



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2023. november 22.

SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEK ZÖLDÍTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

Opportunities for greening wastewater treatment plants

Készítette:

Gall Viktória

J655CD

Tájrendező és kertépítő mérnöki

alapképzés

Nappali tagozat

Budai Campus

Témavezető:

dr. Sallay Ágnes

Egyetemi tanár

MATE Tájtervezési és Területfejlesztési

Tanszék

Lehetséges OTDK szekció: Agrártudományi szekció

Budapest

2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
1.1. Témaválasztás.....	3
1.2. A pályamunka tartalma és célkitűzései.....	5
2. Szennyvíztisztítás fogalma, folyamata.....	6
2.1. A szennyvíztisztító üzemek napjainkban.....	6
2.1.1. Hazai szennyvíztisztítás helyzete.....	7
2.2. A szennyvíztisztítás fajtái.....	10
3. Természetközeli szennyvíztisztítási technológiák.....	10
4. Élőgépes szennyvíztisztítási technológiák.....	11
4.1. Élőgép technológia előnyei.....	13
4.3. Organica Water élőgépek Magyarország területén.....	14
4.4. Élőgépek esztétikai hatása.....	15
5. Gyökérszénás szennyvíztisztítás technológiája.....	18
5.1. Gyökérszénás tisztítás előnyei.....	19
5.2. Gyökérszénás tisztítás hátrányai.....	19
5.3. Gyökérszénás medence kialakítása.....	19
5.3.1. Vízszintes átfolyású gyökérszénás medence.....	20
5.3.2. Függőleges átfolyású gyökérszénás medence.....	20
5.4. Gyökérszénás vízi-mocsári növények tisztítása.....	21
6. Hazai és mediterrán fajok alkalmazhatósága gyökérszénás tisztításban.....	21
6.1. Hazai fajok alkalmazhatósága a természetközeli szennyvíztisztításban.....	22
6.2. Mediterrán, szubtrópusi és trópusi fajok alkalmazhatósága, Magyarország területén található gyökérszénás tisztításokban.....	23
6.3. A hazai és a mediterrán, szubtrópusi, trópusi növények tulajdonságainak és igényeinek összehasonlítása.....	24
7. Természetes ökoszisztémákkal végzett tisztító berendezések hazai és nemzetközi példái.....	24
7.1. Hazai példák.....	25
7.2. Nemzetközi példák.....	26
9. Túlterhelés megelőzése.....	28
9.1. Az esőkertek.....	28
9.1.1. Esőkertek előnyei.....	29
9.2.2. Hazai példák megépült esőkertekre.....	29
10. Megtisztított szennyvíz felhasználása.....	30
10.1. Székesfehérvári Sós-tóba vezetett „hulladékvíz”.....	32
10.2. Ruzsai „hulladékvíz” megtartása.....	33
11.1. Dél-pest szennyvíztisztító üzem konfliktusa.....	35
12. Megtisztított szennyvíz felhasználását értékelő kérdőívek eredményei.....	37
13. Összegzés.....	39
Köszönetnyilvánítás.....	39
Nyomtatott források.....	39
Internetes források.....	40

1. Bevezetés

A bevezető fejezetben a kutatás témaválasztását szeretném feltárni. Részletezni fogom, hogy milyen témákra osztom a szakmai kutatásom, és milyen irányban szeretném feldolgozni az adatgyűjtéseket a dolgozatban. Emellett a jelenlegi helyzetet elemzem, majd ezekre az állapotokra szeretnék olyan tájépítészeti megoldási javaslatokat adni, ami a környezetre nincs káros hatással és a köztudatban is elfogadottak, és amelyek természet fenntartó hálózatát és kapcsolatát erősítik. Továbbá a pályamunka tartalmát és célkitűzéseit ismertetem, amely segíthet megérteni, hogy a tájépítész szakember még az olyan helyzetekre is megoldásokat nyújt amikor a meglévő szennyvíztisztító üzemek korszerűsítéséről, zöldítéséről, tehermentesítéséről és a megtisztított szennyvíz felhasználásáról van szó.

1.1. Témaválasztás

A jelenlegi évszázad legfőbb problémái közé tartozik a globális felmelegedés. A folyamatot befolyásoló tényezők feltárása az egyik legfontosabb feladat. A folyamat jelenléte és fokozódása hatással van a már ismert környezetre és annak változásaira is. Az elmúlt évtizedek egyre melegebbek. A jelenlegi emissziók kibocsátásának csökkentésével, a környezeti hatások mérséklésével és a környezet védelmének fokozott javításával mérsékelhetők a folyamatok. Olyan technológiákat kell szem elé helyezni, amelyek csökkentik a környezetszennyezést. Ilyen a levegő, talaj és vizek szennyezésének csökkentése. A vizek tisztaságának védelme több rétegű. Az egyik ilyen ág a szennyvizek nagyfokú tisztítása. A tisztítási folyamat kétféle lehet: intenzív szennyvíztisztítás, amely a legelterjedtebb forma; valamint az extenzív, vagyis természetközeli szennyvíztisztítási technológiák (KICKUTH 1981). Gajdov Géza szerint 1950-es évektől kezdve nagymértékben változott meg a szennyvíztisztítás. Magyarországon ekkor számos szennyvíztisztító üzem épült meg. Az első évtizedben az üzemek arra tettek hangsúlyt, hogy minél nagyobb mennyiségű szennyvizet tisztítsanak meg, a vízminőségre nem helyeztek elegendő figyelmet. Ezeket a költséges beruházásokat a nagyobb lakosságú városok engedhették meg. A kisebb költségű és egyszerű technológiákat igénylő kisebb lakosságú városokban elmaradtak a beruházások. (GAJDOV 2004)

A természetközeli szennyvíztisztítási technológiák mind az USA-ban, az EU-ban, a távol-keleten, illetve Ausztráliában és Óceániában széles körben elterjedtek és elfogadottak.

A tervezés során a szennyvíz üzemek medencéit úgy alakítják ki, hogy környezetbarát technológiákat alkalmaznak. Emellett a természetközeli érzetet sugallják. A tervezés során kertépítészeti és esztétikai elemeket alkalmaznak (ORGANICA 2012).

Alap hipotézisem a tájépítész mérnökök alkalmazhatósága a szennyvíztisztító üzemek zöldítése során, melynek szerves részét képezi a társadalom hozzáállásának vizsgálata és a technológiai megoldások mérlegelése is. Úgy gondolom, hogy a tájépítész mérnökök feladatuk során megkeresik a természetközeli megoldásokat. Főleg azokban az esetekben, amikor a természetet elnyomják. Megpróbálják az egyhangú, monoton megoldásokat feloldani és a lehető legtöbb természetes vagy természetközeli megoldásokkal megvalósítani a terveiket. Hiszen az emberiség ökológiai lábnyomát csökkenteni kell. Ha így halad a civilizáció, nem lesz édesvízkészlet. A Föld felhasználható vizeinek minősége fokozatosan vagy éppenséggel rohamosan romlik a növekvő emberi tevékenységek miatt. Túlságosan kiaknázzák és befolyásolják a vízkészlet minőségét és mennyiségét (IRJET 2020). Az erőteljes urbanizáció az édesvíz szennyeződéséhez vezetett, megnövekedett a háztartási- és ipari hulladék, szennyvíz stb. A fejlődés egyik legerőteljesebb mellékterméke a szennyvíz és a szennyvíztisztító üzemek. A tisztító telepek kialakítása, működése nagy sebet ejt a természetben, mivel a tisztítási folyamatok során kellemetlen melléktermékek környezeti hatások keletkeznek, ilyen például: a szagok, szennyvíziszap erjedése, a túlterhelés során kiengedett fekete vizek (fekete víznek a szennyvizet nevezzük) a befogadóban (élővizet nevezünk befogadónak). A mechanikailag megtisztított víz minősége nem felel meg az élővíz paramétereivel. Így a befogadóba való engedés sem tudja a szennyezés értékét csökkenteni. Igaz az élő vizeknek van puffer hatásuk, de az hosszútávon nem elegendő. Illetve egyes gyógyszerek melléktermékei, amelyek a szennyvízben maradnak a tisztítási folyamatok után is kárt okozhatnak az élővilágban (KARDOS 2022, KERÉNYI 1995).

1.2. A pályamunka tartalma és célkitűzései

A kutatás során a természetközeli szennyvíztisztítók által alkalmazott gyökérszónás medencékkel és ezek kialakításával foglalkozom. Arra keresem a választ, hogy melyek azok a hazai-, trópusi-, szubtrópusi- és mediterrán növényfajok, amelyeket tágtűrésük miatt alkalmazhatnak az ilyen típusú tisztítók kialakítása során.

Illetve a túlterhelést megelőző kialakításra teszek javaslatot, mivel a jelenlegi szennyvíztisztító telepek túlterhelésben szenvednek a nagymennyiségű csapadék leesését követően. A terhelés csökkentése érdekében a javaslatot teszek arra, hogy az esővizet ne a szennyvízcsatornába vezessék be, hanem más módon gyűjtsék össze. Keresem a választ arra, hogy a csatornahálózat tehermentesítése miképpen valósulhat meg, mint például: esőkerterek, szikkasztó árkok stb., amelyek által csökkenthető a telepek túlterhelése. Ennen az esetben nem kell olyan vizeket megtisztítani, amelyek szikkasztó árkokba vezetve elszikkaszthatók, vagy elpárologtathatók. Ezáltal visszacsatolhatóak a víz körforgásába. Emellett javaslatot teszek egy olyan megoldásra, amely kiküszöböli a jelenlegi, helytelen gyakorlatot, hogy a többlet szennyvíz tisztítás nélkül a befogadóba kerül. . Ez egy olyan megoldás, amely során a tisztítási folyamatok és a befogadóba engedés között egy természetközeli tározó kialakításával egészül ki a rendszer, ami megakadályozná az üzemből kilépő víz közvetlen kiengedését a befogadóba. Valamint példákkal szeretném megmutatni hogyan lehet zöldebb környezetet létrehozni, ahol a szennyvíztisztító telepeket és/vagy a megtisztított szennyvizet használják fel különböző rekreációs céllal. Ezek a példákat hazai és külföldi helyszínekről gyűjtöttem össze. .

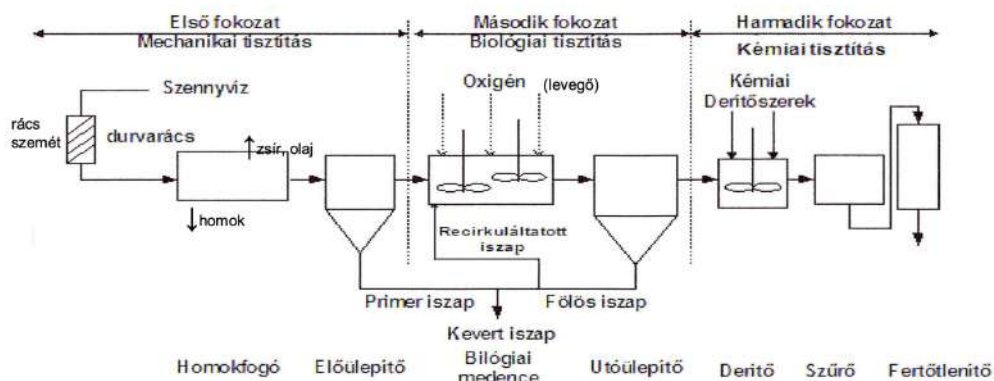
Lakossági kérdőívek segítségével támasztom alá, hogy a feltárt javaslatok, az élőgépes szennyvíztisztítás és a megtisztított szennyvíz felhasználása, a lakosság által is támogatható megoldás. A lakossági kérdőívek kitöltésekor négy célcsoportot választottam ki: magyarországi magyarok, romániai magyarok, románok és más országok lakosságait. Ez a komplex felmérés lehetővé tette, hogy felmérjem a különböző népcsoportok gondolkodásának a megértését, amikor arról van szó, hogy a „hulladékvizet” felhasználásra kerülnek.

