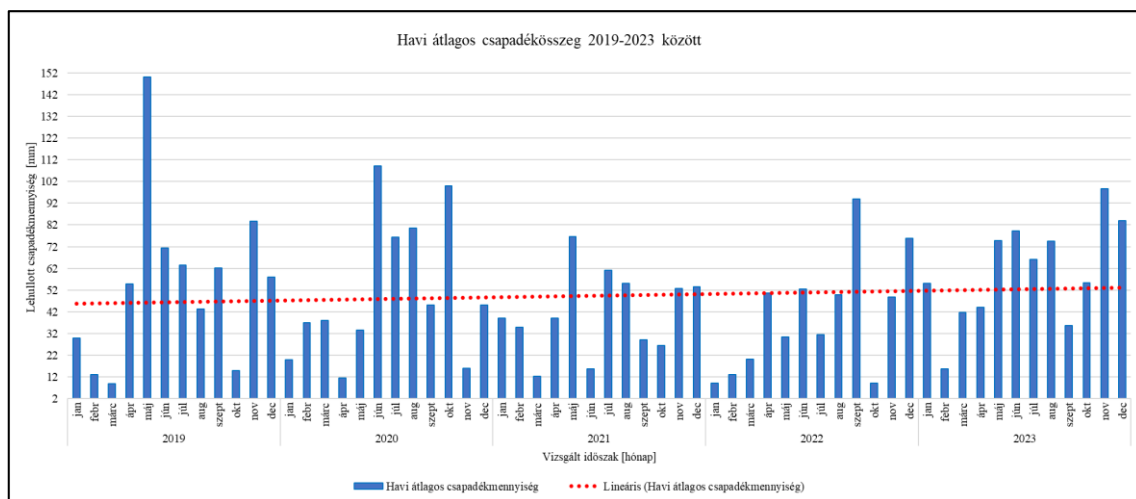
28. sz. ábra: Havi középhőmérséklet szélsőértékek 2019-2023 között (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024d))

Az átlagos éves csapadékösszeg egy sokkal változékonyabb és kiegyenlítlenebb időjárási tényező hazánkban, mint a korábban említett hőmérséklet. Szélsőséges mennyiségű és egyre kiszámíthatatlanabb eloszlást követ. Az éves csapadékösszeg átlagosan 550-800 mm tartományban fluktuált 1991-2020 között Magyarországon, amelyet a 29. sz. ábra szemléltet. A legszárazabb térség hazánkban a Dél-Alföld, Észak-Alföld területének déli része a legcsapadékosabb pedig a Nyugat-Dunántúl és Közép-Dunántúl területe, illetve az Észak-Alföld határhoz közeli térsége. Az éves legszárazabb periódus Magyarországon az 1991-2020-as adatok alapján januártól márciusig tartott, míg a legcsapadékosabb időszak májustól júliusig (HungaroMet, 2024c).



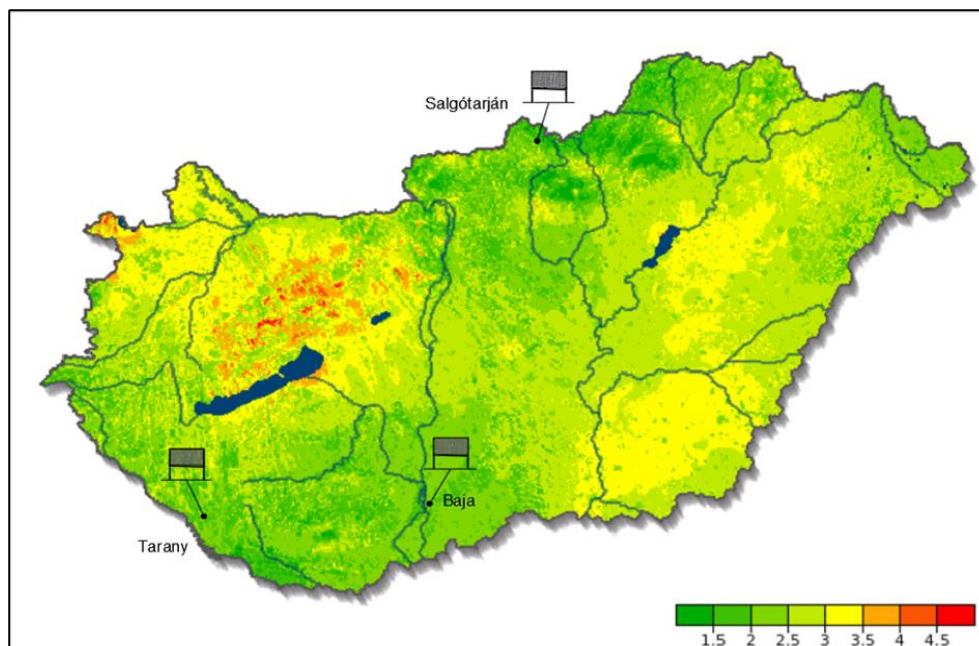
29. sz. ábra: Magyarország átlagos éves csapadékösszege (1991-2020) (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024c))

A 30. sz. ábrán Magyarország havi átlagos csapadékmennyiségének folyamatosan növekedő trendje látható 2019-2023 között. Az ábráról megállapítható, hogy 2019-ben sokkal szélsőségesebb volt a hónapok közti csapadékmennyiség, mint például 2023-ban, ami egyenletesebbnek mondható.



30. sz. ábra: Havi átlagos csapadékösszeg 2019-2023 között (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024d))

A szél erősségét és irányát több tényező is befolyásolja, mint például a terület domborzata vagy település esetén akár annak beépítettsége is. A 31. sz. ábra bemutatja az ország évi átlagos szélsébségeit (m/s-ban) 1991-2020 között.

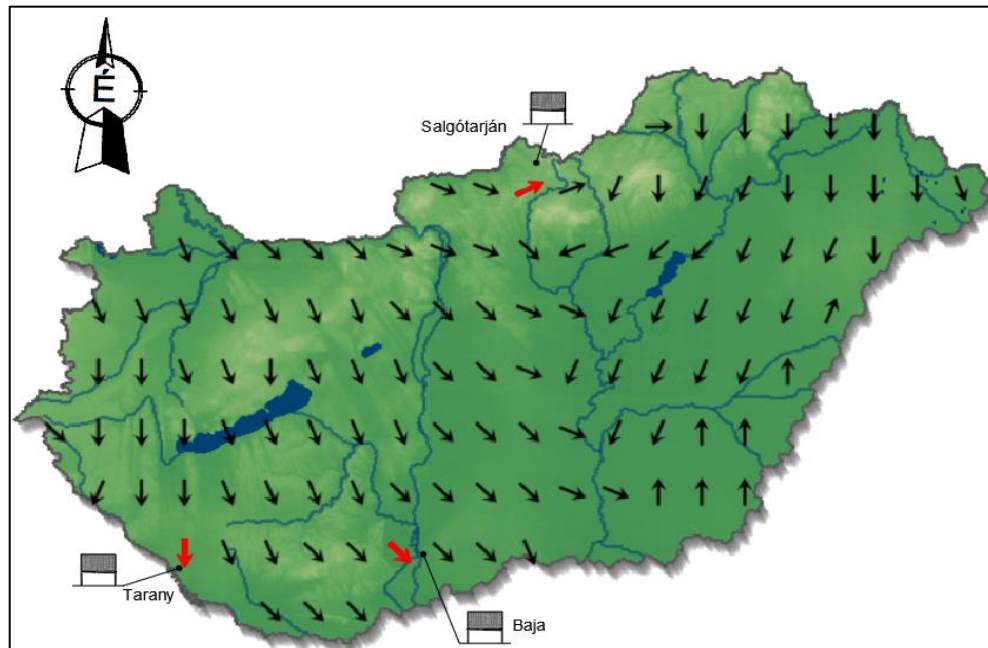


31. sz. ábra: Magyarország átlagos évi szélsébségei 1991-2020 között (saját ábra, adatforrás:(HungaroMet, 2024f))

Jelentős kiugró értékek nem tapasztalhatóak, azonban területenként kisebb eltérések előfordulnak. Az ország legnagyobb területére a 2-3 m/s (ami 7,2-10,8 km/h) átlagos szélsébség a jellemző, de akadnak enyhébb és szelesebb hónapok is, amelyek legtöbb esetben ugyanazon hónapokat érintik. Március a legszelesebb, augusztus a

