

# A szennyvíztisztítás környezetbarát lehetőségei ritkábban lakott térségekben

Kárpáti Árpád  
Veszprémi Egyetem, H-8201 Veszprám, Pf. 158.  
Karpatia@almos.vein.hu

## Bevezetés

A szennyvizek keletkezése a lakosság életvitelének szükségszerű következménye. Ahol az emberek főznek, edényeket mosogatnak, tisztálkodnak, mosnak, s ahol a toalett a lakásukban van, szennyvíz keletkezik. Az így keletkező vizek azért szennyvizek, mert felhasználásuk során szennyező anyagok is kerülnek bele. Mivel a hazai lakosság 98 %-a központi vízellátásról kapja a vizet, ilyen hányadánál a szennyvíz nem a víz kivételi helyén, a víz forrásánál keletkezik. Az emberi vízhasználatnak éppen ez a legnagyobb problémája. Más területekről származó izet szennyez el, melyet azután a felhasználó környezet igényei szerint kell megtisztítani, s a tisztított vizet és tisztítás maradékát (szennyvíziszap, rácsszemét, homok) a tisztító közelében kell elhelyezni, lehetőleg úgy, hogy legkevésbé zavarja a lakókörnyezet lokális természeti egyensúlyát.

A szennyvíztisztítás fő feladata mégis környezetünk egészségének a biztosítása, a vízzel terjedő betegségek visszaszorítása. Ezen túl lehetővé teszi, hogy a tisztított vizet és annak növényi tápanyagait, ahol arra szükség van, ismételten hasznosíthassuk. Az emberek által elfogyasztott fehérjék nitrogén tartalmának közel 80 %-a (napi 10-11 gN/fő), és napi foszfor fogyasztásának mintegy 50 %-a (1 gP/fő) a vizelettel kerül ki szervezetükből. Ennek a növényi, vagy talajtápanyagnak az újrahasznosítása azért igen korlátozott, mivel az a szennyvízzel hígulva nagy víztérfogatokban jelenik meg.

A felhasználás helyétől távoli térségből történő vízszállítás következtében a felhasználás helyén a keletkező szennyvíz nem csak a szennyező anyag tartalmával (szerves anyag, nitrogén-, és foszfor-tápanyag) - melyek döntően szintén távolabbi termő, előállítási, területekről származnak-, de víztartalmával is térség, vagy területidegen. A teljesen önálló magángazdálkodásokat kivéve, melyekből napjainkra már szinte semmi sem maradt, a vízfelhasználás és szennyvíz kibocsátás a lakóterület tápanyag és vízellátottsága egyensúlyának megzavarását jelenti. Ez így van a szennyvizek közcsatornán történő gyűjtése, majd települési, vagy regionális szennyvíztisztítóknál történő kezelése esetén is. A szennyvíz-gazdálkodás feladata, hogy minimalizálja az ilyen vízfelhasználás kedvezőtlen hatásait, biztosítsa a szennyvíz szerves, nitrogén és foszfor tápanyagának szükséges mértékű eltávolítását, s a keletkező tisztított víz és tisztítási maradék környezetbarát elhelyezését, természetbe (ideálisan a származási helyére) történő visszaforgatását.

## 1. A szennyvíz elhelyezése környezetünkben

A térségi egyensúlyzavar a szennyvíz mellett a szilárd és gáz halmazállapotú hulladékok elhelyezésével is fennáll. Azoknál a problémát a levegő a talaj és talajvizek szennyezése jelenti. A szennyvíz esetében a szóba jöhető befogadók a felszíni vizek, a talaj, s azon keresztül a talajvizek. Ezért náluk mind a szennyvíz hatásos tisztításáról, mind a tisztítás maradékainak az elhelyezéséről, a természet körfolyamataiba történő visszaforgatásról

gondoskodni kell. Költséges feladat ez a csatornázott térségeknek is, holott úgy tűnhet, esetükben sokkal egyszerűbb, ellenőrizhetőbb mindez. Legfőbb gond ott a helyileg nagy mennyiségekben keletkező maradékok elhelyezése, melyre az agglomerálódott körzetekben az arra alkalmas területek hiánya miatt alig van lehetőség. A tisztított víz befogadására alkalmas vízfolyás az ilyen helyeken rendszerint adott.

A jogszabályokban előírt hatékonyságú tisztítás technológiájának kiépítése, annak helyes, netán optimális üzemeltetése is igen bonyolult, költséges feladat. Különösen igaz ez, ha a tisztítási igényt szükségtelenül túldimenzionálják. Hazánkban jelenleg részben ez is probléma. Egy évtizedig váratott magára a tisztított szennyvizet befogadó élővizek védelmének szélesebb környezetünk (EU) által javasolt irányelvvel (271/1991. EU javaslat) harmonizáló hazai szabályozás megalkotása és törvénybe iktatása.

