



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Az esővíz hasznosítás lehetőségei és szerepe a vízgazdálkodásban

Szerző: **Hádinger Judit**
Környezetmérnök szak, IV. évf.

Konzulens: **Bodáné Kendrovics Rita**
Adjunktus

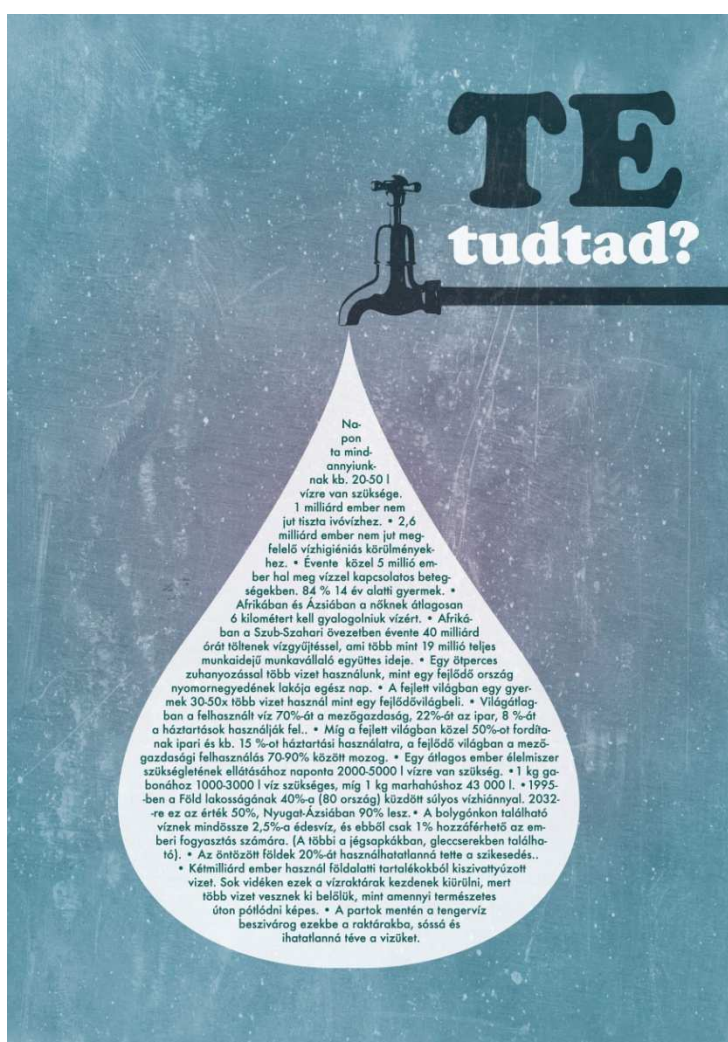
Tartalomjegyzék

1. A vízgazdálkodás problémái	5
1.1 Regionális és lokális problémák	7
1.2 Elvezető rendszer tervezése	9
1.3 Megoldások a vízelvezető rendszerek problémáira	10
1.3.1 Elszívárogatás	10
1.3.2 Zöldtetők	11
1.3.3 Esővíz gyűjtés	11
2. A háztartás vízigényei és kielégítésének lehetőségei	13
2.1 Csapadék mennyiségének adatai Magyarországon	15
3. Tartály méretezése	17
3.1 Saját méretezési példa	18
4. Egy komplett esővízgyűjtő rendszer felépítése „A tetőtől a csapig”	20
4.1 A tető	20
4.2 Szűrők	20
4.3 A tartály	22
4.4 Szivattyúk	23
5. Megvalósult projektek a csapadékhasznosítás kapcsán	25
5.1 Kórház Bad Hersfeldben	25
5.2 Fenntarthatóságról Tiszaszigeten	26
6. A gyűjtött esővíz minősége	28
6.1 Vezetőképesség	31
6.2 pH	32
6.3 Keménység	33
6.4 Nitrit	35
6.5 Nitrát	36
6.6 Ammónium	37
6.7 Foszfát	38
6.8 KOI_k és KOI_{ps}	39
6.9 Bakteriológia	40
7. Következtetések	41
8. Irodalomjegyzék	42
9. Ábrajegyzék	44

Bevezetés

„Nincs élet víz nélkül.” „Ivóvizünk a legfőbb kincsünk”. „A következő világháborút a tiszta ivóvízért fogja vívni az emberiség”

Mondatok, melyekkel már mindannyian találkozhattunk előadásokon, vagy valamilyen dokumentumfilm, internetes oldal, szakmai cikk, irodalom kapcsán, ha nem is szó szerint, de tartalmukat tekintve mindenképpen. Talán túlzásnak tűnik Magyarországon az ivóvíz hiányáról beszélni, hiszen bővelkedünk kiváló minőségű réteg- és karsztvizekben, továbbá felszíni vizekben. Külön iparág épült a gyógy- és termálvizek kinyerésére, wellness központok kiépítésére. Mégis, szükséges a problémával foglalkozni, egyrészt mert hazánkban is előfordulnak olyan vízbázisok, ahol túlzott mértékű a vízkivétel, másrészt globális szinten a vízkészletek nem egyenletes eloszlása miatt, a globális éghajlatváltozás, a növekvő népességszám (a múlt hónapban a népesség létszáma elérte a 7 milliárdot) és a túlfogyasztás az édesvízkészletek csökkenését idézik elő. A WHO és az UNICEF Közös Monitoring Program (JMP) keretében végzett vizsgálatok eredményei szerint 2008-ban 884 millió ember nem jutott megfelelő



1. ábra: Varga Lívია: Te tudtad? [1.]

minőségű és mennyiségű ivóvízhez, és 2,6 milliárd ember nem rendelkezett megfelelő vízhygiéniai körülményekkel. [2.]

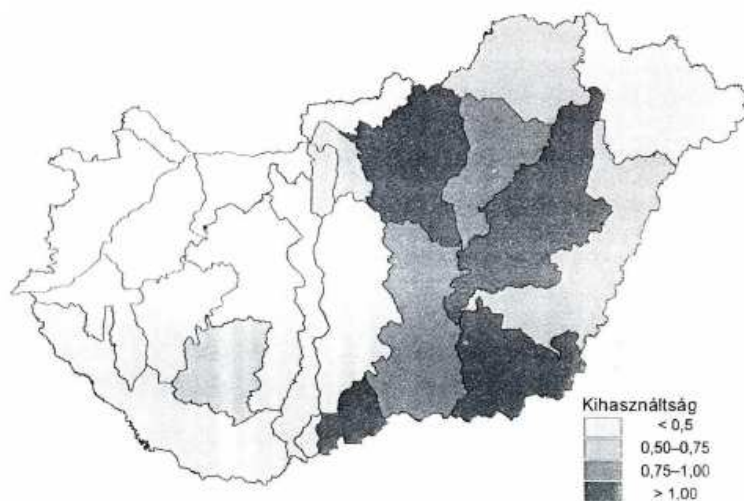
Hazánkban a felszíni vízkészletek kihasználtsága ugyan kisebb, mint 1 %, a karsztvízkészletek kihasználtsága 62 %, talaj-, és rétegvízkészleteké 46 %, de előfordulnak olyan vízgyűjtők, ahol a kihasználtság 100 %-nál nagyobb és ez a talajvízszint süllyedését idézi elő. [3.] A vízkészletek kíméletes felhasználására és az ezáltal elérhető vízfogyasztás csökkentésre évente több figyelemfelkeltő jelentés, publikáció készül, ezek közül egyet, a 2011-es Fenntarthatósági Nap nyertes pályaművét az 1. ábra szemlélteti.

A dolgozat ennek kapcsán egy olyan lehetőséget kíván bemutatni, amely a vízkészletek megőrzését a lehulló csapadékvíz újrahasznosításán keresztül kívánja elősegíteni. A csapadékvíz-gazdálkodás leginkább a városiasodott, nagy burkolt felülettel rendelkező területeken jelenthet megoldást, mivel ezeken a területeken a beszivárgás korlátozott, a körforgásba való részvétel leginkább a lefolyáson keresztül a vízfolyások megemelkedő vízszintjével az árvízveszélyt növeli, a vízfolyások minőségét a bemosódásokkal rontja. Az új vízparadigma alapján arra kellene törekedni, hogy a víz minél inkább megtalálja helyét a körforgásban. A víz minél gyorsabb elvezetése helyett a minél nagyobb mennyiségben a talajba való visszakerüléséről kellene gondoskodni ezzel elősegítve a felszín alatti víz utánpótlását, a párolgást és ezáltal a mikroklima helyreállítását. A beépített területeken így a csapadék hasznosítása az öntözésen keresztül a talajba való visszakerülést szolgálja. A háztartásokban bemutatott felhasználási lehetőségek pedig a vízkészletek kíméletes felhasználást eredményezhetik.

1. A vízgazdálkodás problémái

A Föld felszínének több mint 2/3-át víz borítja, melynek jelentős része (97-98 %-a) tengerekben, óceánokban található, de magas sótartalma miatt nem alkalmas közvetlenül ivóvíz-, ipari vízellátásra, vagy mezőgazdasági célokra. A fennmaradó 2-3 % édesvíz, melynek nagy része (80-85 %) sarki és hegyvidéki jég, valamint gleccserek formájában található. A közvetlen ivóvíz kitermelésre, emberi felhasználásra tehát alig 1 % alkalmas. [4.] Bár ez a mennyiség elegendő lenne az emberiség vízigényeinek kielégítésére, de egyenlőtlen eloszlása a globális vízhiányt idézi elő.

A fajlagos felszíni vízkészlet hazánkban 11 ezer $\text{m}^3/\text{év}/\text{fő}$ körüli, ami az egyik legmagasabb értéket jelenti Európában. Felhasználása leginkább ipari és mezőgazdasági célokat elégíti ki. 1997-ben felszíni vízből az ipari jellegű vízkivétel összesen 485 millió m^3 volt, amelynek 90 %-a hűtővízként került felhasználásra. Öntözésre felhasznált vízmennyiség időjárástól függően 65 millió m^3 . Lakossági vízellátásra kitermelt felszíni víz mindösszesen 40 millió m^3 . Hazánkban ez utóbbi kielégítését 90% mértékben a felszín alatti vízkészleteink biztosítják. A talaj és rétegvizek hasznosítható készlete $1,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{év}$. Az ivóvízellátás szempontjából másik jelentős víznyerési lehetőségünk a parti szűrővíz vízbázis potenciálisan kinyerhető készlete ennél mintegy 30 %-kal nagyobb. A karsztvizek utánpótlódása átlagosan $0,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{év}$ kitermelést tesz lehetővé. 1997-ben a felszín alatti vizekből lakossági felhasználásra került 620 millió m^3 , ipari hasznosításra 295 millió m^3 , öntözésre 210 millió m^3 . A felszín alatti vízkivétel kihasználtságát a 2. ábra szemlélteti. [5.]

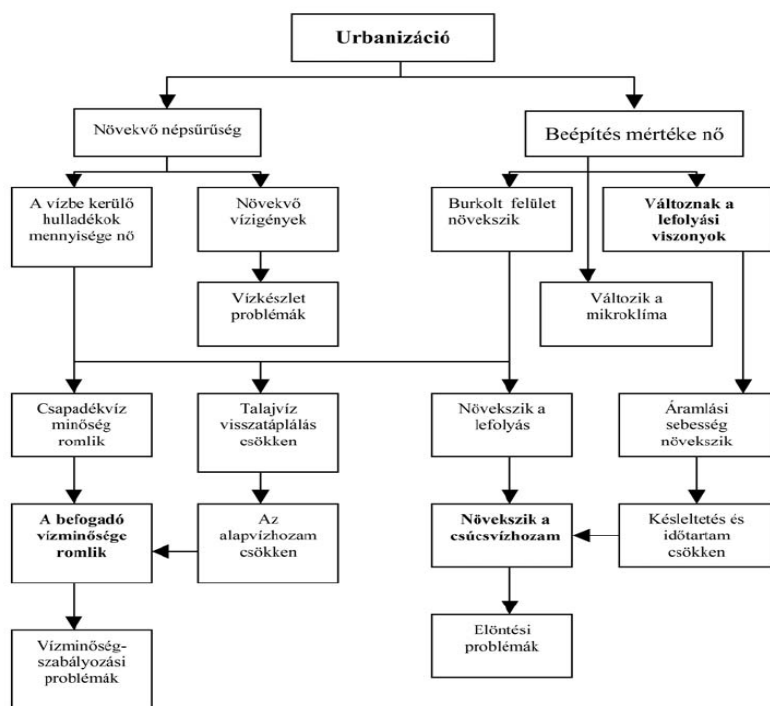


2. ábra: Felszín alatti vízkészletek kihasználtsága [5.]

A víz nem csak kincs, hanem ellenség is. Hazánk e tekintetben különösen érintett, melyet bizonyít a 2010-es árvíz, mely 848 települést érintett, és több mint 5 ezer ember kitelepítését kellett megoldani. [6.] Az árvíz mellett sok településen a belvíz okoz problémát hazánkban. Időjárásunk az utóbbi időkben egyre kiszámíthatatlanabb, amely nagy valószínűséggel a globális felmelegedésnek köszönhető.

A túlzott fosszilis tüzelőanyag-felhasználás és az ipari tevékenységek következtében megváltozott a légkör összetétele: az üvegházhatást előidéző gázok koncentrációja olyan mértékben növekedett, ami a Föld átlaghőmérsékletének folyamatos emelkedéséhez vezetett. Ennek hatásai a Föld különböző területein különböző mértékben nyilvánulnak meg. A magasabb átlaghőmérséklet megváltoztatja a víz körforgását, pontosabban a halmazállapot arányokat. A vízgőz aránya megnő, ami instabillá teszi a légkört. Ez szélsőséges időjárási jelenségeket produkál: hosszú száraz időszakok, hirtelen lezúduló felhőszakadások, tornádók, stb. A kiszámíthatatlan időjárás veszélyeztetheti a mezőgazdasági termelést (szárazságnak, vagy belvíznek, árvíznek köszönhetően), mely élelmiszerhiányhoz vezethet, emellett a víz súlyos károkat okozhat épületekben, sokak elveszíthetik otthonaikat.

Az életvitelünk, gazdasági növekedést nélkülözhetetlennek tartó szemléletünk következményeivel előbb-utóbb szembe kell néznünk. [7.] A népességnövekedés, urbanizáció és a vízgazdálkodás problémáinak kapcsolatát a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra: Az urbanizáció hatása a hidrológiai folyamatokra [7.]

A népesség növekedésével nő a vízigény, melyet egy idő után a Föld rendelkezésre álló vízkészlete nem képes kiszolgálni. Ezzel egyidőben nő a felszíni és felszín alatti vizek szennyezettsége is, ami az előző folyamatot gyorsítja. A népesség növekedésével, de attól függetlenül az életszínvonal növekedésének köszönhetően is egyre több területet építünk be, ennek hatására változnak a lefolyási viszonyok, csökken azon területek nagysága, ahol az esővíz a talajba szivároghat, pótolva a talaj vízkészletét, majd hő hatására onnan párologhat. A beépítés nemcsak a terület vízkörforgását, hanem mikroklímáját is megváltoztatja. Az egyre nagyobb kiterjedésű burkolt felületek miatt növekszik a lefolyás, kevesebb víz jut vissza a talajba, és a csapadékvíz – mely valamilyen felszíni vízfolyásba kerül általában – minősége romlik, mivel a burkolt felületekre lerakódott szennyeződések lemossa és magával viszi. Ennek köszönhetően a befogadó vízminősége is romlik, ami vízminőség-szabályozási problémákat eredményez. A lefolyási viszonyok megváltozása és a növekvő lefolyás következtében nő a csúcsvízhozam, ami elöntéshez vezethet, veszélybe sodorva a területen élőket.

Ezek alapján megállapíthatjuk, hogy a klímaváltozást figyelmen kívül hagyva is vízgazdálkodási, vízminőségi, ökológiai problémákat okoz jelenlegi életvitelünk. Ettől függetlenül a klímaváltozás hatásával, az özvízszerű esőzésekkel és hosszú aszályos időszakokkal is számolnunk kell, és ha megelőzni nem is tudjuk azt, következményeire fel kell készülnünk.

1.1 Regionális és lokális problémák

Az elmúlt években többször előfordult, hogy nagyobb egybefüggő területen özvízszerű eső hullott. Akár egy egész havi csapadékmennyiség, vagy annak többszöröse hullott le néhány nap alatt. [8.] Erre az egyik példa a közelmúltban: Mátrakeresztesen a Kövicses patak utakat, hidakat rongált meg, és 25 lakóépületben okozott kárt. [9.]

