

*Salamon Endre – Orgoványi Péter – Vadkerti Edit –
Mátrai Ildikó – Bíró Tibor*

Csapadékvízgyűjtési és -felhasználási tervek a VTK félüzemi víztechnológiai telepén

Bevezetés

A lakott területre hulló csapadékvíz hasznosításával kapcsolatos szakirodalmat tanulmányozva szembevetünk, hogy a műszaki-tudományos kutatások terén azon országok járnak elől, ahol a nagyvárosokra hulló és a burkolt felületekről szabad összegyülekezés után lefolyó csapadék jelentős elöntéseket okoz. Az elöntés jelentette kihívásra adott válaszok igen változatosak, az egyszerű lefolyáscsökkentő módszerektől kezdve egészen a porózus beton alkalmazásáig [1]. A csapadékvíz gyűjtésének gondolata nem új keletű, a víztároló ciszternák építésének gyakorlata visszavezethető egészen az újkőkorszakig, amikor lakóházakhoz már vízzáró mészhabarcossal ciszternák készültek a Közel-Keleten [2]. Magyarországon, az előnyös vízgazdálkodási helyzetből adódóan, régóta nem szorulnak rá sem a közintézmények, sem az önálló háztartások arra, hogy csapadékvizet gyűjtsenek egyes szükségleteik fedezésére. Azonban, mert nem lehetünk biztosak abban, hogy nem szorulunk-e rá a csapadékvíz hasznosítására a jövőben, és mert egy 21. századi vízgazdálkodási felsőoktatási intézmény nem létezhet példamutató csapadékvíz-gazdálkodási elképzelések nélkül, megvizsgáltuk, milyen teljesítményre lenne képes a Víz tudományi Kar meglévő és eltervezett infrastruktúrája, ha csapadékvizet kellene gyűjteni és felhasználni.

A műszaki képzést folytató oktatási intézmények csapadékvíz-felhasználása nem a legtöbb kutatott téma, de nem is példa nélküliek az ilyen irányú vizsgálatok. A Fairfield Egyetem hallgatói például 48 538 négyzetláb (0,45 ha) tetőfelületről évi 1 205 713 gallon (4500 m³) víz gyűjtésére terveztek hasznosító rendszert, amelyet meg is valósítottak, és üzembe is helyeztek [3]. Az Idahói Állami Egyetem parkolójában porózus beton szilárdságát és olajvisszatartó képességét vizsgálták a lehulló csapadékvíz beszívárogatása mellett [1].

Tajvanban hét egyetem közös projektjének keretén belül folytak kutatások a csapadékvíz-gyűjtés hatékonyságának matematikai modellezésére, térinformatikai eszközök segítségével. A számítás négy fő bemeneti változójának a lehullott csapadék mennyiségét, a rendelkezésre álló tárolótérfogatot, a tetőfelületeket és a vízigényt tekintették [4]. Bár a felállított gazdasági modell általánosságban megfelel, véleményünk szerint kisebb ingatlanok esetében, az igényes, hidraulikai vonatkozásokat is figyelembe vevő mérnöki tervezéshez a kisvízgyűjtők karakterisztikáiból építkező precízebb modelleket kellene fejleszteni.

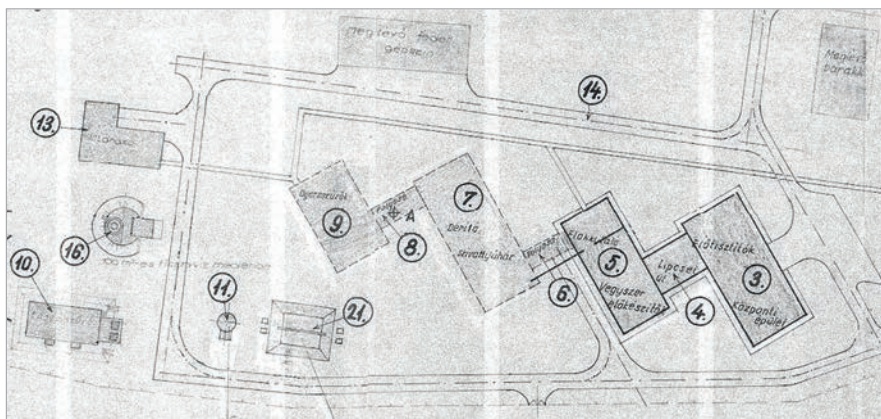
Az indiai Maharashtra államban, Aurangabad város állami mérnöki főiskoláján csapadékvíz-beszívárogató és -tároló rendszert terveztek hallgatókkal, amelyet vízhiánnyal küzdő területeken is telepíteni javasoltak [5]. Visnagarban szintén egyetemi kampuszhoz terveztek csapadékvízgyűjtést hallgatók, 3,1 ha felületről, évi 26 500 m³ csapadékvízhez [6]. Az egyszerűbb hallgatói publikációk mellett komolyabb szakdolgozatok is készültek a témában, Ciprus szigetén [7] és az USA Texas államában [8], illetve a témával bajai hallgatók is foglalkoztak [9].

Jelenlegi állapot

Az 1963-ban eltervezett és az 1980-as évek elején elkészült Félüzemi Vízügyi Technológiai Telep (mai nevén Vízügyi Technológiai Oktatóbázis) magán viseli a tervezés, a kivitelezés és a későbbi fejlesztések időszakaiban folyamatosan változó, napjainkra már részben idejétmúlt célok hatásait. A 1960-as évek fejlesztési tervei szerint a maig meglevő 1000 m³/d hidraulikai kapacitással rendelkező, felszíni víztisztítási technológia üzemi méretű, gyakorlati oktatási helyszín lett volna, amely a kor legtöbb elérhető tisztítási technológiáját (derítés, lassú és gyors szűrés, szítaszűrés stb.) tartalmazza, és ahol a későbbi víziközmű-üzemeltetők gyakorlati képzése megoldható. Az 1970-es években, a kiviteli tervek készítése idején világossá vált, hogy nincsenek erőforrások ilyen méretű infrastruktúra elkészítésére és folyamatos üzemeltetésére, ezért az eredeti technológiai sor több nagyműtárgy kihagyásával (a későbbiek tükrében nagyon helyesen) a felére csökkent. Az 1. ábrán látható 11. jelű csapadékvíz-átemelő, a 14. jelű üzemi út a hozzá tartozó csapadécsatornával és a 21. jelű technológiai vízkezelő műtárgy már a kivitelezés legkorábbi szakaszában elkészült. A lassú szűrő (10), valamint a gyorszűrő ház (9), derítő szivattyúház (7) és az ezeket összekötő folyosók (6, 8) nem valósultak meg. A jelenlegi Vízügyi Technológia Oktatóbázis épületét a terven szereplő központi épület (3) és a vegyszer-előkészítő épület (5) alkotja, a lipcsei ülepítő helyett elkészült blokkosított műtárgyat befogadó nyaktaggal (4) együtt. A klórozó épülete (13) később a Biotechnológia Laboratóriumnak adott otthont. A 100 m³-es tisztavíz-medence (16) jelenleg az egyetlen komolyabb víztárolásra alkalmas műtárgy.