2. Szennyvíztisztítás fogalma, folyamata

Vermes László szerint: a szennyvíztisztítás a keletkező anyagok olyan mértékű eltávolítása, illetve minőségi átalakítása, melynek során a tisztított víz a természetes befogadóba kerülve ott ne okozzon károsodást (VERMES 1997).

A tisztítási folyamatok három fázisban valósulnak meg. Először az *elsőrendű* tisztításon, a *mechanikai tisztításon* esik át a fekete víz. A folyamat során az úszó és lebegő anyagokat távolítják el rácsok, ülepítők és szűrők segítségével. A *másodrendű* tisztítás, a *biológiai tisztítást* jelenti, amely során az eleveniszapos biológiai szennyvíztisztítás során az oldott

szerves anyagokat bontják le. Ezek a szerves anyagokat a mechanikai tisztítás során el nem távolítható. A *harmadrendű* tisztítás, a *kémiai tisztítás*, amikor az oldott ásványi anyagokat (növényi tápanyagokat) távolítják el (VERMES 1998; INT-01). Dr. Kardos Levente adjunktus ábrája jól bemutatja a szennyvíztisztítási folyamat fázisait (KARDOS) (1. ábra).



1. ábra: A szennyvíztisztítás folyamata

(kép forrása: https://technologia.chem.elte.hu/hu/kornyezettechnologia/KOTE_2014_7.pdf)

2.1. A szennyvíztisztító üzemek napjainkban

Az emberiség növekedésével és térhódításának köszönhetően a ökológiai lábnyom egyre jobban mélyül. A települések térhódításával és a lakosság által fogyasztott víz növekedésével egyre több probléma kerül felszínre. Napjainkig gyakori megoldás, hogy a tavak, folyók, tengerpartok közelségében található települések a szennyvizet az élővilággal rendelkező befogadóba kiengedik. A zárt víztömegekbe (tavak, zárt öblök, beltengerek) kiengedett fekete vizektől (jelentése szennyvíz) a vízi ökoszisztémák elpusztulnak, csökken a víztömegek természetes öntisztulási folyamata. A hatalmas szervesanyag terhelést követően beindul a víz tömegek eutrofizációja. Az ismeretek alapján számos nagy befogadó eutrofizációja történt meg az elmúlt években (KERÉNYI 1995). Ilyen folyamat megtalálható a természetes vizekben, mint például: Balti-tenger, Erie-tó; mesterséges tavakban egyaránt. Európa nagy részén a nagyobb folyó árterein is előfordul az eutrofizáció. Nyugat-, Közép- és Kelet Európán át találkozunk ezzel a folyamattal (KERÉNYI 1995). Hazánkban a legnagyobb eutrofizálódott állományok a Duna, Tisza, Dráva, Bodrog, Hármas-Körös holtágaiban, árterekben és persze a mesterséges tavakban találkozhatunk (INT-02). Tehát megoldást kell találni, hogy a kommunális, ipari szennyvíz megfelelő tisztítás után kerüljön a befogadó élővízbe (KERÉNYI 1995).

Eutrofizációnak nevezzük azt a folyamatot, amelynek során a természetes állóvizekben, mesterséges tavakban a tápanyag feldúsul. Ezt követően elszaporodnak az elsődleges szerves anyagot termelők. Elsődleges tápanyag termelőnek tekintjük azokat a szervezeteket, amelyek fitoplanktonok, gyökerező hínárok és mocsári növények (INT-02).

2.1.1. Hazai szennyvíztisztítás helyzete statisztikai adatok alapjái

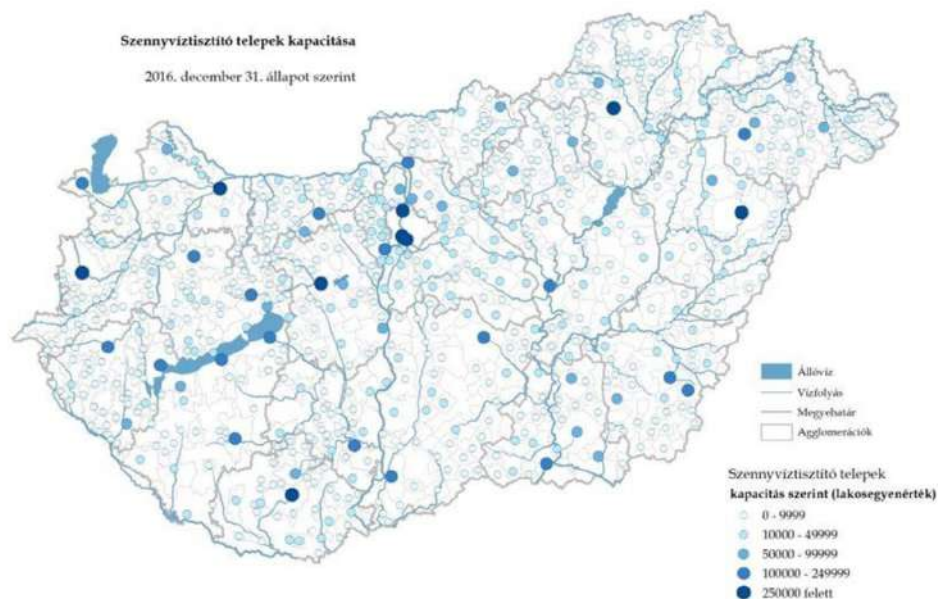
A KSH szerint a 2007-es adatok alapján azoknak a lakásállományoknak a száma, amely rendelkezett közcsatornázással 4 270 497 db lakás. Ugyanakkor az összes elvezetett szennyvíz 533 889,40 m³, amelyből közcsatornán elvezetett és megtisztított szennyvíz 508 082,00 m³. 2011-es és 2015-ös évek között az összes elvezetett szennyvíz, valamint a közcsatornán elvezetett és megtisztított szennyvíz értéke nagymértékben visszaesett, míg a tisztítatlanul elvezetett szennyvíz mennyisége csökkent 2010-es és 2012-es évek között. A következő évek adatai ismét növekedést mutatnak a hatékony szennyvíztisztítás terén és a tisztítatlanul elvezetett szennyvíz mértékén is megfigyelhető a nagymértékű változás (KSH).

Időszak	Lakásállomány (db)	Összes elvezetett szennyvíz (1000 m ³)	Tisztítatlanul elvezetett szennyvíz (1000 m ³)	Közcsatornán elvezetett és megtisztított szennyvíz (1000 m ³)
2007. év	4 270 497	533 889,40	25 807,40	508 082,00
2008. év	4 302 827	542 106,20	25 310,70	516 795,50
2009. év	4 330 681	529 022,20	23 935,50	505 068,70
2010. év	4 348 955	555 629,40	4 406,80	551 222,60
2011. év	4 358 858	467 594,00	2 887,40	464 706,60
2012. év	4 402 008	435 691,60	6 336,20	429 355,40
2013. év	4 408 050	496 330,80	14 779,90	481 550,90
2014. év	4 414 684	493 359,40	19 606,60	473 752,80
2015. év	4 420 296	494 856,51	12 404,92	482 451,59
2016. év	4 427 805	561 795,64	17 243,38	544 552,26
2017. év	4 439 959	552 482,00	14 781,88	537 700,12
2018. év	4 455 491	570 793,87	10 918,14	559 875,73
2019. év	4 474 531	553 870,47	15 004,18	538 866,29
2020. év	4 501 334	544 583,62	11 552,49	533 031,13
2021. év	4 519 271	535 960,00	11 087,22	524 872,78

2. ábra: Statisztikai adatok a szennyvízzel kapcsolatban

(táblázatot forrása: KSH)

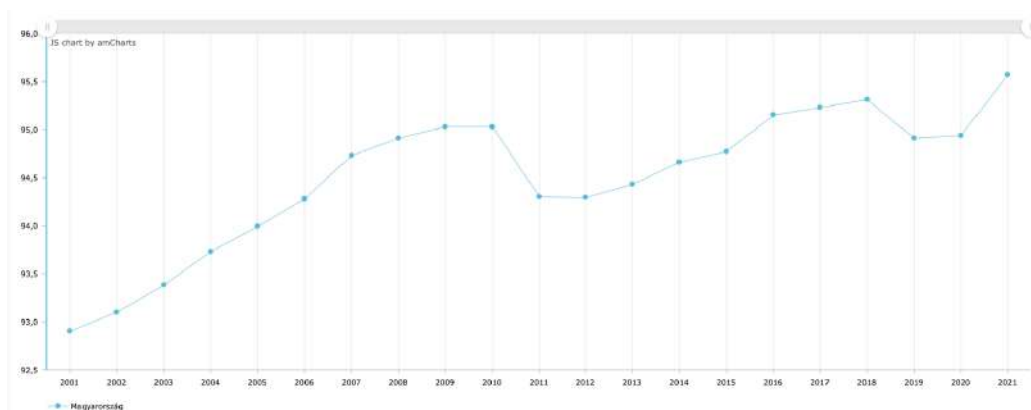
A mellékelt ábrán országos szinten a 2016-os évi állapot látható. Megfigyelhető hol helyezkednek el a szennyvíztisztító telepek, amelyek kapacitásuk alapján rangsorolva vannak (3. ábra).



3. ábra: Országos szennyvíztisztító telepek és azok kapacitása

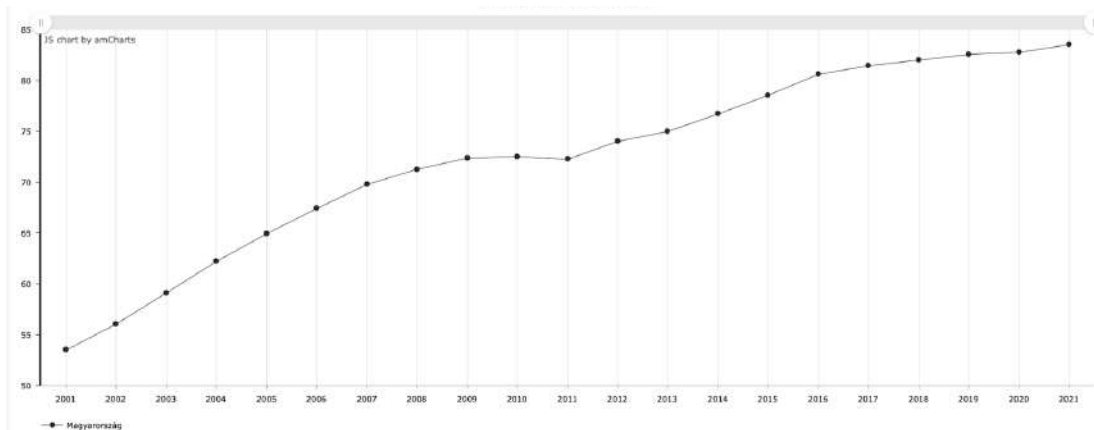
(kép forrása: vpf.vizugy.hu Víziközmű TSZ NMP tájékoztató)

Az ország átlagos adatait tekintve a 2000-es évektől a 2021-es évig folyamatos javulást mutatnak a TEIR-ben megtalálható eredmények. Vagyis országos szinten emelkednek azon lakások száma, mely közüzemi ivóvíz- és közcsontra hálózatra van csatlakoztatva (4. és 5. ábrák).



4. ábra: Közüemi ivóvízvezeték hálózatra bekapcsolt lakások százalékos aránya

(táblázat forrása: TEIR, 2023)



5. ábra: Közcsatorna hálózatba bekapcsolt lakások százalékos aránya

(táblázat forrása: TEIR, 2023)

A statisztikai adatokból jól látható, hogy nagyon magas eltérés van, amely periodikusan növekszik vagy éppenséggel csökken. Így jogosan merül fel a kérdés, hogy hova kerül a szennyezett víz és okoz-e kárt annak helytelen kiengedése. Esetleg arra enged következtetni, hogy alternatív megoldásokkal, talán helyben tisztítással, ökológiai elvű technológiákkal történik a szennyvíz megtisztítása.

Az ilyen típusú felhasználás az éghajlatváltozás és a helyi mikroklima enyhítésére ad megoldást (LIFE-MICACC projekt 2018).