Utólag sok esetben kiderült, hogy a károk mértéke kisebb lehetett volna, ha bizonyos intézkedéseket, karbantartást nem mulasztanak el. A tapasztalat azt mutatja, hogy a folyók, patakok medrének rendezettségére, vízvezető-képességének fenntartására nagyobb figyelmet kell fordítani. Az állami kezelésű vízfolyásokra szánt fenntartási és üzemeltetési költség reálértéke a nyolcvanas évek vége óta egyre csökken, jelenleg a szükséges ráfordítás egyharmadát sem éri el. Hasonló a helyzet az önkormányzatok alá tartozó vízelvezető rendszerek, vízfolyások esetén is. Az elvezető rendszerek fenntartási, üzemeltetési vagy tervezési hibájára utal, hogy egyes településeket újra és újra elönt a víz. [8.] Egyre többször



Az ember hajlamos azt gondolni, hogy ami eltűnt a lefolyón, amit levitt a víz, attól egyszer s mindenkorra megszabadult, bármi volt is az. Azt képzeljük, a szennyvíztisztító majd úgyis ártalmatlanítani fog minden leeresztett mérget. Ez sajnos nem igaz. A tisztítási technológia csak bizonyos határokon belül képes zavartalanul működni, ráadásul sérülékeny is. Civilizált ember számára ezért fontos a

CSATORNA- HASZNÁLATI ILLEMTAN

Miért fontos?

Egyre szigorúbbak az élővizekbe mint befogadóba engedett tisztított szennyvízel illető környezetvédelmi elvárások, ami igen pozitív fejlemény a hatóságok gondolkodásmódjában. E dicséretes változásnak a csatornát igénybe vevő emberek szemléletében is be kell következnie.

A csatornahálózat állapota és a tisztítótelep működése erősen függ a csatornába engedett szennyvíz tartalmától. Vannak szennyezőanyagok, amelyekkel a szennyvízkezelési technológia nehezen tud megbirkózni. Néhány ember felelőtlen magatartása miatt az egész szolgáltatás ellehetetlenülhet, károsítva ezzel a többi fogyasztót, és végeredményben a természetet is.



4. ábra: Csatornahasználati illemtan, részlet [10.]

fordul elő, hogy mély fekvésű, talajvizes vagy árvízveszélyes területeket belterületté, lakóterületté nyilvánítanak. Problémát jelent az is, hogy sokan nem ismerik az elválasztott rendszerű szennyvízcsatornák működését, - hogy a szennyvizet és a csapadékot különválasztva vezetjük el - és az esővizet, vagy a pincéből, szuterénből kiszivattyúzott talajvizet belevezetik a hálózatba. [9.] Többek között ennek veszélyére hívja fel a figyelmet például a Szennyvíz Szakmai Testület és a PR Munkacsoport „Csatornahasználati illemtan” című kétoldalas kiadványa, melyben felsorolja a csatornába nem juttatható anyagokat, ezek között említve a talajvizet, belvizet és az esővizet is (4. ábra)

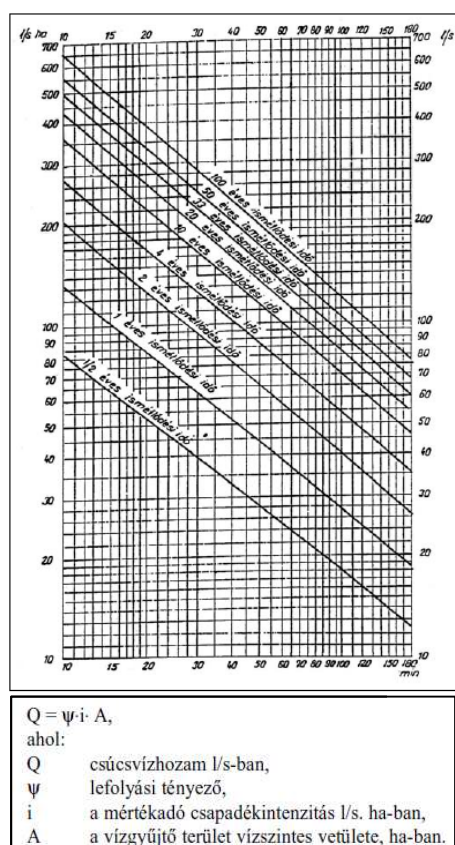
Az elválasztott elvezetési rendszer esetén is számolnunk kell az esővíz kedvezőtlen hatásával. Az esőzések folyamán az elválasztott rendszer ellenére jelentős idegenvíz hozzáfolyás tapasztalható a szennyvízcsatornában, és így a szennyvíztisztító telepeken is. Ez a vízmennyiség messzemenően meghaladja (olykor 40-szeresen) a szárazidei szennyvízhozamot. Ezt egyetlen szennyvíztisztító berendezés sem tudja elviselni. A berendezések tisztítási hatásfoka romlik, a biológiai tisztítóművekben a baktériumflórát nagyobb mértékben szükséges pótolni, ami többletköltséget eredményez. Az esővíz a szennyvíz hőmérsékletét is csökkenti, ami a hőmérsékletre érzékeny baktériumok működését lassítja. Az ilyen rendszerek esetén nagyon fontos a rendszer megfelelő szigetelése, az idegenvíz befolyás minimalizálása.

A vízelvezető rendszerek hatékonyságának csökkenéséhez hozzájárul az emberi hanyagság is. A ház előtti árkok, átereszek gyakran elhanyagoltak, eltömődnek. Nem ritka, hogy a települések vezetésének rovására írható a karbantartásra való felszólítás elmulasztása.

Nem javítja a helyzetet, hogy a vízügyi szervezetek állandó átszervezésen esnek át. A bürokrácia és a jogszabályok rengetege ellehetetleníti a vízügyi szervezetek területgazdai feladatainak ellátását és a vízgazdálkodás többi szereplője közötti koordinációt. A vízügyi szolgálat szakmai érdekérvényesítő képessége folyamatosan csökken, nem képes megakadályozni az ésszerűtlen településfejlesztéseket, megoldatlan vízvezetetésű területek beépítését. [8.]

Ezen folyamatok visszafordítására átfogó központi intézkedésekre van szükség. Ilyen például a vízügyi szervezetek tárgyi feltételeinek, szakember gárdájának megerősítése, bővítése, az elmúlt évek vízkárainak kiváltó okait vizsgáló elemzések elkészítése, a szervezeteket érintő átszervezések beszüntetése, pályázati, támogatási forrásokhoz való hozzájutás feltételeinek megteremtése. [8.]

1.2 Elvezető rendszer tervezése [9.]



5. ábra: Különböző ismétlődési idejű záporok hazai intenzitás – csapadék-időtartam – gyakoriság függvényei [9.]

A vízvezető rendszerek tervezésére, különböző számítási módszerek, modellező szoftverek állnak rendelkezésre. A 200 ha-nál kisebb, vagy legfeljebb 15 perces összegyülekezési idejű vízgyűjtő területeken, kis vízvezető rendszerek esetén állandó csapadékkéntesség tételezhető fel, ezért alkalmazható a racionális méretezés.

A méretezésnél a hálózat bizonyos keresztmetszetein fellépő csapadékvíz-hozamokat kell megtervezni, mivel ez fogja meghatározni az elvezető rendszer különböző részeinek keresztmetszetét. A csúcsvízhozam kiszámításához szükséges a mértékadó csapadék mennyiségének ismerete.

A mértékadó csapadék az a csapadékmennyiség, amelyre adott klimatikus viszonyok között és adott időszakban, meghatározott valószínűség mellett biztosan számítani lehet. Ezt a lefolyási tényezővel és a vízgyűjtő terület nagyságával beszorozva megkapjuk a csúcsvízhozamot. [11.]

Ennek a számításnak hátránya, hogy nem veszi figyelembe a csapadékintenzitás egyenetlen eloszlását. Hazai csapadékvizsgálatokból kiderült, hogy rövididejű csapadékok esetén az időtartam egyharmada alatt a csapadék 60-70%-a, míg az időtartam feléig a 70-80%-a hull le. Bizonyos időközönként a csatorna túlterhelése, vagy akár az elöntés is megengedhető, mivel nem számolhatunk a mindenkori legnagyobb csúcsvízhozammal. Annak figyelembe vétele esetén ugyanis indokolatlan méretű és a szükségesnél sokkal nagyobb költségekkel járó beruházás valósulna meg. A túlterhelések és elöntések megengedett gyakoriságát az önkormányzatok írják elő. Amennyiben nincs más előírás, az MSZ EN 752 szabvány ad ajánlást. Például városközpontok, ipari területek esetén az elöntés 30 évente egyszer megengedhető.

Sajnos hiába állnak rendelkezésre ezek a csapadék valószínűséget korszerűen alkalmazó méretezési módszerek, települési lefolyási modellek, modellező szoftverek, a források hiánya miatt ezek alkalmazása sajnos nem túl gyakori. A vízvezetés tervezések során a szennyvízhozamok tervezése dominál, pedig mindkét tényező ugyanolyan fontosságú, tervezésük során összhangra kéne törekedni. További kutatások tárgyát kellene képeznie a - beépítés és burkolt felületek növekedésének hatására bekövetkező - lefolyási viszonyok változásoknak. [8.]

1.3 Megoldások a vízvezető rendszerek problémáira

A meglévő elvezető rendszerek esetén már nem nyújt segítséget a tervezés adta lehetőség. Ebben az esetben a csúcsvízhozamok csökkentésére kell törekedni a túlterhelések, elöntések elkerülése végett. Erre különböző lehetőségek állnak rendelkezésre. [9.]

1.3.1 Elszivárogtatás

Az alacsony talajvízszintű területeken a legoptimálisabb megoldás a fedett területekről lefolyó esővíz elszivárogtatása, mely – decentralizált elszivárogtatás esetén visszatartott elvezetéssel kombinálva - a túlterhelés és elöntés veszélyének csökkentése mellett ökológiai szempontból is kedvező, hiszen ezzel biztosítani lehet a talajvíz utánpótlását. A növényzet pedig a felhasznált víz egy részét párologtatással a légkörbe juttatja. Ha a területet eddig nem borította növényzet, az általuk megkötött CO₂-nak és kibocsátott O₂-nek köszönhetően javul a levegő minősége.

Az esővíz elszivárogtatására többféle lehetőség is van: pl. földfelszíni sík és teknős, illetve földalatti elvezető árkos és aknás elszivárogtatás. Az esővíz részleges tisztítását képes ellátni a

talaj felső rétege, mivel a szennyezőanyagok egy része a kavicsok, szemcsék felszínén megkötődik, vagy a talaj baktériumflórája lebontja azt. A területet borító növényzet is tisztító hatást fejthet ki. Ha a víz ezen a rétegen keresztül szivárog, kevésbé áll fenn a veszélye annak, hogy a talajvízbe jut az esővíz által lemosott szennyeződés.[12.]

1.3.2 Zöldtetők

További megoldást jelenthet a csapadékvíz keletkezési helyén, ill. a felszíni lefolyás szakaszában történő szabályozása. Kedvező hatással bír például a zöldtetők alkalmazása. Késleltetik és tárolják a lehulló csapadék egy részét, másrészt az elszivárogtatáshoz hasonlóan a növényzet kedvező hatást gyakorol a levegő minőségére és a mikroklímára. Különböző vastagságú és különböző töltőanyagú zöldtetők kiépítésére van lehetőség. A téglazúzalék egy négyzetméter területen 40 mm vastagságban kiterítve 18 l, 80 mm vastagságban 35 l vizet képes tárolni. [9.]

1.3.3 Esővíz gyűjtés

Az eddigi megoldások pozitív hatásain túl vízmegtakarítást is elérhetünk, ha a tisztább felületekről, például a háztetőkről lefolyó vizet tartályokban gyűjtjük, és a háztartás vízszükségleteinek egy részét ebből fedezzük. A zöldtetők esetén is igaz, de az esővíz hasznosító rendszerek működtetése esetén még inkább jellemző, hogy az azt alkalmazó háztartások területéről származó esővíz sokkal kisebb része kerül az elvezető rendszerbe. Azokban az országokban, ahol a csatornadíj elkülönítve tartalmazza az esővíz elvezetés díját, ott az ilyen rendszert működtető háztartások csatornadíja csökkenthető.

Ez jelenleg Magyarországon nem megvalósítható, hiszen a csatornadíjat nem osztják fel szennyvízelvezetés, szennyvíztisztítás és – egyesített rendszer esetén - csapadék elvezetés díjakra. Elválasztott rendszer esetén a csapadékelvezetés díját valamilyen adó formájában fizeti a fogyasztó, de nem csökken a fizetendő összeg, ha egy háztartás esővíz hasznosító rendszert működtet. Ez egyértelműen nem felel meg a „szennyező fizet” EU-s irányelvnek, és egyáltalán nincs ösztönző hatása sem a fogyasztókra, sem az önkormányzatokra. Több európai országban, például Németország egyes tartományaiban és Hollandiában általános gyakorlat, hogy a felhasznált esővíz után nem kell elvezetési díjat fizetni. Ezzel a fogyasztók vízdíja, és „csatornadíja” is csökken. A tárolt esővíz nem azonnal kerül az elvezető rendszerbe, így csökken a csúcsvízhozam.

Mindezekből egyértelműen kiderül, hogy a tetővíz, azaz a tetőfelületekről összegyűjtött esővíz hasznosítása egyszerre több vízgazdálkodási problémára nyújt megoldási lehetőséget.

Csökkenti a csúcsvízhozamot, ezáltal az elöntés veszélyét. Csökkenti a szennyvíztisztítók lökésszerű terhelését, és az ennek következtében kialakult hatásfokromlást és a befogadók nagyobb szennyezését mind az egyesített, mind az elválasztott rendszer esetén. [13.]

A következőkben az esővíz hasznosító rendszer lehetséges ivóvíz-megtakarítását vizsgálom a háztartás vízigényéből kiindulva, a lehetséges gyűjthető vízmennyiséggel összehasonlítva.



6. ábra: Dubocky Anna: Vigyázz a vízre! [1.]

2. A háztartás vízigényei és kielégítésének lehetőségei

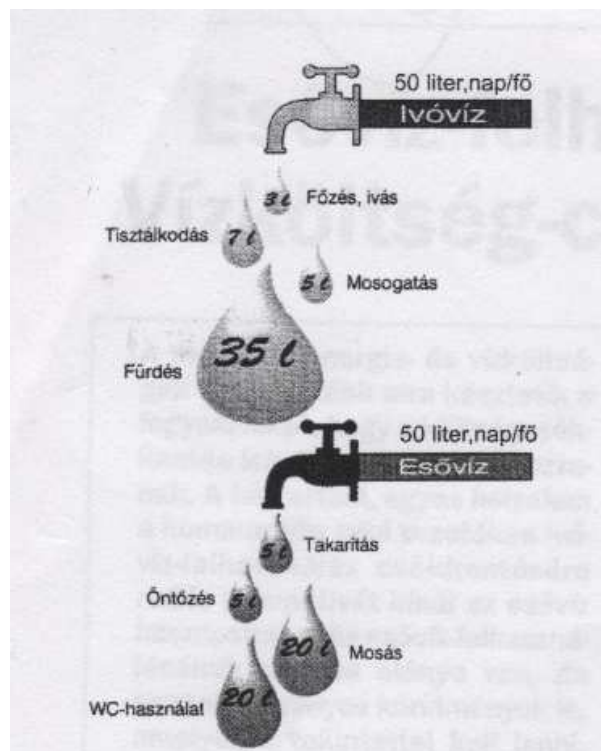
Nehezen mérhető vagy határozható meg pontosan, hogy mennyi vizet fogyasztunk valójában a különböző tevékenységek során, úgymint főzés, fürdés, WC öblítés, stb. Ahány irodalom, annyiféle vélemény. Érthető ez, hiszen változóak a szokások, attól függően, hogy hol, milyen környezetben található az adott háztartás (városi, vagy falusi), tartozik-e az ingatlanhoz kert, mekkora területű; zuhanyzót, vagy kádat részesítik előnyben, és nyilván számít az is, hogy tudatosan mennyire takarékoskodnak a napi rutin részét képező vízhasználat során (mosogatás, mosás, fürdés stb.). [14.]

A különböző irodalmak adatainak összehasonlítását az is nehezíti, hogy más-más tevékenységekre bontják le az összes vízfogyasztást. Az adatok mégsem térnek el nagymértékben egymástól, azonos tevékenységek között csupán néhány százalék eltérés tapasztalható. Viszont ha kategorizálni szeretnénk a tevékenységeket aszerint, hogy melyik váltható ki esővízzel, ezek az eltérések összeadva nagyobb különbségeket eredményeznek.

Ahhoz, hogy megállapítsuk, mennyi vízmegtakarítást érhetünk el esővízgyűjtéssel, két fő faktort kell vizsgálnunk.

Először is el kell különíteni a esővízzel kiváltható, és a nem kiváltható tevékenységeket. Karl-Heinz Böse Az esővíz hasznosítása c. könyvében a kiváltható tevékenységek közé sorolja a mosást, kertlocsolást és WC öblítést, melyek együttes napi vízigénye a napi teljes vízigény 53%-a (69 l/fő/nap). Az összes felhasznált vízmennyiség 130 l/fő/nap, vagyis ezzel a hálózatról felhasznált ivóvíz mennyisége több mint felére, azaz kb. 61 l/fő/nap-ra csökkenthető.

Fórián Sándor a Debreceni Műszaki Közleményekben megjelent cikkében



7. ábra: Háztartás vízigényének felosztása [17.]

saját háztartásukat vette alapul. Mérései szerint a kiváltható vízmennyiség 45 l, ami 130 literhez viszonyítva csak 35 %. A kiváltható tevékenységekbe a WC-öblítést, mosógép használatot, takarítást és kertlocsolást vette figyelembe. [15.]