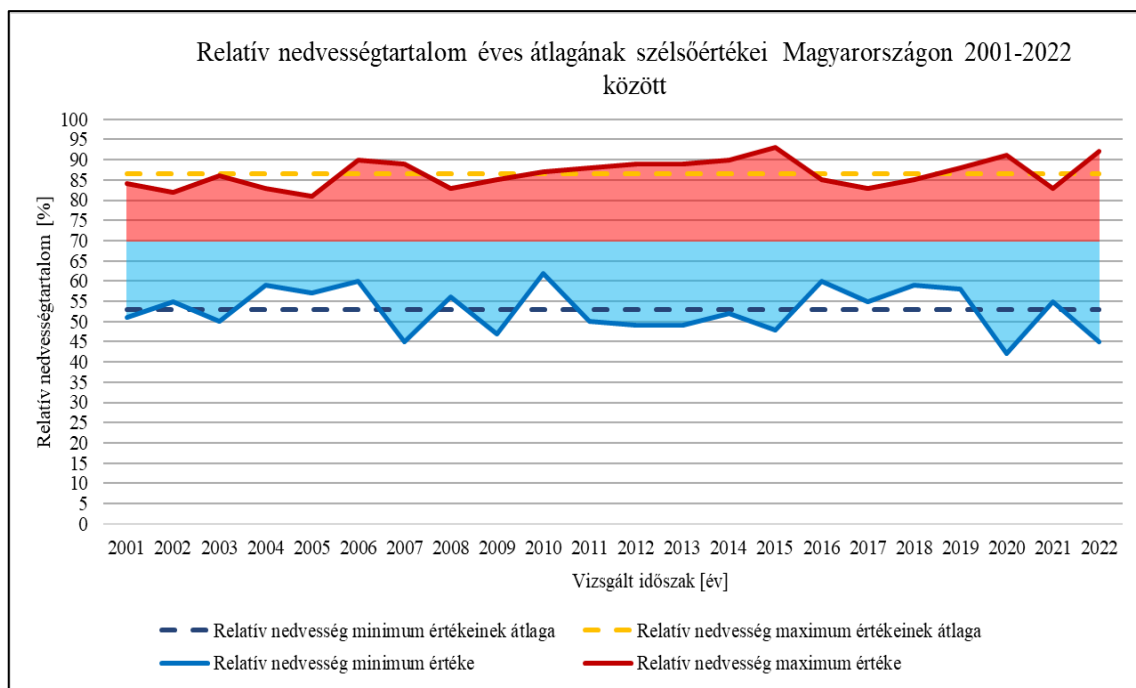
legenyhébb hónap a korábbi adatok alapján. Magyarországon többféle szélirány létezik, de az uralkodó szélirány, ami az ország legnagyobb területeit érinti az az északnyugati (HungaroMet, 2024d).

Magyarország uralkodó szélirányait a 32. sz. ábra szemlélteti (2001-2020 között) amelyen a piros nyilak a vizsgált területek jellemző szélirányait mutatja be. Baján az északnyugati, Salgótarjánban a délnyugati, Taranyban pedig az északi szélirány a meghatározó.



32. sz. ábra: Magyarország uralkodó szélirányai (2001-2020 alapján) (saját ábra, adatforrás:(HungaroMet, 2024f))

A 33. sz. ábra a relatív nedvességtartalom éves átlagának szélsőértékeit mutatja be Magyarországon 2001-2022 között. Az ábrán vörös szín jelöli a relatív nedvességtartalom éves maximum értékeit, amelyek jellemzően 81-94% között ingadoztak. Sárga, szaggatott vonal jelöli a relatív páratartalom maximum értékeinek átlagát, amely 87%. A relatív nedvesség éves minimum értékei 42-63% között váltakoznak, amelyeket a világos kék szín jelöli. Sötét kék, szaggatott vonal jelöli a relatív nedvesség minimum értékeinek az átlagát, ami 53%.



33. sz. ábra: Relatív nedvességtartalom éves átlagának szélsőértékei Magyarországon 2001-2022 között (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024d))

5.2. Kisberendezések bemutatása

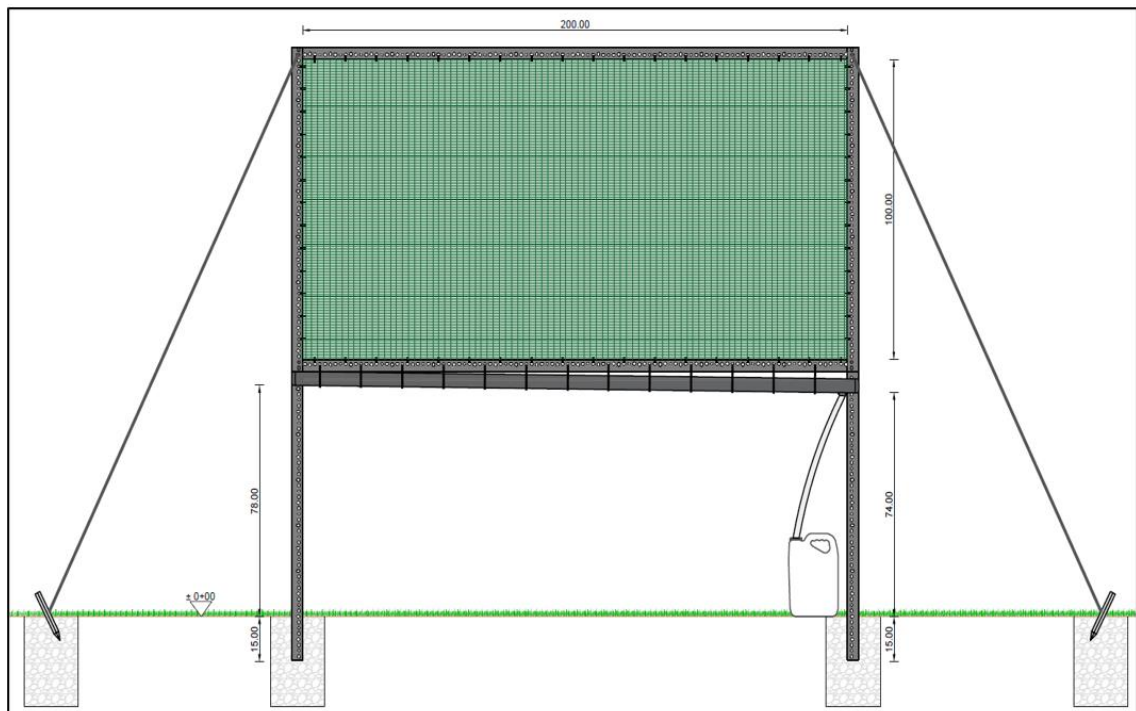
Magyarország három településén (Baja, Salgótarján, Tarany) kerültek felállításra a 2 m² felületű SFC típusú CloudFisher kisberendezések elsősorban kutatási céllal. Azért ez a három település került kiválasztásra, mert más-más területi egységen fekszenek, különböző domborzati viszonyaikon kívül, az éghajlati viszonyaikban is eltérőek (amelyeket lásd: 5.1.).

Mindhárom háló megépítése 2023 szeptemberében történt. A mérések 2023 októbertől kezdődtek és minden reggel 8.00 óra körül történtek az előző nap gyűjtött mennyiségek leolvasása, menzúra segítségével. A mérési időtartamok a következőképpen alakultak:

- 1. időszak: 2023.10.02-től – 2023. 11.30-ig
- 2. időszak: 2023. 12.01-től – 2023. 12. 31-ig
- 3. időszak: 2024. 01. 01-től – 2024. 01. 31-ig
- 4. időszak: 2024. 02. 01-től – 2024. 02. 29-ig

Az első időszakban mind a három helyszínen történt mérés, a második időszakban Salgótarjánban és Taranyban. A harmadik időszakban csak Taranyban történt mérés, a negyedik időszakban pedig ismét Baján és Taranyban. Ennek a fő oka az, hogy különböző

éghajlati adottsággal rendelkező területek lettek vizsgálva, így üzemeltetésük számos esetben újabb és újabb kihívásokkal jelentkeztek, amelyeket a későbbiekben részletezek.



34. sz. ábra: Kisberendezés szerkezeti ábrája (saját ábra)

A 34. sz. ábrán látható a kisberendezés szerkezeti ábrája. Az összeszereléshez szükséges elemek a következők voltak:

- 4 darab 2,00 méter hosszúságú fém rúd (salgó profil kialakítású)
- 4 darab anyacsavar
- 1 darab 2,00 méter hosszúságú 1,00 méter szélességű 95%-os raschel (árnyékoló)háló
- 1 darab 2,00 méter hosszúságú D50-es PVC cső
- 2 darab D50-es PVC cső záró profil elem
- 1 darab 12,00 méter hosszúságú, 8 milliméter átmérőjű polipropilén kötél
- 4 darab fakaró
- 1 darab 5 liter űrtartalmú műanyag kanna
- 1 darab 0,5 méter hosszúságú 3/4" átmérőjű szilikon kivezető cső
- 1 darab csőcsatlakozó elem
- 50 darab 3,5 milliméter széles gyorskötöző

A kisberendezés megépítésének első lépése a salgó profilokból a hálókerekének összeállítása volt az anyacsavarok segítségével. Ezután (a méretre vágást követően) az árnyékolóháló kifeszítése történt a keretre, amelyet a szükséges helyeken gyorskötözők

rögzítettek a kerethez. Majd két körülbelül 20 centiméter mélységű gödröt kellett ásni. A kisberendezést be kellett helyezni a gödörbe, majd a gödör visszatöltését és tömörítését követően a hálót a polipropilén kötelek és a fakarók segítségével kellett rögzíteni. A következő lépés a gyűjtőcsatorna (PVC cső) kivezető nyílásának kifúrása volt, ahová egy csőcsatlakozó elem került behelyezésre.



1. sz. kép: Gyűjtőcsatorna rögzítése a keretre (saját kép)

Ezekután a PVC cső két végére felhelyezésre kerültek a záróelemek. A csőcsatlakozó elemre csatlakoztatni kellett a szilikon kivezető csövet, amelynek másik végéhez egy gyűjtőedény (műanyag kanna) került elhelyezésre.

A hálókkal összegyűjtött csapadék mennyiségek eredményeit naponta Excel táblázatba volt regisztrálva, a mérésekkel kapott adatok később feldolgozásra kerültek. Napi szinten a mért csapadékmennyiségek (ml), a hőmérsékletek (°C) a páratartalmak (%) és a szél erősségek (km/h) kerültek feljegyzésre, a HungaroMet hivatalos adatai alapján. Azokon napok, amelyeken például eső vagy hó esett, azok külön megjelölésre kerültek.