2.2. A szennyvíztisztítás fajtái

A szennyvíztisztítási fajtái kétféle lehet:

- *ipari - intenzív szennyvíztisztítás*, amely a legelterjedtebb folyamat
- *organikus - extenzív szennyvíztisztítás*, vagyis természetközeli szennyvíztisztítás élőgépek segítségével

Organikus vagy természetközeli eljárásnak nevezzük azokat a technológiai megoldásokat, amely a természetes tisztulási folyamatokhoz közelít. A természetes tisztulás az a tulajdonság, amely révén a felszíni vizekbe került szennyező anyagok bizonyos idő alatt képesek lebomlani. A természetes tisztulásnak három típusa van: fizikai, kémiai és biológiai

(GAJDOV 2004). A befogadó és a szennyező anyagok jellegének megfelelően változnak a természetes tisztulási típusok (GAJDOV 2004).

Ipari vagy *intenzív* tisztítás során három fázisban valósul meg a szennyvíz tisztítása. Első fázis, a *fizikai tisztulás* során, a szennyező anyagok egy része a befogadóban található fizikai anyagokra tapad le. A befogadóba kerülő szennyező anyag a vízben az oxigént felvéve oxiddá alakul. A kémiai folyamat tisztítása révén az oxid a folyadékból kicsapódik és leülepedik. A *kémiai tisztulás* során a kicsapódott anyag fizikai szennyeződések lesznek, így azok leülepednek. A *biológiai tisztulás* a szerves szennyező anyagok eltávolításának meghatározó formája. A folyamat felhasználja az oxigént, a szén-dioxidot, a foszfátot és szulfátot termel (ez az aerob folyamat); vagy oxigénmentes környezetben játszódik le és kén-hidrogén, metán, ammónia, szén-dioxid, valamint szulfidok keletkeznek (ez az anaerob folyamat) (JUHÁSZ 1977).

3. Természetközeli szennyvíztisztítási technológiák

A természetközeli szennyvíztisztítási technológiák jelentősen költséghatékonyak, kisebb költségráfordítással üzemelnek. Emellett a vízgazdálkodás és a zöldfelület gazdálkodás jelentős elemére lehet pozitív hatással. Ilyen például: a csapadékvíz elvezetés és hasznosítás, a szennyvízkezelés, a zöldfelület növelése és hasznosítása, energiatakarékosság, CO₂ kibocsátás, telepüzemeltetés és anyagi javak csökkentése. (PTE KUTATÓCSOPORT)

A természetközeli szennyvíztisztítási technológiákat a napjainkban is használt csoportosítás alapján mutatom be. Eszerint természetkímélő megoldások lehetnek a következő technológiák:

- előkezelésként alkalmazható: oldómedence vagy speciálisan kialakított előülepítő
- tisztítás folyamata lehet: vízszintes, vagy függőleges átfolyású: gyökérzónás műtárgy vagy kombinált gyökérzónás műtárgysor
- tisztított víz további utótisztítása (tűzvíz tározó, látványtó stb. esetén szóba jöhet a tavas utótisztítás)
- megtisztított szennyvizet szikkasztó mezőn helyezik el vagy a felszíni befogadóba vezetik (INT-03).

A felsorolt természetközeli szennyvíztisztításra adott megoldások közül a gyökérszónás eljárást és a megtisztított szennyvíz utótisztítását emelném ki, amelyet részletesebben feltárok a következő fejezetekben.

4. Élőgépes szennyvíztisztítási technológiák

Az élőgépes szennyvíztisztítási technológiát az Amerikai Egyesült Államok és Nagy-Britannia fejlesztette ki a '80-as évek végén és a '90-es évek elején (VGF&HKL 2009). Hazánkban az Organica Water fejlesztette ki a költség- és hely hatékony, botanikus kertekhez hasonló megoldást a szennyvíztisztításban (ORGANICA 2012).

A természetes tisztítási folyamat módszere felgyorsítja, egyesíti a hagyományos eleveniszapos- és a természetközeli tisztítási technológiák előnyeit. Ez a technológia az eleveniszapos eljárásoknál használt levegőztetett reaktorokból és az azokra telepített ökoszisztémákból áll. Ezek az ökoszisztémák mintegy 2-3000 fajból tevődik össze, amelyek a baktériumokon kívül növényekből, kagylókból, csigákból és halakból tevődik össze (ORGANICA 2012) (6. ábra).

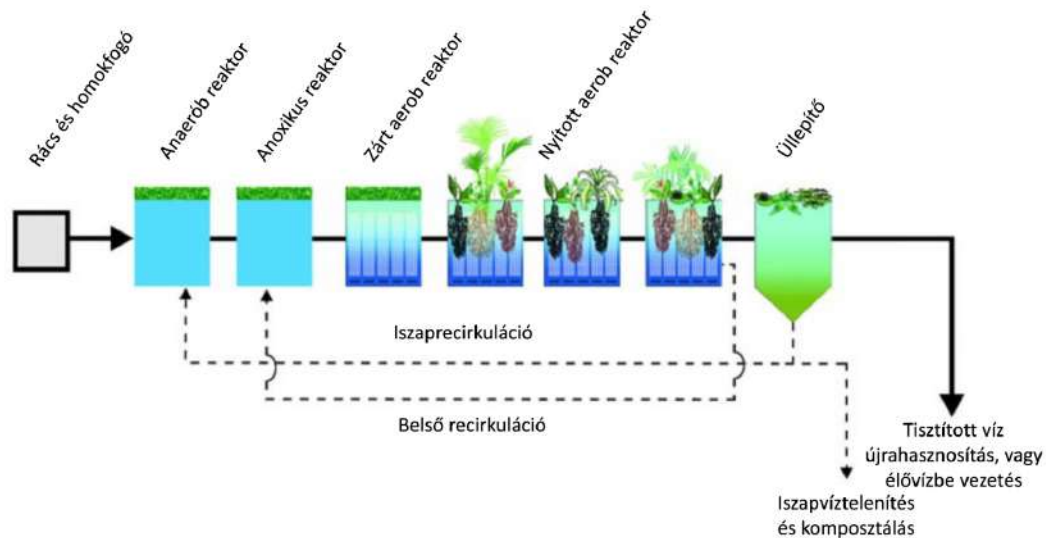
- Halak
 - Rákok
 - Kagylók
 - Csigák
 - Növények
 - Protozoák
 - Baktériumok
- + Napfény
Oxigén

6. ábra: Több mint 2-3000 faj együttműködése

(kép forrása: ORGANICA 2012)

Az élőgépek technológia sok cellás kiépítésű, ezekben a cellákban más és más összetételű ökoszisztémák alakulnak ki a tisztítási fázisoknak megfelelően. A levegőztető tartályok tetején elhelyezett rácsoakra vannak telepítve a növények (ORGANICA 2012). A gyökérzetük 1-1,5 m mélyen van beengedve a tartályba (VGF&HKL 2009). A benyúló gyökérzetük révén, hatalmas felületet biztosítanak a gyökereken megtelepedett mikro- és makroorganizmusok

sokaságának. Ezt a szennyvíztisztítási technológiát nevezik gyökérszónás tisztításnak (ORGANICA 2012) (7. ábra).



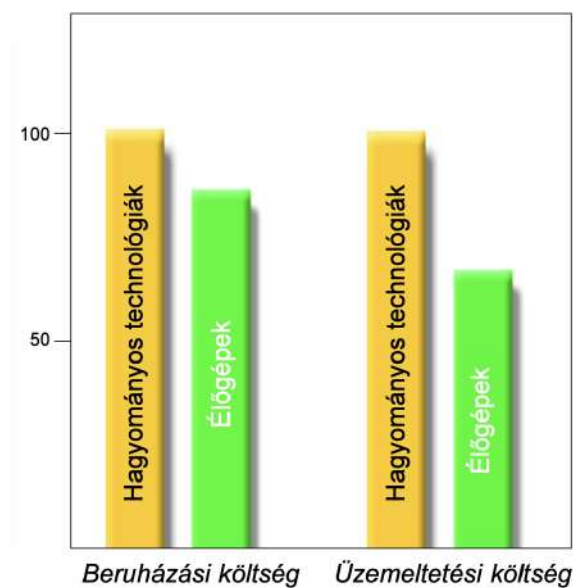
7. ábra: Élőgépes szennyvíztisztítási technológia folyamata

(kép forrása: ORGANICA 2012)

4.1. Élőgép technológia előnyei

Az élőgépes szennyvíztisztítók beruházási és üzemeltetési költségei a hagyományos szennyvíztisztításhoz, eleveniszapos technológiához képest kiemelten kedvezőbb.

- Önszabályozó és önfenntartó rendszer
- Kevesebb emberi- és gépi erőforrást igényel
- Kompakt, kis alapterület igényű
- Üvegházak széles körben terjedtek el a mezőgazdaságban is, sorozatban gyártott elemek, gazdaságos szerkezet
- Levegőbefűtés energiaigénye alacsony, a tisztításban résztvevő növények oxigént állítanak elő
- Kevesebb fölösiszap keletkezik, költségmegtakarítást eredményez (ORGANICA 2012, VGF&HKL 2009) (8. ábra).



8. ábra: Élőgépek gazdaságossága

(kép forrása: ORGANIKA)

Az élőgépes tisztítás igen magas hatásfokot biztosít. A szervesanyag, a lebegőanyag és a nitrogén eltávolításában meghaladja a harmadlagos tisztítási fokozat követelményeit is (ORGANICA 2012).

A mellékelt diagram egy városi szennyvíztelep jellemző tisztítási paramétereit mutatja be (9. ábra). Az élőgépek rendszere az utótisztításban is hatékony. Az egyes jelen lévő kagylók rendkívül jól tudja csökkenteni a Coliform sejtek számát (ORGANICA 2012).

Paraméterek	Nyers szennyvíz	Tisztított szennyvíz
KOI (mg/l)	1250	< 45
BOI5 (mg/l)	650	< 10
Lebegőanyag (mg/l)	250	< 10
Összes N (mg/l)	110	< 10
Kjeldal N Kjeldahl N (mg/l)	110	< 3
NH4 - N (mg/l)	90	< 0,5
Összes P (mg/l)	15	< 0,5

9. ábra: Élőgépek tisztítási paramétere

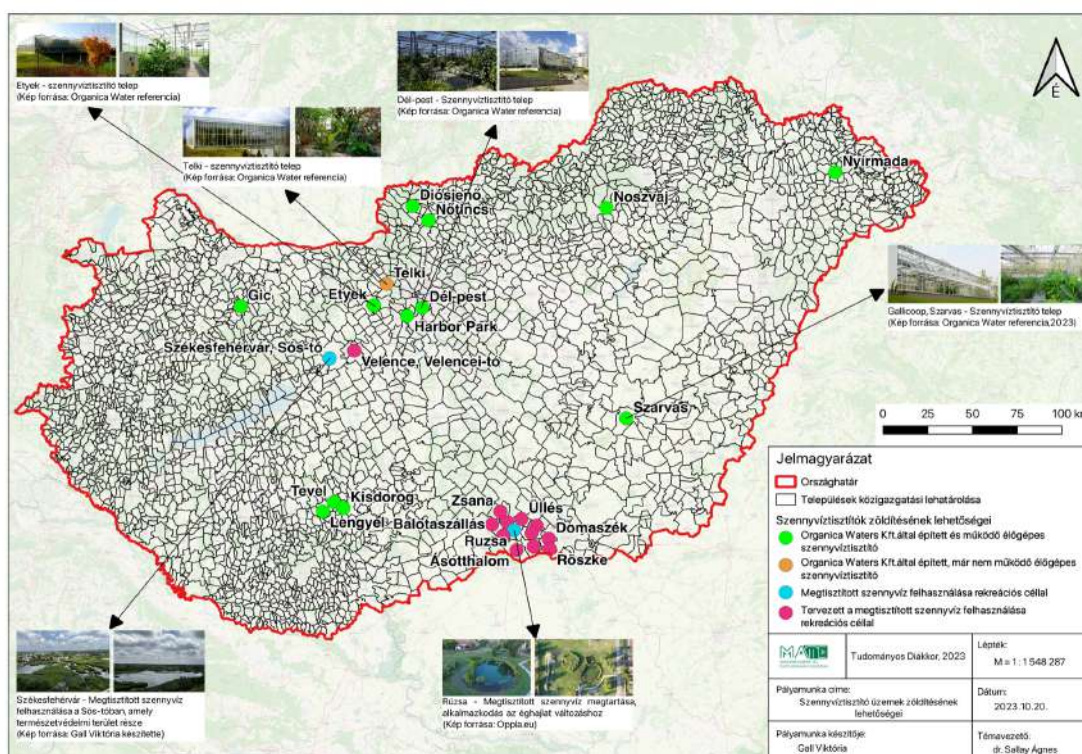
(kép forrása: ORGANICA 2012)

4.2. Élőgépekkel való szennyvíztisztítás Magyarországon

Magyarország éghajlati körülményei nem teszik lehetővé az élőgépek tisztítási folyamatait a szabad környezetben. Ezért az országban a technológia üvegházban kerül elhelyezésre. Az üvegház feladata, hogy a téli időszak alatt biztosítsa a növények számára a megfelelő életfeltételeket és a szükséges minimális 6 °C hőmérsékletet (ORGANICA 2012).