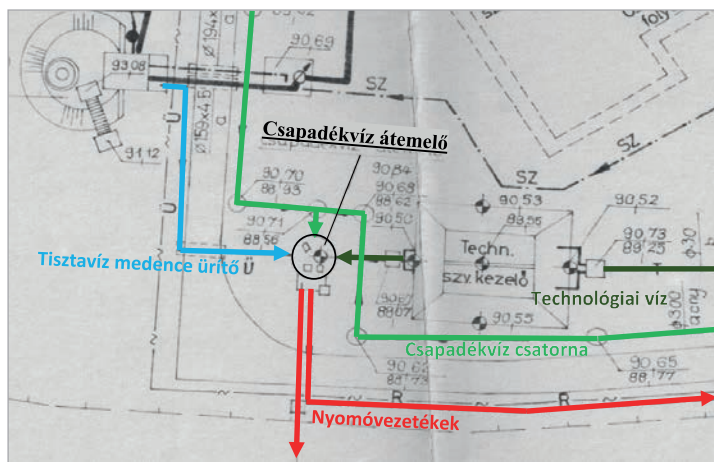
Azonban a méretcsökkentés nem járt együtt a kiépítendő létesítmény funkcióinak teljes újragondolásával. Ez azt eredményezte, hogy a felszíni vízkezelés alkotta az elkészült technológia súlypontját, összhangban a régebbi szocialista nagyipar vízhasználati prognózisaival. Ezzel szemben a valóság úgy alakult, hogy a derítés helyett a hazai ivóvíztisztításban a felszín alatti vizek kezelésének technológiái dominálnak, és igényelnek beható kutatásokat napjainkban is (például arzén- és ammóniummentesítés). Mindennek ellenére helyi szintű erőfeszítéssel a kor hazai színvonalának megfelelő, működő technológiát alakítottak ki. De már az 1980-as években, a technológia üzembe helyezésekor világossá vált, hogy a szakmában a tisztítási technológia kezelésének oktatása önmagában nem elegendő, azt az adott kor igényeinek megfelelő vízanalitikai, gépészeti és irányítástechnikai labornak is ki kell egészítenie.

A későbbiekben, különösen a környezetmérnöki képzés megjelenésével, a laboratórium egyre nagyobb helyet kapott a meglévő épületben, és az eszközpark fejlődött. A valóságban ez azonban azt jelentette, hogy az analitika és az ivóvízminőség-vizsgálat eszközeit egy olyan épületben kellett elhelyezni, amelyet eredetileg nem erre terveztek. Ennek következtében a homokfogó és a mechanikai tisztítás kikerült a technológiából. Az előtisztító épületben (1. ábra, 3) elhelyezett homokfogó a laboratórium kialakításakor megszűnt. A 2011-ben felújított technológiában a bekerülő homok ezért most is problémákat okoz. A szítaszűrést elavult volta miatt szintén megszüntették. Bár az elektronika fejlődése lehetővé tette, hogy az addig egy fél emeletet elfoglaló irányítástechnika egyetlen személyi számítógépről megoldható legyen, a 2011-es felújítás után a kedvezőtlen helyzet lényegében ma, 2019-ben is fennáll, a laboratóriumi és a technológiai részek nincsenek megfelelően elválasztva.



1. ábra: Az egyik eredetileg tervezett helyszínrajzi elrendezés [10]. 1. központi épület, 4. derítőépület, 5. vegyszeradagoló épület, 6, 8. folyosók, 7. derítő szivattyúház, 9. gyorszűrő ház, 10. lassú szűrő, 11. csapadékvíz-átemelő, 13. klórozó, 14. üzemi utak, 16. 100 m³-es tisztavíz-medence, 21. technológiai vízkezelő műtárgy (a szerzők)

A csapadékvíz gyűjtésének utolsó állomását, a csapadékvíz-átemelőbe befolyó vizek eredetét a 2. ábra foglalja össze.



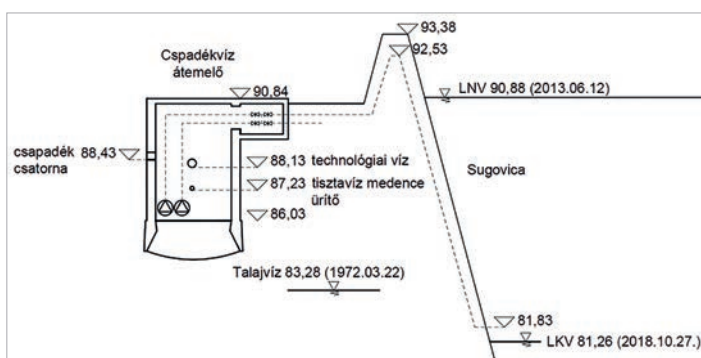
2. ábra: Meglévő csapadékvíz-átemelő az eredeti helyszínrajzon [10] és a rákötött létesítmények (a szerzők)

A meglévő csapadékvíz-infrastruktúra központi eleme az átemelőakna, amelybe három különböző létesítmény vize ömlik. Az egyik a 100 m³-es tisztavíz-medence túlfolyó- és ürítővezetéke (a 2. ábrán kék színnel jelölve), amely a fűlüzemi technológiát elhagyó tisztított vizet fogadja be. A másik a technológiai vízkezelő (barna), amely eredetileg a szűrésből és ülepitésből származó zagyokat hivatott szűrni és ülepitni. A harmadik a betonozott üzemi úthoz tartozó csapadékvíz-elvezető hálózat (zöld), amely a kollégium és a Víztechnológiai Oktatóbázis tetejéről lefolyó vizeket is befogadja.

A csapadékvíz-átemelő nyomóvezetéke az árvízvédelmi töltésen keresztül a Sugovicába vezet, azonban egy leágazása visszacsatlakozik arra a nyersvízvezetékre, amelyen a vízkivételi mű nyomja be a Sugovica vizét a Víztechnológiai Oktatóbázis épületébe (2. ábrán pirossal jelölve).