Dienes György egy a Csatornázás, Vízellátás c. folyóiratban megjelent cikkében ezzel szemben a takarításhoz nem találja megfelelő minőségűnek az esővizet, így azt a nem kiváltható kategóriába sorolja. A kiválthatóak százalékos aránya ennek ellenére magasabb, mint az előző esetben: 50%, literre átszámítva 65 l. [16.] A 7. ábra jól szemlélteti egy víztakarékos háztartás napi vízfogyasztását az esővíz lehetőséget is figyelembe véve. Vízta-
karékosság alatt nemcsak azt érti, hogy a vízigénye felét esővízből fedezi, hanem különbség még az is, hogy az egy főre jutó napi vízfogyasztásnál már csak eleve 100 l/fő/nappal számol. [17.]

Egy összehasonlító elemzés olvasható Asztalos Tamás Hírcsatornában megjelent cikkében, mely különböző szakmai irodalmak adatainak felhasználása alapján készült. Összegezve elmondható, hogy a különböző források adatait összehasonlítva a hasznosítási mértékek közel azonosak, bár kis eltérések tapasztalhatóak, ami a már említett okok mellett az alkalmazott gépészeti berendezések különbözőségeiből is eredhet. [18.]

	Átlagos fajlagos vízigényfajták l/fő.d											
	Csapadékvízzel kiváltható				Csapadékvízzel nem kiváltható					Összes kiváltható	Összes nem kiváltható	Összes
	WC	Kert	Tisztogatás	Mosás	Tisztálkodás	Fürdés	Főzés, ivás	Mosogatás	Egyéb			
MaVíz	47,70		30,20		31,70		24,30		3,80	77,90	59,80	137,70
Purator	39,60	5,28		15,84	5,28	46,20	2,64	7,92	9,24	60,72	71,28	132,00
Dulovicsné*	24,00	4,00	5,00	12,00	45,00					45,00	45,00	90,00
Bőse	44,20	6,50		18,20	9,10	40,30	2,60	9,10		68,90	61,10	130,00
Dixon** ***	32,54		27,72	10,17	19,95	17,01	21,48			70,34	58,44	128,87

1. táblázat: Átlagos fajlagos vízigényfajták [18.]

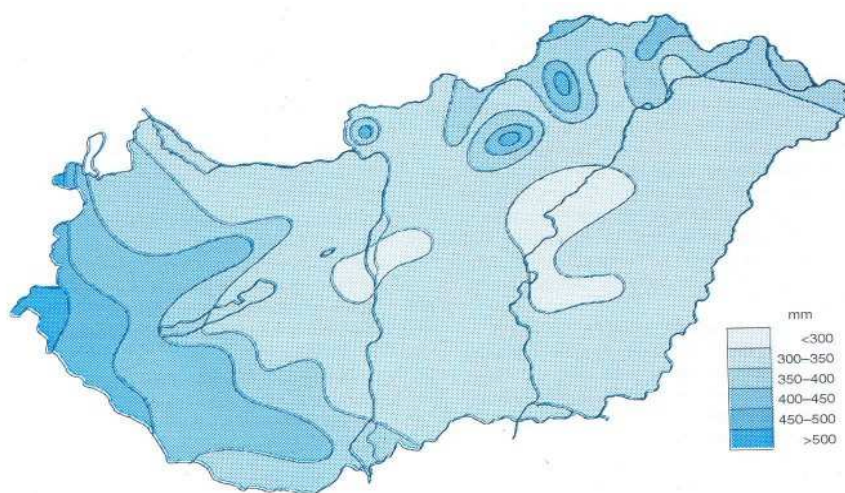
Csapák Alex doktori disszertációjában felhívja a figyelmet arra, hogy a háztartások vízfogyasztása csupán a humán használat 10%-át teszi ki, ami elég alacsony arány. A legnagyobb édesvíz-fogyasztó a mezőgazdaság, míg a második helyen az ipar áll. Ennek ellenére érdemes foglalkozni a háztartások ivóvíz-igényének csökkentésével, mivel a fejlődő országokban az ivóvízigény folyamatos növekedése várható. Másrészt elmondható az is, hogy a lakossági vízellátás igényli általában a legtöbb nagyon jó minőségű, egészséges édesvizet, és ez az igény általában kis területen, koncentrált formában jelenik meg. [19.]

Az esővíz hasznosítás gazdaságosságának vizsgálatához nem elég csupán a vízigények felmérése, hiszen az, hogy mennyi vizet szeretnénk esővízzel pótolni, nem jelenti azt, hogy

azt tudjuk is biztosítani. Az eső mennyisége korlátot szabhat, hiszen nem feltétlenül esik annyi víz az adott területen, amennyit fel szeretnénk használni. A gyűjthető esővíz mennyisége elsősorban a terület időjárási sajátosságaitól, a gyűjtő felület nagyságától és minőségétől és a tartály méretétől függ. A tartály méretét a területen lehulló csapadék az igényelt víz mennyisége határozza meg.

2.1 Csapadék mennyiségének adatai Magyarországon

Magyarországon a csapadék mennyisége területenként változó (8. ábra), az Alföldön 500-600 mm, a hegyvidéken 800-1000 mm, átlagosan 600-800 mm.



8. ábra: Éves csapadékeloszlás Magyarországon [20.]

A lehullott csapadék mennyiségét a Központi Statisztikai Hivatal adatai alapján a 2. táblázat mutatja 2005-2010 között.

Mérőállomások	2005. évi csapadék [mm]	2006. évi csapadék [mm]	2007. évi csapadék [mm]	2008. évi csapadék [mm]	2009. évi csapadék [mm]	2010. évi csapadék [mm]
Mosonmagyaróvár	n.a.	578	662	598	638	n.a.
Debrecen	640	633	551	551	485	845
Pécs	685	602	657	615	626	981
Szeged	653	502	556	527	513	838
Budapest	753	631	537	615	521	875
Békéscsaba	631	536	579	632	593	822
Szombathely	644	508	602	692	617	738
Paks	788	637	562	534	583	991

2. táblázat: Néhány nagyobb hazai város mért csapadékmennyisége (KSH adatai alapján)

A táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a csapadék mennyiségében jelentős különbségek nem adódnak, de kiemelkedik 2005. év mennyisége, melynél a tavalyi évben lehullott csapadék még magasabb értéket mutat. Mindkét évben jellemző volt, hogy az ország nagy részét áradások sújtották a sok eső miatt. A vizsgált 2006-2009 közötti években a csapadék mennyiségére a kiegyenlítettség volt jellemző. A mennyiségi eltérések alátámasztják azt a korábbi megállapítást, mely szerint az időjárási jelenségek szélsőségesek, szárazabb időszakok és hirtelen lehulló nagy mennyiségű esőzések jellemzően kialakulhatnak.

3. Tartály méretezése

Első feladat, hogy megállapítsuk, hogy a háztartásban mennyi esővízre van szükségünk. Ezt követően fel kell mérni a lehetőségeket. Ezek közül először a gyűjtőfelület nagyságát, annak vízszintes vetületét kell megállapítani, ami valójában a ház alapterületének felel meg. A pontos méretezés érdekében érdemes előkeresni a ház alaprajzát. Amennyiben melléképület, vagy garázs is tartozik az ingatlanhoz, érdemes azok tetőfelületét is bevonni a gyűjtésbe, hogy növeljük a gyűjthető víz mennyiségét. [14.]

A vízszintes vetület nem feltétlenül egyezik a valós gyűjtőfelülettel, mert ebben az esetben figyelmen kívül hagyjuk az eső beesési szögét, és a háztető formáját, dőlésszögét is. Mivel ezek figyelembevétele sokkal bonyolultabb számítást igényelne, a legtöbb irodalom elfogadja a vízszintes vetületet gyűjtőfelületnek.

A következő tényező, amivel számolni kell, a tető anyagára jellemző lefolyási tényező, jele Ψ . Enne értéke égetett, zománcozott agyagcserép esetén 0,9, betoncserép esetén 0,8, kavicsréteges lapos tető esetén csak 0,6. Erre a tényezőre is igaz, hogy értékét többféle szakirodalom másként adja meg, de jelentős eltérés az adatok között nem jellemző. Egyértelműen mindegyik irodalom a fémlemez fedésre adja a legjobb értéket (0,8-0,95), míg legkevésbé alkalmasnak a növényzettel borított tetőfelület mondható, 0,2-es értékkel.

Amennyiben szándékozunk a jobb vízminőség elérése érdekében szűrőberendezést használni, figyelembe kell vennünk a szűrő hidraulikus szűrési hatásfokát, aminek jele μ . Ez a két tényező, és a mm-ben megadott, l/m^2 -ként számolható csapadékmennyiség és a gyűjtőfelület szorzatából megkapjuk az esővízhozamot, amit éves adat esetén egy évre, havi esetén az adott hónapra vonatkozik. Például egy $100 m^2$ -es ház esetén, évi 600 mm esővel, 0,9-es lefolyási tényezővel és ugyanilyen hidraulikus szűrési hatásfokkal számolva az évi gyűjthető esővíz $600 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 100 = 48600 l/év$. [15.]

A későbbiekben egyre nagyobb nehézséget okozhat a tároló méretének kiszámítása az özvízyszerű esőzések és a hosszantartó száraz időszakok miatt. Mivel bebizonyosodott [21.] hogy az esővíz minősége a hosszabb tárolás következtében sem romlik, sőt, javul, érdemesebb nagyobb méretű tárolót alkalmazni, hogy a hosszabb száraz időszakok során se kelljen ivóvízből utánpótolni a tartály vizét. Olyan országokban, ahol az esőzés mindennapos, elég kisebb térfogatú tartály megépítése/beszerzése. Magyarország nem tartozik ezen országok közé, így itt érdemes akár 4 hét esőmentes időszakkal is számolni. Ha egy négy fős háztartást veszünk figyelembe, ahol 45 l a napi esővíz igény egy főre számítva, ott

$45 \cdot 4 \cdot 28 = 5,040$ l, kb. 5 m^3 -es tartály építése is indokolt lehet. Mivel az ilyen hosszú esőmentes időszak az év során ritkán fordul elő, és a rendszer kiépítését tervező háztartás a megtérülési idő rövidegét tartja a legfontosabbnak, elegendő ennél kisebb tartály beszerzése, mivel ez a tétel az, ami a rendszer kiépítési költségének legnagyobb részét teszi ki, és ezzel a megtérülési idő legnagyobb részéért felelős. Ha a környezettudatosság mellett a gazdaságosságot is szem előtt akarjuk tartani, az előző számítás eredményeként kapott méretnél célszerű valamennyivel kisebb tartály választása.

Másik oldalról megközelítve: egyáltalán nem biztos, hogy egy 4 hetes aszályos időszak pont egy özönvízszerű esőzést követ. Ahhoz, hogy az előbb említett háztartás 5 m^3 -es tartályát megtöltse, 100 m^2 -es tető esetén 50 mm esőnek kell esni egy esőzés alkalmával. Ez az átlagos évi 600 mm-hez viszonyítva pont egy teljes havi csapadékmennyiség. Bár az utóbbi időben többször hallhattunk olyan mértékű esőzésről, amikor egy havi eső mennyiség hullott le egy nap alatt, mégis elég kicsi rá az esély, hogy ugyanazon a településen ez gyakran megismétlődjön.

3.1 Saját méretezési példa

A háztartás, melynek az esővíz hasznosítását szeretnénk későbbiekben megvalósítani, Németkéren, Tolna megye északi határában, Pakstól 15 km-re található. Itt az évi csapadékmennyiség az országos átlagnál kicsit alacsonyabb, körülbelül 550-600 mm közé tehető, bár az 1. táblázatban szereplő adatokból látszik, hogy 2010-ben 991 mm értékkel a legmagasabb volt a többi vizsgált városéhoz képest. A víz gyűjtését kétféle tetőről tervezzük megvalósítani: a házról, és a melléképületről. A ház alapterülete 100 m^2 , a melléképületé 35 m^2 . A tető anyaga a házban betoncserép, a melléképületen hullámpala. Mindkettő esetén 0,8 lefolyási tényezővel számoltam. Az alkalmazni kívánt szűrőtípus az örvényáramú finomszűrő, melynek hatásfoka kb. 95%. A méretezést a GRAF Csapadékvíz-hasznosító rendszerek, szikkasztók és kis víztisztító berendezések c. kiadványa [22.] által alkalmazott módszerrel végeztem. Ennek alapján a rendelkezésre álló évi csapadék mm-ben (a területre szakirodalomban megadott 550-600 mm átlagértéket -575 mm - figyelembe véve) szorozva a tető lefolyási tényezőjével és a szűrő hatásfokával: $575 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 100 + 575 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 35 = 58995 \text{ l/év}$. A házban átlagosan 3 fő tartózkodik. A házhoz nem tartozik kert, így csak a WC öblítésre, mosásra és takarításra szeretnénk esővizet felhasználni. A kiadvány szerint ezekre a tevékenységekre 13 300 l víz szükséges fejenként, ami 3 fővel beszorozva kiadja a háztartásunk évi esővíz szükségletét: mely így 39 900 l. A méretezésre a következő képletet alkalmaztam a GRAF ajánlása alapján: [22.]:

$$\frac{\text{rendelkezésre álló esővíz (58995)} + \text{a háztartás esővíz szükséglete (39900)}}{2} \times \frac{\text{biztonsági tartalék (28)}}{365} =$$

$$3793,2 \text{ l} \approx 3,8 \text{ m}^3$$

Ezek alapján a házhoz egy 4 m³-es tartály kialakítására, vásárlására lenne szükség. Ezt figyelembe véve az éves vízmegtakarítás Ft-ban kifejezve:

$$59 \text{ m}^3 (\text{éves esővízfogyasztás}) \cdot 620 \text{ Ft/m}^3 (\text{vízdíj}) = 36580 \text{ Ft.}$$

Ha egy komplett esővízgyűjtő rendszer kiépítésére 500 000 Ft költséggel számolunk, a megtérülési idő körülbelül a számított adatok alapján 13-14 év (ha a vízdíj várható növekedésével nem vesszük figyelembe).

4. Egy komplett esővízgyűjtő rendszer felépítése

„A tetőtől a csapig” [14.]

Az esővíz felhasználhatóságát nagyban befolyásolja a víz minősége. A megfelelő vízminőség eléréséhez az esővíz gyűjtő rendszer minden eleménél törekednünk kell arra, hogy a víz a legkevésbé szennyeződjön.

4.1 A tető

A tetőfelület minősége is megváltoztatja a gyűjtött víz összetételét. Egy rücskös, érdes felületen több szennyezőanyag kötődik meg, élőlények, moha, zuzmó telepedhet meg rajta. Az esővíz így mire az ereszcatornába ér, nagyobb mennyiségű szennyezőanyagot old le a cserép felszínéről, mint a sima felületű cserépről. Gyűjtés szempontjából is hátrányosabb, mivel a víz nagyobb része kötődik meg a pórusokban, ezért kevesebbet tudunk összegyűjteni, ahogy ezt a lefolyási tényező is megmutatta. A víz kémhatását is befolyásolhatja a cserép/fedőanyag minősége, illetve a fém vagy fémtartalmú tetőkről a fémek kioldódhatnak, ezek kimutathatók egy vízvizsgálat során. Legtöbbször az esővízgyűjtő rendszert már meglévő ingatlanokra kívánják kiépíteni, melyek tervezésénél még nem gondoltak ilyen rendszer kiépítésére. A tető anyagának megválasztása így sokszor nem tartozik bele a rendszer megtervezésébe, csak a meglévő tető tulajdonságait tudjuk figyelembe venni, azokkal számolni a tervezés során.

Az ereszcatornába kerülő esővíz további szennyeződését akadályozhatjuk meg, ha különböző szűrőket építünk be a rendszerbe.

4.2 Szűrők

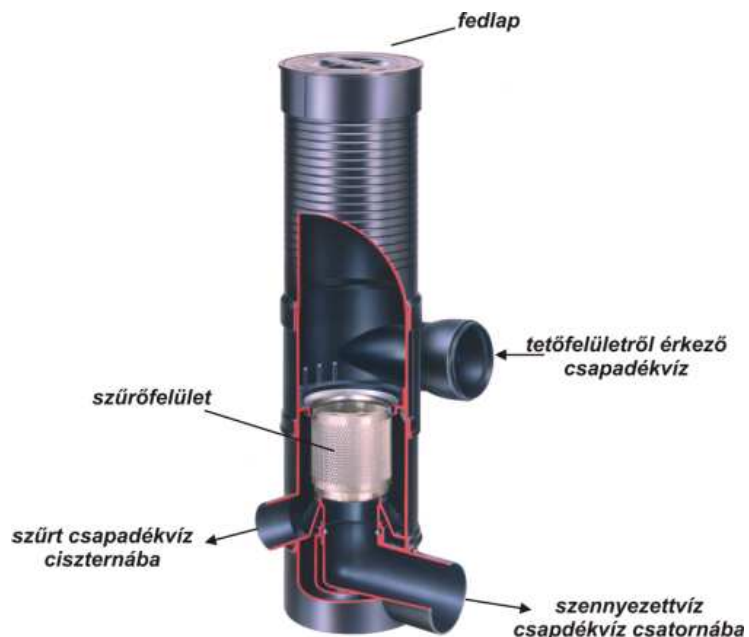
Bizonyos szennyeződéseket már a rendszer kiindulópontjánál visszatarthatunk, ha például az ereszcatorna egész hosszába szűrőbetétet helyezünk. Ez megakadályozza a levelek behullását, a csatorna esetleges eltömítődését. Ennek egyszerűbb változata az avarfogó, amit az ereszcatorna és az ejtőcső találkozásánál helyeznek el. Általában acéldrótból, vagy műanyagból készül. Elegendő évente egyszer megtisztítani. [16.]