A bajai mérések esetében Nemzeti Közszerológiai Egyetem Víztechnológiai Karának Víztechnológiai Oktatóbázisának épülete mögött található meteorológia állomás éghajlati adatai alapján ellenőrzésre kerültek a HungaroMet hivatalos adatai. A vizsgálat ideje alatt a két adatforrás között számottevő különbség nem volt.

5.2.1. Baja

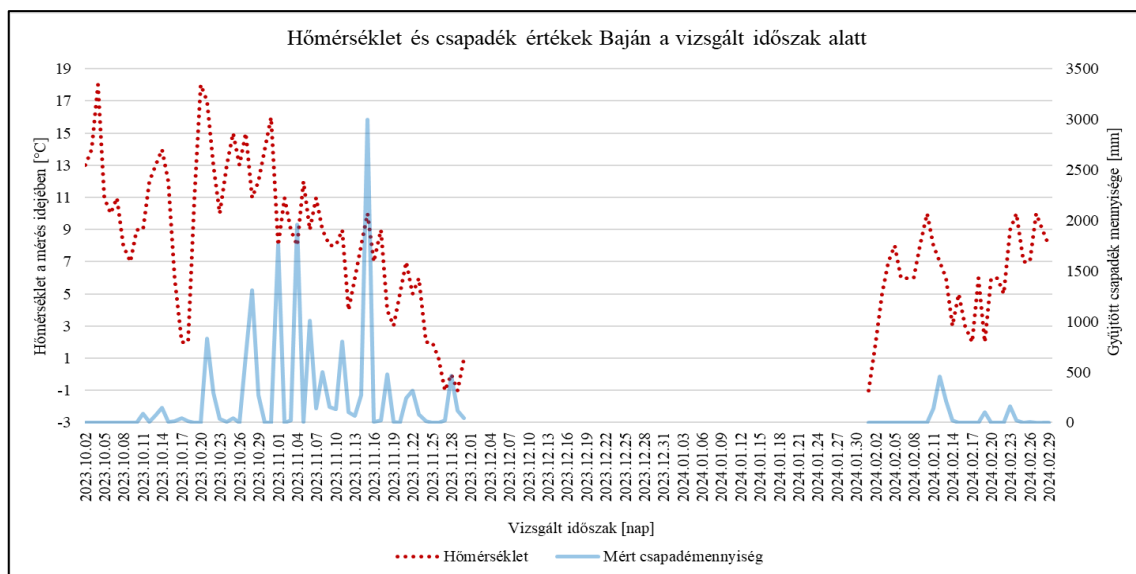
Baja az ország déli területén a Dél-Alföldön, azon belül is Bács-Kiskun vármegyében található. A település a Duna bal partján fekszik, amelynek egyik holtága a

Sugovica, ami a városon belül szigeteket alakított ki. A bajai háló a Nemzeti Közzolgálati Egyetem Vízstudományi Karának Víztechnológiai Oktatóbázisának épülete mögött lett felállítva, a Sugovicától kb. 50 méterre, az árvízvédelmi töltés mentett oldalán, ami a 2. sz. képen látható. A bajai háló decembertől-januárig üzemén kívül lett helyezve a háló lábázatának többszöri meghibásodása miatt.

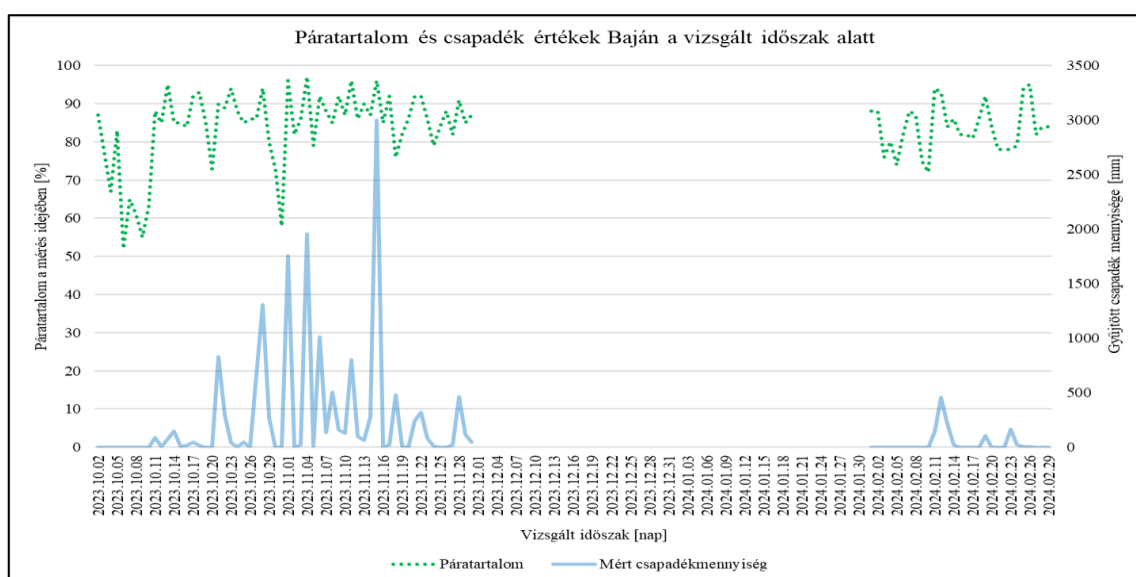


2. sz. kép: Bajai háló (saját kép)

Baja hőmérsékletének alakulása a mért csapadék értékekkel a vizsgált időszakokban a 35. sz. ábrán tekinthető meg. Az ábráról leolvasható legmagasabb hőmérsékleti érték 18 °C, a legalacsonyabb érték -1 °C. A mért csapadékmennyiség legnagyobb értéke 2996 ml, amely 2023. 11. 15-én tudott összegyűjteni a háló. A 35. sz. ábrán látható, hogy a hőmérséklet idősora kezdetben viszonylag egységesen csökken, majd februártól növekvő tendenciát mutat. A csapadékidősor alakulását az eredmények alapján a hőmérséklet önmagában nem befolyásolta.

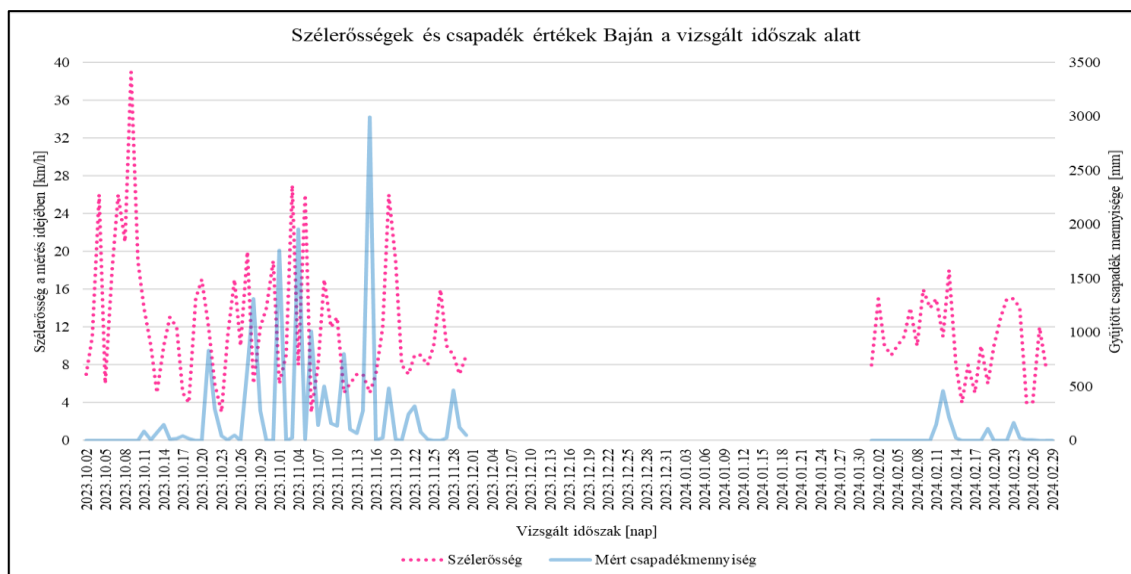


35. sz. ábra: Hőmérséklet és csapadék értékek Baján a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024a))



36. sz. ábra: Páratartalom és csapadék értékek Baján a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024a))

A vizsgált időszak alatti páratartalom és a mért csapadéérték alakulását szemlélteti a 36. sz. ábra. A páratartalom adatsorának legmagasabb páratartalom értéke 97% a legalacsonyabb értéke 52%. Jelentős mértékben a páratartalom értékei nincsenek egyértelműen kimutatható hatással a mért csapadékmennyiségre. Erre példa: 2024. 02. 24-én 79%-os páratartalom mellett 22 ml-t, 2024. 02. 26-án 95%-os páratartalom mellett mindössze 6 ml-t lehetett mérni.



37. sz. ábra: Szélerősségek és csapadék értékek Baján a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024a)

A következő (37. sz.) ábra a szélerősségek és csapadék értékek változásait mutatja be a vizsgált időszak alatt. A szélerősségek közti legmagasabb érték 39 km/h, a legalacsonyabb érték 3 km/h. A szélerősség adatsorának értékei és a mért csapadékmennyiség idősora egymáshoz képest rendszertelenül alakulnak. Így egyértelmű összefüggés nem állapítható meg.