Jelenlegi problémák

A csapadékvíz-átemelő (amelynek elhelyezkedését a 3. ábra szemlélteti) több okból sem képes ellátni funkcióját. A technológiai vízkezelő műtárgyat a növényzet benőtte, eredeti szivárgó ágyazatának és dréncsőveinek állapota ismeretlen, így a technológiai vizek átemelőbe juttatása nem rendezett, visszaforgatásuk nem megoldható. Bár a technológiai vízkezelő műtárgy rendelkezik a drénezett szűrőrétegen kívül túlfolyóval is a csapadékvíz-átemelő felé, a működésképtelen átemelőszivattyúk miatt az elöntés bármikor bekövetkezhet.



3. ábra: Csapadékvíz-átemelő jellemző szintjei (a magasságok a balti alapszintre vonatkoznak) (a szerzők)

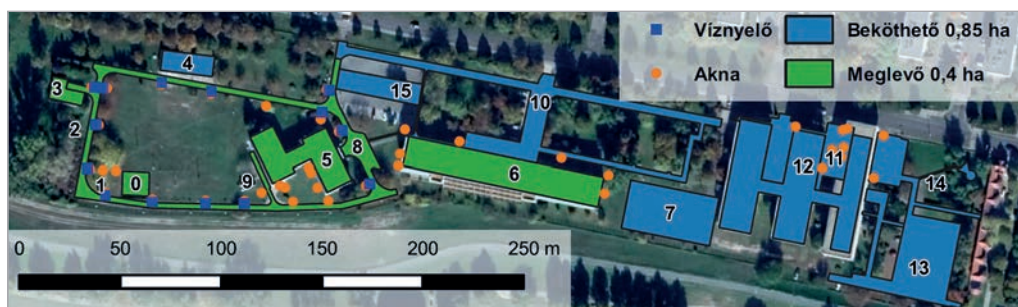
A technológiára történő visszaforgatás másik akadálya a nyersvízvezetékre becsatlakozó ágon levő, zárt állapotban beragadt tolózár. A sorozatos elöntések, a nem megfelelő kialakítás és páralecsapódási viszonyok miatt az átemelő szerelvényeknél alja állandóan vízborítás alatt van, a szerelvények és a kábeltartók fokozottan korrodálódnak. A folyamatirányító rendszer hibája miatt a szintkapcsolókkal vezérelt automatikus üzemmód sem lehetséges. Kézi indítással a szivattyúk elindulnak ugyan, de vizet nem szállítanak. Ennek oka lehet valamilyen dugulás a szivattyúknál az átemelő alján, aminek felderítéséhez az aknákat ki kellene szivattyúzni, kitisztítani, a szivattyúkat daruval kiemelni és ellenőrizni. A másik lehetőség a Sugovica felé vezető nyomócső dugulása vagy egyéb hibája. Ugyan az átemelő a terepszint fölé az elmúlt 11 évben nem öntött ki, mert a csapadékvíz elszivárog belőle a talajba, azonban a műtárgy vízzáróságát és a Sugovica magas vízállása mellett a talajvíz-hozzáfolyást ellenőrizni kellene.

A csapadékvíz felhasználását lehetővé tevő szűrkevíz-rendszert a régi oktatási épületben és a Víztechnológiai Oktatóbázis épületében már 2011-ben kialakították. Ezek talajvízkutakból történő megtáplálása azonban a gyakorlatban nem bizonyult fenntarthatónak. A kútvíz folyamatos felhasználása kiváló lehetőségeket rejtett magában tudományos szempontból és a gyakorlati oktatásban is. Azonban a magas vas- és mangántartalom olyan rendszeres karbantartást vagy automatizálást kívánt volna meg, ami nem tartható fenn. Ezzel szemben a csapadékvíz, illetve a Sugovica vize minimális, élőmunkát alig igénylő kezelés után sokkal alkalmasabb lehet erre

a célra. Az új épületekben a szürkevíz-rendszer kiépítése olyan szerelési munkákkal járna, amelyekbe jelenleg nem érdemes belevágni, csak akkor, amikor majd az épület karbantartása már élettartamából adódóan esedékes lesz.

A csapadékvíz-hasznosítás tervezéséhez szükséges adatok

A Víz tudományi Kar területén történő csapadékvíz-felhasználás tervezésének legfontosabb kiindulási adata a csapadék várható mennyisége. Ehhez számba vettük azokat a burkolt felületeket, ahonnan a csapadékvíz összegyűjthető (4. ábra), és a helyszínrajzról leolvastuk ezek nagyságát.



4. ábra: Csapadékvíz gyűjtésére felhasználható jelenlegi (zöld) és bevonható (kék) burkolt felületek (a szerzők)

Összesen körülbelül 1,25 ha felülettel lehet számolni, ebből 0,4 ha jelenleg is a működésképtelen csapadékvíz-átemelőbe vezeti le a vizet. A 4. ábrán számokkal jelölt felületek nagyságát és megnevezését az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A kar területén található burkolt felületek nagysága (a szerzők)

Jel	Megnevezés	Terület (m ²)
0	Technológiai vízkezelő	157
1	Átemelő	–
2	Tisztavíz-medence	17
3	Klórozó épület	146
4	Raktár	262
5	Víztechnológiai Oktatóbázis épülete	792
6	Kollégium	1 481
7	Kollégium sportpálya	1 087
8	Üzemi út	1 572
9	Vegyszerkonténer	30
10	Kollégiumi utak	1 833
11	Új épületek járdái	778
12	Oktatási épületek	2 459
13	Oktatási épület utak	2 129
14	Sellőszobor	31
15	Kollégium parkoló	434

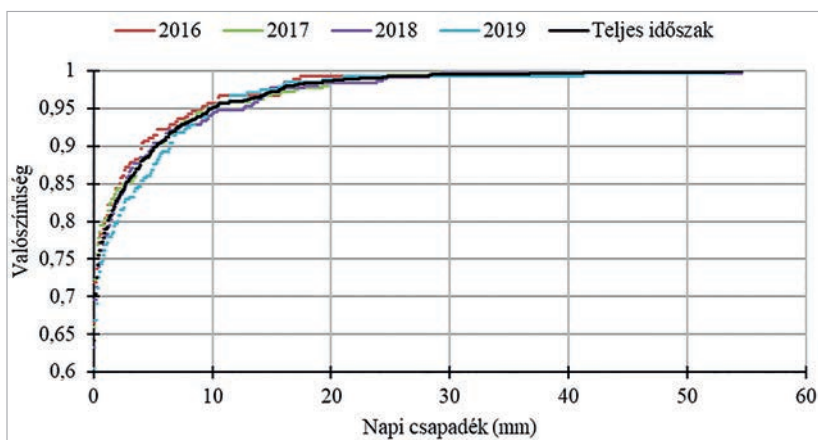
A tanulmányban csak azokkal a burkolt felületekkel foglalkozunk, amelyek megközelítően teljesen vízzárónak tekinthetők. Természetesen a zöldterületekről lefolyó mennyiség számítása is megoldható lenne, megfelelő beszívargási és lefolyási vizsgálatok elvégzése után. Ennek ellenére abból indultunk ki, hogy e vizek mennyisége elenyésző volna, minősége és tisztítási igénye pedig felesleges többletráfordítást igényelne. Ezért célszerűbb a vízzáró felületek megfelelő kialakítására és karbantartására összpontosítani.