Másféle szűrési megoldások is léteznek. Az esőcsatorna ejtőcsővébe is helyezhető szűrő. Ennek működési elve azon alapul, hogy a víz az ejtőcsőben a cső falán folyik le. A lefolyó víz át tud menni a cső falával párhuzamosan körbefutó gyűjtőszűrőn, míg a nagyobb darabos

szennyeződések a cső belsejében sodródhatnak, a víz egy kisebb hányadával együtt. Nagy előnye, hogy nem szükséges tisztítani, hiszen a szűrő felülete függőleges, a szennyeződések lemosódnak róla. Közvetlenül az ejtőcsőbe építhető be, és nem csökkenti annak keresztmetszetét. Többféle átmérővel készül, többféle anyagból, melyek közül a nemesacél a legpraktikusabb, mert az bármilyen anyagú ejtőcsőbe beépíthető, míg például a rézből készült szűrő cink ejtőcsővel nem építhető egybe. A gyűjtőszűrő beépítésénél ügyelni kell arra, hogy a szűrő fölött az ejtőcsőnek legalább 1 m hosszan egyenesnek és sérülésmentesnek kell lennie. Ez a működési elv miatt szükséges, ez biztosítja, hogy a lefolyó víz legnagyobb része valóban az ejtőcső falán folyjon le és belekerüljön a szűrőbe. A szűrő hatásfoka nagyobb esőzésekkor - amikor egyszerre nagyobb mennyiségű víz áramlik az ejtőcsőben - romlik, akár 50%-ra is. Ilyenkor több víz folyik le a szűrő falán a szennyezőanyagokkal együtt és kerül a szennyvízcsatornába.

Hasonló elven működik az örvényáramú finomszűrő, de hatásfokát tekintve előnyösebb a gyűjtőszűrőnél. Az örvényáramú finomszűrő (9. ábra) esetében nem szükséges 1 m hosszú egyenes szakasz a szűrő előtt. Földbe süllyesztve működik, több ejtőcső vizét is képes megszűrni. A szűrő, mivel a földfelszín alatt helyezkedik el, télen sem fagy be. A víz a szűrőben örvényszerű forgó mozgásra

kényszerül, miközben átfolyik egy általában 0,28 mm résméretű szűrőn. Az a kis vízmennyiség, ami nem képes áthaladni a szűrőn, elvégzi a szűrő tisztítását, így nem igényel különösebb tisztítást. A rátapadó szennyeződések időről időre nagynyomású vízzel le lehet tisztítani, vagy a szűrőbetétet egyszerűen mosógépben ki lehet mosni. Kiépítésénél arra kell figyelni, hogy a beáramló és kiáramló víz csövének adott a távolsága, így valamennyi kapcsolódó szerkezet helyét ennek alapján kell kijelölni. [14.]



9. ábra: Örvényáramú finomszűrő felépítése [14.]

Az esővíz megsűrűsítésére aknaszűrőt is használhatunk, ami lényegében egy földbe süllyesztett tartály, benne egy ferdén elhelyezett szűrőbetéttel. Létezik még szűrőakna is, melynek szűrője nem öntisztuló, a tetejéről az összegyűlt szennyeződést rendszeresen el kell takarítani.

Amennyiben a felsoroltaknál finomabb szűrési módot keresünk, kiegészíthetjük például öblíthető finomszűrő beszerelésével a szivattyú nyomóvezetékébe. Ennek pórusátmérője 100µm, ami lehetővé teszi, hogy az esővizet mosásra is felhasználjuk. A csővezetékekből a gyűjtött esővíz a tartályba kerül.

4.3 A tartály

A tartály jelenti a legnagyobb beruházást a rendszer kiépítésénél, így nem mindig van mód új tartály beszerzésére.

Magyarországon egyre több olyan kistelepülésen építenek ki szennyvízelvezető hálózatot, ahol korábban ez nem állt rendelkezésre; a szennyvizet földbe ástott, jobb esetben kibetonozott ciszternákba gyűjtötték. A lakóházak hálózatra való rákötésével ezek a ciszternák funkciójukat veszítették. Az 1990-ben és 2000-ben végzett népszámlálásnak köszönhetően világos képet kapunk a felhagyott szennyvíztárolókról. 10 év alatt 306 106 szennyvíztároló veszítette el eredeti funkcióját. Ezekből a tárolókból számos esetben alakítottak ki esővíztározót, természetesen ehhez a tartály alapos tisztítására és szigetelésére, annak javítására volt szükség. Az ilyen tartályból származó víz minősége néhány szempontból rosszabb (például bakteriális fertőzöttség). [23.]

Amennyiben nem meglévő tartályt szeretnénk felhasználni, több lehetőség közül választhatunk. Rendelhető készre gyártott műanyag tartály, mely olcsóbb, és szállítása, beépítése egyszerűbb. Készülnek tartályok különböző fémekből, illetve épülhet betonból is. A tartályokban történő hosszabb tárolás következtében a víz összetétele, minősége változhat a tartály minőségének függvényében. Eltérőek a szakvélemények ebben a témában is: míg egyes szakértők egyedül a műanyag és nemesacél tárolókat tartják alkalmazhatónak, mások pont ezeket a típusokat nem részesítik előnyben; helyette a beton és a malterrel borított téglatárolók alkalmazását szorgalmazzák. [24.]

A tartályok beépítési lehetőségeire is számos variáció áll rendelkezésre, de az közös bennük, hogy a megfelelő vízminőség elérése érdekében fénytől elzártak, faluk nem engedi át a vizet, az állandó alacsony hőmérséklet elérése érdekében a föld alá helyezik. Természetesen vannak föld feletti tárolók, például hordók, melyek öntözésre szánt víz gyűjtésére alkalmasak.

Saját méréseimhez is ilyen hordóban (220 l-es, műanyag) gyűjtött vizet használtam, mivel csak ez állt rendelkezésre.

Ahhoz hogy a vizet a tartályból továbbítani tudjuk, szivattyút kell beszerezelnünk.

4.4 Szivattyúk

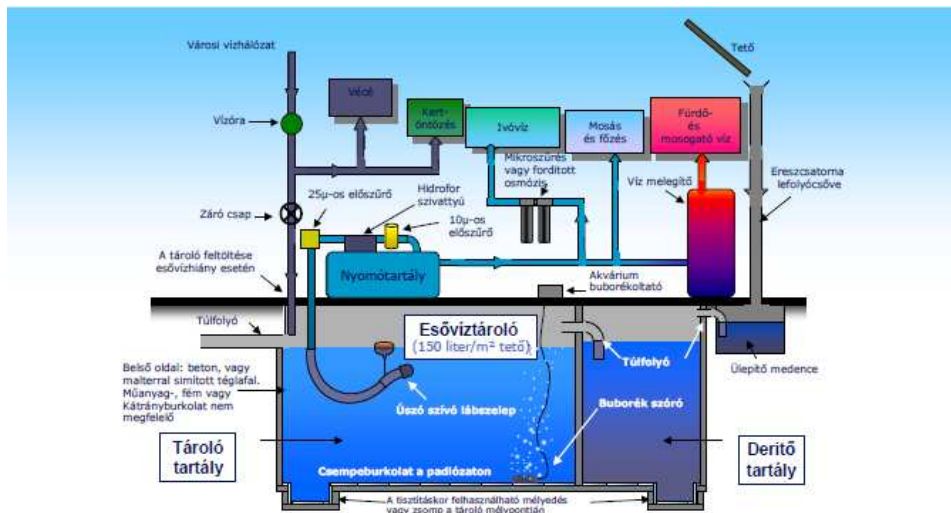
Alapvetően két típusú szivattyút különböztethetünk meg: a tartályban lebegő vagy az aljára rögzített merülő-, ill. búvárszivattyút, és a tartályon kívül elhelyezkedő szívóüzemű szivattyút, melynek csak a szívócsöve helyezkedik el a tartályban, a test szárazon van.

Mindkét szivattyútípusnak vannak előnyei és hátrányai. Alapvető különbség, hogy a búvár- és merülő szivattyúk emelési magassága kisebb a szívó üzemű centrifugál szivattyúkénál, emellett drágábbak is. Minden szivattyú esetén szükség van nyomás és áramlásérzékelő vezérlő egységre. Ez érzékeli ha megnyitunk egy csapot, és elindítja a szivattyút. Amikor elzárjuk, leállítja azt. Ez az érzékelő véd a szárazon futás ellen is.

Házon belüli esővíz felhasználás esetén ki kell építenünk hozzá egy új csővezetékét, így kettős vízellátó rendszerünk lesz. Az új csővezetéken és a csapok környezetében jelölni szükséges, hogy az nem ivóvíz.

Előfordulhat, hogy a tartályunkból átmenetileg kifogy az esővíz. Ebben az esetben több lehetőségünk is van: vagy ivóvizet szivattyúzunk az esővíztárolóba, vagy a szivattyú szívóvezetékébe vezetjük az ivóvizet. Az ivóvíz utánpótlás az esővíz hasznosító rendszer utolsó eleme, ezzel zárom a rendszer általános bemutatását.

Ország József névéhez fűződik egy az eddig leírtakhoz hasonló rendszer megtervezése, mely egy lényeges pontban mégis különbözik: az egész háztartás vízigényét esővízből állítja elő, még az ivóvizet is. Neve is innen ered: Teleső rendszer.



10. ábra: Teleső rendszer felépítése [24.]

A rendszer alapjaiban megegyezik egy átlagos esővíz hasznosító rendszerrel: Tetőről gyűjti az esővizet, azt földalatti tárolóba vezeti, ahonnan a szivattyú betáplálja a háztartás vízhálózatába. (10. ábra)

Az első szembevetendő különbség, hogy szűrők helyett az ülepetést részesíti előnyben. A tetőről érkező esővíz egy kisebb méretű beton ülepitő medencébe kerül, ahol a nagyobb méretű szennyeződések lerakódnak. Innen a víz átáramlik a derítő medencébe, ami méretét tekintve már egy nagyobb tároló. Itt a kisebb szemcseméretű szennyezések is ki tudnak ülepedni. A derítőmedence túlfolyóján keresztül a víz a tárolóba jut. Az esővíz ilyenkor még savas kémhatású, a légkörből kioldott CO_2 , NO_x -ok és SO_2 -nak köszönhetően. Ez a savasság az esővíz hasznosítás szempontjából előnyt jelent. Az esővízben oldott savak a tároló falaiban lévő bázikus elemekkel nagyon gyorsan vegyi reakcióba lépnek. Ezek az elemek a savakat semlegesítik, amíg a víz az ásványi sókat feloldja. A derítőben levegőztető működik, és túlfolyóval van felszerelve. A tárolóból a vizet a szivattyú egy szűrőkosaras úszó lábszelep segítségével emeli ki. A szivattyú előtt egy $25\ \mu\text{m}$ -es, utána egy $10\ \mu\text{m}$ -es szűrő helyezkedik el, melyet egy fogyasztásmérő vízóra és egy víztelenítő csap követ. Innen kerül a víz a mosógépbe, mosogatógépbe, a bojlerbe és a nem ivóvizet adó csaptelepekbe.

Lényeges eltérés a Teleső rendszerhez tartozó fordított ozmózis készüléknek, vagy kerámiaszűrős rendszernek az alkalmazása, mely az egyetlen olyan csapot táplálja, amely ivóvízzel látja el a háztartást. Az így nyert ivóvíz minősége megfelel az ivóvíz szabványnak.

5. Megvalósult projektek a csapadékhasznosítás kapcsán

Ma már sokféle technológiai megoldás létezik a felhasznált vízmennyiség csökkentésére. A takarékos WC-öblítő tartályok, víztakarékos csaptelepek széles körben elterjedtek, a komfortérzet megtartása mellett lényeges megtakarítást tesznek lehetővé figyelembe véve a magas vízdíjakat. Számos példa mutatja a világban, hogy a csapadékvíz összegyűjtése és hasznosítása is megoldást jelenthet akár közintézmények vízgazdálkodási problémáira is. A szakirodalomban fellelhető számos példa közül a következőkben egy németországi és egy hazai esővíz hasznosító rendszert mutatok be.

5.1 Kórház Bad Hersfeldben

Egy Bad Hersfeldben működő kórház 1995 óta hasznosítja az esővizet. A gyűjtőtartályok befogadóképességét több ízben bővítették, mellyel egyre nagyobb vízmegtakarítást értek el. Eleinte az összegyűjtött esővízzel a kerti berendezések, szökőkutak vízigényét váltották ki, a parkba tavat létesítettek. [25.]

Egy 1999-ben, a Wasser-Abwasser folyóiratban megjelent cikk az egészségügyi létesítményekben való hasznosítás veszélyeiről számol be. E szerint az esővíz hasznosítás, főként annak egészségügyi létesítményekben való alkalmazása ellen szóló érvek a következők voltak :

- *nehézkes biztosítani az eső- és ivóvízrendszer teljes szétválasztását*
- *néhány tevékenységre korlátozza az esővíz hasznosítását annak higiéniai minősége*
- *víztakarékos szerelvények és háztartási berendezések beszerelése sokkal nagyobb jelentőséggel bír az ivóvíz megtakarítás szempontjából*
- *az épület csökkentett ivóvíz felhasználása csökkenti a hálózati áramlási sebességet, és növeli a stagnálási időt – romlik a csapvíz minősége*
- *a kórházakban legyengült immunrendszerű emberek tartózkodnak, rájuk a baktérium csírák nagyobb veszélyt jelentenek*
- *a szaniter-berendezések rendeltetésszerű használata esetén is érintkezhet a bőrfelületük, esetleg sebeik az öblítővízzel [26.]*

Mindezek ellenére 2001-ben kibővült a Bad Hersfelddben működő kórház esővíz hasznosító rendszere: 71 toalett vízöblítését váltották ki a gyűjtött esővízzel. 2008-ban ismét bővítették a rendszert, amelynek köszönhetően az esővízzel működő toalettek száma 111-re nőtt. Ezzel évi 1 613 m³ vizet takarítanak meg.

A sterilizáló berendezések vákuumszivattyúinak hűtése is megvalósítható esővízzel, mivel az lágy, így nincs szükség annyi vízlágyító hozzáadására. A kórház 1992-es 80000 m³-es ivóvíz felhasználása 2008-ban 60000 m³-re, azaz 75%-ára csökkent a beruházások következtében. [25.]

5.2 Fenntarthatóságról Tiszaszigeten

A tiszaszigeti Önkormányzat épületében valósult meg a közelmúltban egy Környezet és Energia Operatív Program (KEOP) mintaprojekt, melynek céljai a következők voltak:

- *Helyi lakosság egészségének megismertetése a házi komposztálással*
- *Szelektív hulladékgyűjtés elterjedésének ösztönzése*
- ***Helyi lakosság ivóvíz használatának csökkentése (Esővíz hasznosító rendszerek és vízmentes toalett megismertetése)***
- *Levegőminőség javítása biomassza kazánok segítségével.*
- *Levegőminőség javítása, élővilág védelme kerékpáros közlekedés népszerűsítésével*
- *Csapterelepre szerelhető víztisztító berendezés népszerűsítése a palackozott ásványvízzel szemben (hulladék megelőzés)*
- ***Víztakarékos csapterelek népszerűsítése***
- *Korszerű hőszigetelési eljárások és hőszigetelő nyílászárók bemutatása•*
- *Biomassza tüzelésű kazán bemutatása a lakosságnak*
- *Napelem rendszerek működésének bemutatása*
- *Környezetvédelmi témájú interaktív rendezvények – a két érintett település lakosságának közös részvételével*

Ezek közül dolgozatomban csak a víztakarékossággal kapcsolatos célokat, azok elérését szolgáló beruházásokról, tevékenységről számolok be.

A megvalósult projekt egy mintaprojekt, melyet az Európai Unió finanszírozott, egy többek között középületek komplex környezetbarát (hulladékmegelőző, víztakarékos, energiatakarékos) átalakítását célzó pályázaton keresztül.

A mintaprojektek keretében olyan kommunikációs tevékenységet és fizikai jellegű beruházást is magában foglaló projektjavaslatok kaphatnak támogatást, amelyek meghatározott célcsoport – elsősorban a lakosság - számára mintául szolgálnak a környezettudatos életmódot, fogyasztást illetően és csökkentik a lakosság életmódjának környezetterhelését a megelőző környezetvédelmi megoldások alkalmazásával.

A Tiszasziget Községi Önkormányzat ivóvíz felhasználásának döntő hányadát a WC öblítés jelenti. Ezt az ún. üzemi vizet az értékes ivóvíz helyett esővízzel lehet helyettesíteni. Az önkormányzati ingatlan területét 4 épület alkotja, amelyek tetőszerkezetének vízfelfogó felülete és vízelvezetése alapján alkalmas esővíz-hasznosító rendszer beszerzésére és telepítésére.