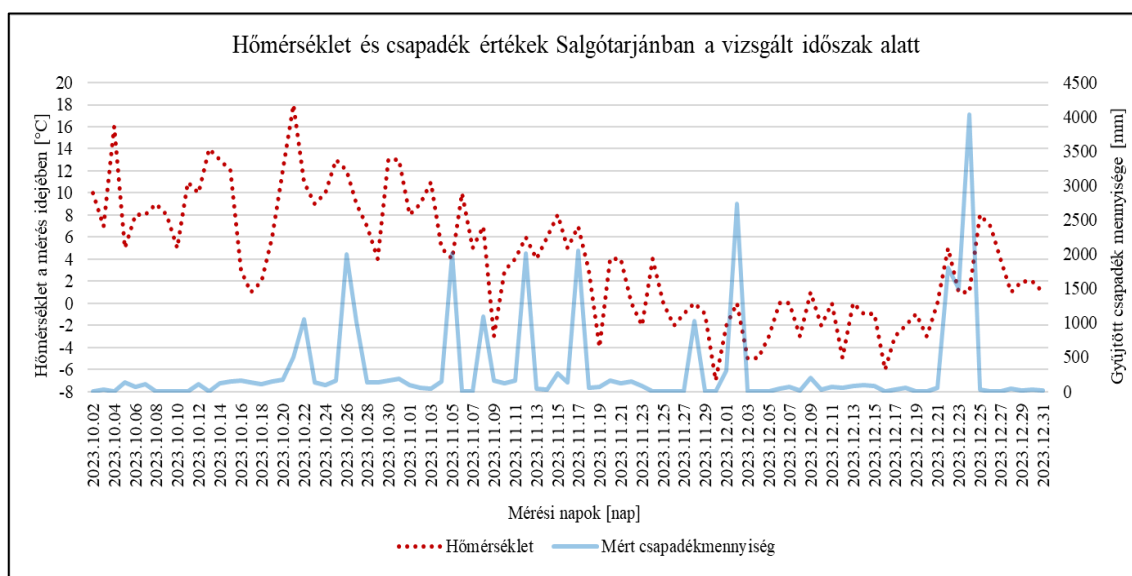
5.2.2. Salgótarján

Salgótarján Észak-Magyarországon, Nógrád vármegyében a szlovák határ mentén található. A várost a Karancs (hegység) a Medves-fennsík és a Cserhát (középhegység) veszi körül (Csapó és mtsai., 2020). A salgótarjáni háló a kempingtelepi városrészben egy családi ház udvarában lett elhelyezve, amelyet a 3. sz. kép szemléltet. Az időjárási körülmények miatt 2023. december 31-től a háló állapota nem tette lehetővé a további üzemeltetést. A levegőből kinyert csapadék ugyanis megfagyott, és a berendezés több alkatrésze is tönkrement.



3. sz. kép: Salgótarjáni háló (saját kép)

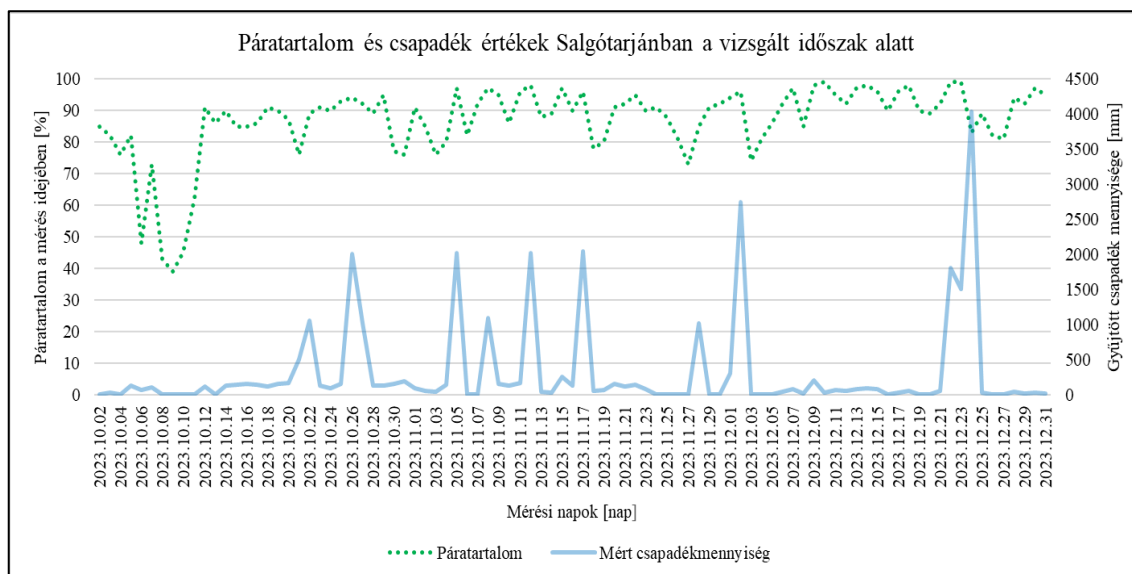
Salgótarján hőmérséklet és csapadéértékeinek alakulása a vizsgált időszak alatt a 38. sz. ábrán tekinthető meg. A legmagasabb hőmérsékleti érték, amely az ábráról leolvasható 18 °C, legalacsonyabb érték pedig -7 °C. A csapadékidősor alakulását az eredmények alapján a hőmérséklet önmagában nem befolyásolta, erre példa: 2023. 11. 06-án 10 °C mellett 0 ml csapadék hullott, azonban 2023. 10. 12-én szintén 10 °C mellett 112 ml volt mérhető.



38. sz. ábra: Hőmérséklet és csapadék értékek Salgótarjában a vizsgált időszak alatt
(saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024a))

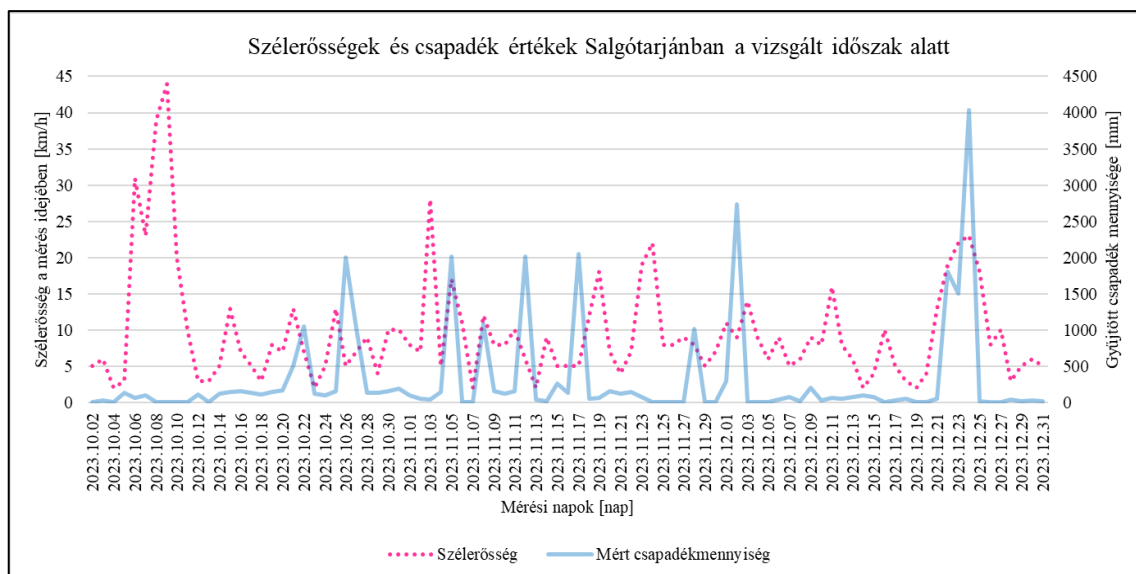
A 39. sz. ábra szemlélteti Salgótarján napi páratartalom és csapadék értékeit a vizsgált időszak alatt. A bajai páratartalom adatsorhoz képest sokkal magasabb értékeket

vesz fel, amely jellemzően 85-95% között ingadozik. A legmagasabb páratartalom érték 99%, a legalacsonyabb érték pedig 39%. A páratartalom az összegyűjtött csapadékmennyiséget nem befolyásolta egyértelműen, hiszen az ábrán látható, hogy 2023. 11. 09-én 95%-os páratartalom mellett 155 ml, 2023. 10. 16-án 85%-os páratartalom mellett 156 ml csapadékmennyiség lett regisztrálva.



39. sz. ábra: Páratartalom és csapadék értékek Salgótarján a vizsgált időszak alatt
(saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024a))

A salgótarjáni szélereősségek és csapadék értékek alakulását a 40. sz. ábra mutatja be a vizsgált időszak alatt. A legmagasabb szélereősség érték 44 km/h, a legalacsonyabb érték pedig 2 km/h. Az ábrán látható eredmények alapján elmondható, hogy a szélereősség sem egy egyértelműen meghatározó tényező a csapadék értékek alakulását tekintve.