4.3. Organica Water élőgépek Magyarország területén

Az Organica Water, Magyarország területén, több helyszínen is kiépítette élőgépes tisztítási létesítményeit (10. ábra). Ezek a szennyvízkezelési megoldások lehetővé teszik és megoldást kínálnak a környezetre. Természetbe integrált, szagtalan, esztétikus berendezéseket hozva létre (ORGANICA 2012, VGF&HKL 2009). Lényegében ezek a létesítmények úgy néznek ki, mint az üvegházakban kialakított botanikus kertek, amelyek hatékonyan tisztítják a szennyvizet azokon a területeken, ahol az emberek élnek és dolgoznak. Ezek a zárt létesítmények szabályozott hőmérsékleteket biztosítanak a növények, élőgépek számára. Így lehetővé teszik, hogy bárhol kialakíthatóak, anélkül, hogy a szennyvíztisztító telepek zavarják a szomszéd területeken lévő emberi jelenlétet (INT-15).



10. ábra: Organica Water által épített élőgépek Magyarország területén

(Tervlapot készítette: Gall Viktória, 2023)

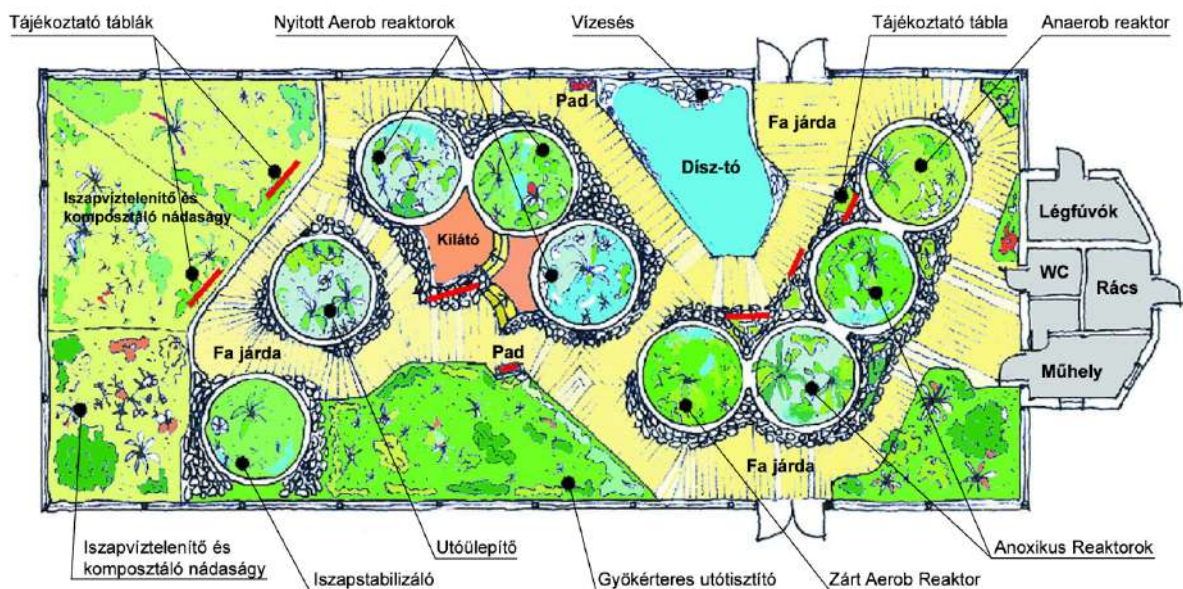
4.4. Élőgépek esztétikai hatása

Az élőgép technológiával való tisztítás sok helyen különlegességnek számít. Idegenforgalmi látványossággként és környezetvédelmi oktatási céllal is szolgál (11. ábra). Ilyen esetekben a szennyvíztelepek esztétikus megjelenését kertépítészeti megoldásokkal fokozzák (ORGANICA 2012) (21. ábra).



11. ábra: Oktatási célú tájékoztató a Dél-pesti élőgépes szennyvíztisztítónál

(képet készítette: Gall Viktória, 2022)



12. ábra: Élőgépes szennyvíztisztító, mint látványosság

(kép forrása: ORGANICA 2012)

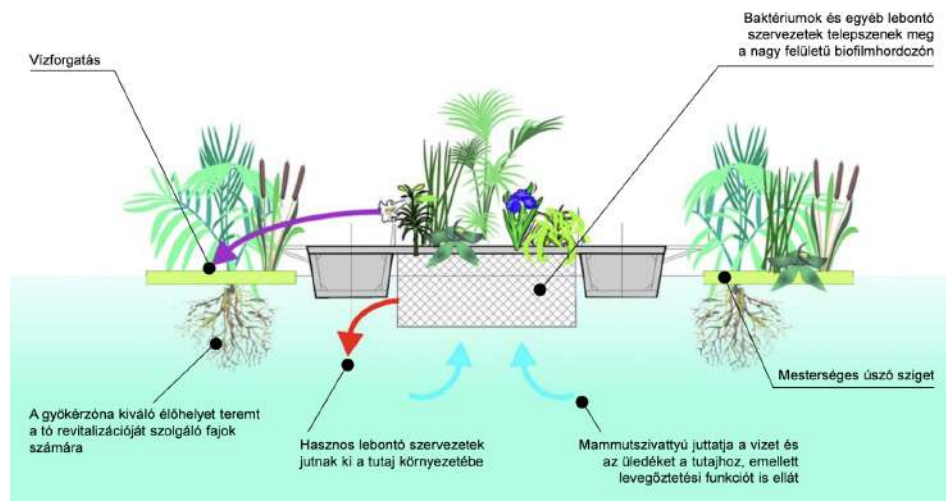
A tisztítási folyamatban résztvevő ökoszisztémák biológiai sokfélesége kiválóan alkalmas az ökológiai szemlélet terjesztésére. A medencébe betelepített növények biológiai szűrőként teljes szagmentességet biztosítanak (VGF&HKL 2009). A kellemetlen szagokat okozó illatanyagok lebontását a szűrő töltetébe telepített mikroorganizmusok végzik. A makroorganizmusok (kagylók, csigák, rákok, halak) az ökológiai egyensúly fontos részét alkotják, mivel ezek "érzékeny" élőlények. Így a vízminőség változásait jelzik, mint például az aranyhalak az utótisztító víztérben (ORGANICA 2012) (13. ábra).



13. ábra: Aranyhalak az utótisztító víztérben

(kép forrása: Organica)

Az élőgépes tisztítás speciális változata a nyitott terű medencére telepített úszó szerkezet. A medencében szivattyúk segítségével keringetik a vizet és az iszapot. A berendezésre telepített ökoszisztéma egy biológiai katalizátorként működő elem, amely segítséget nyújt a természetes biológiai rendszer helyreállításában. Emellett jelentősen csökkenti az iszap mennyiségét. A kialakított ökoszisztémát "tisztító hajó"-nak nevezik, mivel a víz felszínén lebeg (ORGANICA 2012) (14. ábra).



14. ábra: Élővíz-tisztító hajó

(kép forrása: ORGANICA 2012)

Az ilyen berendezések az eutrofizálódott tavak helyreállításának gazdaságos megoldásai lehetnek. Ehhez hasonló kialakítás valósult meg az Egyesült Államok északi határában a Flax-tóban, ahol az iszap mennyisége 50 ezer m³-rel csökkent két év alatt. Ez a fajta berendezés a nyílt városi csatornára is telepíthető (ORGANICA 2012) (15. és 16. ábrák).



15. és 16. ábrák: Tisztító hajók, mint lebegő ösvény, a városi csatornákon

(kép forrása: ORGANICA 2012)

A helyesen kivitelezett technológia megoldás és a megfelelő egyedek kiültetése rendszeres átvizsgálást igényelnek. Így az esetleges pótlásokra lehetőség van. Az ellenőrzésnek azért van szerepe, hogy a nyílt rendszerű tisztítók ne zavarják a lakosságot, hanem egy egyedülálló érték alakulhasson ki. Ahol nem csak oktatás és látványosság célpontja jöhet létre, hanem egy kellemes rekreáció terület is (ORGANICA 2012).

5. Gyökérzónás szennyvíztisztítás technológiája

A gyökérzónás technológia megoldást biztosít a modern iparosodott világra, mivel vízszennyezési problémákat okoz. Ez a technológiai megoldás az egyik legolcsóbb és legkörnyezetbarátabb megoldás a szennyvíz kezelésére. Ez a technológia természetes módszer a háztartási és az ipari szennyvizek hatékony kezelésére. (IRJET 2020) A gyökérzónás tisztítási technológia kis medencékben és nagyüzemi medencékben egyaránt használható. A szennyvízben található kémiai és biológiai szerves anyagok a folyadékban

található növényi gyökereken megtelepedett mikro- és makroorganizmusok által bontodnak le. A tápanyagokat a növények felszívják és hasznosítják. A növények emellett: stabilizálják a töltet felszínét, redukálják a függőleges átfolyású rendszerek eltömődését, mérsékelik a fagyvesztést és a szürkevíz (megtisztított szennyvíz, amely felhasználásra nem alkalmas) kihülését, javítja a szennyvíz telep esztétikai megjelenését (INT-01; INT-04).

5.1. Gyökérzónás tisztítás előnyei

A gyökérzónás tisztítás környezetbarát technológia, mely nemcsak esztétikus, hanem hatékony megoldás. Építési, működtetési és fenntartása alacsony költségigényű. Hatékony működtetése különleges szakképzést nem igényel és energiaigénye kicsi. Emellett szélsőséges körülmények között is üzemképesek. Barnamezős vagy felhasználás alól kivett területeken egyaránt kialakíthatóak (INT-01). Ez a fajta tisztítási folyamat nem igényel vegyszerek hozzáadását, így az ökológiai lábnyomot csökkenti. A keletkező szagokat mérsékeli. Illetve keletkezett iszap kevesebb, így az iszapkezelési költség alacsony (INT-04).

5.2. Gyökérzónás tisztítás hátrányai

Mint minden eljárásnak, úgy a környezetbarát megoldásoknak is vannak hátrányai. A gyökérzónás tisztításnak nagy a területigénye. Hosszabb tisztítási folyamat, mint az ipari tisztítás. Topográfiai, talajtípus és speciális követelményeknek kell megfelelni (INT-01). Továbbá szezonálisan változhat a tisztítási hatásfok. Ez fennakadást okozhat a vízminőségi előírásokban és annak folyamatos betartásában. A beüzemelésük hosszú folyamat és az esetleges hibák sokáig rejtve maradnak. Ezenfelül a növények beszerzése költséges lehet (INT-01). Meghatározott az élettartam, hiszen a növényeknek is van egy élettartama, amit követően periodikusan frissíteni kell az állományt, az elpusztult növényegyedek miatt (INT-04).