A lehullott csapadék mennyiségét, annak időbeli eloszlását a tervezési céloktól függően többféle módszerrel szükséges vizsgálni. A Víz tudományi Kar 2016-ban üzembe helyezett meteorológiai állomásának adatait vizsgálva megállapítható, hogy az elmúlt három és fél évben a csapadék mennyisége az országos átlagnak megfelelően alakult.

A csapadék éves mért mennyiségei:

- 2016-ban (március 26-tól): 396 mm;
- 2017-ben: 592 mm;
- 2018-ban: 637 mm;
- 2019-ben (október 8-ig): 517 mm.

A csapadék éves mennyisége alapján a tervezés során megbecsülhető az az összegyűjthető keret, amiből egy évben várhatóan gazdálkodni lehet. A gazdaságosság vizsgálatakor ennek a mennyiségnek a szivattyúzási költségeit mint állandó éves költséget kell összevetni a hálózatról vagy a Sugovicából és talajvízkutakból történő vízemelés költségeivel. Az átlagos évi 500 mm-el számolva évente 2000 m³ (1,25 ha-ról 6125 m³) vizet lehetne a vízzáró felületekről összegyűjteni.

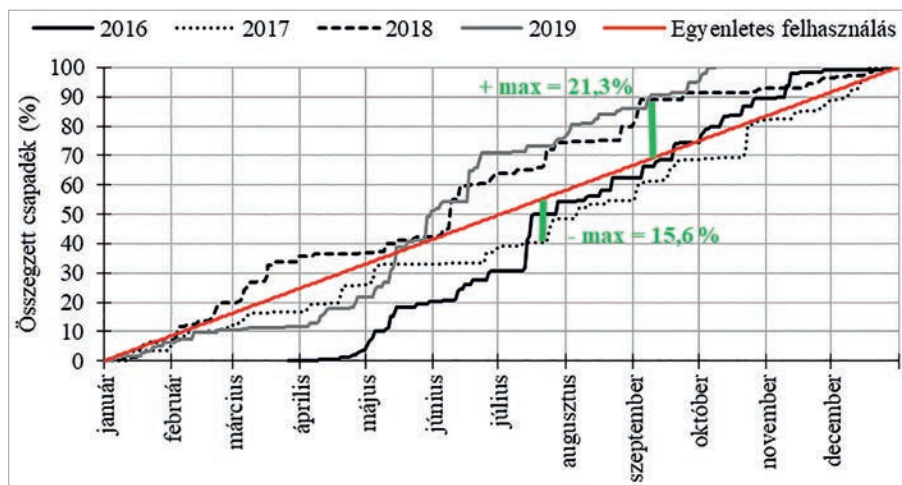


5. ábra: Mért napi csapadékatatok eloszlásfüggvénye a kar meteorológiai állomásán 2016. június 26. – 2019. október 8. között (a szerzők)

A csapadék hullás napi mennyiségeinek idősora, szezonális ingadozása az egy éven belüli kiegyenlítés meghatározásához szükséges. A napi fogyasztás éves idősorával együtt ez egyértelműen meghatározza azt a szükséges tárolókapacitást, amellyel a teljes összegyűjtött csapadékmennyiséget fel lehet használni az adott évben. A tervezési cél az, hogy a csapadékvizet az év minden napján fel lehessen használni, ezért a tárolótérfogatot szükséges éves kiegyenlítésre méretezni. Várhatóan a tárolókapacitás kialakítása jelenti a beruházási költségek legnagyobb részét, ezért érdemes bővíthető tárolókapacitásban és fokozatos kiépítésben gondolkodni. A 2016. június

26. és 2019. október 8. közt mért napi adatok alapján a naponta leesett csapadék magasságának eloszlásfüggvénye az 5. ábrán látható:

A több mint hároméves mérési adatsor alapján a napi csapadék mennyisége 95%-os valószínűséggel 10 mm alatt marad. Az egyes években mért adatokból előállított görbék alakjai között nincsen jelentős eltérés. Egy adott csapadékmagasság mindhárom évben közelítőleg ugyanannyi napon fordul elő a vizsgált időszakban. Az egyes években a napi csapadékmennyiség idősoros százalékos összegzőgörbéit a 6. ábra szemlélteti.

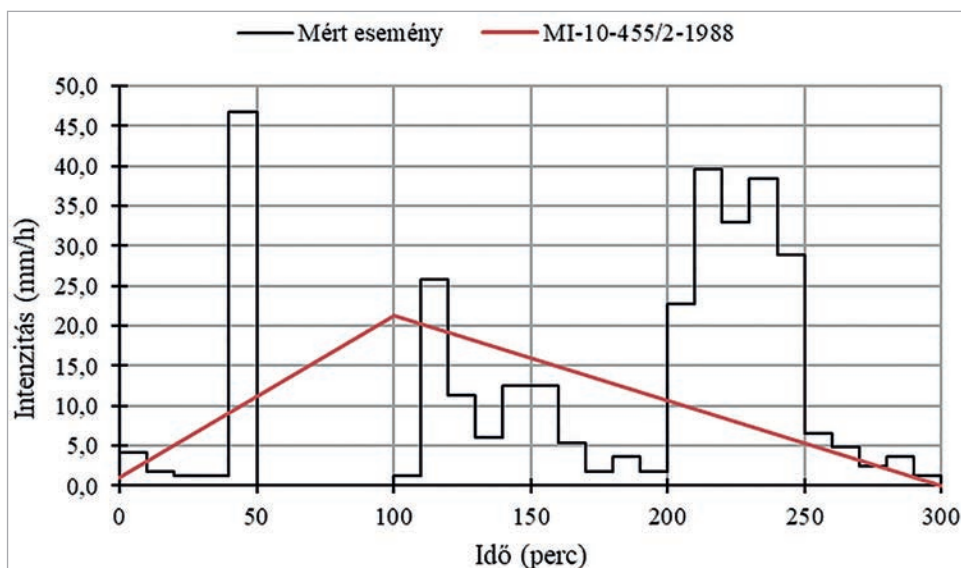


6. ábra: Éves csapadék-összegzőgörbék és a kiegyenlítéshez szükséges térfogat meghatározása (a szerzők)

Amennyiben a 2017 és 2018-as évek napi csapadékadatait vizsgáljuk, ahol a teljes éves adatsor rendelkezésre áll, úgy látható, hogy az éves csapadékmennyiség fele június közepe és augusztus közepe között már lehullik. Ugyanakkor a görbék függőleges ugrásai mutatják, hogy az éves csapadékmennyiség jelentős része havi 1-2 elkülönült, jelentősebb esemény során hullt le.