Mivel a határértékek a kialakítandó tisztítási technológiát behatárolják, elvileg egyértelmű lehetne a szükséges tisztítási technológiák tervezése, s a tervek központosított engedélyezése is. Ennek ellenére a tisztítók kiépítésének az engedélyezése (technológia választás hatósági engedélyezése, véleményezése) sem áll feladata magaslatán. Jóváhagyása a szakismerettel alig rendelkező építető (önkormányzat) részére nem jelent semmilyen minőségi garanciát. Mivel az utóbbiak a tervezés, építés során még nem gondolkodnak a szakismerettel esetlegesen rendelkező üzemeltető kiválasztásáról, s véleményének az előzetes kikéréséről, a hiányosságok csak a névleges terhelésre történő felfutás után derülnek igazán ki. Ez a beruházás és majdani üzemeltetés költségráfordításainak optimalizálását gyakorlatilag lehetetlenné teszi. Ezért is ugorhattak számos kisebb településen a szennyvíztisztítás költségei az elmúlt évtizedben a tapasztalt értékekig.

## **2. Szennyvíztisztítás csatornázott területeken és közvetlen környezetükben.**

Ebben az anyag a nagyobb agglomerációk szennyvíztisztítóinak működését, tápanyag-eltávolítását, keletkező hulladékmennyiségeit nem kívánja részletezni, arról korábban már megfelelő áttekintők készültek. Itt csak ezek tisztítása szilárd maradékainak a problémáját, valamint a település ritkán lakott térségei csatornázásának és szennyvíztisztításának a problémáira utalunk.

A jelenlegi gyakorlat az ilyen területeknél, hogy a csatornázott térségekből összegyűjtött, illetőleg az azok elfogadható költséggel elérhető környezetéből szippantással a szennyvíztisztítóba juttatott szennyvízből a szennyező anyagokat valamilyen áron eltávolításra kerül. A tisztított szennyvizek jelenleg még költségtöbblet nélkül a befogadóba vezethetők. (Kivéve a befogadó határértékeink megsértéséért, annak károsításáért jogos bírságot, ami egyébként a tisztítás többi költségéhez hasonlóan a fogyasztóra hárítható.) A jelenlegi szennyvíztisztítóinknál, melyek szinte mindig valamilyen vízfolyás mellett található, a tisztított folyadék befogadóba vezetése alig jelent gondot.

Általános probléma ezzel szemben a szennyvíziszap feldolgozása, ártalommentes elhelyezése. Bár az elhelyezés jogi szabályozása lassan rendeződik, az iszap nagy tömegű, biztonságos felhasználására nincs megfelelő igény. A valamilyen formában előkezelt, stabilizált szennyvíziszap befogadására termő, vagy parlagon hagyott mezőgazdasági területre történő elhelyezésére sok helyütt (karsztos területek) lehetőség is alig van. Másutt a segítő, befogadó szándék hiányzik. Az utóbbinak részben az iszapminőség a kockázata, aminek az iszap megfelelő előkezelésének hiánya is oka. Célszerű ezért mind az iszap kezelését, mind annak

elhelyezését a jövőben anyagilag központi forrásból jobban támogatni, különben az ellenőrzés nélküli megoldások, elhelyezések válhatnak gyakorlattá.

Az iszapelhelyezés költsége természetesen a fogyasztóra áthárítható. A lakosság hazai anyagi helyzete, az egy főre jutó vízfogyasztási költség minimál vagy átlagbérhez viszonyított nagysága azonban ezt semmiképpen nem célszerűsíti. Sajnálatos, hogy az országban a vízellátás és szennyvíztisztítás ilyen nagy fajlagos költsége a helytelen szabályozás és annak megfelelő tervezés eredményeként egyáltalán létrejöhetett. Mindent el kell követnünk, hogy a jövőben a tisztítás és iszapelhelyezés tervezésénél, kiépítésénél a korábban elkövetett hibák ne ismétlődjenek meg.

A tisztítóktól távolabbi, ritkán lakott térségeknél gondot jelent a tisztítóba szállítandó szennyvíz gyűjtése, tározása és időszakos elszállítása. Az előzők az úgynevezett derítő medencékben történnek. Ha azonban a gyűjtőmedence nem víztömör, az részben elszivárogtató medenceként működik. A tisztítatlan víz elszivárgása a talajvíz káros elszennyezését eredményezheti. Kisebb veszélyt jelentene, ha a nem vízzáró medencékben a szennyvizet levegőztetnék, megtisztítanák, s csak tisztított víz kerülhetne azokból a talajba.

### **3. Nem csatornázott területek szennyvizei tisztítási és elhelyezési lehetőségei**

A csatornázás nagy költségigényt jelent a helységeknek. Általános tapasztalat, hogy a csatornahálózat kiépítési költsége közel kétszerese a végére építendő tisztító költségének. A ritkán lakott térségek esetében megfontolandó, milyen lakos-sűrűség fölött engedhető meg a csatornázás kiépítése, illetőleg milyen lakos-sűrűség alatt célszerű a derítőmedencék kialakítása, s azokból a szennyvíz rendszeres szippantással történő szennyvíztisztítóba szállítása. Fontos ilyenkor a terület, vagy nagyobb térség fejlesztési terveinek gondos mérlegelése is. A jelenlegi hivatalos álláspont szerint Magyarországon a kritikus lakos-sűrűség 35 fő/ha körül van. Ritkábban lakott területeken célszerű a derítőmedencékben történő szennyvízgyűjtésben, egyedi szennyvíztisztítási megoldásokban, kisberendezések alkalmazásában gondolkodni.