Az épületek vízfelfogó területének nagysága 475 m^2 , lefolyási tényezője 0,80, éves átlagos csapadékmennyiség a területen 550 mm, az alkalmazásra kerülő szűrő hatásfoka 0,90. Az adatok alapján kiszámított esővízhozam $188,1 \text{ m}^3/\text{év}$. Az éves üzemivíz-igénye az önkormányzatnak $233,4 \text{ m}^3/\text{év}$. A kivitelező számításai alapján ehhez 2db 5000 és egy db 3300 l térfogatú tartály került beszerzésre. A tartályok polietilénből készültek. A kiválasztásnál a fő szempont nem a tárolt víz minősége volt, hanem a tartály környezetbarát kivitelezése. A teljes műszaki berendezés költsége 2.089.500 Ft volt.

Az esővíz hasznosító rendszeren kívül víztakarékosságot elősegítő berendezések is beszerzésre kerültek: 1 db vízöblítés nélküli piszoár, és 2 db víztakarékos csaptelep, mely integrált vízfékkal ellátott kivitelezésű.

6. A gyűjtött esővíz minősége

Az esővíz hasznosításának feltétele minőségének ismerete. Ma Magyarországon még nincs a gyűjtött esővíz minőségére vonatkozó szabvány. Ennek figyelembevételével az esővíz minőségét különböző meglévő szabványokkal, pl. ivóvízminőségét (201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet), vagy a felszíni víz minőségét (MSZ 12749:1993) meghatározó szabványokkal tudjuk összevetni.

Saját méréseimhez az esővizet egy Tolna megye északi részén, Pakstól 15 km-re fekvő, kb. 2000 lélekszámú kis faluban, Németkéren gyűjtöttem. Ennek oka, hogy az esővíz hasznosítást itt szeretnénk a jövőben megvalósítani, továbbá itt volt lehetőségem mintavételezésre, melyhez két különböző anyagú tető is rendelkezésre állt, mivel az udvaron melléképület is található. Ahogy azt már a méretezésnél említettem, az egyik tető anyaga betoncserép, míg a másiké hullámpala. Bár méréseim fő célja az esővíz alkalmazhatóságának vizsgálata, célom volt továbbá a fedőanyag befolyásoló hatásának vizsgálata is.

Jelenleg a házhoz nincs kiépítve esővízgyűjtő rendszer, így ciszternával, tartállyal nem rendelkezünk. A víz gyűjtését így csak felszínen, műanyag hordókban tudtam kivitelezni. A gyűjtést március 1-én kezdtem, augusztus végéig folytattam. Minden mintavételt megelőzően egy hónapig gyűjtöttem a vizet. A hordók méretéből adódóan a víz túlcordulhatott, így minden esőzés alkalmával került víz a hordókba. A mintavételt követően a hordókat kiürítettem, és kezdtem újból a gyűjtést, így biztosítva az egy hónapra vonatkozó átlagmintát.

Ennek a gyűjtésnek több hátránya is van. Egyrészt a hordóban gyűjtött víz felszínén a víz jobban felmelegszik, ami kedvez a különböző mikroorganizmusok elszaporodásának. Az általam gyűjtésre használt hordók ráadásul sötét színűek voltak, ami ezt a hatást még jobban felerősítette. A vizet nemcsak hő, hanem fény is érte, mely szintén kedvezőtlen a mikroorganizmusok szempontjából. Szűrőként egy a hordókra gumipókkal kifeszített, régi textildarabot használtam fel. A textil sűrű szálai sok szennyeződést - például apró cserép morzsalékot, rovartetemeteket – ki tudtak szűrni. Sajnálatos módon ahogy a textil átnedvesedett, a víz és a kiszűrt szennyeződések súlya lehúzta, és a középső része megereszkedett. Így hiába maradtak a szennyeződések a textil felszínén, víz alá kerültek, rontva ezzel a gyűjtött víz minőségét.

A mintákon különböző vízkémiai vizsgálatokat végeztem: pH, vezetőképesség, teljes keménység, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ és $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentráció, illetve KOI_k . A mérendő paraméterek kiválasztásakor azt tartottam szem előtt, hogy a legtöbb irodalom milyen paramétereket mér, illetve a szabványok milyen paramétereket írnak elő. Természetesen az iskola laboratóriumának felszereltsége is véges, minden szabványban szereplő paraméter vizsgálatára nem nyílt lehetőségem, mivel a reagensek elég költségesek. Így kiválasztottam azokat a mérendő mennyiségeket, melyek a legtöbb irodalomban szerepelnek, és a labor is alkalmas a mérésükre.

A mérésekhez a 3. táblázatban látható műszereket használtam.

pH	HANNA pHep
Vezetőképesség	HANNA DiST 4
Teljes keménység	MERCK: RQflex plus
$\text{NH}_4\text{-N}$	MERCK Spectroquant NOVA 60
$\text{NO}_3\text{-N}$	MERCK Spectroquant NOVA 60
$\text{NO}_2\text{-N}$	MERCK Spectroquant NOVA 60
$\text{PO}_4\text{-P}$	MERCK Spectroquant NOVA 60
KOI_k	MERCK Spectroquant NOVA 60

3. táblázat: Méréshez használt műszerek

Mivel ebben a formátumban a felszíni vízre vonatkozó MSZ 12749:1993 szabvány tartalmaz határértékeket, először is ehhez viszonyítottam a mért eredményeimet, melyek a 4. táblázatban találhatóak. A táblázatban a színek a kategóriákat jelölik: a kék kiváló, a zöld jó, a sárga tűrhető, a piros szennyezett, míg a fekete szín erősen szennyezett kategóriát jelöl. Ezek a színek a diagramokban is megjelennek.

	vezetőképesség $\mu\text{S}/\text{cm}$		pH		keménység CaO mg/l		$\text{NO}_2\text{-N}$ mg/l		$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l		$\text{NH}_4\text{-N}$ mg/l		$\text{PO}_4\text{-P}$ $\mu\text{g}/\text{l}$		KOI_k mg/l	
	beton	pala	beton	pala	beton	pala	beton	pala	beton	pala	beton	pala	beton	pala	beton	pala
március	180	160	6,4	6,6	19	16	0,095	0,077	4,8	3,3	1,204	0,997	80	70	51,3	42,3
április	180	100	7,3	7,1	7	3	0,067	0,049	3,9	4,5	1,324	0,788	90	80	47	60
május	180	110	6	6,5	4	4	0,026	0,056	0,6	1,83	1,035	0,903	30	20	75	45
június	180	100	7,3	7,4	10	6	0,025	0,03	0,5	1,5	1,43	1,296	90	40	148	89
augusztus	180	100	5,4	5,7	5	9	0,32	0,133	0,9	1,6	0,55	1,031	40	90	111	99
átlag	180	114	6,48	6,66	9	7,6	0,1066	0,069	2,14	2,546	1,1086	1,003	66	60	86,46	67,06
min	180	100	5,4	5,7	4	3	0,025	0,03	0,5	1,5	0,55	0,788	30	20	47	42,3
max	180	160	7,3	7,4	19	16	0,32	0,133	4,8	4,5	1,43	1,296	90	90	148	99

4. táblázat: Saját mérési eredményeim

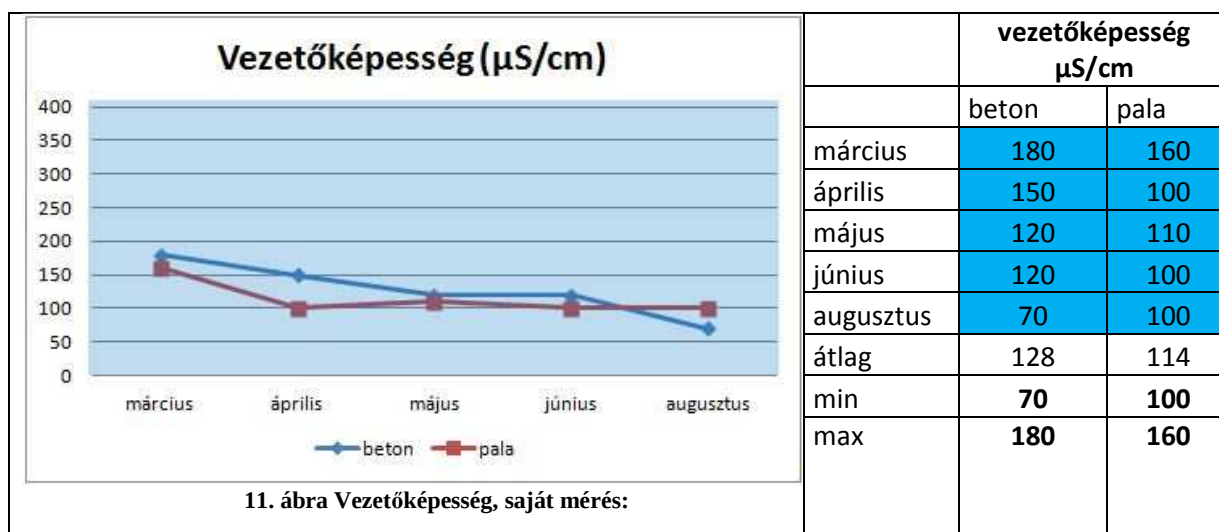
Az ivóvíz minőségére vonatkozó, 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az a nitrát, nitrit, ammónium és foszfát paraméterek ionkoncentrációját adja meg. A többi szakirodalom főleg ebben a formában közöl adatokat (ahogy az 5. táblázat is), így ahhoz, hogy összehasonlítsam őket, a mérőműszert forgalmazó MERCK által megadott számítási móddal átszámoltam a mért eredményeimet ionos formába. Ezt követően lehetőségem nyílt az eredmények összehasonlítására. A KOI_{ps} mérésére sajnos nem volt módom, bár az ivóvízszabvány ezt a mérési paramétert adja meg határértékként. Így felhasználva a felszíni vizekre vonatkozó szabványban megadott KOI_{ps} és a KOI_k határértékek 2,7-es szorzószámot, átszámoltam az általam mért adatokat, ezt tudtam viszonyítani az ivóvíz rendeletben megadott határértékekhez. Az eredményeimet vizsgálva az alábbi következtetésekre jutottam.

Forrás		[21.]					[27.]				[28.]		[29.]			saját mérés		[30.]
Megnevezés ¹		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18
pH	min.	6,2	6,4	5,9	6,8	6,8	6,98	6,41	7,22	7,14	4,25	4,99	6,2	5,6	5,9	5,4	5,7	6,5
pH	max.	10,5	7,6	6,3	7,7	7,6	8,59	11,58	12,84	12,52	x	6,1	10,5	7,7	7,9	7,3	7,4	8,5
pH	átlag	x	x	x	7,18	7,33	7,72	8,88	9,83	9,62	x	x	8	6,7	7,1	6,48	6,66	x
vezetőképesség ($\mu S/cm$)	min.	39	69,2	66	74,9	64	9,07	57,4	46,6	23,4	x	x	39	21	42	70	100	x
vezetőképesség ($\mu S/cm$)	max.	239	342,5	129	152,7	201	119,2	286	711	545	27,3	55,5	239	137	304	180	160	2500
vezetőképesség ($\mu S/cm$)	átlag	x	x	x	117,33	122,56	46,66	149,36	177,83	147,62	x	x	109	58	111	128	114	x
nitrát (mg/l)	min.	0,3	0,4	0,2	2,04	0	0,2	0,3	0,1	0,2	x	x	0,3	2,5	1,2	2,22	6,65	x
nitrát (mg/l)	max.	0,8	1,5	0,2	24,21	13,19	3	5,6	4,4	6,2	5,1	4,47	8,8	20	34	21,26	19,94	50
nitrát (mg/l)	átlag	x	x	x	9,9	3,92	1,12	1,36	1,29	1,57	x	x	5,3	6,4	6,6	9,48	11,28	x
nitrit (mg/l)	min.	0	x	x	0	0	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0,08	0,1	x
nitrit (mg/l)	max.	0,99	x	x	0,28	0,19	x	x	x	x	0,01	0,11	0,99	0,3	2,7	1,05	0,44	0,5
nitrit (mg/l)	átlag	x	x	x	0,11	0,13	x	x	x	x	x	x	0,27	0,06	0,39	0,35	0,23	x
ammónium (mg/l)	min.	0,01	0,2	4	0	0	x	x	x	x	x	x	0,01	0,01	0,01	0,71	1,02	x
ammónium (mg/l)	max.	2,6	2,4	4	1,02	1,24	x	x	x	x	0,35	1,03	2,6	3,5	6,1	1,84	1,67	0,5
ammónium (mg/l)	átlag	x	x	x	0,42	0,66	x	x	x	x	x	x	0,58	0,86	1,5	1,43	1,29	x
foszfát (mg/l)	min.	0	0	x	0	0	x	x	x	x	x	x	0	0	0,01	0,09	0,06	x
foszfát (mg/l)	max.	0,23	0,2	x	0	0	x	x	x	x	0,19	0,095	0,23	0,54	2,7	0,28	0,28	x
foszfát (mg/l)	átlag	x	x	x	0	0	x	x	x	x	x	x	0,07	0,09	0,01	0,2	0,18	x
KOI_{ps} (mg/l)	min.	2,2	13,2	22	0,56	1,04	x	x	x	x	x	x	2,2	2,1	4,7	17,41	15,67	x
KOI_{ps} (mg/l)	max.	25	260	37	12	20,8	x	x	x	x	3,1	7,52	25	35	45	54,81	36,67	3,5
KOI_{ps} (mg/l)	átlag	x	x	x	7,54	12,66	x	x	x	x	x	x	8,1	11	14,3	32,02	24,84	x
keménység (CaO mg/l)	min.	x	x	x	0,84	0,7	7,07	11,82	8,03	8,92	x	x	x	x	x	4	3	50
keménység (CaO mg/l)	max.	x	x	x	1,36	1,8	37,5	73,68	186,56	103,15	0,8	20	x	x	x	19	16	350
keménység (CaO mg/l)	átlag	x	x	x	1,09	1,18	18,96	47,42	52,45	40,1	x	x	x	x		9	7,6	x

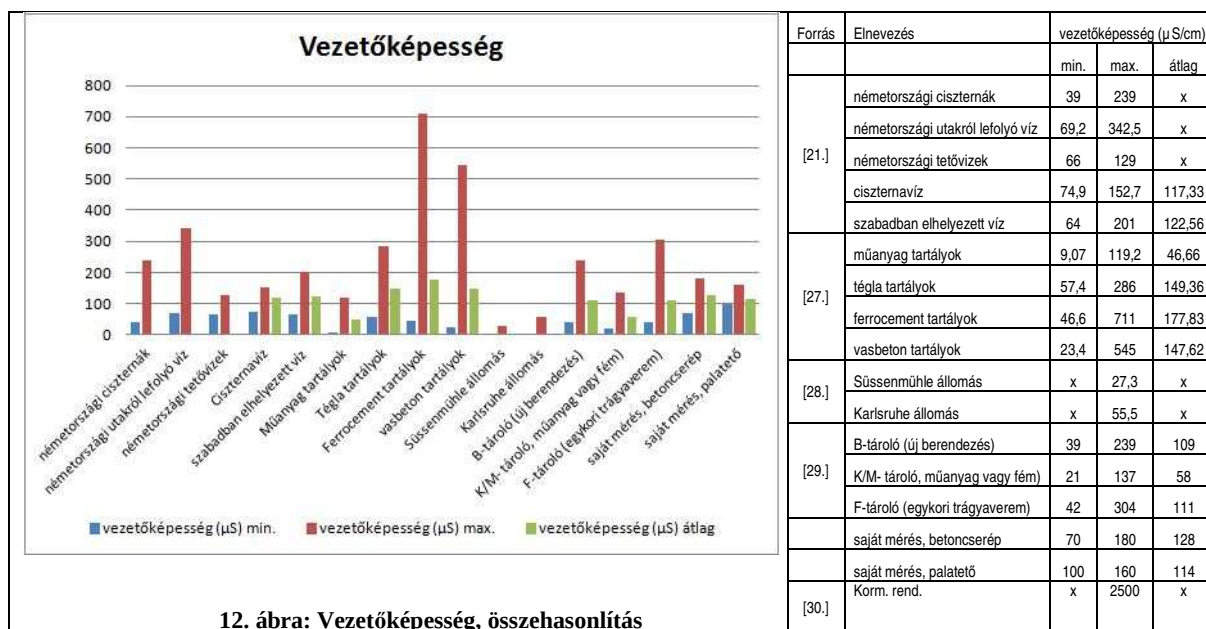
5. táblázat: Összehasonlítás a szakirodalmakból származó mérési eredményekkel

¹ 1. Németo. ciszternák [21.] 2. Németo. utakról lefolyó víz [21.] 3. Németo. tetővizek [21.] 4. Ciszternavíz [21.] 5. Szabadban elhelyezett víz [21.] (Csapák-Fehér) 6. Műanyag tartályok [27.] 7. Téglá tartályok [27.] 8. Ferrocement tartályok [27.] 9. Vasbeton tartályok [27.] (Md. Karim R.) 10. Süssenmühle állomás [28.] 11. Karlsruhe állomás [28.] (Bidló G-né) 12. B-tároló (új berendezés) [29.] 13. K/M-tároló [28.] 14. F-tároló (egykori trágyaverem)[28.] (Lorch H-J.) 15. saját mérés, betoncserép 16. saját mérés, palatető 17. Vonatkozó Korm. rend. [30.]