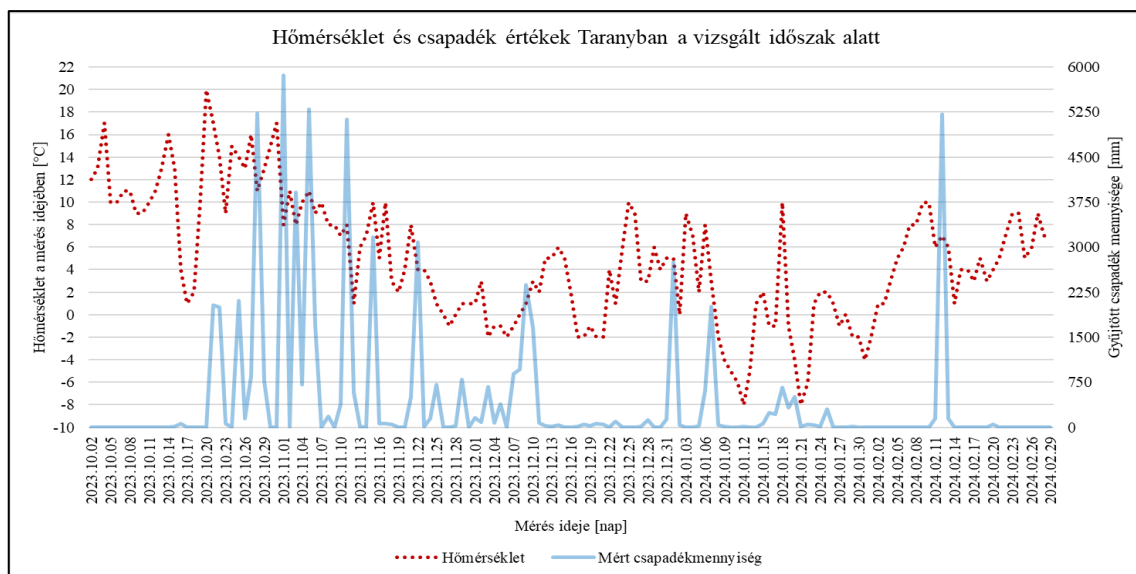
40. sz. ábra: Szélerősségek és csapadék értékek Salgótarjánban a vizsgált időszak alatt
(saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024a))

5.2.3. Tarany

Tarany község a Dél-Dunántúlon helyezkedik el Somogy vármegyében a horvát határ közelében. A községet a Taranyi-Rinya patak szeli ketté, amitől a háló kb. 100 méter távolságban került felállításra. A taranyi háló kijelölt helyszíne ismét egy családi ház kertje lett, amelynek leghátsó részén egy tó található (lásd: 4. sz. kép). A taranyi kisberendezéssel a vizsgált időszak egésze alatt működőképes volt.

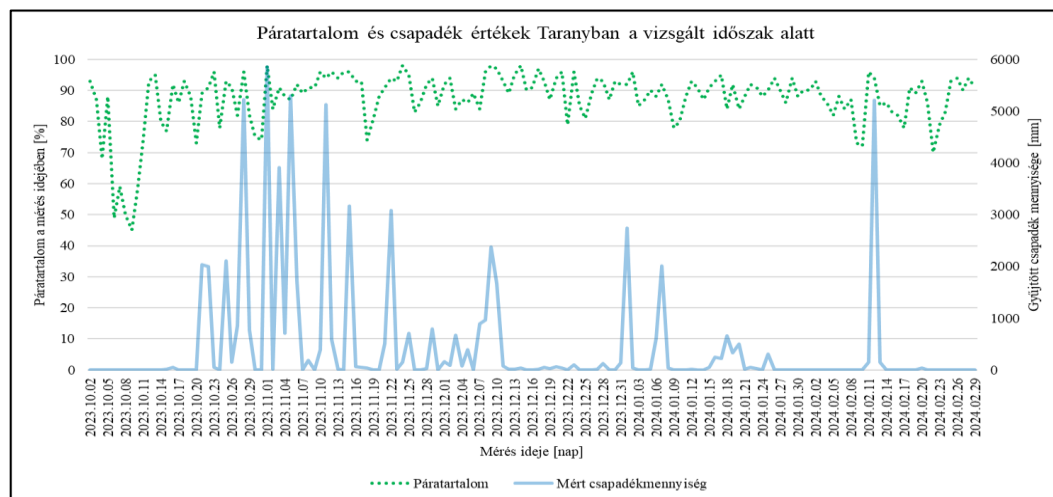


4. sz. kép: Taranyi háló (saját kép)



41. sz. ábra: Hőmérséklet és csapadék értékek Taranyban a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024a))

Tarany hőmérséklet és csapadék érték idősorát a vizsgált időszak alatt a 41. sz. ábrán tekinthető meg. Az ábrán látható legmagasabb érték 20 °C, a legalacsonyabb érték -8 °C. A legnagyobb mért csapadékmennyiség értéke 5860 ml, amely 2023. 11. 01-én esett. A csapadékidőszak alakulását az eredmények alapján a hőmérséklet önmagában nem befolyásolta.

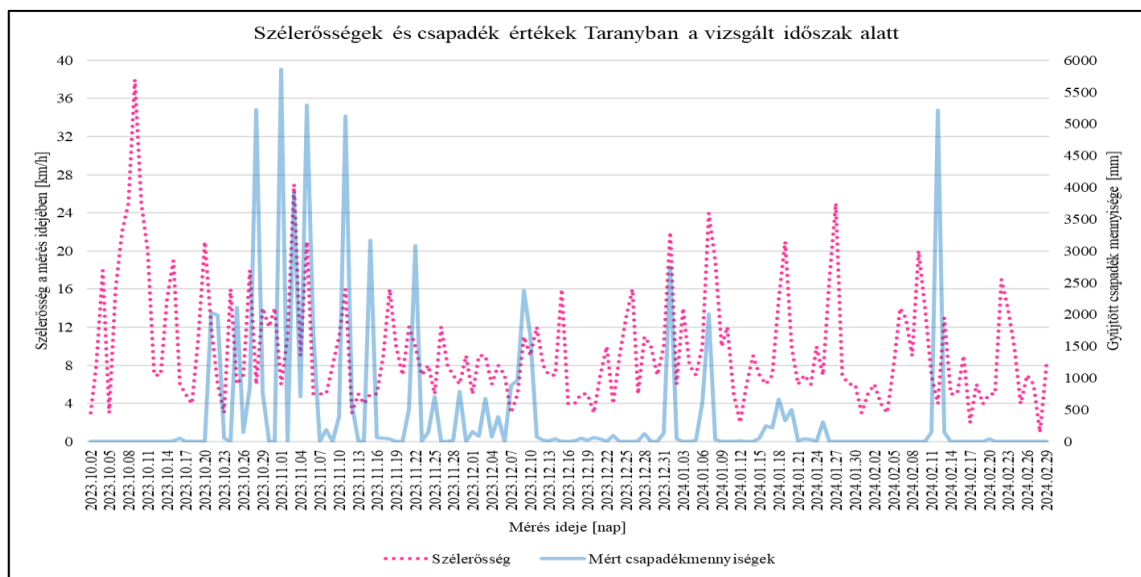


42. sz. ábra: Páratartalom és csapadék értékek Taranyban a vizsgált időszak alatt (saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024a))

A napi páratartalom és csapadékérték értékeit a vizsgált időszak alatt Taranyban a 42. sz. ábra szemlélteti. Jól látható az ábrán, hogy a legmagasabb páratartalom érték 98%, a legalacsonyabb érték pedig 45%. A kapott adatok alapján a napi páratartalom alakulása

nem határozza meg jelentős mértékben az összegyűjtött lemerített csapadékmennyiséget. Többnyire 90% felett mérhető több csapadék, akadnak kivételek ezen a helyszínen is pl.: 2023. 11. 18-án.

A szél erőssége és csapadék értékeit mutatja be a következő (43. sz.) ábra Taranyban a vizsgált időszak alatt. Az ábrán látható legmagasabb érték 38 km/h, a legalacsonyabb érték 1 km/h volt. A szél erőssége adatsora szélsőséges, tele van kiugró értékekkel, amelyeket a csapadék időszora 1-2 helyen követ, azonban a két tényező között egyértelmű összefüggés nem tapasztalható.



43. sz. ábra: Szél erősségei és csapadék értékei Taranyban a vizsgált időszak alatt
(saját ábra, adatforrás: (HungaroMet, 2024a))

5.3. A kapott eredmények kiértékelése

A H_6 hipotézisem szerint: „Magyarországon területtől függetlenül eredményesen használhatóak a CloudFisher hálók.” Ez az állításom nem igazolódott be, amelyet a 35-43 sz. ábrák bizonyítanak be. Az ábrákon jól láthatók, hogy ekkora (1x2 méteres) hálók ezen három helyszínen nem bizonyulnak hatékonyak.

A következő hipotézisem (H_7) is téves feltételezés volt, amiben azt feltételeztem, hogy „A három CloudFisher közül az Északi-középhegységben lévő fogja a legtöbb csapadékot összegyűjteni.” Azonban a 38-43 sz. ábrákon jól látszik, hogy nem a salgótarjáni háló, hanem a taranyi háló gyűjtötte össze a legtöbb csapadékot. Az esős napokat leszámítva, csak az összegyűjtött páramennyiségeket tekintve a salgótarjáni háló gyűjtötte a legtöbbet.

A H₈-as hipotézisem igaznak bizonyult, amiben azt állítottam, hogy „A novemberi hónapban fogják a legtöbb csapadékot összegyűjteni a hálók.” Ezt a feltételezésemet a 44. sz. ábra támasztja alá.

A H₉-es hipotézisem szerint: „A hálók akkor fognak csak jelentős mennyiségű csapadékot összegyűjteni (esőmentes napokon), ha páratartalom legalább 90%-os.” Ez az állításom sem bizonyult igaznak (lásd: 35-43 sz. ábrák), hiszen a külföldi hálókhoz képest a hazai hálók (noha kisebbek) minimális mennyiségű csapadékot gyűjtöttek esőmentes időszakban.