Ha a csapadékvíz-felhasználást az egész év során egyenletesnek feltételezzük, akkor a csapadékvízgyűjtés és -felhasználás különbségeinek kiegyenlítéséhez az éves mennyiség $21,3 + 15,6 = 36,9\%$ -ának megfelelő tárolókapacitás lenne szükséges. Ez az évi 500 mm csapadék és a felületek nagysága alapján 738 m^3 tárolókapacitást jelentene, ha a meglévő 0,4 ha-ról gyűjtjük a vizet (1,25 ha esetén 2260 m^3).

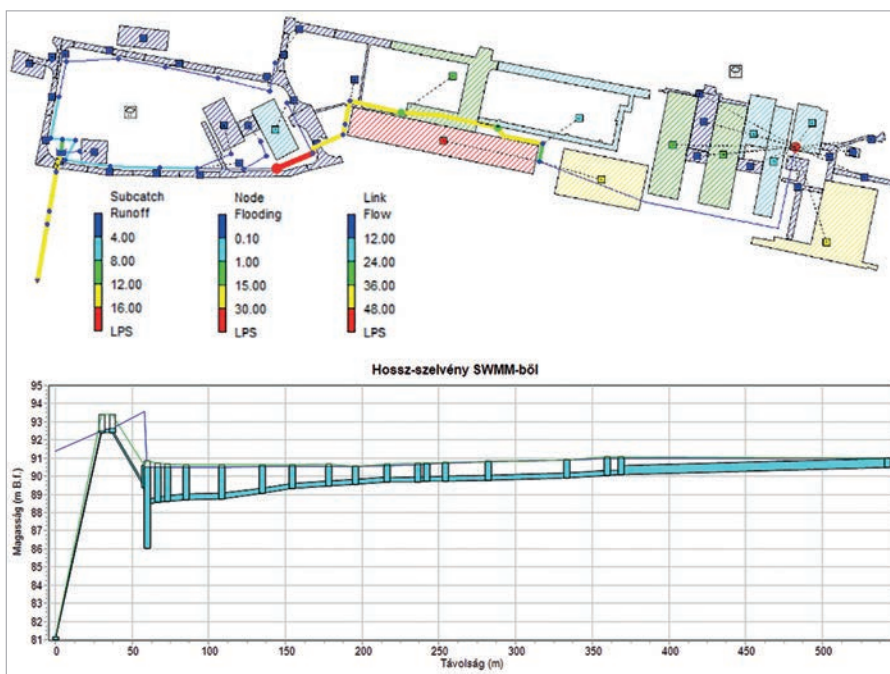
Ahhoz, hogy a csapadékvíz-elvezető (vagy inkább -gyűjtő) rendszer és az átemelő elöntését számítsuk, szükséges az egyes csapadékesemények intenzitás-idősorának vizsgálata is. Bár léteznek szabványos, szakirodalomban megtalálható csapadékesemények, ezek gyakorlati alkalmazhatósága megkérdőjelezhető, és érdemes a ténylegesen észlelt csapadékadatokkal dolgozni. A Víz tudományi Kar meteorológiai állomásán regisztrált, legtöbb csapadékot eredményező esemény 2019. június 17-én volt. Az ötórás (50 perc megszakítással együtt) csapadékhullás mért adatait a 7. ábra mutatja.



7. ábra: Az állomáson regisztrált csapadékhullási esemény és egyenértékű helyettesítő háromszög időszora (a szerzők)

A csapadék mért mennyisége 53,1 mm volt. Az ábrán pirossal feltüntettük azt a háromszög alakú csapadékeloszlási görbét, amely azonos mennyiséget eredményezne. Az MI-10-455/2:1988 [11] irányelv szerinti összefüggés alapján a $t_c = 5$ h idejű és 53,1 mm magasságú csapadékhoz $a_p = 122,9 \text{ mm/h} = 341 \text{ L/(s·ha)}$ tízperces intenzitás és 7,25 év visszatérési idő tartozik. A tízperces intenzitás és a szabvány szerinti $i_p = a_p \cdot \left(\frac{t_c}{t_a}\right)^{-m}$ képletbe szereplő m kitevő nem határozható meg egymástól függetlenül, azonban az a_p és a visszatérési idő közti exponenciális összefüggést kihasználva és m értékét 0,72-nek felvéve a visszatérési idő meghatározható. Az eredményül kapott 7,25 év rámutat arra, hogy a műszaki irányelv által közölt értékek nem feltétlenül érvényesek, hiszen hasonló, 50 mm közeli és azt meghaladó csapadékot a meteorológiai állomás 2017-ben és 2018-ban is regisztrált.

A meglévő átemelőkapacitás és a csatornaelőntés vizsgálatához létrehoztunk egy hidraulikai modellt az EPA SWMM programban, amely tartalmazza a meglévő és a még a rendszerhez kapcsolható felületeket is. A modell segítségével meghatározható az a csapadékintenzitás, időtartam és visszatérési idő, amely a rendszeren előntést okozna. A 8. ábra színskálája hozzávetőlegesen megmutatja, hogy a csapadékmérő állomáson mért fenti csapadékesemény mekkora lefolyást okoz a vizsgált rendszerben.