Egyértelműen ez a lehetőség tehát azoknál a területeknél, ahol szennyvíz csatorna sincs, s így szennyvíztisztítót sem célszerű kiépíteni. Az ilyen térség pedig az ország területének igen jelentős hányada. Igen változatos lehetőségek adódhatnak ezeknél a szennyvíz tisztítására, de a tisztított víz elhelyezésére is. Meghatározó, hogy van-e egyáltalán lehetőség valamilyen vízfolyásba történő tisztított víz bevezetésre, mert mindenképpen az az olcsóbb megoldás.

A szennyvíz tisztítása az ilyen térségekben, de a kisebb, csatornázott településeken is lehet a hazánkban alig, a fejletlen nyugat-európai országokban elterjedten alkalmazott és központi, jogilag és anyagilag támogatott természetes tisztítás – tisztító tavak, növényzetes szűrő-, illetőleg annak lakásokra, vagy lakáscsoportokra adaptált változatai. Lehetnek azonban az általánosan elterjedt eleveniszapos tisztítók ilyen mérettartományra kiépíthető változatai is. A továbbiakban az ilyen tisztító rendszerek kialakításának lehetőségét üzemeltetési szempontjait kívánjuk részletesebben áttekinteni, éppen a befogadó típusa (állandó, vagy időszakos vízfolyás, illetőleg környezet talajadottságai) függvényében.

A szennyvíztisztítás jogi szabályozása az ilyen rendszerekre napjainkban gyakorlatilag még hiányzik, pontosabban a tisztított víz vízfolyásokba (állandó vagy időszakos) történő vezetésénél az élővizekre vonatkozó előírásokat kell azokra alkalmazni. Ezekre a hazai

élővízekbe történő vízbevezetés minőségi követelményei határolják be a tisztítási igényt. Ez a védettebb területeken mindenképpen megköveteli a folyamatosan jó hatásfokú nitrifikációt és denitrifikációt (nitrogén eltávolítást), sőt a csaknem teljes foszfor eltávolítást is. Ugyanakkor ennél az üzemméret tartománynál téli időszakban tisztítóban a víz hőmérsékletének jelentős lehülése miatt a teljes nitrifikáció nem biztosítható. Más kérdés, hogy az EU ajánlat erre az üzemméretre vonatkozó igényei az ilyen tisztítóban teljesíthetőek lennének, hiszen az a jelenleg érvényes és a közeljövőre javasolt hazai kívánalmaktól eltérően az üzemméret (továbbá a vízhőmérséklet) szerint is megfelelően differenciálja a követelményeket, lehetővé téve a jogi előírások betarthatóságát.

Bonyolultabb a helyzet azokat a lakóépületi, vagy lakáscsoportokat ellátó szennyvíztisztítókat illetően, melyek a tisztított vizet nem tudják befogadóba vezetni. Ezeknél elvileg szóba jöhet a tisztított víz út menti árkokba történő elhelyezése, s azokból a település alatti, felszín közeli talajrétegbe történő elszivárogtatása is. Ez megfelelően kialakított elosztócsövekkel magánterületekre, esetleg közterületekre történő elszivárogtatással (víz utánpótlással) is megoldható. Ez természetesen gondosan tervezendő, hiszen a fertőtlenítést ezeknél a tisztítóknál nem valószínű, hogy valaha is meg lehessen követelni. A fertőzés veszélye ezért a talajfelszínről történő elszivárogtatásnál konyhakerti növények esetében számottevő.

A lakossági szennyvizet az ilyen tisztítás és hasznosítás esetén is védeni kell a káros szennyezők bejuttatásától (tisztító, vagy tisztítás védelme). Ezek a háztartások vagy kisebb gazdaságok esetében a mérgező anyagok, növényvédő-szerek, olajok, oldószerek, fa és egyéb felületek kezelésére használt vegyszerek, savak, lúgok, sóoldatok, és a túlzott zsírterhelés. Ezek a tisztító biológiai működését, illetőleg a fázisszétválasztást számottevően zavarhatják. Ajánlatos ezért a felsorolt anyagok visszatartása a szennyvíztől, illetőleg a zsíros háztartási hulladékok szilárd hulladék vonalra történő átirányítása. Az utóbbi érdekében a zsírokat vízmentesen ajánlatos szalvétával eltávolítani a mosogatás előtt a tisztított felületekről. A zsíros szalvétát semmiképpen ne a WC öblítőjébe, hanem a személtárába célszerű helyezni.