A H₁₀-es hipotézisemben azt állítottam, hogy „A vizsgált időszak alatt nem lesz szükség karbantartásra egyik háló esetén sem.” Ez az állításom is megdőlt, hiszen a mérési időszak a salgótarjáni háló esetében azért tartott csak december végéig, mert a háló felülete megfagyott. (lásd: 36-38. sz. ábra) A másik két háló esetében is szükséges volt időnként gondozni. Azt tapasztaltam, hogy egy intenzív esős nap után a háló elvezetőcsöve a súly hatására képes megereszkedni.

A 44. sz. ábrán a gyűjtött páramennyiségek eredményei láthatóak a vizsgált időszakokban. A teljes vizsgált időszak 4 mérési időtartamra lett felosztva, amely a ábrán is jelölve lett. Azokat a napokat amikor a párán kívül más csapadék is mérhető volt, az ábrán 0 értéként lett feltüntetve.

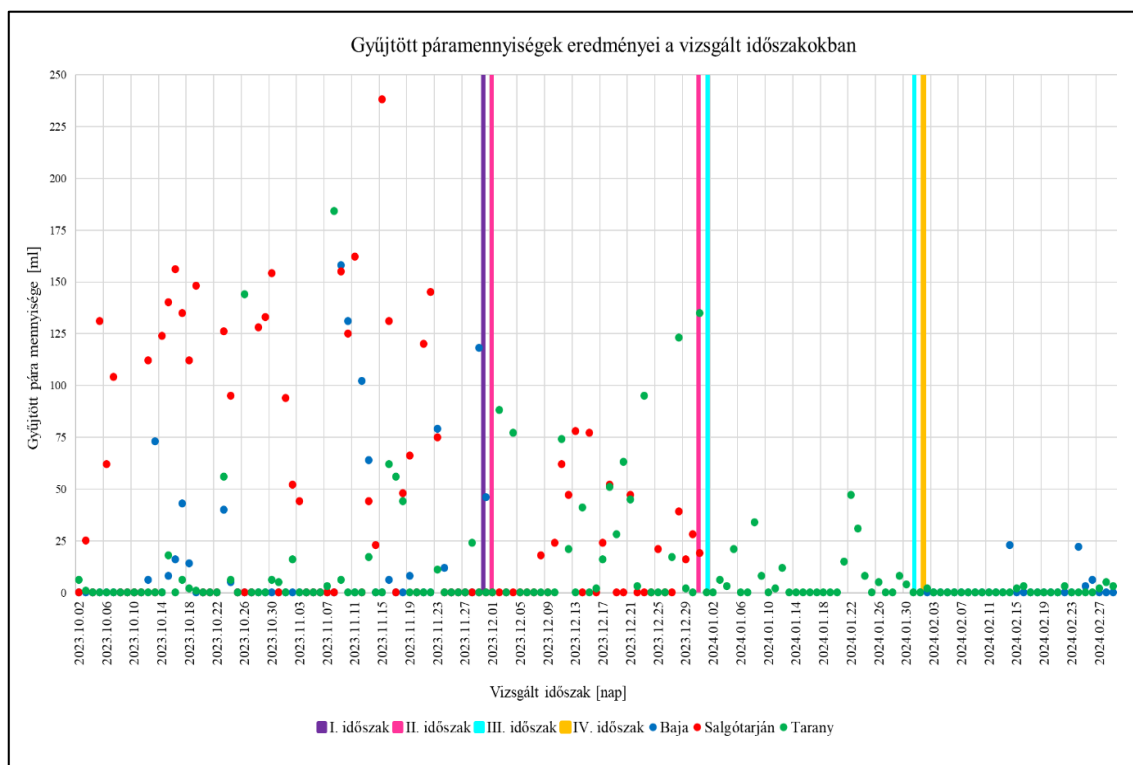
Az első időtartam 2023.10.02-től – 2023. 11.30-ig tartott, amely ideje alatt mindhárom háló üzemszerűen működött. A vizsgált időszak csúcserőértékét (amely egyben a havi csúcserőérték is) ezen időszak alatt a salgótarjáni háló gyűjtötte össze 2023. 11. 15-én összesen 238 ml-t. A 44. sz. ábrán az is megfigyelhető, hogy az 1. időszak volt a legtermékenyebb, hiszen mindhárom helyszín eredményesnek tekinthető. 26 alkalommal 100 ml feletti párát gyűjtöttek össze a hálók.

A második időtartam 2023. 12.01-től – 2023. 12. 31-ig tartott, ami alatt a salgótarjáni és taranyi háló továbbra is üzemelt, azonban a bajai háló üzemen kívül lett helyezve (lásd: 5.1.1.). Ezen időszak alatt a taranyi háló gyűjtött össze több párát és a havi csúcserőértékét is egyben: 2023. 12. 31-én 135 ml-t.

A harmadik időtartam 2024. 01. 01-től – 2024. 01. 31-ig tartott, amely ideje alatt csak a taranyi hálóval történt mérés az előzőekben említett már megindokoltak miatt (lásd: 5.1.1. és 5.2.2.). A harmadik időtartam kevésbé mondható eredményesnek, hiszen a 44. sz. ábrán jól látszik, hogy a gyűjtött páramennyiség egyik esetben sem érte el a 100 mm-t, sőt az 50 ml-t sem. A havi csúcserőérték 2024. 01. 22-én 47 ml-t lett.

A negyedik időtartam 2024. 02. 01-től – 2024. 02. 29-ig tartott, ami alatt a taranyi hálóval és az ismét üzembe helyezett bajai hálóval történtek a mérések. Ezen időszak páragyűjtés szempontjában egyáltalán nem volt termékeny. Az ez alatt mért eredmények már az 50 ml-t sem közelítették meg, mind 25 ml-nél kevesebb lett. A havi csúcserőteket a bajai háló mérte 2024. 02. 14-én mindössze 23 ml-t.

Az ábra jól szemlélteti, hogy a gyűjtött páramennyiségek az idő haladtával csökkenő tendenciát mutatnak.



44. sz. ábra: Gyűjtött páramennyiségek eredményei a vizsgált időszakban (saját ábra)

5.4. Javaslatétel

A fentiekben részletezett kutatás során a páragyűjtőhálókkal történő csapadékgyűjtés összességében véleményem szerint nem igényelt folyamatos figyelmet. Azonban az összeállításhoz a szükséges eszközök legmegfelelőbb típusainak a megválasztása és a rendszeres, akár heti szintű karbantartás elengedhetetlen, annak érdekében, hogy az üzemeltetés során nap mint nap eredményes lehessen a páragyűjtés. A kutatás során használt kisberendezések (SFC típusú páragyűjtő háló) átlagos megépítési költsége kb. 5.000 Ft/darab volt. Jobb minőségű alapanyagokkal (háló, keret stb.) készített kisberendezések esetén az üzemeltetési költségek esetlegesen csökkenthetők, míg a gyűjthető pára mennyiségek növelhetők lehetnének.

A hálók környezeti elemeknek való kitettsége viszonylag nagynak mondható. Az éjszaka fagypont alatti hőmérsékletnek köszönhetően a gyűjtött víz több alkalommal a (reggel 8.00 órás) leolvasásig belefagyott a gyűjtő kannába (amit ilyenkor egy új kannával kellett pótolni). Nem figyelmen kívül hagyandó szempont a hálók elhelyezése sem, hiszen a bajai háló esetében a rongálás következtében nem volt üzemképes a háló. Valamint az összes hálónál tapasztalható volt, hogy a gyűjtőcsatornát rögzítő gyorskötözők bizonyos idő elteltével megereszkedtek (véltetően a szél és a gyűjtött csapadék tömege miatt) így a csatorna előre (csőcsatlakozó elem irányába) beállított 2%-os hosszirányú esése megszűnt, ezeket folyamatosan utólag korrigálni kellett. A hálók napi üzemszerű karbantartásához hozzátartozott az is, hogy a gyűjtőcsatornából el kellett távolítani a hálóról belekerült szennyeződéseket (rovarok, falevelek, növényi nyesedékek stb.)

A bajai hálóval 188 ml/nap, salgótarjáni hálóval 311 ml/nap és a taranyi hálóval 445 ml/nap volt az átlagosan gyűjthető csapadék mennyisége. Az összegyűjtött csapadékvíz öntözési célra tisztítás nélkül volt használva. Ugyanakkor, ha valaki bármilyen háztartási célra szeretne volna felhasználni a gyűjtött csapadékvíz előzetesen külön tisztítást igényelne. A naponta gyűjthető pára mennyisége átlagosan 28 ml/nap volt, amelynek valós gyakorlati haszna elenyésző. Viszont a naponta gyűjthető csapadék mennyisége átlagosan 315 ml/nap volt, amelyből akár a kerti dísznövények vízigénye fedezhető volt. A gyűjtött csapadék mennyisége és az időjárási tényezők összefüggése kapcsán, a kutatás időintervalluma alatt gyűjtött adatokból egyértelmű következtetések nem vonhatók le. A hőmérsékletnek, a szélsébségnek, széliránynak, relatív páratartalomnak, a napi hőingásnak, a csapadék mennyiségének és minőségének együttesen volt szerepük abban, hogy mekkora volt a 24 óra alatt összegyűjtött csapadék mennyisége.

Véleményem szerint azonban érdemes lenne Magyarország más területein is megvizsgálni a levegő nedvességtartalmának kinyerését, mert egy olyan fenntartható, 21. századi technológia, amelynek nincsen külső energiaigénye. A kutatási tapasztalataim és eredményeim alapján a magasabban fekvő területeken, dombvidékeken és hegyvidékeken lenne érdemes a tavaszi-nyári időszakban SFC típusú hálót alkalmazva párárt gyűjteni. A kutatási tapasztalataim alapján a hálók hatásfokának javítását fokozni lehetne. Azzal, ha a 95%-os árnyékolóháló helyett sűrűbb, legalább 98-99%-os árnyékolóháló kerülne felhasználásra. Valamint azzal is, ha a háló hasznos felületének

méretét növelni lehetne, 1 méter x 2 méterről, kevésbé szeles területeken 2 méter x 2 méteresre, szelesebb területeken 1 méter x 3 méteresre.