8. ábra: SWMM-eredmények, az egyes felületekről lefolyó csúcsvízhozam (Subcatch. Runoff), aknák tetején kiöntő vízhozam (Flooding), a csatornában folyó vízhozamok (Link Flow) (felül) és az elöntött rendszer hossz-szelvénye (alul) (a szerzők)

A hidraulikai számítás több fontos tanulsággal is szolgált. Eszerint a vizsgált csapadékhullás már a jelenlegi kapacitással működő átemelő esetében is éppen elöntéshez közeli állapotot okozna a meglévő rendszeren. Hogy a működésképtelen átemelő ellenére mégsem történt eddig elöntés, annak az oka, hogy a valóságban a vizsgált felületek nagy része messze nem biztosít egyhez közeli lefolyási tényezőt. Az utakról a csapadék nagy része nem jut be a víznyelőkbe a felszín mélyedéseiben történő visszatartás és a beszivárgást lehetővé tevő zöldfelületekre történő lefolyás miatt. Másrészt a számítások során az átemelő és a csatorna hidraulikai terhelésének szempontjából konzervatív becsléssel, rövid összegyülekezési idővel számoltunk. A valósághoz jobban igazodó eredményekhez pontos vízgyűjtő-karakterisztikákat kellene kimérni az épületek tetőfelületeire és az utakra. Sajnos az SWMM a vízgyűjtőkről történő lefolyást csak a karakterisztikus szélesség segítségével számítja, bár mért adatokból vett vízgyűjtő-karakterisztikák megadását is lehetővé teszi [12], mérési adatunk viszont a tetőkről történő lefolyásra nincs. Így a kisvízgyűjtős rendszerek számításának finomabb módszereit még vizsgálni kell.

Az oktatási épület keleti oldaláról elindulva, a 8. ábrán látható nyomvonalon lehetséges a könyvtár-nagyelődő-oktatási épületről, az utca felőli, illetve a keleti részen levő burkolatokról lefolyó vizet a meglévő rendszerbe, a kollégium mellett található kezdő aknába gravitációsan bejuttatni. A rendelkezésre álló szintkülönbség a folyásfeneket 0,5 m-rel a terepszint alatt indítva 0,5 m, ami 2,5%-os esést biztosít a mintegy 175 m hosszú nyomvonalon (alternatív útvonalként az utca felőli oldalon is lehet próbálkozni a vonalvezetés tervezésével). A meglévő rendszer csövei (DN200 KG és 30 AC) azonban elégtelennek bizonyulhatnak, ha a többletmennyiséget is rá akarjuk vezetni.

A csapadékvíz felhasználhatósága

A csapadékvíz legkézenfekvőbb felhasználása az épületek mellékhelyiségeiben a WC-k öblítése. A zöldfelületek locsolása jelenleg nem számít megoldandó problémának, hiszen egy vízgazdálkodással foglalkozó felsőoktatási intézmény eleve olyan kertészeti megoldást kell hogy válasszon, amelyben a helyi klímának megfelelő, többletvízigénnyel nem rendelkező növények találhatók. A kar területén az öntözéshez a csapadékvíz gyűjtésének és tárolásának például akkor lehet jelentősége, ha a mezőgazdasági vízhasznosítás tárgyhoz tartozó kutatásokat végzünk.

A csapadékvíz oktatási létesítményeinkben történő felhasználásának és a rá építhető kutatási témáknak csak a fantázia és az anyagi lehetőségek szabnak határt. A csapadékvíz felhasználása elsősorban ott a legkézenfekvőbb, ahol viszonylag nagyobb mennyiségű, nem ivóvíz minőségű vízre van szükség. Ilyen létesítmények lehetnek tipikusan a hidraulikai kutatásokhoz használt nagyobb berendezések, vagy a hallgatói ivó- és szennyvíztisztítási gyakorlatok. A csapadékvíz legfőbb előnye ebből a szempontból az, hogy amíg a felszíni és felszín alatti víz kitermelését a vízjogi engedélyünk korlátozza, addig a Kar területére lehullt csapadékvízre ilyen jellegű mennyiségi korlátozás nem vonatkozik mindaddig, amíg a végső elhelyezés biztosított.

Az oktatási épületek mellékhelyiségeiben felhasználható csapadékvíz mennyisége csak becsülhető, mivel külön mérési adat a mellékhelyiségek vízfogyasztására nem áll rendelkezésre. Az MI-10-158-I:1992 [13] szerint WC-öblítésre 30 L/(d·fő) értéket javasol. A felhasznált víz szükséges mennyisége közelíthető a WC-k és a piszoárok darabszáma, illetve az épületben megforduló személyek száma és a mellékhelyiségek használatának száma alapján. Ez utóbbi adat nem ismert. A jellemző létszámadatok alapján, minden épületben fejenként napi három WC-használattal számolva a WC-öblítésre elhasznált vízmennyiség 5-25 m³/d értékre vehető fel. Éves szinten tehát 2000-10 000 m³ közötti vízfogyasztással lehetne számolni. Az évente összegyűjthető csapadékvíz (2000 m³ vagy 6125 m³) tehát ezt az igényt nem biztos, hogy teljes egészében képes lenne fedezni.

Sajnos a hosszú távú kutatási tervek hiánya miatt nem tervezhető előre, hogy a különböző kísérletek mekkora és milyen időbeli megoszlású vízigénnyel fognak jelentkezni. Ebben a tanulmányban optimistán feltételezzük, hogy a csapadékvíz ezekben is nagyobb, legalább évi 100 m³-es szinten fel lehet majd használni. Figyelembe véve, hogy célszerű a vízjogi engedélyben megadott felszíni vízkivételi lehetőséget is kihasználni, az új szűrkevíz-rendszert mindenképpen alkalmassá kell tenni arra, hogy csapadékvíz és Sugovica-víz is el tudjon jutni a felhasználás helyére.

Rövid és hosszú távú tervek a csapadékvíz hasznosítására

A helyi adottságokat és a korábban elmondottakat figyelembe véve a csapadékvíz-hasznosítás fokozatos fejlesztése javasolható, az itt bemutatott lépések ütemezett bevezetésével. Végső távlati célként olyan csapadékvíz-hasznosítási infrastruktúra megvalósítását tűztük ki, amely:

1. a Víztudományi Kar területére lehulló csapadék minél nagyobb hányadát képes hasznosítás céljából tárolni és továbbadni, akár az ingatlan területén kívülre is;
2. a csapadékvíz-hasznosító rendszer folyamatos üzemben tartása és üzemeltetése a mindennapi gyakorlati oktatásba beépíthető, annak költségeit csökkenti.