Az ilyen szennyvizek tisztítására tehát egyaránt elképzelhető megoldás a növényzetes szűrés (biológiai szűrő), az eleveniszapos, vagy akár a rögzített filmes, szűrős tisztítás is. Ennél az üzemméretnél télen mindegyik megoldásnál szükségszerű a nitrifikáció lelassulása és az ammónium nagyobb koncentrációban történő jelentkezése a tisztított vízben. Ez azonban a tisztítóban más időszakokban is jelentkező kevés nitráthoz és foszfáthoz hasonlóan a víz talajba történő elszivárogtatását nem akadályozza meg. A nitrogén-formák ilyen kis mennyiségei a talajfelszín közeli rétegeiben döntően megkötődnek, majd a növények révén hasznosulnak, illetőleg nitrogénné bomlanak. A foszfát kicsapódik, kiszűrődik a talajvízből. Fontos azonban, hogy a talaj vízterhelése is megfelelő legyen. Az elszivárogtatással ilyenkor nagyrészt biztosítható a környezet öntözővíz igénye. Túlzott vízmennyiségek elszivárogtatása ezzel szemben csakis a talaj és talajvíz viszonyok pontos ismeretében tervezhető.

#### **4. Az öntözhető víz mennyiségének a számítása**

Az öntözővíz igény számítása, illetőleg ilyen öntözés tervezése a lakosonkénti éves vízfelhasználás és az általuk lakott területre öntözhető víz mennyisége egyensúlyának biztosításán alapul. Az előző napi 70-150 l/fő, ami 26-54 m<sup>3</sup> éves lakosonkénti vízfelhasználás. Az öntözővíz igény ezzel szemben a csapadék éves hazai mennyisége mellett 0,3-05 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> év. Olasz nyárfás terület öntözésekor ez az érték a 2 m<sup>3</sup>/év érték is lehet annak nagy párologtató képessége következtében.

Az előző értékek átlagával számolva ( $40 \text{ m}^3/\text{fő} \times \text{év}$  és  $0,4 \text{ m}/\text{év}$ ) egy lakos szennyvizének az elhelyezésére (téli elszivárogtatást is biztosítva)  $100 \text{ m}^2$  szükséges. Ez természetesen nem épülettel beépített, hanem szabad földfelszín. A beépítettséget figyelembe véve a falusias jellegű településeken egy hektár földterületre ( $100 \times 100 = 10\,000 \text{ m}^2$ ) mintegy 50 lakos tisztított szennyvize öntözhető el minden különösebb folyadék túlterhelés nélkül. Láthatóan ez nagyobb lakos-sűrűség, mint amit a közcatorna gazdaságos kiépítése határértékének tekintenek ( $35 \text{ fő}/\text{ha}$ ). Ilyen lakos-sűrűségnél az előntözés a megfelelő talajjal rendelkező területeken ezért nem jelenthet nehézséget. A megfelelő talaj természetesen a talajvízszint megfelelő mélységét is jelenti. Rendszeresen elárasztott területeken, vagy igen magas talajvízszint esetén az előntözés lehetetlen. A vízterheléssel egyidejűleg figyelembe kell azonban venni az öntözésnél a talaj tápanyagokkal történő terhelhetőségét is a megelőző szennyvíztisztítás tervezése érdekében.

## 5. A tápanyagterhelés számítása

Az előbb számított  $40 \text{ m}^3/\text{év}$  szennyvíz mennyiséggel egy lakos átlagosan mintegy  $22 \text{ kg BOI}_5$  (szerves anyag),  $4,5 \text{ kg N}$  és  $0,65 \text{ kg P}$  tápanyagot juttat be a szennyvíztisztítójába. A szerves anyag döntő része  $\text{CO}_2$ -vé, kisebb része szennyvíziszappá alakul (néhány  $\text{kg}/\text{év}$ ). A termelődő iszapfölsleg évente egyszeri szippantással akár egy elszivárogtató árokba is kihelyezhető, majd szikkadását követően elföldelhető a további stabilizálás, humifikálás biztosítására. A szerves szennyező anyagoknak a tisztított vízzel csupán  $1-2 \%$ -a juthat a talajba, ami elhanyagolható szerves anyag terhelést jelent az elszivárogtatásnál.

A tisztításkor a szerves-nitrogén és ammónium döntő része is eltávolításra kerül az ammónium oxidációja és a keletkező nitrát redukciója során. Így a nitrogén-terhelésnek csak maximálisan  $20-30 \%$ -a kerülhet a befogadó vízrétegekbe, az is döntően nitrát formájában. A nitrát egy része a talajban redukálódik, tovább csökkentve a nitrát-szennyezés veszélyét. A csapadékvizekkel és a talajvíz mozgásával nitrát tovább hígul, koncentrációja a határérték alá csökken. Ettől függetlenül a tisztítással gondoskodni kell a nitrifikáció / denitrifikáció kellő határfokának biztosításáról, ami garantálja az előbb említett nitrogén eltávolítási határfokot.