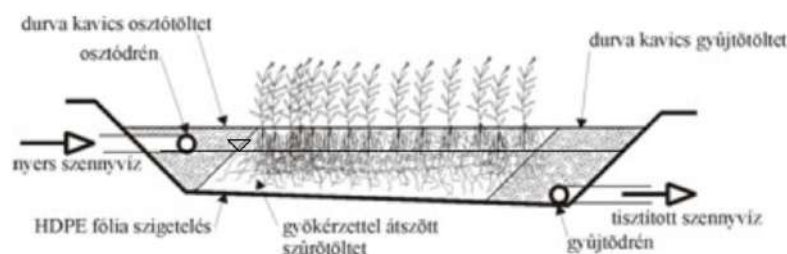
5.3. Gyökérzónás medence kialakítása

A vizes élőhelyek meder mélysége 0,5-1,5 m (VGF&HKL 2009). A gyökérzónás műtárgy lehetséges töltőanyaga: frakcionált kavics (min. 4 mm szemátmérő), homok, talaj, speciális anyagok (mint például: agyagpala, zeolit stb.). Ezek keverékei vagy több elkülönített réteg

egymásra helyezve (INT-04). A töltőanyag rétegeknek biztosítaniuk kell egy minimális áteresztő képességet. A medencében megfelelő vízelvezető képességű szilárd hordozókra vízi-mocsári növényeket telepítenek. A biológiailag, vagy ülepített szennyvizet vízszintes vagy függőleges átfolyású irányba vezetik rá a közbenső rétegre, amely megszűri a fekete vizet a lebegő, szilárd nyersanyagoktól (INT-04). A maradék szilárd nyersanyagot növények és baktériumok segítségével távolítják el. A vízi-mocsári növények szerepe az oxigén utánpótlás. A növények tápanyagfelvétele nem releváns tisztítási folyamat (INT-05). Az így megtisztított szennyvizet összegyűjtik és elvezetik, viszont ez felhasználásra nem alkalmas (INT-05).

5.3.1. Vízszintes átfolyású gyökérzónás medence

A vízszintes átfolyású rendszerben, a víz a kavicsréteg felszíne alatt van mozgásban. Egy bevezető zónán keresztül jut be a szürkevíz, majd a folyadék “érintkezésbe” kerül a növények gyökereivel és rizómaival. A mikro- és makroorganizmusok kémiai és biológiai folyamatok révén lebontják a szerves anyagokat. Ez a sekély vízmélységű medence úgy néz ki, mint egy mocsár (IRJET 2020) (17. ábra).



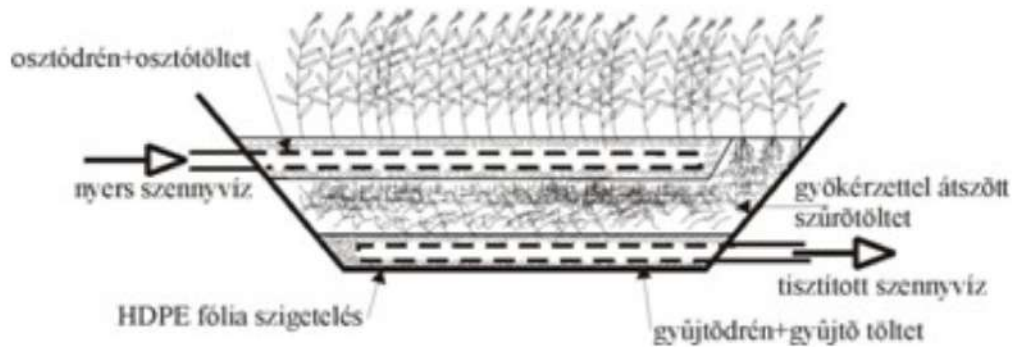
17. ábra: Vízszintes átfolyású gyökérzónás medence

(kép forrása: <https://slideplayer.hu/slide/2087896/>, 2023.06.)

5.3.2. Függőleges átfolyású gyökérzónás medence

A függőleges átfolyású rendszerben, a vizet a felszín alatt fokozatosan táplálják be és függőleges irányban folyik keresztül. A rétegek alján található dréncsövekből álló rendszerrel gyűjtik össze a szürke vizet. A réteg talaj, homok vagy homokos kavics, amely frakció nélküli (IRJET 2020). A folyadékot nagy adagokban adagolják a medencébe, amely elárasztja a területet. Ezt követően a folyadék fokozatosan lefolyik és a közegben található

gyökereken levő mikro- és makroorganizmusok lebontják a szerves anyagot. A műtárgy alján található elvezető dréncövek, összegyűjtik és elvezetik a megtisztított vizet. Majd a közeget levegő tölti ki. Ezt követően egy újabb nagy adag folyadékot engednek a felületre (IRJET 2020) (18. ábra).



18. ábra: Függőleges átfolyású gyökérzónás medence

(kép forrása: <https://slideplayer.hu/slide/2087896/>, 2023.06.)

5.4. Gyökérzónás vízi-mocsári növények tisztítása

A gyökérzónás tisztításban alkalmazott növények, azaz a szűrőnövények egy biológiailag is aktív bioszűrő berendezés. A szürke víz a növények gyökérzete, rizómák által sűrűn hálózott mederben történő átfolyása által tisztul meg. A mikro- és makrotápanyagok eltávolítása a növényi részek felszívódásán, a talaj részecskékhez kötődésén és a biológiai folyamatok során távozik a szürke vízből (INT-06).

Ezt a technológiai megoldást a gyökérzónás rendszer megnevezésén kívül, még bioszűrőnek, nádágyas rendszernek, vagy épített vizes élőhely (Constructed Wetland (CW)) rendszernek is nevezik. Az épített rendszer magába foglalja az ember alkotta, mérnöki, mesterséges vizes élőhelyet (VIPAT 2007).

6. Hazai és mediterrán fajok alkalmazhatósága gyökérzónás tisztításban

Az épített vizes élőhelyek nem gépesített rendszerek, viszont könnyen megépíthetők, működtethetők és fenntarthatók. A vízi-mocsári növények szabadon, lebegő kialakításokban, a teljes gyökérzetükkel és/vagy szárakkal vannak a vízben (JUHÁSZ 1977). Esetleg kazettás

rácsok vannak elhelyezve a víz felszínén és ezekből a rendszerekből a növények gyökérzetét lógatják bele a vízbe. Bármely makrofita növény alkalmazható, amennyiben eleget tesznek a legfőbb szempontoknak. Ilyen szempontok a következők is:

- helyi éghajlatot kedvelő faj
- a gyökérzete jól szője át a töltetet
- könnyen telepíthető faj
- alacsony gondozást igénylő faj
- tág tűrőképességű faj (JUHÁSZ 1977).

6.1. Hazai fajok alkalmazhatósága a természetközeli szennyvíztisztításban

Hazai fajnak tekintjük azokat a fajokat, amely egy adott területen vagy ökoszisztémában fejlődtek ki és természetes folyamatok eredményeképpen, emberi hatások nélkül terjedtek el (INT-07). A meghatározást értelmezve, azokat a fajokat tekintjük őshonosnak, amelyek az adott területen uralkodó éghajlati viszonyoknak és természeti adottságok viszonyosságaihoz képesek voltak alkalmazkodni. Ez azt eredményezi, hogy a hazai őshonos fajok a Kárpát-medencében megtalálható hatásoknak ellenálltak (INT-08).

A Kárpát-medence elhelyezkedésének köszönhetően, az időjárási állapotok és a légköri viszonyok által jellemzett folyamatok révén a mérsékelt kontinentális éghajlatra jellemző klíma uralkodik. Vagyis négy évszak uralkodik: meleg nyár, hideg tél és két átmeneti évszak. Magyarország zárt medence jellegének köszönhetően kevés csapadék, jelentős hőmérsékleti ingás és kedvező besugárzási viszonyok, valamint szélvédettség jellemző (INT-08). Viszont az elmúlt évtized során a klímaváltozásnak köszönhetően Magyarország éghajlata fokozatosan változott és mai napig változik. Az ország éghajlata egyre melegebb és szárazabb, a nyarak forróbbak, a telek melegebbek és csapadékosabbak. A melegebb évszakokban a leesett csapadék csökkenése miatt az aszály veszély és annak kialakulása egyre nagyobb (INT-09) .

Olyan őshonos fajokat kell összeválogatni, amelyek kiállták az idő próbáját és a külső tényezőkre (természeti adottságok, éghajlati viszonyosságok és változások, emberi hatások) alkalmazkodni tudtak és tudnak. A tág tűrőképességük mellett, kevés gondozást igényelnek, viszonylag önfenntartóak és szerteágazó gyökérzetük jó felszívó képességű. Ilyen növényfajokat alkalmaztak a hazai természetközeli szennyvíztisztításban, melyek a következők: nád (*Phragmites australis*), energianád félék (*Miscanthus spp.*), sásfélék (*Carex*

spp.), békalencse félék (*Lemna spp.*), vízijácint (*Eichornia crassipes*), kagylótutaj (*Pistia stratiotes*), káka félék (*Schoenoplectus spp.*), sárga nőszirm (*Iris pseudocorus*), Széleslevelű gyékény (*Typha latifolia*), mannafü (*Glyceria maxima*), nyárfa (*Populus spp.*), enyves éger (*Alnus glutinosa*), fűzfa félék (*Salix spp.*) stb. (INT-10; INT-11; GAJDOV 2004; INT-12; INT-13; NÉMETH 2004).

6.2. Mediterrán, szubtrópusi és trópusi fajok alkalmazhatósága, Magyarország területén található gyökérszénázás tisztításokban

Más flóra tartományból származó növényfajokat tekintjük idegenhonos növényeknek. Ilyen idegenhonosak a mediterrán, szubtrópusi és trópusi növények is, amelyet előszeretettel alkalmaznak a természetközeli szennyvíz gyökérszénázás tisztításában (INT-14).

Magyarország éghajlata alapvetően mérsékelt kontinentális, ezért az időjárási viszonyok nem teljesen olyanok, mint a mediterrán, szubtrópusi és trópusi térségekben. Az ilyen típusú éghajlatokon két évszakot különítünk el: a meleg, enyhe esős vagy gyakran csapadéktalan nyarat, illetve enyhe esős telet. Ezek a növényfajták több gondozást igényelnek, mint a hazai flóra birodalomban megtalálható növényfajok. A jelenlegi éghajlati változásoknak köszönhetően, a nyári időjárás egyre jobban hasonlít a mediterrán nyarakra; így a növények nem igényelnek speciális gondozást. Azonban a téli időjárási viszonyok között akad némi különbség; emiatt extra gondozást igényelnek (VIPAT 2007).

A mediterrán, szubtrópusi és trópusi növények a téli hónapokban igénylik a sok napfényt, a párat és ezek a növényfajták nem fagyűrőek. Ezért ezeket a fajokat csak, olyan medencébe ültetik ki, amelyek az igényeknek eleget tesznek. Az ilyen medencék fölé üvegházakat építenek és párasító berendezést alakítanak ki a nedves környezet fenntartása végett. Következő fajokat használják: rózsaszín (*Canna x generalis*), levélfa félék (*Philodendron spp.*), sárkányfa félék (*Dracaena spp.*), csüngőágú fikusz (*Ficus benjamina*), tamanu (*Calophyllum inophyllum*), szeldeltlevelű filodendron (*Thaumatococcus bipinnatifidum*), kardamom (*Calathea rufibarba*), pálmafélék (*Arecaceae spp.*), pompás papagájvirág (*Strelitzia reginae*), japán banán (*Musa basjoo*), óriás táró (*Alocasia macrorrhiza*), flamingóvirág félék (*Anthurium*), illatos vitorlavirág (*Spathiphyllum wallisii*), aligátorfü (*Alternanthera philoxeroides*), hydrilla (*Hydrilla verticillata*), rizs (*Oryza sativa*), a mangrove fák stb. (VIPAT 2007; INT-14).

6.3. A hazai és a mediterrán, szubtrópusi, trópusi növények tulajdonságainak és igényeinek összehasonlítása

Az előző két fejezetben felsorolt növények tulajdonságait és igényeit összegezem egy táblázatban. Így jobban látható, hogy a választott növényeknek milyen további gondozást igényelnek és melyik évszakban hatékonyabbak.