I. ütem: a meglévő infrastruktúra helyreállítása

A meglévő berendezések helyreállítása viszonylag kis ráfordítást igényel, és már rövid távon számos előnyt kínál, egyúttal csökkenti a jövőbeni elöntések kockázatát. Ez lényegében a 9. ábrán feltüntetett csövek állapotának felmérését, cseréjét és az átemelő műtárgy javítását jelenti. A munkák leghelyesebb sorrendje az alábbi:

1. Az átemelő szerelvényaknájában a perem kivétele, hogy a víz ne álljon meg benne. Új, rovarhálóval ellátott, szellőzős fedlap elhelyezése.
2. Az átemelőtől a főlüzemi épületig menő nyomóvezeték beragadt tolózárvánájának cseréje.
3. Az átemelőtől a főlüzemi épületig, valamint az átemelőtől a Sugovicába torkolló nyomóvezetékek ellenőrzése, szükség esetén cseréje.
4. Az átemelőszivattyúk esedékes karbantartásának elvégzése, szükség szerint javítása, szintkapcsolós vezérlés helyreállítása a folyamatirányító rendszerben.
5. A technológiai vízkezelő műtárgy karbantartása (bozót- és gyomirtás). Kavicsréteg és drén-csövek ellenőrzése, szükség szerint cseréje. Válaszfal vízzáróságának javítása vagy újraépítése.
6. A technológiai vízkezelő műtárgy szakaszoló aknáinak javítása.
7. Az átemelőakna vízzáróságának ellenőrzése, utak melletti víznyelők és csapadécsatorna tisztítása.



9. ábra: Első ütemben elvégzendő legfontosabb javítások, az átemelőakna (balra), a technológiai vízkezelő műtárgy (középen) és víznyelők (jobbra) rendbetétele (a szerzők felvétele)

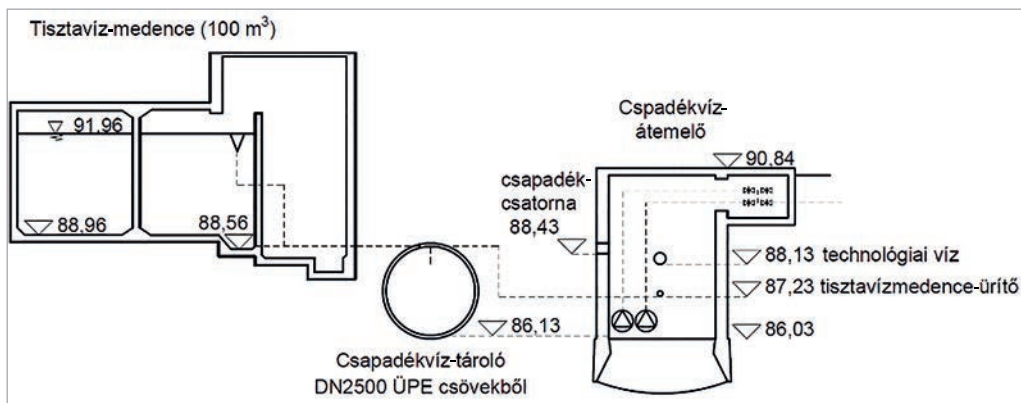
Amennyiben az I. ütem megvalósul, a meglévő recirkulációs vezeték segítségével a csapadékvíz bevezethető a főlüzemi épületbe, ahol rendelkezésre áll nyomásfokozó és hozzá csatlakozó szűrkevíz-rendszer. Az épületen belül a csapadékvizet a blokkosított műtárgyban vagy IBC-tartályban lehet tárolni mindaddig, amíg a kar egészét ellátó központi nyomásfokozó és gerincvezeték megépül.

II. ütem: tárolókapacitás első növelése, útfelületek rendezése

A második ütem lényegében a meglévő csapadékvíz-elvezető hálózat teljes kihasználását célozza. Ehhez első lépésben megtörténik a tárolókapacitás bővítése, majd a főlüzemi épület körüli, víznyelővel ellátott utak és mellettük levő épületek vízrendezése.

1. A csapadékvíz-tároló kapacitás kialakításához terepszint alatti tárolótér javasolható, amely a meglévő csapadékvíz-átemelőből egy túlfolyón keresztül gravitációsan töltődik, illetve egy

ürítővezetéken az átemelőbe üríthető. Mind a töltő-, mind az ürítővezeték lezárható. A tárolóteret úgy kell kialakítani, hogy bővíthető legyen, illetve a tisztavíz-medence zárkamrájához, esetleg magához a medencéhez is a zárható fenékűritőn keresztül csatlakozzon. A jövőben a tisztavíz-medence zárkamrájában lehet elhelyezni komolyabb nyomásfokozó berendezéseket a kar többi részének ellátásához. A lehetséges magassági elrendezést vázlatosan az 10. ábra mutatja.



10. ábra: Nagy átmérőjű csövekből kialakítható csapadékvíz-tároló elhelyezhetősége (a szerzők)

Magassági értelemben az átemelőakna fenékszintje fölött a csapadékcatorna beömléséig van 2,4 m kihasználható magasságkülönbség. 10 cm légpárnát hagyva a kialakítandó csapadékvíz-tárolóban, a tároló kialakítható 2500 mm névleges átmérőjű ÜPE nyomócsövekből. 1 m cső kb. 4,9 m³ tárolókapacitást jelent, így fokozatos bővítéssel, akár 2000 m³ tárolókapacitás is kialakítható. A jelenleg használaton kívüli, bokros-fás területen elegendő hely áll rendelkezésre.

2. A víznyelőkkel ellátott telepi utak mentén folyóka/árok kialakítása szükséges, amely a víznyelőkbe ürül. Egyúttal olyan útpadkát kell kialakítani, amely 1-5 cm-el a zöldterület szintje fölé emelkedik, így sem az úttestre hulló csapadék nem veszik el a zöldterületen beszivárogva, sem a zöldterületről lefolyó szennyezettebb vizek nem jutnak be a csapadékcatornába.

III. ütem: nyomásfokozó kiépítése a tisztavíz-medencénél

A tisztavíz-medence zárkamrájának rendbetétele a csapadékvíz-hasznosítástól függetlenül is egyre sürgetőbb feladat, hiszen a főlüzemi épületben levő szűrők öblítése már most is megoldatlan. A csapadékvíz-szivattyúk és a technológiai szivattyúk megfelelő elhelyezésével és vízkormányzásával nemcsak ez a probléma oldódna meg, hanem bármilyen, nagyobb vízmennyiséget és nyomást igénylő kutatáshoz rendelkezésre állna a megfelelő vízhozam és nyomás.

1. Az első lépésben megtörténik a zárkamra felújítása, a nyomásfokozó szivattyúk elhelyezése. A későbbi bővítéshez nagyobb méretű hidrofortartályt is ki kell alakítani.
2. Nyomóvezeték kiépítése a kar épületéig. Ebben az ütemben a gerincevezetékre csak a főlüzemi vízmű használati szűrkevízrendszere csatlakozna. Így az addigi épületen belüli szűrkevíztárolást és nyomásfokozást meg lehet szüntetni, és több hely maradna.

IV. ütem: oktatási épület szürkevízrendszerének ellátása, csapadékvízgyűjtő és -tároló rendszer bővítése

Miután két-három éven át tapasztalatokat szereztünk, és teszteltük a nyomásfokozó rendszert, több lépésben megkezdődhetnek az előkészületek a kar többi épületének szürkevízzel történő folyamatos ellátására.