Az egy lakos által elhasznált vízmennyiséghez a javasolt  $200 \text{ m}^2$  talajfelületre így már csak évi  $1 \text{ kg}$  nitrát-nitrogén terhelést számolhatunk, ami  $50 \text{ kg}/\text{ha}$  nitrogén tápanyag bevitelét jelenti. A beépített részek alatti területeket figyelmen kívül hagyva a dózis persze a duplája, de a talajvíz nem ismeri az ilyen behatároltságot a mélyebb rétegekben. Az összes területre jutó nitrogén-terhelés ugyanakkor a mezőgazdaságilag hasznosított területekre javasolt átlagos nitrogén igény. A talaj termő rétegében ezért a nitrogéntápanyag szinte teljes mértékben hasznosulhat. Nem jelent ezért problémát a talajvízben a hosszabb távú folyamatos elhelyezés esetén sem. Valamelyest ugyan a házak közötti területek, kertek „felszínközeli” talajvizének a nitrát tartalmát növelheti, de onnan ma már ritkán történik a vízkivétel lakossági ivóvízellátás céljára.

A szennyvíz foszfor tartalmát illetően is hasonló a helyzet. Annak ugyan döntő része a tisztított szennyvízzel a talajba kerül, de a fél  $\text{kg}/\text{fő}$  évi foszfor-terhelés a  $200 \text{ m}^2$  felületre számolva olyan érték, ami éppen megfelel a növénytakaró foszforigényének ( $50 \text{ kg}/\text{ha}$ ). A talaj szűrő, megkötő hatása egyébként, mint már említettük a foszfor nagyobb részét immobilizálja, kivonja a talajoldatból.

Láthatóan a lakóház, vagy lakóház-csoportos kisebb szennyvíztisztítók kiépítése esetén a tisztított szennyvíz az adott elszivárogtatási sebességgel biztonságosan elhelyezhető a

környezet talajvizébe. A kritikus lakósűrűség, ameddig a talaj befogadni képes a lakosság által elhasznált, majd megtisztított szennyvizet, megfelelő talajadottságok esetén 50 lakos/ha. A talajréteg vastagsága, a talajviszonyok, a magas talajvízszint természetesen ezt a maximális értéket csökkentheti. A lakosonkénti 200 m<sup>2</sup>, vagy 64 négyszögöl, családi házanként mintegy 200-300 négyszögöl területigényt jelent. Ez a területigény a házak melletti, vagy mögötti kertek, üres területek felhasználásával a legtöbb esetben biztosítható a tisztított víz elhelyezésére, elszivárogtatására.

## 6. Az öntözés, elszivárogtatás szabályozása

Megfelelő talajviszonyok esetén akár növényzetes árokból, csatornából is elszivárogtatható a tisztított víz a környező talajba. Ezzel a tápanyagok visszatartását, hasznosítását tovább fokozhatjuk, csökkentve a mélyebb rétegekbe szivárgó víz nitrát-tartalmát. Az ilyen elszivárogtató árkok tervezése, kiépítése is megfelelő gondosságot igényel, hiszen a víz megfelelő elosztásának, az egyes árokszszakaszok ciklikus öntözését biztosítani kell.

## 7. A szennyvíztisztítás kiegyenlítése, szabályozása

A kiegyenlítési igény igaz a tisztításról az öntözésre történő folyadékfeladás szabályozására is, mivel annak keletkezése a tisztítás típusától függetlenül szinte mindig szakaszos. Ennek az oka, hogy a tisztítót az időjárás behatásától (szennyvíz túlzott lehűlése) megvédendő, célszerűen a földfelszín alá, többé-kevésbé termosztált környezetbe kell helyezni. A szennyvíz keletkezése szakaszos, a mindenkori vízigénynek megfelelő. Ezért a tisztító belépő és kilépő pontján is valamilyen kiegyenlítő térfogat kialakítása szükséges. Csak így biztosítható a biológiai folyamatok egyenletessége, a mikroorganizmusok hasonló tápanyag-ellátottsága.

A belépő ponton célszerű egy hidrolizáló tér kialakítása, melynek feladata a hidraulikus- és tápanyag-terhelés kiegyenlítésén túl a szerves anyagok anaerob előkezelése. Ez a tápanyagok oxidációját és a denitrifikációt végző mikroorganizmusok számára jobban hozzáférhetővé, gyorsabban felvehetővé alakítja a nagy molekulású szerves vegyületeket. Különösen fontos ez a denitrifikáció folyamatánál a kellő sebességű és hatékonyságú nitrát redukció biztosítására.

A szerves anyag eltávolítása a szennyvízből a már említett széndioxidra történő oxidációt, illetőleg a szerves anyag kisebb részének szilárd állapotú maradékká (elhalt sejtek, sejtfal anyag) történő alakítását jelenti. Minél kisebb egy tisztító fajlagos (relatív térfogati-, iszap-) terhelése, annál kisebb a fajlagos iszaphozama. A szerves tápanyag döntő része széndioxidra alakul. A széndioxid a tisztítóból a levegőbe kerül. A szilárd maradék elválasztása a tiszta víztől, attól függően, hogy milyen a tisztítás (eleven iszapos, vagy valamilyen rögzített filmes) eltérő. Az eleven iszapos, vagy a csepegtetőtestes megoldásnál ülepítésével történik. Ez folyamatos, vagy ciklikus lehet. Az elkülönített iszap nagyobb részét vissza kell vezetni, vagy tartani a biológiai részbe a mikroorganizmusok tevékenységének sokszori, ismétlődő hasznosítása érdekében. A fölöslege, mint már említésre került, évente egy-két alkalommal kiszippantva az öntözött területen kialakított szikkasztó árokba is helyezhető.