A kérdőíves kutatásomból kiderült, hogy a lakosság nagy érdeklődést mutatott a hálókkal történő csapadékgyűjtés iránt (lásd: 4.2.). A bajai háló helyszínéből kiindulva a kisberendezést olyan területen lenne célszerű elhelyezni, ahol a rongálhatóság esélye alacsony. Viszont a kutatás során a hálók kijelölt helyének meghatározásakor a hatékonysági szempont sokkal előrébb volt, mint az esztétikai szempont vagy a rongálás esélyének szempontja. Így véleményem szerint, a páragyűjtő hálók kertek házak esetén történő elhelyezése során az esztétikai szempontot is figyelembe véve hosszútávon kerítések közé vagy kerítések mellett lenne a legideálisabb. Hiszen ekkor nem vesz el a kertből hasznos területet és esztétikailag is jól beilleszthető a már meglévő környezetbe. Illetve a kerítések közvetlen környezetébe ültetett növényeket csapadékkal látná el. Annak érdekében, hogy az SFC típusú hálók Magyarországon történő ideális használatát (a hálók méretét, sűrűségét) meg lehessen vizsgálni ahhoz, úgy gondolom legalább további 20 darab kísérleti célú berendezést kellene üzembe helyezni, hazánk más-más területein. A hálók által gyűjtött csapadékmennyiségeket pedig folyamatosan, legalább 2 évig monitoringozni kellene.

6. ÖSSZEGZÉS

Szakdolgozatom célja az volt, hogy Magyarország precíziós csapadékvíz gyűjtésnek a levegő nedvességtartalmának kinyerésével történő lehetőségét megvizsgáljam.

Az éghajlatváltozás különböző hatásai hazánkban is évről évre egyre inkább észlelhetőek, érzékelhetőek. A számos egyéb hatás mellett, egyre többször fordulnak elő rövid idejű, nagy intenzitású esők, amelyeket hosszú, száraz, csapadékmentes időszakok követnek. Ezzel párhuzamosan az elmúlt évtizedben a szub- és dezurbanizáció jelensége is egyre inkább elterjedt trendé vált, ahol az elővárosokban hirtelen megnövekedett a lakosságszám. A peremvárosokban élők 21. századi igényeit az infrastruktúrák sok helyen nem tudják lekövetni és a rendszerek nagyrésze túlterhelté válik. Az említett problémákhoz kapcsolódik az is, hogy az emberek jelentős része a mai napig is vezetékes ivóvízzel öntöz (lásd: 18. sz. ábra). Ezek a globális és lokális hatások, mind a fenntartható csapadékgazdálkodást követelik meg. Ebbe az is beletartozik, hogy a lakosság csapadékgyűjtéshez való szemléletmódján is változtatni kellene. Napjainkban a

csapadékgyűjtést az emberek egyrésze még mindig nem lehetőségként, hanem problémaként, megoldandó gondot okozó teherként fogja fel. Azonban az esővizek összegyűjtésével csökkenteni lehetne a városokban kialakuló villámárvizeket és a rendszerek túlterheléseit közterületeken. Erre a kék-zöld infrastruktúra eszközei nyújtanak megoldást, amelyet a 3. sz. ábra szemléltet. Jól látható, hogy a bal oldalon ábrázolt városban a pontszerű összefolyások, felszíni lefolyások a jellemzőek, amelyeket a burkolattal ellátott területek nem engednek beszivárogni. Ezzel szemben a jobb oldalon látható egy olyan város, amely a kék-zöld infrastruktúra eszközeit kihasználva képes a csapadékvizeket a talajba juttatni (áteresztő burkolatokkal) és elpárologtatni (zöldtetővel és zöldfallal).

Kérdőíves kutatást készítettem, annak érdekében, hogy hipotézisemre választ kapjak és széles körben tájékozódjak a lakosság csapadékvíz gyűjtésének szokásairól. A kitöltők szerint a lehullott csapadékmennyisége az elmúlt 5 és 10 évhez képest jelentős mértékben csökkent. Valamint az elmúlt 20 és 30 évhez képest kismértékben csökkent, továbbá az elmúlt 40 és 50 évhez képest a lehullott csapadék mennyisége a megkérdezettek szerint nem változott. A válaszadók a lakóhelyükön történő csapadékvíz gyűjtéssel nem elégedettek, a kiértékelés során az is kiderült, hogy elégedetlenek a csapadékvíz elvezető rendszerek rendszeres karbantartásával. Többen korszerűtlennek és kis kapacitásúnak ítélték meg a jelenlegi elvezető rendszereket. A megkérdezettek nagyrésze jelenleg vezetékes ivóvízzel öntöz, bár amennyiben lehetőségük lenne (például támogatás esetén) a jövőben szívesen használnának csapadékvíz gyűjtőeszközt. A kitöltők a gyűjtött csapadékvizet elsősorban öntözésre és kerti munkálatokra használják/használnák fel, a gyűjtőeszközt pedig felszín felett helyezték/helyeznék el. A kérdőívet kitöltők többsége az abban felsorolt berendezésekről, technológiákról egyikről sem hallott. A kutatási témához legközelebb álló CloudFisher hálókkal történő páragyűjtéshez kapcsolódó kérdésekre adott válaszok alapján, a kitöltők szerint érdemes lenne Magyarországon párat gyűjteni CloudFisher hálókkal. Illetve, amennyiben arra lehetőségük lenne a technológiát saját lakókörnyezetükben is kipróbálnák, alkalmaznák.

Ha csapadékgyűjtésről esik szó a legtöbben egyből az esővízgyűjtésre gondolnak, pedig a levegő nedvességtartalmának a kinyerése köd és vagy pára formájában nem új keletű tevékenység. Mégis a szakirodalmi kutatásom során nem találtam olyan publikációt, amelyben részletezték volna, hogy hazánk területén folytattak ilyen típusú csapadékgyűjtésre irányuló vizsgálatot. A szakirodalmi kutatás eredményei alapján, azok mintájára három darab SFC típusú CloudFisher háló épült, amelyekhez kapcsolódóan

hipotéziseket kerültek felállításra és megválaszolásra. A következő vizsgált területen voltak: Baja, Salgótarján és Tarany. A területek kiválasztása azért ezen három területre esett, mert eltérő éghajlatú és tájegységű települések. A vizsgált időszak 2023. október 02-től 2024. február 29-ig tartott. A három háló közül egyedül a taranyi hálóval történt a teljes időszak alatt minden nap mérés. A bajai háló a lábazat meghibásodása miatt 2 hónapig (december és január között) üzemén kívül lett helyezve. A salgótarjáni háló több alkatrésze december hónapban több alkalommal megfagyott. Végül 2023. december 31-én a háló végleg tönkre ment, ami miatt a későbbi méréseket nem tette lehetővé. A vizsgált időszak alatt a taranyi háló gyűjtötte a legtöbb csapadékot, amely átlagosan 445 ml/nap. Ezt követte a salgótarjáni háló 311 ml/nap, majd a bajai háló 188 ml/nap. Páragyűjtés szempontjából azonban a salgótarjáni háló volt a legeredményesebb, a csúcserő 238 ml volt, amelyet 2023. 11. 15-én volt mérhető. A gyűjtött páramennyiségek részletes eredményei a 44. sz. ábrán tekinthető meg. A vizsgált területeket az az időjárási elemekkel (hőmérséklet, páratartalom, szél) hasonlítottam össze, annak érdekében, hogy megvizsgáljam, hogy az egyes elemek milyen és mekkora hatással vannak a gyűjthető csapadékmennyiségekre.

A kutatásom során azt tapasztaltam, hogy az említett időjárási elemek önmagukban nincsenek egyértelmű hatással a gyűjtött csapadékmennyiségekre. Ahhoz, hogy kimutatható összefüggéseket és következtetéseket lehessen kimutatni, további vizsgálatok szükségesek. A kutatásom során kiderült, hogy igen, gyűjthető Magyarország területén pára és csapadék öntözési célra CloudFisher eszközzel. Bár a vizsgálat időintervallumában az önmagában gyűjthető pára mennyisége átlagosan csupán 28 ml/nap volt, amely véleményem szerint növények öntözéséhez kevés.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Almaaitah, Tamer, Madison Appleby, Howard Rosenblat, Jennifer Drake, és Darko Joksimovic. 2021. „The potential of Blue-Green infrastructure as a climate change adaptation strategy: a systematic literature review”. *Blue-Green Systems* 3 (1): 223–48. <https://doi.org/10.2166/bgs.2021.016>.
- Almási Balázs és Csizmadia Dóra. 2016. „Vízátteresztő burkolatok”. In *Zöld Infrastruktúra füzetek 1*. Budapest: Budapest Főváros Városépítési Tervező Kft.
- Andrew Othuke Akpeli. 2021. „Environmental Health Implications of Residential Development on Urban Wetlands – Dutable”. *Dutable* (blog). 2021. <https://dutable.com/2021/06/30/environmental-health-implications-of-residential-development-on-urban-wetlands/>.
- Barkowski Valérie. 2019. „Cloud fisher or a cloud fisherman, capture water from clouds via nets”. *Darkawa* (blog). 2019. <https://www.darkawa.net/blog/cloud-fisher-morocco/>.
- Bellavics László. 2023. „ZÖLDTETŐK TÍPUSAI”. *ZÖLDTETŐ ÉPÍTÉS és KIVITELZÉS* (blog). 2023. <https://zoldtetoepites.hu/zoldtetok-tipusai/>.
- Bíró Tibor. 2019. *Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia*. Nordex Non-profit Kft. - Dialóg Campus Kiadó. <https://tudasportal.uninke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/12982>.
- Burgen, Stephen. 2022. „Dealing with Drought: How Fog Collectors Are Providing Trees with Water in Spain”. *The Guardian*, 2022, szak. Environment. <https://www.theguardian.com/environment/2022/aug/26/fog-collectors-reforestation-trees-canary-islands-portugal-eu-aoe>.
- Chen, Jason, és Matthew Willis. 2022. „Making Use of Mother Nature: Converting Fog into Drinkable Water Utilizing a Series of CloudFisher Nets”. Worcester Polytechnic Institute. 2022.
- Csapó Tamás, Kovács Gábor, és Lenner Tibor. 2020. „Salgótarján történeti földrajza és településmorfológiája”. *Településföldrajzi Tanulmányok* 9 (1): 68–85.
- Damian Carrington. 2022. „Urban Wetlands ‘Could Improve Wellbeing in Deprived UK Areas’”. *The Guardian*, 2022, szak. Environment. <https://www.theguardian.com/environment/2022/jul/06/urban-wetlands-could-improve-wellbeing-deprived-uk-areas-report>.