6.1 Vezetőképesség



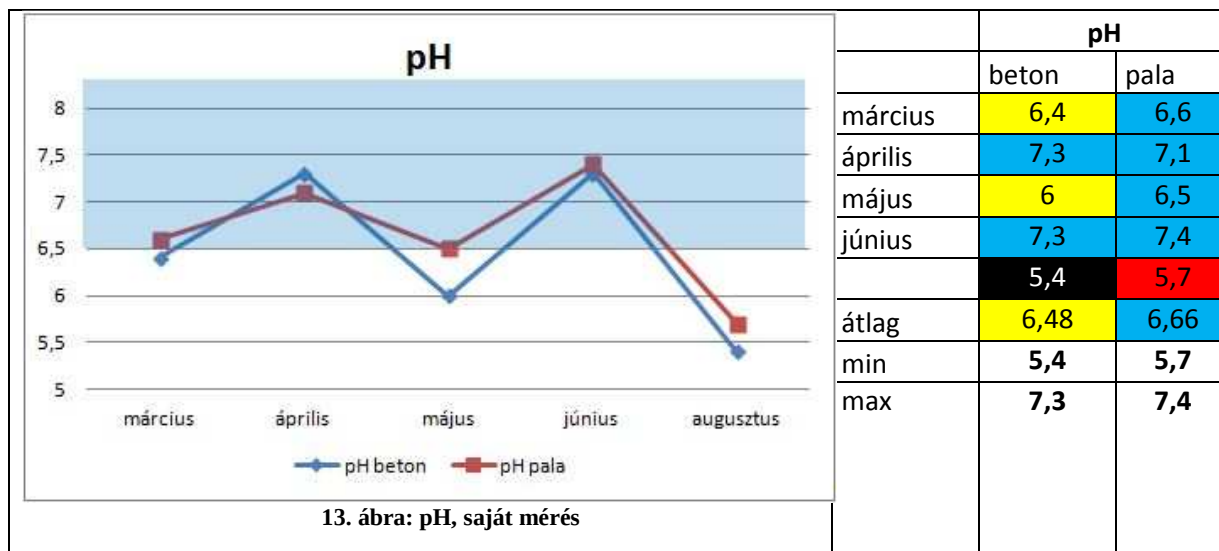
A táblázat és grafikon alapján megállapítható, hogy a gyűjtött minták mindegyike az ivóvíz szabványnak megfelel, a felszíni vizekre vonatkozó szabvány alapján kiváló kategóriába tartozik. (11. ábra) Az augusztusi mintát leszámítva a palatetőről gyűjtött víz alacsonyabb vezetőképességet mutatott, mint a betoncserepről gyűjtött. A szakirodalmakban talált vezetőképességre vonatkozó vizsgálati eredmények, és a saját méréseim összehasonlítása a 12. ábrán látható.



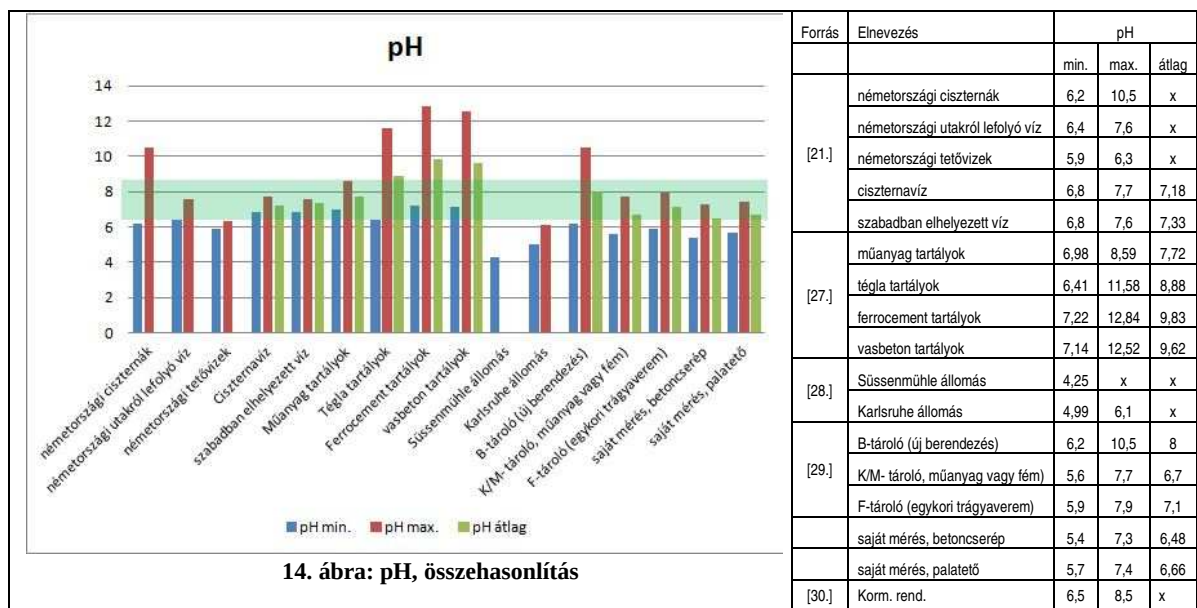
Az összehasonlító táblázat és diagramok alapján az ivóvíz szabványnak való megfelelés az összes szakirodalomban található eredményről is elmondható. A két legmagasabb értéket Bangladesben mérték, ferrocement, illetve vasbeton tartályokban. Ennek oka, hogy a tartály

falából a tárolás során különböző ionok oldódnak ki, melyek befolyásolják a vezetőképességet, keménységet és a pH-t is.

6.2 pH

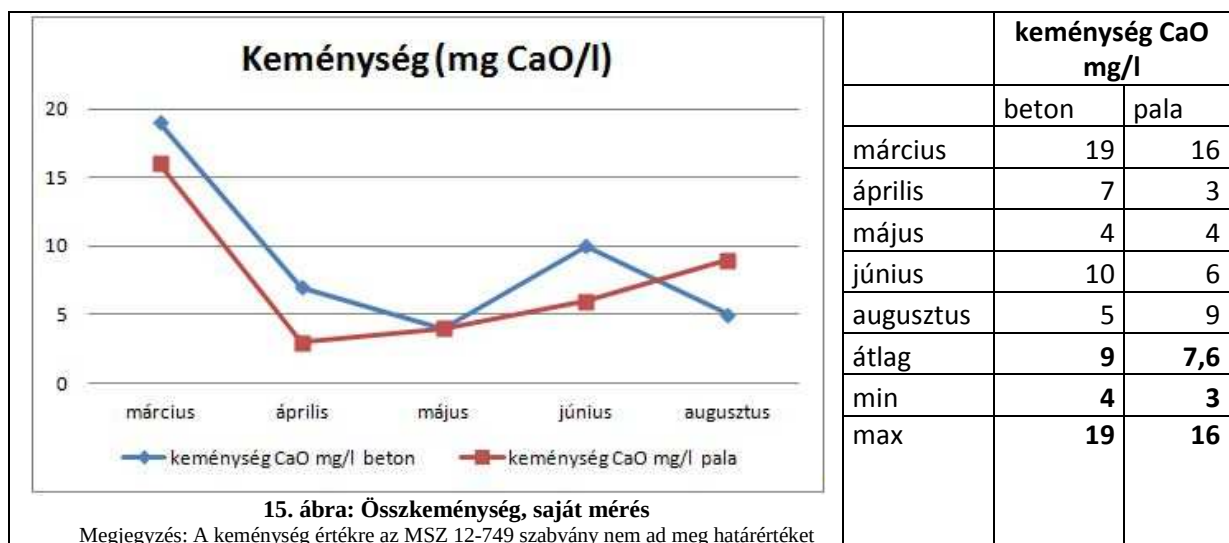


Az esővíz alapvetően savas kémhatású, mely a tárolás során a tároló anyagától függően semlegessé, vagy akár lúgossá válhat. A 13. ábráról leolvasható, hogy az augusztusi minta kivételével a palatetőről származó víz megfelelt az ivóvíz szabványnak, míg a betoncserépről gyűjtött víz többször az alsó határérték alatt maradt. Az augusztusi hónap rosszabb eredményeinek több oka lehet. Augusztus hónapban szinte egyáltalán nem esett Németkéren csapadék. A hónap során gyűlt víz egy része elpárolgott, épp csak a hordó aljában állt egy kevés víz. Jelentősebb csapadékesemény csak szeptember első két napjában volt (2 nap alatt 8,3 mm), a mérést megelőző napokban. A víz minősége a legtöbb paraméter esetén általában javul a tárolóban való tartózkodás során, ez a pH értékre kifejezetten igaz: a friss esővíz mindig savasabb. Ez lehet az oka annak, hogy az augusztusi minták pH értéke feltűnően alacsony.

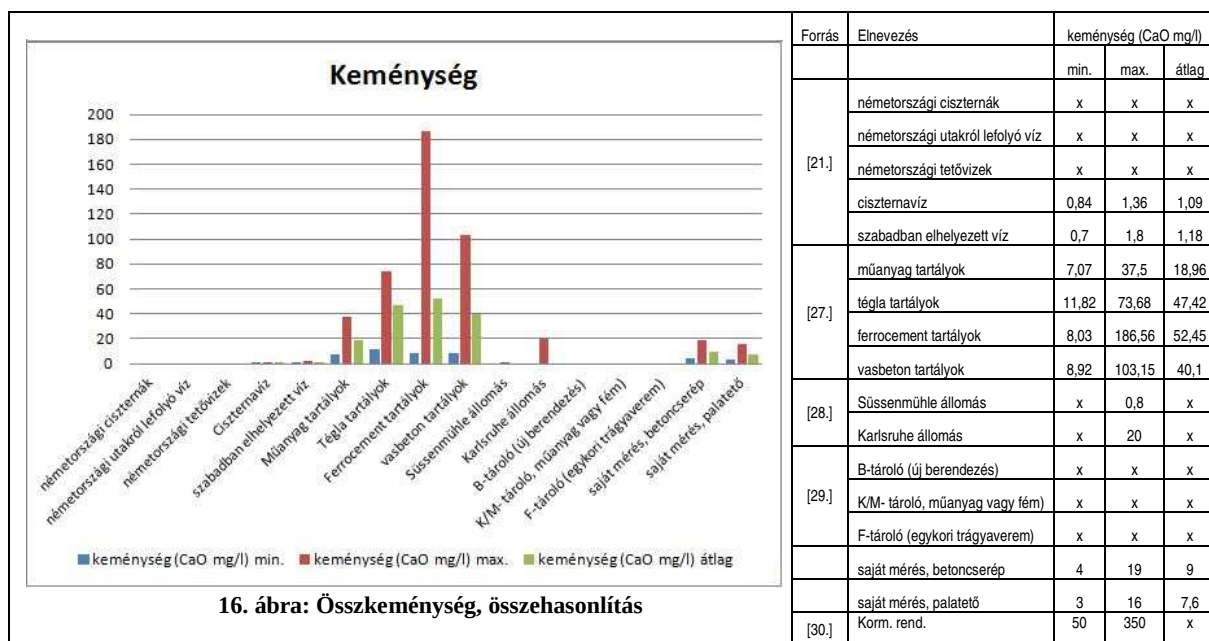


A 14. ábra alapján elmondható, hogy az eredmények az egyes osztályokon belüli felső határértéket ritkább esetben, viszont nagyobb mértékben lépték túl, mint az alsó határértéket. A felső határérték nagymértékű túllépése feltehetően a tároló anyagával és a tárolás idejével áll összefüggésben. A bangladesi tárolók esetében akár egész szárazévszakon át tárolják a vizet, ennek köszönhetően a hosszú idő alatt több ásványi anyag oldódik ki a tároló falából, ami lúgosítja azt. Ez az új, a táblázatban B típusúként jelölt beton tárolókról is elmondható. A használat első félévében az új beton tárolókban a víz túlságosan lúgossá válik. Ez a folyamat körülbelül fél év használat után normalizálódik, és állandó vízhasználat mellett a tárolt víz pH-ja semleges lesz. [24.]

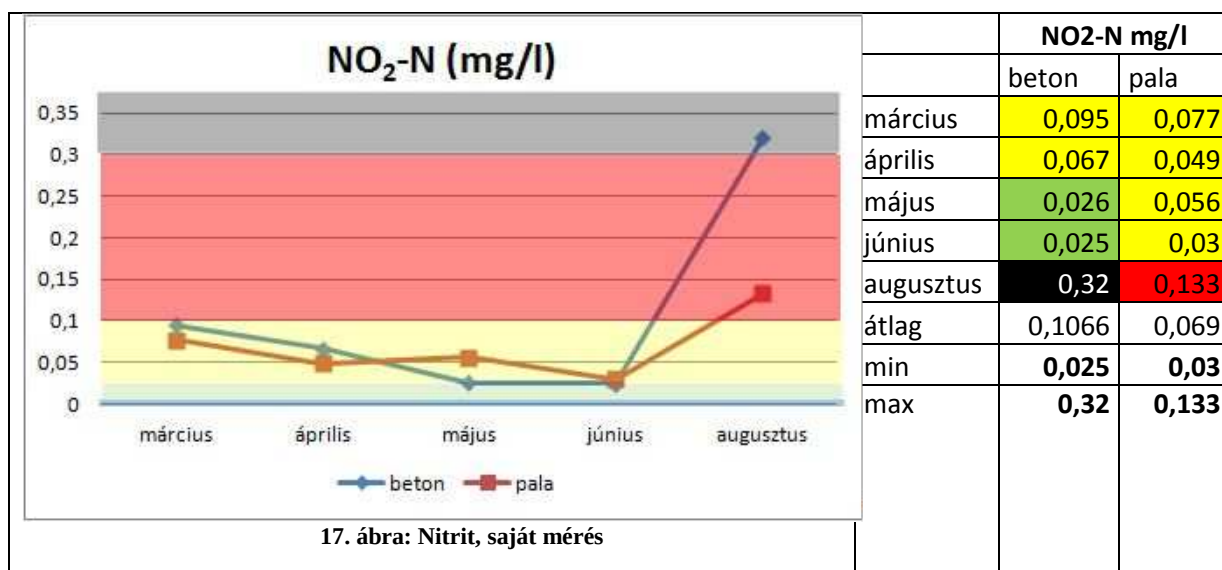
6.3 Keménység



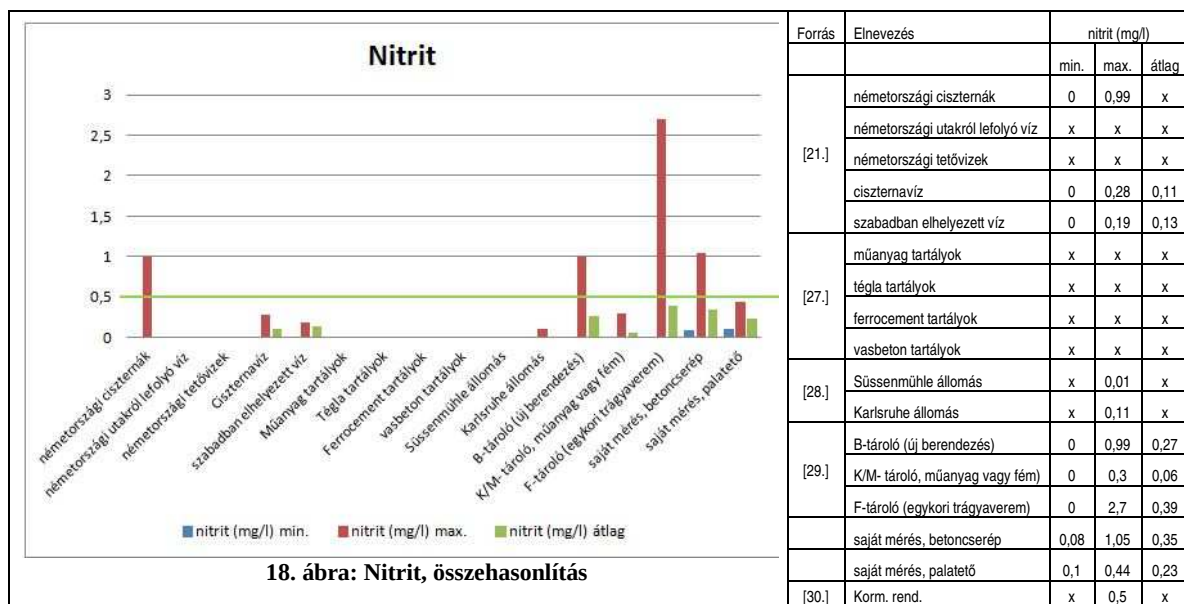
Az esővíz egyik előnye a felhasználás szempontjából lágysága, ugyanis problémát okoz a háztartásokban a keményvíz használata során bekövetkező vízkölerakódás. Lerakódik a csövek falára, szűkítve ezzel a keresztmetszetet és csökkentve a nyomást, de gyakran előfordul, hogy el is tömíti a vezetéket. A mosógépek fűtőszálára történő lerakódás tönkretelheti a berendezést. Mind a saját eredményeim (15. ábra), mind a szakirodalmakban fellelt eredmények nagyon alacsony összkeménység értékeket mutatnak (16. ábra). A saját mintáim esetében megállapítható, hogy a betoncserepről gyűjtött víz az augusztusi mintát leszámítva keményebb volt, mint a palatetőről származó víz.