<i>Tulajdonságok, igények</i>	<i>Hazai növényfajok</i>	<i>Mediterrán, szubtrópusi, trópusi növényfajok</i>
Őshonos	Igen	Nem
Sűrű gyökérzetű	Igen	Igen
Páraigény	Nem	Igen
Télálló	Igen	Nem
Lombvesztés, lassú életciklus télen	Igen	Nem
Üvegházi kiültetést igényel	Nem	Igen
Megvilágítást igényel a rövidnappalos időszakban	Nem	Igen

19. ábra: A hazai és a mediterrán, szubtrópusi, trópusi növények tulajdonságainak és igényeinek összehasonlítása

(táblázatot készítette: Gall Viktória, 2023)

7. Természetes ökoszisztémákkal végzet tisztító berendezések hazai és nemzetközi példái

A szakemberek világszerte arra törekednek, hogy az urbanizálódott területeket környezetbarátabb, fenntarthatóbb létesítményekkel és helyszínekkel dúsítsák.

A korszerű élőgépes tisztítási technológia lehetővé teszi, hogy a természetes életközösségek változatos ökológiát és biofilmet hozzanak létre, amelyek nagyobb mennyiségű szennyeződést képesek kezelni úgy a hazai környezetben, mint más országokban.

7.1. Hazai példák

Az Organica Water, Magyarország területén, több helyszínen is kiépítette élőgépes tisztítási létesítményeit (10. ábra). Ezek a szennyvízkezelési megoldások lehetővé teszik és megoldást kínálnak a környezetbe és a természetbe integrált szagtalan, esztétikus berendezéseket. Lényegében ezek a létesítmények üvegházakban kialakított botanikus kertek, amelyek hatékonyan tisztítják a szennyvizet azokon a területeken, ahol az emberek élnek és dolgoznak. Ezek a zárt létesítmények szabályozott hőmérsékleteket és párákat biztosítanak a növények számára. Így lehetővé teszi, hogy bárhol kialakíthatóak legyenek anélkül, hogy a szennyvíztisztító telepek zavarják a lakosságot (INT-15).

A hazai létesítményeket az Organica Water alakította ki és az ő referenciái indítottak el egy új lendületet a hagyományos szennyvíztisztító üzemek korszerűsítésében (20. ábra sorozat). Ezeken a telephelyeken a biológiai tisztító medencébe speciálisan kialakított tározókat, hordozó egységeket helyeztek el, amelyekre kiültetésre kerültek a növények. A hazai referenciák egytől-egyig üvegházhas kialakításúak.



Diósjenő - három település közös szennyvíztisztítója Nógrád megyében



Etyek - a települést és Kelet-Közép Európa legnagyobb filmstúdióját kiszolgáló szennyvíztisztító



Gic - sajtgyári szennyvíztisztító



Kisdorog - kommunális szennyvíztisztító belső képe



Lengyel - települési szennyvíztisztító belülről



Nagyttény, Harbor Park - ipari park szennyvíztisztítója Budapesten



Noszvaj - két település szennyvizét kezelő kommunális tisztító



Nőtincs - három települést kiszolgáló kommunális szennyvíztisztító



Telki - több mint 6000 lakost kiszolgáló kommunális szennyvíztisztító telep



Tevel - kommunális szennyvíztisztító

20. ábra sorozat: Referenciák az Organica Water projektekből

(képek forrása: ORGANICA 2012)

7.2. Nemzetközi példák

A nemzetközi példák sokfélesége izgalmas terveket és inspiráció forrásokat biztosít. Ezek egy felvilágosult filozófiát tárnak fel, amely lehetővé teszi a nyüzsgő városok, iparterületek, vállalati kampuszok környezetében elhelyezett szennyvíztisztítók integrálását, mint esztétikailag kialakított, potenciális zöldfelületeket (21. ábra sorozat).



Bekasi, Indonézia



Wusong, Kína



Anshun, Kína



Shenzen, Kína



Bhatpara, India

21. ábra: Organica Water referenciák

(képek forrása: <https://www.organicawater.com/references/>, 2023.07)

8. Túlterhelt szennyvíztisztító üzemek

Országosan tekintve a nagyvárosok, regionális szennyvíztisztító üzemek váltak túlterheltekké. Ennek hátterében több okozó is állhat. Ezt mérlegelve, két csoportba sorolható a túlterhelés, amely lehet: *időszakos* vagy *állandó*.

Az időszakos túlterhelés hátterében egy-egy nagyobb csapadék mennyiség áll. A heves esőzések, záporok alkalmával leesett csapadékot elvezetik az utakról, tetőkről a csatornahálózatban. A szilárd burkolatú udvartéri felületein és ingatlanok tetőfelületein keletkezett csapadékvíz elvezetése a szennyvízcsatorna hálózatban jogszabályellenes [58/2013. (II.27.) Kormányrendelet 85. § (5); (6) bekezdés]. Szabálytalanság felderítése esetén a közműhasználati bírság és megnövekedett csatornahasználati pótdíj kiszabására jogosítja fel a közműszolgáltatót. Ugyan ez a jogszabály vonatkozik a közterületi csapadékvíz elvezető rendszerek elemeire (árkok, víznyelők, csapadékvíz csatornák), ha ezeket a csatornahálózatra kötötték rá (INT-16). Amennyiben nagyobb mennyiségű csapadék kerül a csatornába. A csatornarendszerekben a csapadékvíz háztartási és ipari szennyvízzel találkozhat. Ezt követően a fekete víz az üzembe érkezik és szennyvíztisztítási folyamatokon esik át. Ez gondot és többlet problémákat okoz. A csapadékvíz miatt hirtelen megnövekedett mennyiségű, hígabb, szennyvíz beavatkozásokat igényel (INT-17). Vagyis ezt a híg változatú szennyvizet tisztítási folyamatok nélkül kiengedik az üzemből. Jobb esetben egy „öntisztító”, természetközeli tisztítással ellátott medencébe, árokba engedik. Rosszabb esetekben, ami az esetek nagy része, kiengedik a befogadóba (INT-17).

Az állandó túlterhelés mögött a tervezett kapacitás fölé emelkedett értékek okozzák a problémát. Ezek a telepek, melyek túlterhelté váltak, beruházások során optimális kapacitással működik. Időközben további bekötéseket engedélyeztek. Olyan városrészeket vagy telepeket kötöttek egy meglévő hálózatba, amelyek nem voltak betervezve esetleg olyan városrészek épültek meg, amelyeket nem vettek figyelembe. Éppenséggel még az is megtörténhet, hogy az alulműködő telepeket kapcsolták rá egy nagyobb üzemre. Esetenként ezeknél a szennyvíztisztító üzemeknél a terhelés bővítésével nem történtek meg a mechanikai tisztító medencék, vagy a levegőztető medencék bővítése (FAZEKAS, KÁRPÁTI, REICH ÉS MUNKATÁRSAI 2010).

9. Túlterhelés megelőzése

A szennyvíztisztító telepek túlterhelésének megelőzését több oldalról közelíthetjük meg. Az egyik ilyen megoldás, hogy az alulműködő üzemeket ne kössük rá más telepekre. Megfontoltan tervezzék meg a városrészek kialakításához tartozó szennyvízelvezető hálózatok bekötését. A másik megoldás pár évtizede újra népszerűségnek örvendő

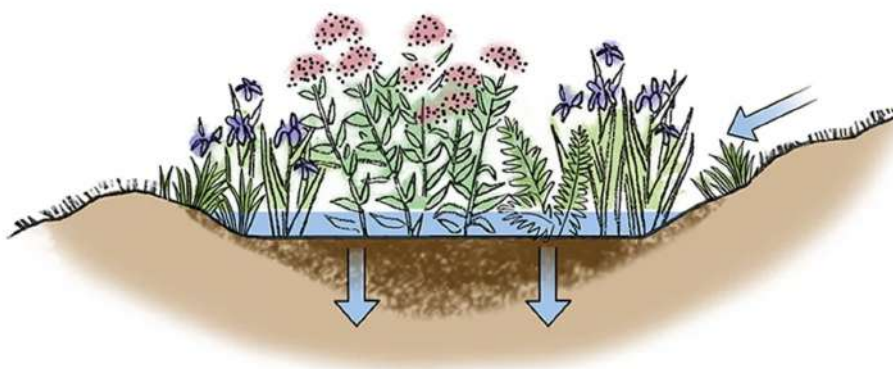
természetközeli megoldás - esőkertek, természetes szikkasztó gödrök alkalmazása (INT-17).

9.1. Az esőkertek

Az esőkertek mesterségesen kialakított, mélyebben fekvő felület, meder a talajban, melynek célja a leeső csapadék felfogása, helyben tartása és szikkasztása. Az esőkertek őshonos cserjéből, évelőkből álló növényzettel ültetik be. Az esőkerteket általában természetes lejtőn alakítják ki (INT-118). Úgy tervezik ezeket a medreket, hogy átítassa a talaj rétegeit a tetőkről, felhajtokról, teraszokról, szilárd burkolatú közutakról érkező vízzel. Az esőkertek hatékonyan eltávolítják a csapadékban oldott állapotban lévő tápanyagokat, vegyszerek 90%-át és az üledékek 80%-át. A hagyományos gyeppel borított felületekhez képest az esőkertek 30%-al több vizet engednek be a talajba (INT-17).

Az esőkertek nem tavacsák a kertben vagy a közterületeken. Hanem az idő nagy részében száraz meder. Jellemzően esőzés közben és után tartja meg a csapadékot. Az esőkertek 12-48 órán át tartják meg a csapadékot, ezt követően kiürülnek és megakadályozzák a szúnyogok, lárvák szaporodását (INT-17).

Az első esőkertet 1990-ben hozták létre a marylandi Prince George's megyében Dick Brinkerben, USA. A lakóépületeket fejlesztő vállalkozó és Larry Coffman környezetvédelmi mérnök együttműködése révén költséghatékony szikkasztókat hoztak létre. Ezt követően világszerte egyre népszerűbb lett (INT-18) (22. ábra).



22. ábra: Esőkert felépítése

(kép forrása: Upsurge Project, Budapest Főváros XVIII. kerület Önkormányzata)

9.1.1. Esőkertek előnyei

Szem előtt tartva, hogy ez egy költséghatékony megoldás, amely a csapadékvizet helyben tartja. További előnyei is vannak, melynek népszerűségét köszönheti. Ilyenek a következők:

- javítja a csapadék minőségét a szennyező anyagok megszűrésével
- őshonos növényzet, mely vonzza a jótékony rovarokat, pillangókat és madarakat
- növények gyökere porózussá teszi a talajt
- vízáteresztő képesség javítása
- tömörödés megakadályozása
- könnyen karbantartható
- csökkenti a nem áteresztő burkolatok mennyiségét
- minimalizálja az energiafelhasználást
- csökkenti a szennyezést
- mikroklímát hoz létre a párologtatás által
- esztétikus (INT-17).

9.2.2. Hazai példák megépült esőkertekre

- Budapest XVIII. kerületben 3+50 demonstrációs helyszín
 - Pestszentlőrinc, Szálfa utca
 - Pestszentlőrinc, Kossuth Lajos tér
- Budapest, Tomory Lajos Múzeum kertje
- Budapest, Pünkösdfürdő (23. ábra)
- Budapest, Vérmező (24. ábra)
- Kecskemét, Gerlice utca
- Kecskemét, Sosztakovics utca



23. ábra: Esőkert, Pünkösdfürdő

(képet készítette: Gall Viktória, 2023)



24. ábra: Esőkert, Vérmező

(képet készítette: Gall Viktória, 2023)

10. Megtisztított szennyvíz felhasználása

A megtisztított szennyvíz felhasználása a vízgazdálkodás fenntarthatóságának előmozdítását és a vízkészletek hatékonyabb kihasználását célozza meg. Ez hozzájárul a környezetvédelemhez, az energia- és erőforrás megtakarításához, valamint a társadalmi és gazdasági előnyökhöz (MASZESZ HÍRCSATORNA 2017).