- Donát Hoyk Edie-Kovács András, és Mihály Tompa. 2016. „A ZÖLDFALAK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETSÉGES ELŐNYEI KECSKEMÉT KÖZÉPÜLETEINEK PÉLDÁJÁN POTENTIAL BENEFITS OF GREEN WALLS APPLICATION ON THE EXAMPLE OF PUBLIC BUILDINGS IN KECSKEMÉT”.
- Dulovics Dezsőné. 2019. „A települési csapadékvíz-gazdálkodás csatornahálózatra gyakorolt hatásai”. In *Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia*. Nordex Non-profit Kft. - Dialóg Campus Kiadó. <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/12982>.
- Emma. 2017. „The CloudFisher: Saving Communities by Catching Clouds”. Text. Evolving Science. 2017. <https://www.evolving-science.com/environment-energy-water-and-waste-management/cloudfisher-saving-communities-catching-clouds-00158>.
- Ferrand, Ezgi Akpinar, és Fatima Cecunjanin. 2014. „Potential of Rainwater Harvesting in a Thirsty World: A Survey of Ancient and Traditional Rainwater Harvesting Applications”. *Geography Compass* 8 (6): 395–413. <https://doi.org/10.1111/gec3.12135>.
- Fewkes, Alan. 2012. „A review of rainwater harvesting in the UK”. *Structural Survey* 30 (2): 174–94. <https://doi.org/10.1108/02630801211228761>.
- Fielding, Kelly S., John Gardner, Zoe Leviston, és Jennifer Price. 2015. „Comparing Public Perceptions of Alternative Water Sources for Potable Use: The Case of Rainwater, Stormwater, Desalinated Water, and Recycled Water”. *Water Resources Management* 29 (12): 4501–18. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-1072-1>.
- Földi László (szerk), Hegedűs Hajnalka (szerk), Berek Tamás, Besenyei Mónika, Bodnár László, Csurgai József, Debreceni Péter, és mtsai. 2020. *Éghajlatváltozás okozta kihívások és lehetséges válaszok*. Ludovika Egyetemi Kiadó. <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/15313>.
- Gayer József. 2006. „A TELEPÜLÉSI CSAPADÉKVÍZ-ELHELYEZÉS AZ INTEGRÁLT VÍZGAZDÁLKODÁS TÜKRÉBEN”, 143.
- G-Portál,. 2024. „A köd”. Verus birodalma. 2024. <https://verusom.gportal.hu/gindex.php?pg=28164640>.
- Hoyk Edit. 2021. „Városi zöld-kék infrastruktúra”. https://www.esokert.hu/wp-content/uploads/2021/10/Hoyk-E_Zoldinfrast_web.pdf.

- HungaroMet. 2024a. „Aktuális - IDŐJÁRÁS - met.hu”. HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. 2024.
https://www.met.hu/idojaras/aktualis_idojaras/.
- . 2024b. „Általános leírás - Általános éghajlati jellemzés - met.hu”. HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. 2024.
https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/altalanos_leiras/.
- . 2024c. „Csapadék - Általános éghajlati jellemzés - met.hu”. HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. 2024.
https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/csapadek/.
- . 2024d. „Elmúlt évek időjárása - Éghajlati visszatekintő - met.hu”. HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. 2024.
https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/.
- . 2024e. „Hőmérséklet - Általános éghajlati jellemzés - met.hu”. HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. 2024.
https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/homerseklet/.
- . 2024f. „Szél - Általános éghajlati jellemzés - met.hu”. HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. 2024.
https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/szel/.
- Javaid, Muhammad Salik. 2012. *Drainage Systems*. BoD – Books on Demand.
- Kaiser Mária. 2020. „CSAPADÉKVÍZ INFRASTRUKTÚRA FEJLESZTÉS BONYHÁDON”.
- Klemm, Otto, Robert S. Schemenauer, Anne Lummerich, Pilar Cereceda, Victoria Marzol, David Corell, Johan Van Heerden, és mtsai. 2012. „Fog as a Fresh-Water Resource: Overview and Perspectives”. *AMBIO* 41 (3): 221–34.
<https://doi.org/10.1007/s13280-012-0247-8>.
- Kolok Design SRL. 2018. „ODU Green Roof • Vertical Wall Garden”. ODU Green Roof. 2018. <https://odu.ro/?p=1399>.
- Liao, Kuei-Hsien, Shinuo Deng, és Puay Yok Tan. 2017. „Blue-Green Infrastructure: New Frontier for Sustainable Urban Stormwater Management”. In *Greening*

- Cities: Forms and Functions*, szerkesztette Puay Yok Tan és Chi Yung Jim, 203–26. *Advances in 21st Century Human Settlements*. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4113-6_10.
- Liu, Li, Ole Fryd, és Shuhan Zhang. 2019. „Blue-Green Infrastructure for Sustainable Urban Stormwater Management—Lessons from Six Municipality-Led Pilot Projects in Beijing and Copenhagen”. *Water* 11 (10): 2024. <https://doi.org/10.3390/w11102024>.
- Magyar Építők Zrt. 2022. „Újabb nagyszabású projekt ért célba a Városligetben: ma nyílik meg a Néprajzi Múzeum - galéria”. 2022. <https://magyarepitok.hu/aktualis/2022/05/ujabb-nagyszabasu-projekt-ert-celba-a-varosligetben-ma-nyilik-meg-a-neprajzi-muzeum>.
- Makuti, Olavi, Joh Henschel, Hartmut Kolb, Vilho Mtuleni, Veronica Siteketa, és ES Shanyengana. 2004. *Testing Fog Collectors in the Namib Desert*.
- Martina, Mayerhofer, és Thomas Loster. 2015. „Fog Nets”. *IntoAction* 5. https://www.munichre-foundation.org/content/dam/munichre/foundation/publications/2015_22_en_IntoAction%20%20-%20Fog%20nets.pdf/_jcr_content/renditions/original./2015_22_en_IntoAction%20%20-%20Fog%20nets.pdf.
- Mileta, M., D. Beysens, Vadim Nikolayev, I. Milimouk, O. Clus, és M. Muselli. 2007. „Fog and Dew Collection Projects in Croatia”. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.0707.2931>.
- Országos Széchényi Könyvtár. 2024. „Az Ország Fekvése, Földrajzi Helyzete És Határai”. Text. *Az Ország Fekvése, Földrajzi Helyzete És Határai*. 2024. <https://mek.oszk.hu/02100/02185/html/99.html>.
- Osman, Awad, Fahad Sultan, Hazza Abdulla, Mohammad Mohammad, Salem Abdellah, és Awad El. 2017. „Fog Harvesting Project in UAE A Research and Design project conducted by the following Final Year Chemical Engineering UAE Students Advised by the Faculty Member”.
- Oszoly Tamás. 2021. „Többcélú csapadékvíz-gazdálkodás”. In *II. Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia 2019*. Ludovika Egyetemi Kiadó. <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/16658>.

- Shafique, Muhammad, Reeho Kim, és Muhammad Rafiq. 2018. „Green roof benefits, opportunities and challenges – A review”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 90: 757–73. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.006>.
- susDrain. 2024. „Component: Infiltration basins”. 2024.
<https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/infiltration/infiltration-basin.html>.
- Varga, István, ig. 2018. *TELESŐ RENDSZER*.
<https://www.youtube.com/watch?v=ksbAZFBcfUM>.
- WasserStiftung. 2024. „CloudFisher – Extracting clean water from fog with innovative technology – Wasserstiftung”. 2024.
<https://www.wasserstiftung.de/en/cloudfisher/>.
- Yannopoulos, S., G. Antoniou, M. Kaiafa-Saropoulou, és A. N. Angelakis. 2016.
„Historical development of rainwater harvesting and use in Hellas: a preliminary review”. *Water Supply* 17 (4): 1022–34. <https://doi.org/10.2166/ws.2016.200>.
- Zhang, Xiaoling, Liyin Shen, Vivian W. Y. Tam, és Winnie Wing Yan Lee. 2012.
„Barriers to implement extensive green roof systems: A Hong Kong study”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (1): 314–19.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.157>.