6.4 Nitrit



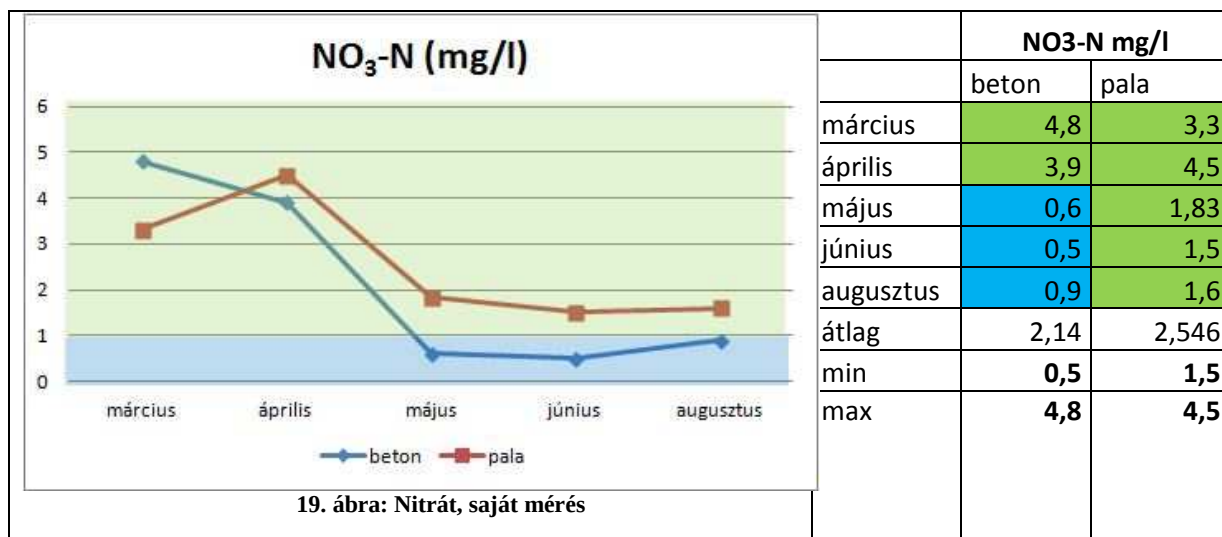
A nitrit mérése élővizek, vagy ivóvíz minősítés esetén fontos adatként szolgál. A saját méréseimből leolvasható (17. ábra), hogy az augusztusi aszály utáni friss esővízből vett minta a legrosszabb a nitrit esetén. A két tető közül itt is a palatető eredményei a jobbak, és kevésbé ingadoznak. Az eredményeket nitrit-ionba átszámítva megállapítható, hogy a betoncserepről származó augusztusi minta lépi túl egyedül az ivóvízre vonatkozó szabvány határértékét.



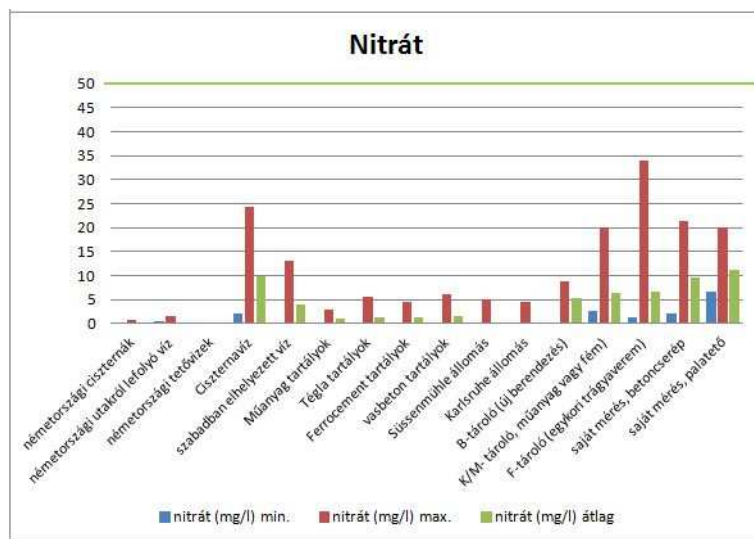
Ahogy azt a 18. ábra mutatja, nitrit esetén az összes átlagérték a határérték alatt van. Néhány esetben a mért maximum kimagasló: mint például a volt trágyaveremből kialakított

tároló esetében. Ez feltehetően annak köszönhető, hogy a tároló fala nem megfelelően lett kezelve, és szerves anyagok oldódhattak ki belőle. A szerves anyagok aerob bomlása során ammónium, nitrit-, majd nitrát-ion keletkezik.

6.5 Nitrát



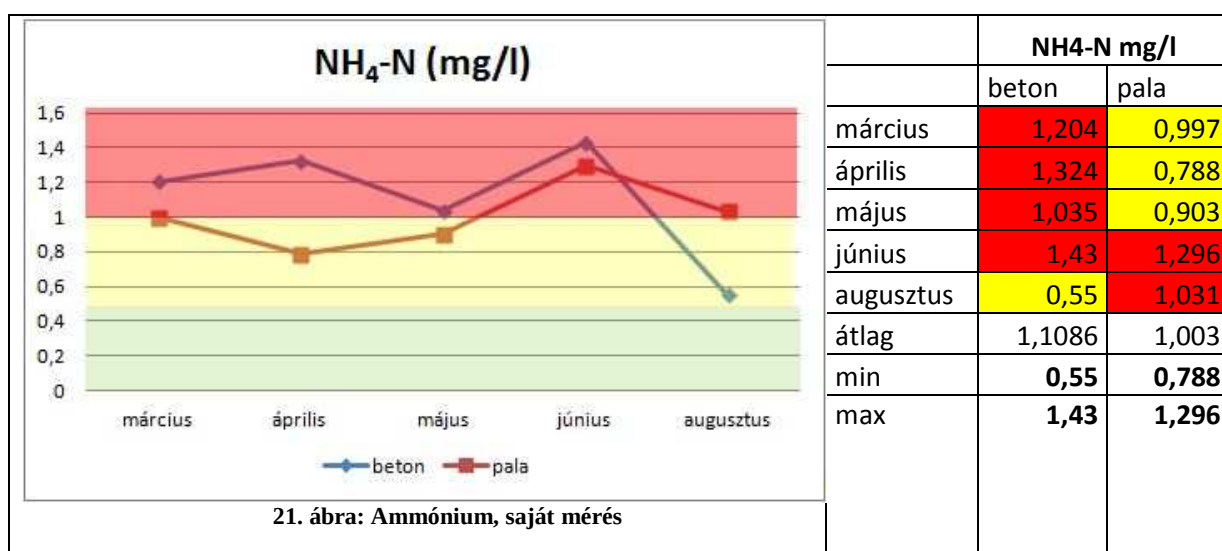
A nitrát-ion az egyetlen olyan paraméter, mely mérésénél - a március hónap kivételével - a betoncserepről származó minták bizonyultak jobbnak. (19. ábra) A minták a felszíni víz szabvány szerint kiváló vagy jó kategóriába tartoznak, és kivétel nélkül teljesítik az ivóvíz szabvány 50 mg/l-es előírását.



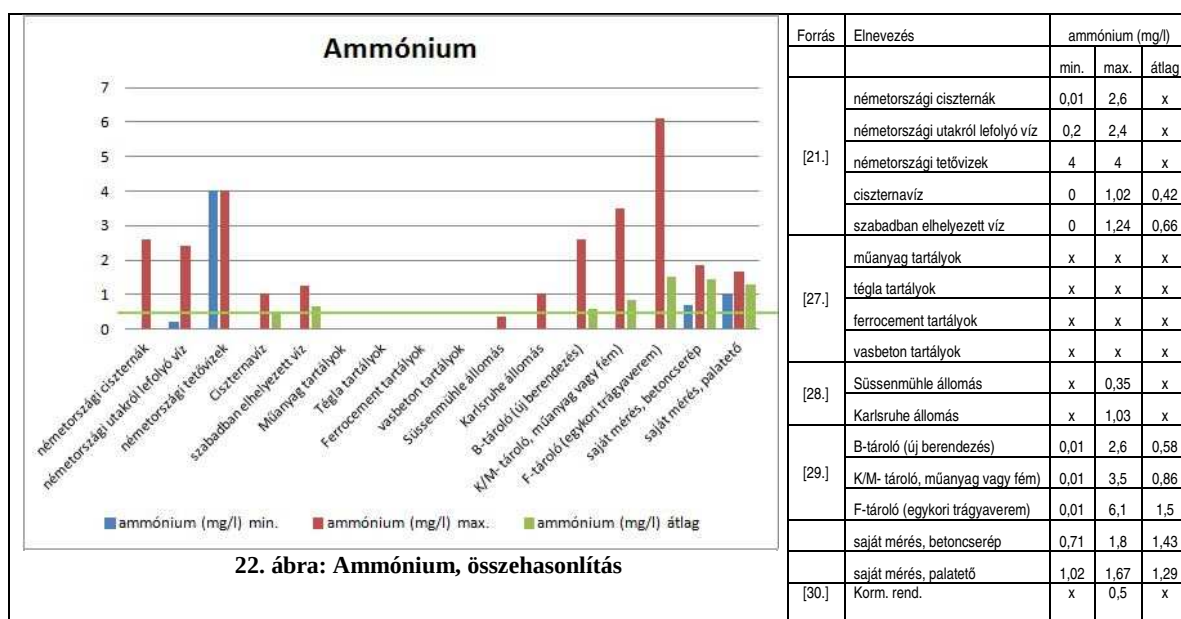
Forrás	Elnevezés	nitrát (mg/l)		
		min.	max.	átlag
[21.]	németországi csiszternák	0,3	0,8	x
	németországi utakról lefolyó víz	0,4	1,5	x
	németországi tetővizek	0,2	0,2	x
	ciszternavíz	2,04	24,21	9,9
	szabadban elhelyezett víz	0	13,19	3,92
[27.]	műanyag tartályok	0,2	3	1,12
	tégla tartályok	0,3	5,6	1,36
	ferrocement tartályok	0,1	4,4	1,29
	vasbeton tartályok	0,2	6,2	1,57
[28.]	Süssenmühle állomás	x	5,1	x
	Karlsruhe állomás	x	4,47	x
[29.]	B-tároló (új berendezés)	0,3	8,8	5,3
	K/M- tároló, műanyag vagy fém)	2,5	20	6,4
	F-tároló (egykor trágayerem)	1,2	34	6,6
	saját mérés, betoncserep	2,22	21,26	9,48
	saját mérés, palatető	6,65	19,94	11,28
[30.]	Korm. rend.	x	50	x

A szakirodalmakból gyűjtött vízvizsgálati eredmények is mind megfelelnek az ivóvíz szabványnak a nitrát-ion esetében. (20. ábra) A legmagasabb értéket a volt trágyaveremben mérték, melynek oka ugyanaz lehet, mint amit a nitrit esetében már korábban említettem: szerves anyagok kioldódása a tároló falából, majd azok aerob bomlása.

6.6 Ammónium

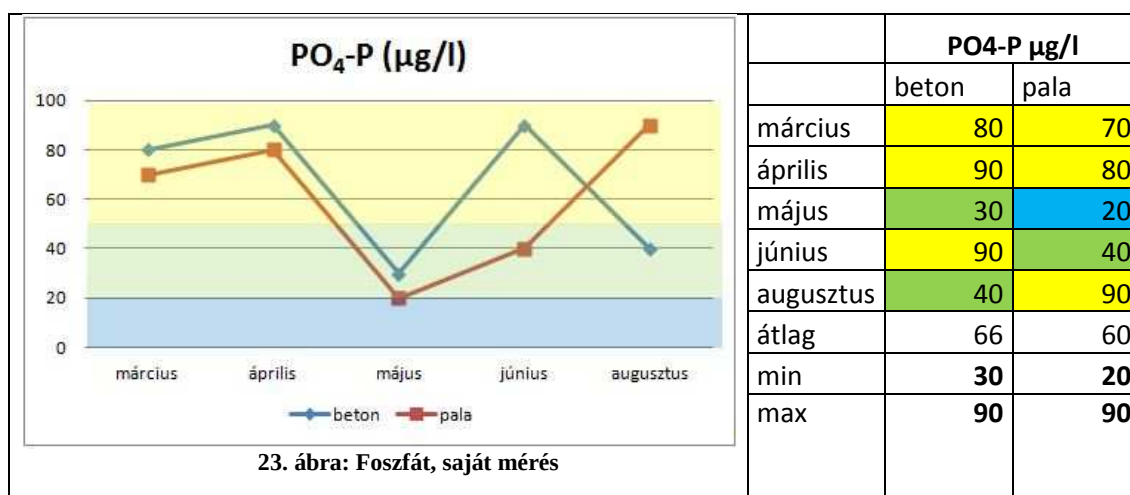


A minták ammónium koncentrációja már kevésbé kedvező: a mintáim nagyobb része ammónium szempontjából szennyezett kategóriába sorolható. (21. ábra) Az ammónium-ion általában friss szerves szennyeződés indikátora. Feltehetően a tetőről származó szerves anyagok bomlása során keletkezett. Megfelelő szűrők mellett minimalizálni lehet a tetőről a tartályba jutó szerves szennyeződéseket, ezzel javítható lenne a gyűjtött víz minősége.

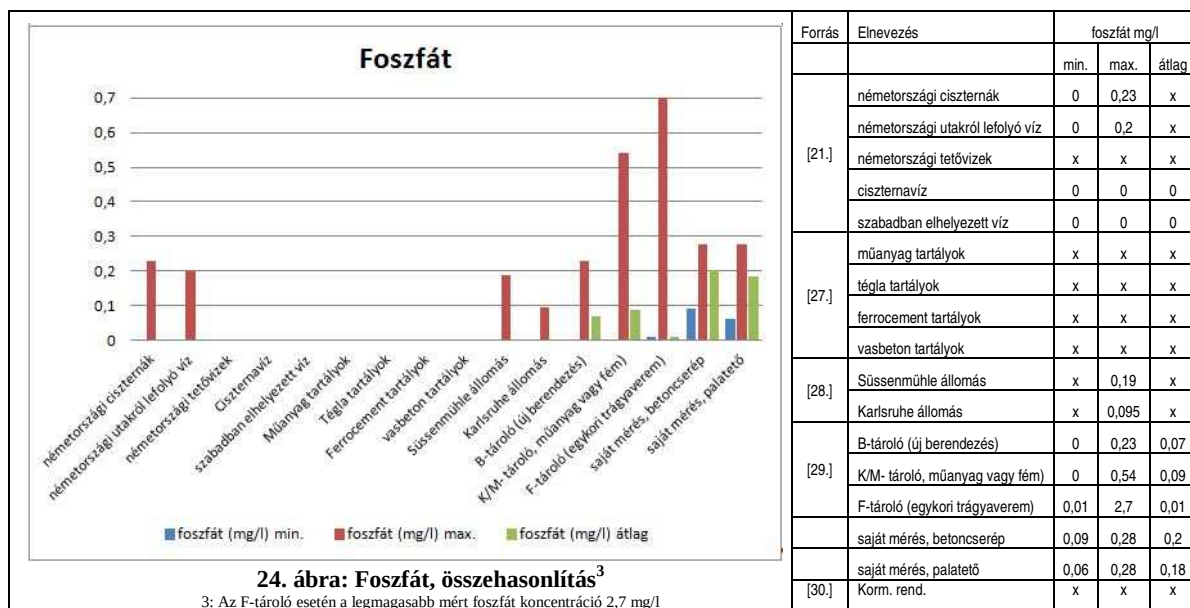


A 22. ábra alapján megállapítható, hogy a szakirodalmakból származó eredmények esetén az ammónium-koncentráció meghaladja az ivóvíz szabványban meghatározott határértéket. Legmagasabb érték az F-tárolóhoz, a volt trágyaveremhez kötődik. Ammónium jelenlétének különösebb jelentősége akkor lenne, ha ivóvíz célra történne a felhasználás, öblítésre megfelel és öntözővízként történő hasznosítása sem akadályozott ennél a mennyiségnél.