1. Először a meglévő csapadékvíz-tároló kapacitásának bővítése történik meg. Ehhez a korábbi rendszer üzemeltetési tapasztalatai és az időközben elvégzett mérési adatok már rendelkezésre fognak állni.
2. A teljes, 1,25 ha burkolt felületen megtörténik a csapadékvízgyűjtés kialakítása, a gyűjtő-rendszer hidraulikai kapacitásának szükséges bővítése.
3. Az oktatási épület meglévő szürkevízrendszerének csatlakoztatása a nyomásfokozóhoz. Az épület 2012 után egy ideig már üzemelt szürkevízzel, így lehet a precedensre hivatkozni. Adminisztratív akadályok esetén a megoldást egy, a locsolási vízmérő mintájára elhelyezett vízóra jelentheti, ami alapján lehet a csatornadíjat számlázni.

V. ütem: új épületek szürkevízrendszerének kiépítése, ellátása

Ebben az ütemben már érdemes mérlegelni, hogy a már elkészült nyomásfokozó hidrofortartályát használjuk (netán szükség esetén bővítsük), vagy alakítsunk ki ellennyomó rendszerben víztornyot, amely amellet, hogy a gyakorlati oktatást és a kutatási lehetőségeket minden addigi szint fölött tenné lehetővé (a hidrofornál egyenletesebb nyomást biztosítana, nincs szükség vezérlő nyomáskapcsolókra), egyéb járulékos funkciókat is betölthetne. Az épületen belüli szürkevíz-rendszert érdemes már korábban kialakítani és külön vízmérővel ellátni, így a későbbi vízigények és az egész rendszer jobban tervezhető lesz.

1. Erre az időpontra már valószínűleg esedékessé válik a kollégium és az oktatási épületek gépészetének javítása és felülvizsgálata, ezt célszerű egybekötni a szürkevízrendszer kiépítésével, amelyet ezt követően csak csatlakoztatni kell a korábban elkészült gerincvezetékre. A tárolókapacitás szükség szerint tovább növelhető.
2. Az utolsó lépésben a félüzemi vízműtelepen egyszerű, de folyamatosan működő tisztítást is kialakítunk a szürkevízrendszerre. Így már akár a kollégiumi mosógépeket, takarításhoz használt, nem ivóvizet adó csapokat is megtáplálhatjuk vele. Nem elvetendő gondolat a csapadékból és a mérőgyakorlatokból összegyűjtött víz átadása Baja város üzemeltetése felé sem. Ehhez WEBSCADA rendszert célszerű létrehozni, amelyen mindenki, aki vizet szeretne vételezni, élőben láthatná a Víztudományi Kar tárolójának töltöttségét a világhálón. A víz hasznosításának tervezése és prognosztizálása, a rendszer üzemeltetése és vizsgálata egyúttal a hallgatók számára is kiváló gyakorlati lehetőséget biztosítana.

Innentől kezdve egy olyan folyamatos, vizet felhasználó és biztosító technológia működik, amely a gyakorlati képzést minden szinten egyenesen kikényszeríti. Ez a technológia már olyan biztos alapot jelent, amelyre bármilyen további fejlesztést felépítve képesek leszünk követni a 21. században felmerülő képzési és kutatási kihívásokat.

A meglévő létesítmények felújítása és korszerűsítése időszerű feladat, ahogy a Víztechnológiai Oktatóbázis csapadékvizes infrastruktúrájának korszerűsítése is. A csapadékvíz-hasznosítás

megkezdése az itt felvázolt, fokozatosan bővíthető koncepció szerint ma már nem lehetőség, hanem szorító szükség.

Felhasznált irodalom

1. Harker KT, Mahar J. Use of porous concrete and scoria bases to clean groundwater recharge. International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering [Internet]. 2013 [letöltve 2019. november 17.];41. Elérhető: https://scholarsmine.mst.edu/icchge/7icchge/session_06/41
2. Miller R. Water use in Syria and Palestine from the Neolithic to the Bronze Age. World Archaeol [Internet]. 1980 [letöltve 2019. november 17.];11(3):331–341. DOI: <https://doi.org/10.1080/00438243.1980.9979771>
3. Reckinger S, Bocchino J, Jackowitz A, Perry J. Rainwater harvesting for Campus Student Center: A sustainable, community-orientated senior design project. International Journal for Service Learning in Engineering [Internet]. 2014 [letöltve 2019. november 17.];9(1):117–137. DOI: <https://doi.org/10.24908/ijse.v9i1.5288>
4. Chiu YR. Simulation-based spatial system for rainwater harvesting systems in the Sustainable Campus Project. Journal of Asian Architecture and Building Engineering [Internet]. 2012 [letöltve 2019. november 17.];11(1):213–217. DOI: <https://doi.org/10.3130/jaabe.11.213>
5. Keskar A, Taji S, Ambhore R, Potdar S, Ikhar P. Rain water harvesting – a campus study. 3rd National Conference on Sustainable Water Resources Development and Management (SWARDAM–2016), Aurangabad, 2016;3.
6. Patel U, Patel V, Balya M, Rajgor H. Rooftop rainwater harvesting (RRWH) at SPSV campus, Visnagar: Gujarat – a case study. Int J Res Eng Technol [Internet]. 2014 [letöltve 2019. november 17.];3(4):821–825. DOI: <https://doi.org/10.15623/ijret.2014.0304145>
7. Harb R. Assessing the potential of rainwater harvesting system at the Middle East Technical University – Northern Cyprus Campus. Szakdolgozat. Güzeyurt: Middle East Technical University; 2015. 142 p.
8. Saour WH. Implementing rainwater harvesting systems on the Texas A&M Campus for irrigation purposes: A feasibility study. Szakdolgozat. Texas A&M University, Office of Undergraduate Research; 2009. 34 p.
9. Kertész-Farkas R. Belterületi csapadékvíz gazdálkodási lehetőségek elemzése. Szakdolgozat. Baja: Nemzeti Községi Egyetem Víztechnológiai Kar Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet; 2018.
10. Süttöi F, Póta L. Műszaki leírások (Vízgazdálkodási Kar Baja felületi vízműtelep épületei). Budapest: Vízügyi Tervező Vállalat; 1974.
11. MI-10-455/2:1988 Belterületi vízrendezés. Csapadékvíz elvezető hálózat
12. Rossmann L. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory; 2010. 285 p.
13. MI-10-158-1:1992 Víznormák. A kommunális vízellátás fajtáinak vízigényének meghatározása