A szűrő elven működő rögzített filmes megoldásoknál, mint amilyen a gyökérszűrős, vagy mesterséges biológiai szűrő, a fölösiszap eltávolítása nehézkes, eltömődése esetén a szűrőréteg teljes cseréjét is igényelheti. Ezeknél a terhelés pontos méretezésével kell biztosítani, hogy a biológiai szűrőben a fölösiszap terhelés annyira kicsi legyen, hogy csak

igen ritkán váljon szükségessé szűrőcsere. A szűrő anyaga azt követően komposztként hasznosítható.

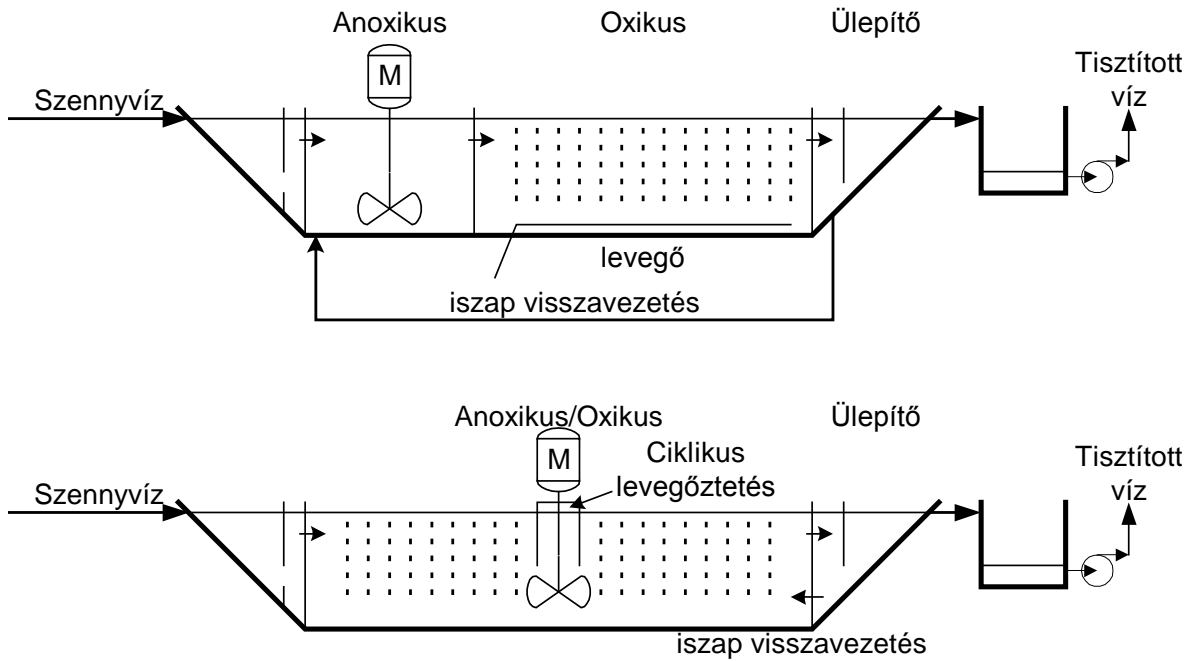
A két említett szűrőtípus működése persze nagyon eltérő. A gyökérszűrő rendszer az oxigénellátást döntően a növények gyökerein keresztül biztosítja. A mesterséges bioszűrőknél az oxigénellátást a szűrő felületi folyadékterhelésével, locsolásával kell biztosítani. Ilyenkor a tisztított víz többszöri visszaforgatása, esetleg a szűrő több rétegből történő kialakítása és a rétegek közötti levegőztetés biztosítása is szükséges lehet a kellő oxigénellátáshoz. A szűrők esetében azonban az eleveniszapos rendszerekhez hasonlóan a megfelelő denitrifikáció biztosítása csak a nitrifikált víz nem levegőztetett szakaszba történő visszaforgatásával lehetséges. A gyökérszűrőknél ezek a folyamatok szimultán játszódnak le az oxigénnel gyengébben ellátott elárasztott iszapterben. A rögzített filmes szűrőknél ezzel szemben a nyers szennyvíz betáplálásánál kialakított, nem levegőztetett, elárasztott szűrőréteg biztosíthatja ezt a feladatot.

A szakaszos folyadékfelvétel miatt a gyökérszűrést kivéve minden esetben megfelelő illesztésre, szabályozásra van szükség a tisztítás végpontján. Jó utóülepítés esetén a szennyvíz belépő pontján a hidraulikus és szerves anyag terhelés kiegyenlítése kevésbé fontos, mert mind a biológiai rendszer, mind az utóülepítő nagy térfogata is kellő kiegyenlítést jelent. A bioszűrőknél az iszap visszatartását maga a szűrőanyag végzi. Iszapterhelésük ezért is kisebb kell, hogy legyen. A folyadékfelvétel ennek ellenére a szűrt víz szivattyúzás igénye miatt szakaszos, amihez kellő tározó térfogat szükséges.