6.7 Foszfát

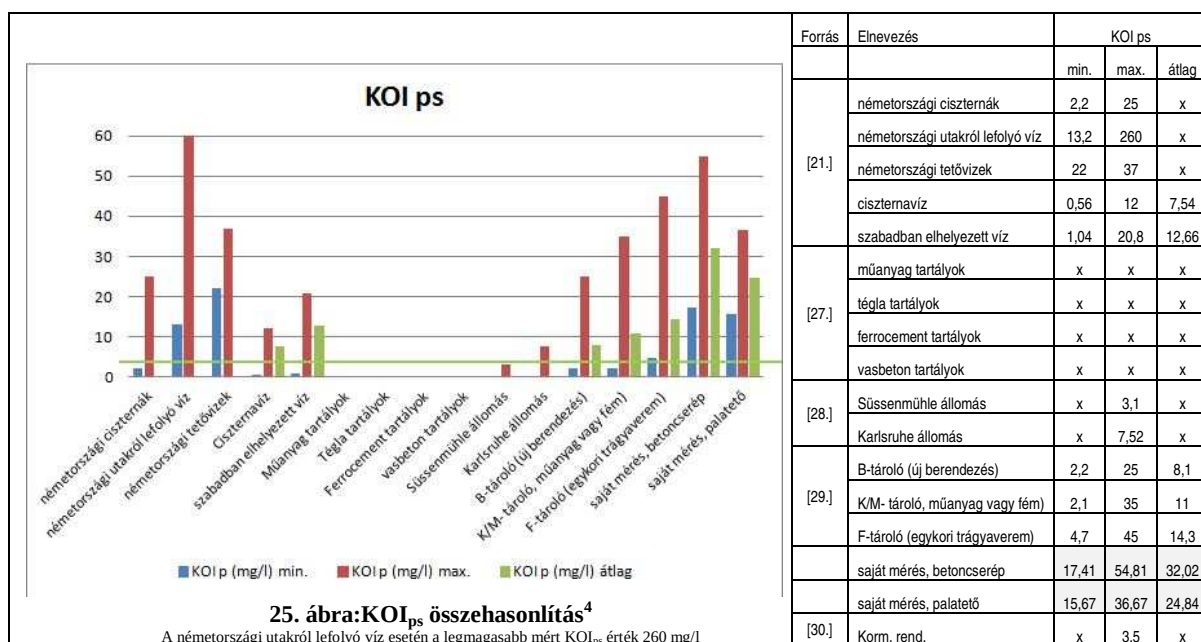


A foszfát növényi tápanyag, ezért fontos, hogy a gyűjtött vízben ne legyen magas koncentrációban jelen. Fény és növényi tápanyag együttes jelenléte algásodáshoz vezethet. A saját mérési eredményeim azt mutatják, hogy a maximális értékek sem lépték túl a felszíni víz tűrhető kategóriájának felső határát. Érdekeség, hogy az augusztusi minta kivételével a két minta értéke együtt mozog, de az utolsó mérésnél a két érték felcserélődik. (23. ábra)



A foszfát koncentráció szempontjából a volt trágyaverem értékei a legkedvezőtlenebbek. (24. ábra)

6.8 KOI_k és KOI_{ps}

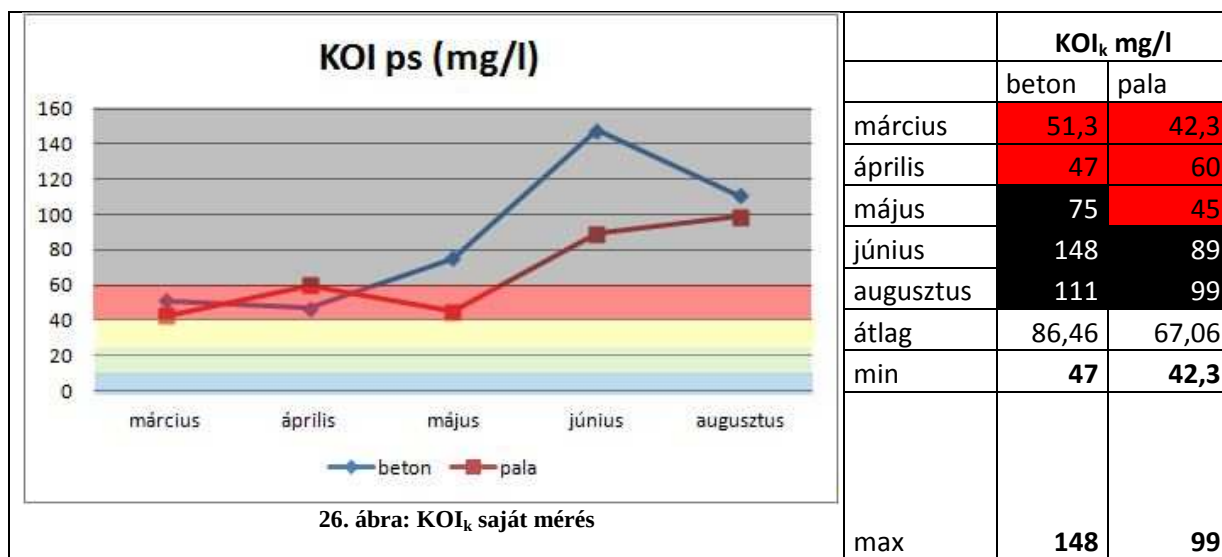


A szakirodalmak adatai azt mutatják, hogy a kémiai oxigén igény a gyűjtött esővizek esetén általában elég magas. (25. ábra) Ezt a tényt a saját méréseim is alátámasztják. Mintáim kivétel nélkül szennyezett, vagy erősen szennyezett kategóriába sorolhatók KOI_k tekintetében. (26. ábra) Hozzávetőleges számítást követően az ivóvízre vonatkozó KOI_{ps} határértékhez

³ Az F-tároló esetén a legmagasabb mért foszfát koncentráció 2,7 mg/l

⁴ A németországi utakról lefolyó víz esetén a legmagasabb mért KOI_{ps} érték 260 mg/l

viszonyítva megállapítható, hogy azt a legkisebb mért eredmény is körülbelül háromszorosan lépi túl. A többi eredményt figyelembe véve alig van olyan minta, amely megfelel az ivóvíz szabványnak. Mint ahogy már korábban is említettem, ennek főleg akkor lenne jelentősége, ha a gyűjtött esővíz ivóvizet helyettesítene. Ahhoz, hogy minden szempontból ivóvíz minőségű esővizet kapjunk, komolyabb szűrőberendezésekre (kerámiaszűrő, fordított ozmózisra alapuló szűrő) lenne szükség, mint pl. a Teleső rendszernél.



6.9 Bakteriológia

A magas szervesanyag-tartalomból feltételezhető, hogy nagyobb számban vannak jelen különböző mikroorganizmusok a gyűjtött esővízben. Bizonyos baktériumok nem csak az emésztőrendszerbe kerülve okozhatnak problémát, hanem a bőrrel való érintkezéskor is megbetegedést okozhatnak. Ezek problémát jelenthetnek esetleg a ruhák mosása során is, ha nem túl magas hőfokon szeretnénk mosni. Ilyen mikroorganizmusok jelenlétének vizsgálata indokolt lehet. Dolgozatom előkészítése alatt sajnos nem volt módom mikrobiológiai vizsgálat elvégzésére, ezt a későbbiek során tervezem megvalósítani.

7. Következtetések

Dolgozatom alapvető célja az esővízgyűjtő rendszerek szerepének vizsgálata a különböző eredetű, főként éghajlatváltozással kapcsolatos globális, regionális és lokális vízgazdálkodási problémák megoldásában. Különböző szakirodalmak felkutatása és feldolgozása után arra a megállapításra jutottam, hogy egyrészt az esővíz elvezetése, elszívóztatása, mint megoldandó probléma jelenik meg a vízgazdálkodásban, az éghajlatváltozás okozta egyenlőtlen térbeli és időbeli csapadéeloszlás következtében. Másrészt egyre több szó esik az esővízről, mint a fenntartható életforma egyik eleméről, mely alternatív vízbázisként szolgálhat a későbbiekben kialakuló ivóvíz hiány esetén.

Saját méréseim és a szakirodalmakból gyűjtött további mérési eredmények alapján elmondható, hogy a tetőről gyűjtött, és különböző ciszternákban, tartályokban tárolt esővíz minősége a vizsgált paraméterekre vonatkozóan megfelelő a nem ivóvíz minőséget igénylő tevékenységekhez, pl. öntözés, mosás, WC öblítés. Amennyiben a gyűjtött vizet alacsonyabb hőfokú mosásra is fel szeretnénk használni, indokolt lehet a víz bakteriológiai vizsgálata. A jövőben ez irányú méréseket tervezek végezni, melyekkel bizonyítható az ez irányú hasznosítás is. A bakteriológiai vizsgálat természetesen ivóvíz előállítása esetén nélkülözhetetlen. Esővízből történő ivóvíz előállítására is létezik már technológiai megoldás, de még nem terjedt el, és széleskörűen még nem elfogadott.

Mérési eredményeim egyértelműen igazolják a csapadékvíz hasznosíthatóságát. Számítási adataim a hasznosító berendezés megvalósítása esetén gazdasági oldalról tekintve a vízdíj változatlan értéke mellett 10-15 éven belüli megtérülést mutatnak. Mind gazdasági, mind pedig a környezettudatosság, víztakarékosság oldaláról tekintve a csapadékvízzel való ésszerű gazdálkodás a jövőben fontos szempont lehet a fenntartható vízgazdálkodás megvalósításában.

8. Irodalomjegyzék

- [1.] - : FN4 nyertes pályaművek, (<http://www.fenntarthatonap.hu/?p=1563>)
- [2.] WHO/UNICEF : *Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation* 2010. ISBN 978 92 4 156395 6 (http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/_eng_full_text.pdf)
- [3.] Simonffy Zoltán: *Vízigények és vízkészletek* in.: Somlyódy László: *Hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései*. Magyar Tudományos Akadémia Bp. 2002 p.115.)
- [4.] Bodáné Kendrovics Rita: *Köryezeti elemek védelme I. Vízminőségvédelem, egyetemi jegyzet*. Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Bp. 2009. p.8.
- [5.] Somlyódy László: *A hazai vízgazdálkodás és stratégiai pillérei* in.: Somlyódy László: *Hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései*. Magyar Tudományos Akadémia Bp. 2002 p.30-31.)
- [6.] Tanka László: *Katasztrófahelyzetek kezelésének támogatása*. (www.hte.hu/uploads/File/Tanka_Laszlo.pdf)
- [7.] Gayer József. – Ligetvári Ferenc: *Települési vízgazdálkodás csapadékvíz elvezetés*. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Bp. 2007. p. 40.
- [8.] Az MMK Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozatának állásfoglalása: *Az idei év csapadékos időjárásával kapcsolatos tapasztalatokról*. MaSzeSz Hírcsatorna 2005/9-10. sz. p. 23-24.
- [9.] Dulovics Dezsőné dr., Dr. Dulovics Dezső: *A csapadékterhelés, hatásai és csökkentésük egyes módszerei*. MaSzeSz Hírcsatorna 2005/9-10. sz. p. 7-17.
- [10.] Szennyvíz Szakmai Testület és a PR Munkacsoport: *Csatornahasználati illemtan*. 2010. (http://www.maviz.org/system/files/cshi_fogy_02_0.pdf)
- [11.] - : - (<http://www.kutdiak.kee.hu/diak/nzs/viz1.htm>)
- [12.] Fuchs L. – Hohenauer R.: *Umweltverträgliche Regenwasserbehandlung für einen lokalen Wasserkreislauf*. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 1999. 51. k. 1/2. sz. p. 10-17.
- [13.] König K.W.: *Sechs Argumente für die Regenwassernutzung*. Umwelt, 1998. 28. k. 1/2. sz. p. 40-43.
- [14.] Karl-Heinz Böse: *Az esővíz hasznosítása*. Cser Kiadó, Budapest, 2008.
- [15.] Fórián Sándor: *Csapadékvíz hasznosításának lehetősége a háztartásokban*. Debreceni Műszaki Közlemények 2009/1-2. sz. p. 29-33.
- [16.] Dienes György: *Cím, Vízellátás, Csatornázás* 2004/116. sz. p. 43-46.
- [17.] Kónya Tamás: *Esővíz-felhasználás – víztakarékosság? Víz költség-csökkentés – víztakarékosság?* Vízellátás, Csatornázás 2006/149. sz. p. 28-29.
- [18.] Asztalos Tamás: *A csapadékvíz használatának vizsgálata a kommunális vízellátásban és az ivóvízigény csökkentésében*. MaSzeSz Hírcsatorna, 2011/5-6. sz. p. 3-15.
- [19.] Csapák Alex: *Települési vízgazdálkodás, lakossági csapadékvíz-gyűjtés és felhasználás, doktori disszertáció*. Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Budapest, 2009.
- [20.] Buti Zsófia: *Az esővíz-hasznosítás, mint fenntartható vízgazdálkodási alternatíva* Óbudai Egyetem RKK, Szakdolgozat 2010. konzulens: Bodáné Kendrovics Rita p.19.

- [21.] Csapák A – Fehér K.: *A vízminőségi mutatók változása a tárolt csapadékvízben*, Hidrológiai Közlöny, 2008. 88. évf. 3. sz. p. 57-60.
- [22.] - : *Csapadékvíz-hasznosító rendszerek, szikkasztók és kis víztisztító berendezések*, GRAF, 2006.
- [23.] Csapák A.: *A lakossági csapadékvíz-gazdálkodás fejlesztésének elméleti térszerkezete*, Hidrológiai Közlöny, 2007. 87. évf. 4. sz. p. 50-52.
- [24.] - : *Vízönellátó, fenntartható vízgazdálkodás a világban*, (<http://www.eautarcie.org/hu/index.html>)
- [25.] - : *Esővíz felhasználása kórház vízgazdálkodásában*, Umwelt Magazin, 2008/6. sz. p. 78-79.
- [26.] Hentschel W.: *Neue Entwicklung in der Regenwassernutzung*, Wasser-Abwasser, 1999. 140. k. 13. sz. p. 72-75.
- [27.] Md. Karim R.: *Quality and suitability of harvested rainwater for drinking in Bangladesh*, Water Science & Technology: Water Supply-WSTWS, 2010. 10. k. 3. sz. p. 359-365.
- [28.] Dr. Bidló G-né: *A háztetőről lefolyó víz háztartási alkalmazásának kockázata és haszna*, OMIKK – Környezetvédelem, 2000/15-16. sz. p. 41-59.
- [29.] Lorch H-J.: *Bakteriologische und chemische Bewertungsmaßstäbe für die Regenwassernutzung*. Das Gas- und Wasserfach, Wasser, Abwasser, 1996. 137. k. 3. sz. p. 133-139.
- [30.] - : http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0100201.KOR

9. Ábrajegyzék

1. ÁBRA: VARGA LÍVIA: TE TUDTAD? [1.]	3
2. ÁBRA: FELSZÍN ALATTI VÍZKÉSZLETEK KIHASZNÁLTSÁGA [5.].....	5
3. ÁBRA: AZ URBANIZÁCIÓ HATÁSA A HIDROLÓGIAI FOLYAMATOKRA [7.].....	6
4. ÁBRA: CSATORNAHASZNÁLATI ILLEMTAN, RÉSZLET [10.].....	8
5. ÁBRA: KÜLÖNBÖZŐ ISMÉTLŐDÉSI IDEJŰ ZÁPOROK HAZAI INTENZITÁS – CSAPADÉK-IDŐTARTAM – GYAKORISÁG FÜGGVÉNYEI [9.]	9
6. ÁBRA: DUBOCKY ANNA: VIGYÁZZ A VÍZRE! [1.].....	12
7. ÁBRA: HÁZTARTÁS VÍZIGÉNYÉNEK FELOSZTÁSA [17.].....	13
1. TÁBLÁZAT: ÁTLAGOS FAJLAGOS VÍZIGÉNYFAJTÁK [18.].....	14
2. TÁBLÁZAT: NÉHÁNY NAGYOBB HAZAI VÁROS MÉRT CSAPADÉKMENNYISÉGE (KSH ADATAI ALAPJÁN)	15
8. ÁBRA: ÉVES CSAPADÉKELOSZLÁS MAGYARORSZÁGON [20.].....	15
9. ÁBRA: ÖRVÉNYÁRAMÚ FINOMSZŰRŐ FELÉPÍTÉSE [14.].....	21
10. ÁBRA: TELESŐ RENDSZER FELÉPÍTÉSE [24.].....	24
3. TÁBLÁZAT: MÉRÉSHEZ HASZNÁLT MŰSZEREK	29
4. TÁBLÁZAT: SAJÁT MÉRÉSI EREDMÉNYEIM	29
5. TÁBLÁZAT: ÖSSZEHASONLÍTÁS A SZAKIRODALMAKBÓL SZÁRMAZÓ MÉRÉSI EREDMÉNYEKKEK.....	30
11. ÁBRA: VEZETŐKÉPESSÉG, SAJÁT MÉRÉS	31
12. ÁBRA: VEZETŐKÉPESSÉG, ÖSSZEHASONLÍTÁS.....	31
13. ÁBRA: PH, SAJÁT MÉRÉS	32
14. ÁBRA: PH, ÖSSZEHASONLÍTÁS.....	33
15. ÁBRA: ÖSSZKEMÉNYSÉG, SAJÁT MÉRÉS.....	33
16. ÁBRA: ÖSSZKEMÉNYSÉG, ÖSSZEHASONLÍTÁS	34
17. ÁBRA: NITRIT, SAJÁT MÉRÉS	35
18. ÁBRA: NITRIT, ÖSSZEHASONLÍTÁS.....	35
19. ÁBRA: NITRÁT, SAJÁT MÉRÉS	36
20. ÁBRA: NITRÁT, ÖSSZEHASONLÍTÁS	36
21. ÁBRA: AMMÓNIUM, SAJÁT MÉRÉS.....	37
22. ÁBRA: AMMÓNIUM, ÖSSZEHASONLÍTÁS	37
23. ÁBRA: FOSZFÁT, SAJÁT MÉRÉS.....	38
24. ÁBRA: FOSZFÁT, ÖSSZEHASONLÍTÁS	39
25. ÁBRA: KOI_{PS} ÖSSZEHASONLÍTÁS.....	39
26. ÁBRA: KOI_K SAJÁT MÉRÉS.....	40