Egyes társadalmi rétegekben elfogadott, hogy a szürke vizet felhasználják és potenciális értékét kiaknázzák. A felhasználási szempontjai közé tartozik a vízkészlet megőrzése, a környezetvédelem, energia- és erőforrás csökkentés, mezőgazdasági- és ipari felhasználás, és további területeken kamatoztatható a megtisztított szürkevíz felhasználása. A „hulladékvíz” újrahasznosítása lehetővé teszi az édesvízkészletek fenntarthatóbb és hatékonyabb felhasználását; hiszen a világ számos régiója komoly problémákkal küzd, a múltbeli vízpazarlás okozta vízhiány miatt. Emellett a klímaváltozás és a globális felmelegedés is hozzájárul, hogy csökkenek a talajvizek szintje, amely az alapvető igényeket nehezen tudja kielégíteni és aszályos területek jöttek létre (MASZESZ HÍRCSATORNA 2017).

A megtisztított szennyvíz visszaforgatása a természetbe környezetbarát megoldást jelent. Az ilyen módon kezelt víz felhasználása csökkenti a „hulladékvíz” kibocsátását a vízfolyásokba. Minimalizálva ezzel az élővilágra és az ökoszisztémákra gyakorolt hatásokat. A megtisztított szennyvizet olyan tevékenységekre is alkalmazható, amely a rohamosan növekvő urbanizálódó térségekben tapasztalható. Ilyen felhasználás lehet a személygépkocsik mosása,

a nyári időszakban hűtendő aszfalt felületek stb. Ezekkel az alapvető változásokkal energia- és erőforrás megtakarítható. Továbbá az iparban, a mezőgazdaságban a vízviasszaforatás csökkenti a termeléshez szükséges édesvíz felhasználását és megnöveli a fenntartható tevékenységeket. Mindazonáltal a szürke víz megtartása rekreációs területeket hoz létre, amely a városi szövetek mikroklímájában jelentős szerepet játszik (MASZESZ HÍRCSATORNA 2017). Hasonló rekreációs területet hoztak létre Salem városában, Oregon Állam, USA. A szennyvíztisztító telep gazdag területe lehetővé tette, hogy egy olyan rekreációs területet hozzanak létre, ahol a megtisztított szennyvizet kiengedik a tározó tavacskába. A parkban megtalálható tó, Willow Lake Wastewater Treatment Plant nevet viseli (25. ábra). Az ábrán a jobb alsó sarokban látható a tározó, amelynek gazdag az élővilága.



25. ábra: Megtisztított szennyvíz felhasználása,

(kép forrása: pinterest.com)

10.1. Székesfehérvári Sós-tóba vezetett „hulladékvíz”

A Sós-tó Székesfehérvár belterületén található, a város déli részén. Az országos védettségű Sóstó-Homokbánya Természetvédelmi Terület és a helyi védettségű Sóstó Természetvédelmi Terület része, emellett a nemzetközi Natura 2000 ökológiai hálózat részét is képezi. Ez a terület egy refúgium a városban, hiszen a megmaradt mocsaras rész közkedvelt kirándulóhely (INT-19). A természetvédelmi rehabilitációs munkálatokat 2015-2018-as években végezték el, amikor a Sóstói Stadion felújítását elvégezték. A munkálatok során létrehoztak egy

pihenőparkot, látogatóközpontot és ökoturisztika infrastruktúrát (MATE, Tájépítés és tájfenntartás tárgyon elhangzottak).

A Sós-tó problémái közé sorolható a vízpótlás, a nyílt vizes élőhelyek csökkenése. A megoldást a szürkevíz felhasználása jelentette. A székesfehérvári szennyvíztisztító telep a város és a hozzá tartozó hat településének a szennyvizét gyűjti és tisztítja meg. Ez kb. napi 25-30 ezer m³ szennyvizet jelent (INT-20). Az üzem a hagyományos tisztítási fázisokon kívül egy koaguláns (pelyhes szemcsék eltávolítását jelenti) szűrést végeznek, amely lehetővé teszi, hogy a megtisztított szennyvíz 2%-át, vagyis kb. 500 m³-t a Sós-tó Természetvédelmi Terület tavába vezetnek. Ez teszi lehetővé a nádas és az életközösség fennmaradását (INT-20). A „hulladékvíz” bevezetés márciustól októberig tart, ami ebben az időszakban kb. 100 ezer m³ szürkevíz bevezetést jelent. Ez a víz elegendő egy 26 ha-s terület és életvilágának a fenntartásához. A tóban a nádasok segítségével lagúnás területeket és nyíltvízi részekkel együtt alakítottak ki, amely egy igen változatos, gazdag ökoszisztémát alkotnak (INT-20) (26. ábra).



26. ábra: Székesfehérvári Sós-tóba vezetett „hulladékvíz”

(képet készítette: Gall Viktória, 2023)

10.2. Ruzsai „hulladékvíz” megtartása

Ruzsa egy kis falu Délkelet-Magyarországon, a duna-Tisza közti Homokhátságon helyezkedik el. Ez az ország egyik legszárazabb területe. A csapadékvíz mennyiségének csökkenése a talajvízszint süllyedését okozta (LIFE-MICACC projekt).

A település célja a csapadékvíz helyben való megtartása és emellett előírányoztak egy innovatív adaptációs intézkedést, amely lokálisan megoldást biztosít a falu számára. A helyben kibocsátott megtisztított és öntözésre alkalmas szennyvizet összegyűjtik és felhasználásra kerül a település egy használaton kívüli részén, amely közel van a szennyvíztisztító telep mellett és itt egy tavat alakítottak ki. Ez a terület egyben a falu zöldítéshez is hozzájárul (LIFE-MICACC projekt) (27. ábra).

A településhez tartozó szennyvíztisztító telep naponta 200 m³ megtisztított vizet bocsát ki, amelyet a közelében kialakított tározó tóba engednek ki. Az 1 ha területű tározótó lehetővé teszi a víz beszivárgását, emellett visszafordítja a talaj átalakulási folyamatait és az aszálykockázat csökkentését fogja szolgálni (LIFE-MICACC projekt).

A Ruzsán megvalósult projekt másolható megoldást jelent a Duna-Tisza köze és Európa szárazodó települései számára a talajvíz-tartalékok visszatöltését célzó és a „hulladékvizek” felhasználását kombináló vízmegtartó intézkedéseken keresztül (LIFE-MICACC projekt).



27. ábra: Ruzsai „hulladékvíz” megtartása

(kép forrása: <https://www.delmagyar.hu>, 2023)

11. Dél-pest szennyvíztisztító üzem helyzete

A Dél-pesti szennyvíztisztító üzem a Főváros egyik legkorszerűbb és környezetkímélő technológiával működik. A telep területe 17 hektáros, amelynek kapacitása napi 80 ezer, évi szinten 22 millió m³ szennyvizet tisztít meg. Pestlőrinc, Kispest, Erzsébet és Soroksári

kerületeinek kb. 300 ezer lakosságának a szennyvizét fogadja. A négy dél-pesti kerületből naponta kb. 53 ezer m³ szennyvíz érkezik be az üzembe (FCSM Zrt. 2015). A tisztító telep nemcsak a hagyományos kétfokozatú bioszűrést alkalmazza, hanem a magyar fejlesztésű Organica Élőgépek rendszerének innovatív tisztítási rendszereit is (28. ábra sorozat). Az üvegházakkal lefedett eleveniszapos medencékben a szennyvíz oldott szervesanyag-tartalmát a mikroorganizmusok oxigén felhasználásával lebontják. Ezekben a medencékben elhelyezett mesterséges biofilmhotdozók életteret biztosít a mikroorganizmusok és a magasabb rendű élőlények számára (ORGANICA 2012). Ezek a tisztítási fázisok lehetővé teszik, hogy az európai normáknál jobb paraméterekkel rendelkező megtisztított szennyvizet a befogadóba engedjenek kifolyni a Ráckevei-Soroksári Duna-ágba (FCSM Zrt. 2015).



28. ábra sorozat: Dél-pesti szennyvíztisztító természetes tisztító berendezés

(képeket készítette: Gall Viktória, 2022)

11.1. Dél-pest szennyvíztisztító által okozott konfliktusok

A Dél-pesti szennyvíztisztító üzemből kiengedett víz tisztaságának paraméterei eleget kell tegernek a szabályzatnak, mivel az élővíz Natura 2000 védettség alatt álló folyóágba ömlik,

valamint a Duna part az Országos Ökológiai folyosó része (OKIR) (29. ábra). Ez azt jelenti, hogy a megtisztított víznek olyan minőségűnek kell, hogy legyen ami lehetővé teszi az élőlények, állatok számára a megélhetést.

Mégis konfliktust teremt a tudatlanság, hiszen hazánkban és Európában nem elfogadott gondolat a megtisztított szennyvíz újrahasznosítása, bármilyen formátumban történik meg a felhasználás. Ez a konfliktus a laikus lakosság szemléletéből adódik.

11.2. Dél-pest szennyvíztisztító üzemből kilépő víz által okozott konfliktusok feloldása

A konfliktus könnyen feloldható egy olyan javaslat tétellel, amely bemutatja a megtisztított víz alkalmas, felhasználható és környezetbe illeszthető.

A javaslatom alapját egy olyan elgondolás adja, amely lehetővé teszi, hogy bárki számára elfogadott legyen a megtisztított szennyvíz utóhasznosítása. Mivel az emberiség nagy része idegenkedik a gondolattól, hogy újra használatba vegyék a szürke vizet, olyan helyszíneket kell létrehozni, amelyek oktatják és bizonyítékkal szolgálnak, hogy ezek a vizek már nem ártalmasak az élővilágra. Ezeket a helyszíneket létrehozhatjuk: oktató-, vízi élőhely rekonstrukció-, látvány tavak-, vízmegtartó- és aszály csökkentés, valamint locsolóvizek megtartása céljából.

A Dél-pesti szennyvíztisztító teleptől dél irányába eső terület alkalmas arra, hogy egy olyan tó rendszerben gazdag parkot hozzanak létre, amely lehetővé teszi a megtisztított víz átfolyását egyik tavacskából a másikba. Ezt követően kiengedhető a Ráckevei-Soroksári Duna-ágba. Ez a terület nagyjából 24,9 ha kiterjedésű, amelyen több kicsi összekapcsolt tavacska elfér (29. ábra). Ezt a kialakítást laguna rendszernek is tekinthetjük, amely elősegítheti az újabb nagyfokú tisztításokat, mivel a víz több nyílt felszínű tavacsán folyik keresztül, amelyben további oxidációs folyamatok zajlanak le. Ezekben található állat- és növényfajok sokasága, és a talaj tisztító hatásai is elősegítik, hogy élet alakuljon ki a „hulladék vizekben”. Ezt követően az átfolyó víz tömeget a Ráckevei-Soroksári Duna-ágba engedhető.

Úgy gondolom, hogy ez a fajta vízi élőhely kialakítás lehetővé teszi a sokféle életközösségek megtelepedését, amely élő indikátorként reagál minden változásra. Így mindenki által nyomon követhető a szürke víz minőségének változásai. Emellett ez a környezetbe illesztett

nyíltvízi tórendszer látogatásra alkalmas. Oktató jellege miatt oldja a lakosságban kialakult, a megtisztított szennyvíz újrahasznosításának gondolatából adódó idegenkedést.

Továbbá a Dél-pesti szennyvíztisztító teleptől délnyugatra eső terület alkalmas egy nádasító kialakítására, amely a túlterhelésből adódó szennyvíz túlfolyását akadályozza meg. A kialakított nádasító biológiai tisztítást végez, így a túlfolyó árokból nem kerül ki megtisztítatlan szennyvíz a befogadó élővízbe. Ez a terület kb. 3,5 ha kiterjedésű, amelyen egy nagyobb nádasító alakítható ki (29. ábra).