Igen fontos a mikroorganizmusok oxigénellátásának a szabályozása. A szerves szén és ammónium oxidációja ugyanis oldott oxigénnel történik. Az utóbbi oxidációjakor keletkező nitrát redukációjához azonban oxigénmentes környezet kell. Ez azt jelenti, hogy vagy szeparált, levegőztetett, és nem levegőztetett tereken kell a folyadékot cirkuláltatni a tisztítórendszerben, vagy ugyanazon térben, időben kell ciklizálni a levegőztetést, biztosítva ezzel a szükséges körülmények kialakítását. Elvileg mindegyik megoldás alkalmazható az eleven iszapos megoldásoknál. A bioszűrők esetében az utóülepítő hiánya miatt a szűrő kilépés előtti részén folyamatosan jó oxigénellátás kell, amiért is ott a nitrát redukálása célszerűen elárasztott szűrős elődenitrifikálással javasolható.

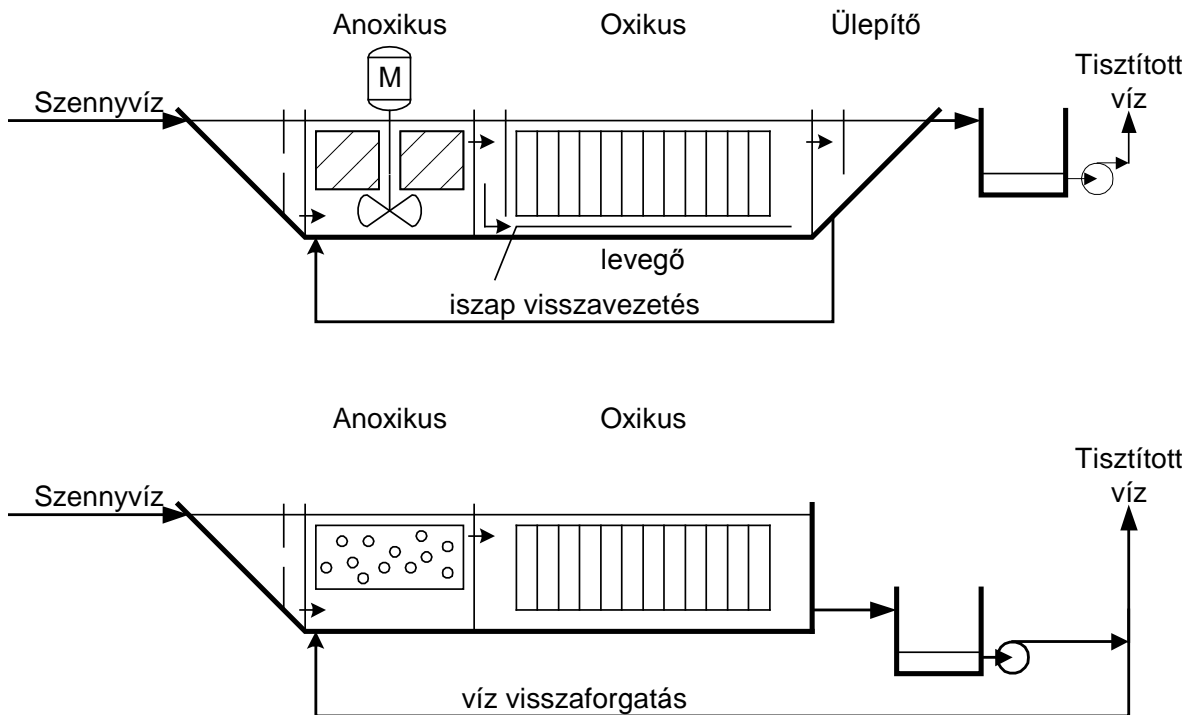
Az eleveniszapos szennyvíztisztítás gyakorlatában mindkét megoldás egyaránt alkalmazott. Az elsőnél folyamatos lehet a levegőztetés, de folyamatosan recirkuláltatni is kell az iszapos víz egy részét. A másodiknál nem kell két medencetér, illetőleg belső recirkuláció, de a levegőztetést kell célszerűen ciklizálni. Sematikusan ezek a megoldások az **1. ábrán** láthatók.

A biológiai szűrők ma még kis és nagy méretekben is kevésbé elterjedtek, bár igen gyors fejlesztés alatt állnak. A kisebb, lakások, vagy lakáscsoportok szennyvizének tisztítására alkalmas egységek ma még alig léteznek, így a levegőztetésük is a lehető legegyszerűbb. A kis kapacitás miatt talán a jövőben sem lesz különösebben érdemes túlzottan bonyolult levegőztető rendszerek kialakítása az ilyen tisztítókhoz. A denitrifikáló, és szerves szén eltávolító szakaszaikat lehet, hogy egyszerűbb lesz elárasztott, hordozó töltetes, rögzített filmes egységként (estlegesen ülepítővel is kiegészítve) kiépíteni, s csak a nitrifikációt bízni rá az igazi szűrőként kialakításra kerülő befejező részre. A denitrifikáció mindenképpen elárasztott megoldású kell, legyen.