29. ábra: Dél-pesti szennyvíztisztító természetes tisztító berendezés

((Tervlapot készítette: Gall Viktória, 2023))

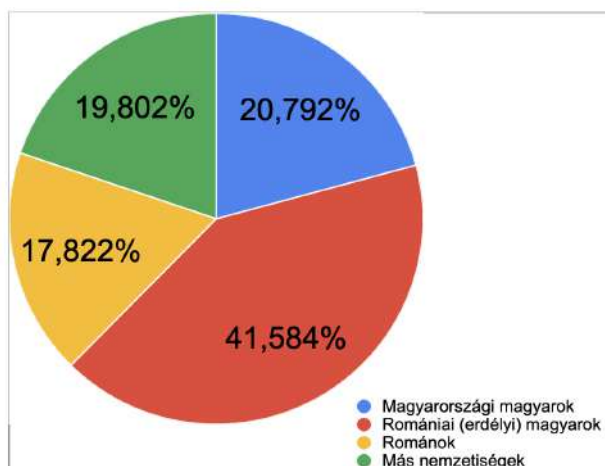
12. Megtisztított szennyvíz felhasználását értékelő kérdőívek eredményei

A kezdeti feltételezésem az volt, hogy a lakosság számára kiküldött kérdőívek visszajelzést adnak arról hogyan vélekednek a különböző nemzetiségek. Ezért a lakossági kérdőívek négy csoportnak készültek el: magyarországon élő magyarok számára, romániában (az az erdélyben) élő magyarok számára, románoknak és más országok lakosai számára. Ez a

komplex felmérés lehetővé tette, hogy felmérjem a különböző etnikai csoportok gondolkodását, és megértsem miképpen vélekednek a zöldebb szennyvíztisztítók és a „hulladékvizek” fogalmáról.

Az eredményeket megvizsgálva rájöttem, hogy érdemi eltérés nincsen. Ezt a globális információ átadás hatásának tulajdonítom, hiszen a legtöbb információ mindenki számára elérhető. Ennek következményeként összevontan vizsgálom meg a kapott eredményeket.

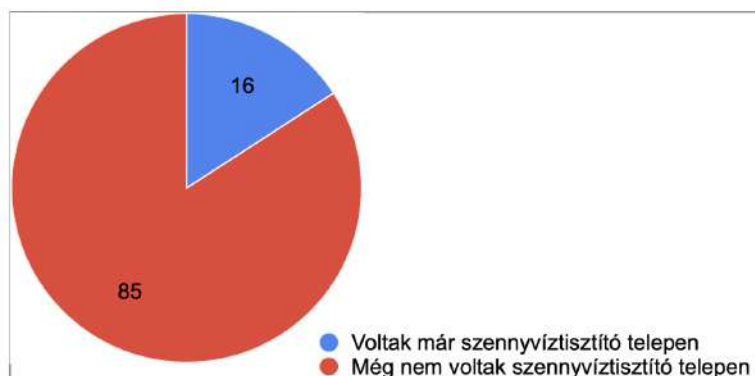
A kérdőívek három nyelven íródtak meg, a magyarországi magyarok és a romániai (erdélyi) magyaroknak magyar nyelven, a románoknak románul és a más nemzetiségűek számára angolul. Összes 101 személyhez ért el a kérdőív, amely a következők szerint oszlik el: magyarországon élő kitöltők száma 21, romániai magyarok 42, románok 18 és a más országok lakosai 20 db (30. ábra).



30. ábra: Kérdőívet kitöltők aránya

(Diagramot készítette: Gall Viktória, 2023)

A kitöltők több, mint a háromnegyede, pontosabban 81 fő jelezte, hogy nő vagyis 20 férfi volt összesen. A korosztályokat tekintve 4 személy jelezte, hogy „18 év vagy kevesebb” és 3 jelölte be a „60 év vagy több” mezőt. A kitöltés pillanatában 85 alany jelezte, hogy addigi élete során nem volt szennyvíztisztító telepen és ebből 29 illető jelezte, hogy egyáltalán nem tervez elmenni egy üzembe (31. ábra).



31. ábra: Kérdőívet kitöltők aránya a szennyvíztisztító telepek látogatásáról

(Diagramot készítette: Gall Viktória, 2023)

Az összes érintettek közül 26-an jelezték, hogy valamilyen formában hallottak az élőgépes szennyvíztisztításról. Azok számára, akik nem hallottak róla egy rövid fogalom tisztázást követően újra válaszolhattak arra a kérdésre, hogy „*Szívesen ellátogatna egy ilyen (élőgépes) üzembe?*”. Ezt követően 91 fő jelezte, hogy szívesen megnézne egy ilyen üzemet, ahol az élőgépes szennyvíztisztítási technológia ötvözve van a kertépítészeti, esztétikai elemekkel.

Arra a kérdésre, hogy „*Ön szerint, a szennyvízzel kapcsolatos konfliktus mérsékelhető, esetleg megszüntethető, amennyiben egy olyan alternatív megoldást szorgalmazna a vezetőség, ami lehetővé teszi a megtisztított szennyvíz újrahasznosítását mielőtt az élő vízbe engednék ki?*” 4-en feleltek nemleges válasszal. A megkérdezettek összes résztvevője használatba venné azokat a rekreációs céllal létesült parkokat, ahol a víz tömegét a megtisztított szennyvíz képezi.

A kiértékelést feldolgozva arra a következtetésre jutottam, hogy a megkérdezett személyekben kialakult konfliktus a szennyvíztisztító telepekkel és a megtisztított szennyvíz kiengedésével nagy mértékkel csökkenthető, amennyiben oktatás is társul az információ átadással.

13. Összegzés

A kutatás bebizonyította, hogy lehetséges a szennyvíztisztító telepek zöldítése, tehermentesítése és a megtisztított szennyvíz felhasználása rekreációs céllal. Iltette *szükség*

van a tájépítész mérnököre, akiknek tudása lehetővé teszi a zöldebb környezetet, az ökológiai lábnyom csökkentését és nem utolsó sorban a társadalom hozzáállásának megváltoztatását. Továbbá a tájépítész legfontosabb feladata, hogy törekedjen és megtegyen mindent azért, hogy a természet visszanyerhesse eredeti szépségét.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel és hálával tartozom drága családomnak, hogy mindenben támogattak. A lehetőségért, amit biztosítottak és mindazért a sok szabad, gondtalan napért, amit a pályamunkám megírásával tölthettem. Valamint mindazért a türelemért és támogatásért, amely nélkül nem jöhetett volna létre e munka.

Köszönet illeti a témavezetőmet, dr. Sallay Ágneszt, akihez bármikor és bármilyen kérdéssel fordulhattam. Irányt mutatott, amikor eltévedtem. Biztató szavai erőt adtak a folytatáshoz. Továbbá köszönöm a MATE TÁJK tanárjainak, hogy megmutatták és megismertették a tájépítészet szakma szépségeit. Emellett lefektették az alapismereteket és segítettek tanulmányaimat. Nem utolsó sorban köszönöm mindenkinek a kedves szavát, segítségét és jószívűségét, amely lehetővé tette, hogy jókedvel mélyüljek el a választott témában.

Felhasznált irodalom források

Nyomtatott források

FAZEKAS, KÁRPÁTI, REICH ÉS MUNKATÁRSAI 2010 - Túlterhelt szennyvíztisztítók intenzifikálása – tiszta oxigénnel, Messer Szakmai Publikáció, Budapest, 2010/3

FCSM Zrt. 2015 - Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep, Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. kiadványa, Budapest, 2015

GAJDÓV 2004 - Gajdov G., A nádgyökerteres szennyvíztisztítási technológia vizsgálata és környezetvédelmi értékelése, Budapest, 2004

IRJET 2020 - International Research Journal of Engineering and Technology, Volume 07, Issue 06, June 2020, Punam G. Meshram, Prof. Ritesh J. Raut, Pratik G. Bokse, Atul W. Rathod, Waste Water Treatment by using Root Zone Technology: Using Colocassia Plant

JUHÁSZ 1977 - Juhász J., Víz tisztaságvédelmi módszerek és berendezések, Tankönyvkiadó, Budapest, 1977

KARDOS 2022 - dr. Kardos Levente, egyetemi adjunktus előadása, Budapest, 2022

KERÉNYI 1995 - Kerényi A., Általános környezetvédelem, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1995

KICKUTH 1981 - Kickuth R., Verfahren spinzip., Der Wurzelraumentsorgung-Mitt. Des wasserver bandstonges wiedersachsen un der Landesverbander wasser-und bodenverbände in Hessen und Rhein land-Pfalz, 1981

KSH - Központi Statisztikai Hivatal, Budapest

LIFE-MICACC projekt 2018 - LIFE16 CCA/HU/000115, Belügyminisztérium Önkormányzati Koordinációs Iroda, Budapest, 2018

NÉMETH 2004 - Németh N., Vizes élőhelyek (Wetland) szerepe a tájban és hasznosításuk a szennyvíztisztításban, Gödöllő, 2004

ORGANICA 2012 - Organica Élőgépek, ORGANICA Környezettechnológiák Zrt. kiadványa, Budapest, 2012

PTE KUTATÓCSOPORT - Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, Korszerű ökológikus vízgazdálkodási és zöldfelületi rendszerek kutatócsoport, kutatócsoport vezetője Dolgosné dr. Kovács Anita egyetemi docens

VERMES 1997 - Vermes L. (Szerk.), Vízgazdálkodás, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 1997

VERMES 1998 - Vermes L., Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1998

VGF&HKL 2009 - Víz, Gáz, Fűtésttechnikai és Hűtő, Klíma, Légtechnikai Szaklap, Budapest, 2009/3 lapszám

VIPAT 2007 - Vipat V., Sing U.R. and Billore S.K., “Efficiency of rootzone technology for treatment of domestic waste water” Field scale study of a pilot project in Bhopal, Proceedings of Taal 2007 : The 12th World Lake Conf., 2008

Internetes források

OKIR

<http://web.okir.hu/map/?config=TIR&lang=hu>

INT-01

<https://enfo.hu/sites/default/files/Szennyvztisztitas%28korinfora%29.pdf>

INT-02

https://www.hnp.hu/hu/szervezeti-egyseg/termeszetvedelem/natura2000/oldal/3150-termeszet-es-eutrof-tavak-magnopotamion-vagy-hydrocharition-novenyzettel3150_Termeszetes_eutrof_tavak_Magnopotamion_vagy_Hydrocharition_novenyzettel

INT-03

<http://wapp.hu/technologiak/gyokerzonas-szennyvztisztitasi-technologiak/>

INT-04

<https://slideplayer.hu/slide/2087896/>

INT-05

<https://recity.hu/termeszetkozeli-szennyvztisztitas/>

INT-06

<https://slideplayer.hu/slide/2087896/>

INT-07

<https://greendex.hu/oshonos-fajok/>

INT-08

<https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/pannon-pannon-enciklopedia-1/magyarorsz-ag-foldje-1D58/az-eghajlat-a-vizek-a-talaj-es-az-elovilag-foldrajza-25FA/magyarorsz-aghajlati-kepe-bartholy-juditweidinger-tamas-25FC/>

INT-09

http://hadmernok.hu/2009_2_teknos.pdf

INT-10

<https://docplayer.hu/33652627-A-gyokerzonas-szennyvztisztitas-bemutatas-a-es-hatekonysag-a-egy-konzervgyari-eredetu-ipari-szennyviz-peldajan.html>

INT-11

<https://enfo.hu/sites/default/files/Szennyvizisztitas%28korinfora%29.pdf>

INT-12

<https://agroforum.hu/szakcikkek/megujulo-energia-szakcikkek/az-energianad-miscanthus-spp-alkalmazasi-lehetosege-alternativ-termohelyeken/>

INT-13

<https://docplayer.hu/1286658-Szabad-felszin-epített-gyokerzónas-szennyvizisztítók.html>

INT-14

<https://www.organicawater.com/case-study/urban-developments/>

INT-15

<https://www.organicawater.com/case-study/urban-developments/>

INT-16

<https://www.tahitotfalu.hu/ckfinder/userfiles/files/hirek/2017/csapadekviz%20szalasanyag.pdf>

INT-17

<https://groundwater.org/rain-gardens/>

INT-18

<https://bmpdatabase.org>

INT-19

<https://sostoszekesfehervar.hu/termeszetvedelmi-terulet>

INT-20

<https://www.szekesfehervar.hu/a-sosto-vizutanpotlása-a-szennyvíz-útja-a-telepről-az-északi-tóig>