1. ábra: A térben és időben ciklizált eleveniszapos nitrifikáló/denitrifikáló szennyvíztisztító technológiai sémája.

Mivel a denitrifikáló – fermentáló szűrőrész a keletkező illó savaktól meglehetősen illatos lehet, ezt az egységet zárt rendszerűvé kell kialakítani, s az eltömődés megakadályozására durvább töltettel kell ellátni. A kis molekulatömegű szerves anyagok és az ammónium ezt követő oxidációjára azután már sokkal finomabb hordozós bioszűrő is alkalmazható. Az ilyen tisztítás kialakításának a sematikus vázlatát látható a 2. ábrán.



2. ábra: A nitrifikáló/denitrifikáló biológiai szűrés kialakításának sémája



A fenti folyamatokon túl, további foszfor eltávolítás a talajba történő tisztított víz elszivárogtatás esetén nem szükséges. A teljes biológiai foszforeltávolításra alkalmas tisztítók elvükben is bonyolultabbak az ábrákon bemutatottnál, ismertetésük itt eltekintünk. Csak annyit róluk, hogy ha mégis szükség van ilyenre a nagyobb szennyvíztisztító egységeknél, a hatásos biológiai többletfoszfor eltávolításhoz még egy medencetér kialakítása szükséges megfelelő iszaprecirkulációval, szennyvízbevezetéssel és mechanikus keveréssel.

A vegyszeres foszfor eltávolítás egyébként nagy iszaphozama miatt jelentene gondot a lakóházakhoz, lakóházcsoportokhoz készítendő, kis iszaptermelésre tervezendő tisztítók esetében. A szűrőbiológia működését annak eltömődése miatt egyértelműen leállítaná.

## 8. A tisztítás térfogatigénye

A szennyvíztisztítás vonatkozásában az alapvető kérdés azonban az, hogy egy lakosra számolva mekkora tisztító térfogat kell az előző lehetőségek megvalósítására. Az eleven iszapos tisztítás esetén a levegőztető és denitrifikáló reaktorok átlagos térfogati terhelése 250 g KOI/m<sup>3</sup> nap érték alatt tervezendő, ami teljes oxidációt (szerves anyag és ammónium-nitrogén) garantál. Ilyenkor a maradék iszap a tisztításnál elhanyagolható. A medencékben kialakítandó iszapkoncentráció mintegy két kg/m<sup>3</sup>. Mivel egy lakos napi KOI terhelése a szennyvízében mintegy 110 gramm, az annak tisztításához szükséges medencetérfogat igény mintegy fél köbméter.

Természetesen a két említett medencerészen túl a tisztítónak a már korábban említett szennyvíz kiegyenlítést, az iszap ülepedését és visszaforgatását, valamint a tisztított víz kihelyezés előtti tározását biztosító térfogatokot is tartalmaznia kell. Ugyanez igaz a levegőztetés igényre, ami mintegy 120-130 g oxigén, vagy 4,5-5 m<sup>3</sup> levegő bevitelének igényét jelenti naponta, lakosonként. Ennek lehetősége a levegőztető keverők és az elektronika mai fejlettségei szintjén már nem jelent nehézséget. A levegőztetési ciklusok hosszának beállítása az üzemeltetésnél már akár a lakásban elhelyezett szabályozó egységről is biztosítható. A folyadékfeladásokat szintjelzők szabályozhatják megfelelő hibajelzőkkel, ami az üzemeltetés felügyelet igényét minimálissá teheti.

A bioszűrők alkalmazása jelenleg még a műszakilag fejlettebb országokban is ritkább, de feltehetően ugyanolyan népszerűsége tesz majd szert a jövőben mint az előző változat. A denitrifikáció kialakítása feltehetően elárasztott rendszerű lesz durvább töltött oszloppal, míg a szűrés hordozója napjaink fejlesztési tevékenysége eredményeként igen változatos lesz. Valószínű, hogy a szűrés is az eleven iszapos rendszer térfogatigényéhez igen közeli szűrőtérfogat igényt jelent. Így a tisztító szükséges összes térfogatigénye is hasonló lesz. A bioszűrőknél a levegőztetés igénye is különleges kiépítéseket fog kialakítani. Itt a folyadék cirkuláltatásának szabályozása (szűrő locsolás) és a bioszűrő megfelelő oxigénellátása (esetleges réteges kialakítás a szabadtérfogatok kellő levegőellátásával) jelent ma még pontosítandó feladatot. A rendszer üzemeltetése azonban a másik típuséval azonos szabályozás kialakítással biztosítható.

## Összefoglalás

Az áttekintő a ritkábban lakott térségek, ma még nem kellő biztonsággal megoldott szennyvíztisztításának, tisztított víz elhelyezésének lehetőségeit foglalta össze, kitérve a keletkező iszap, és egyéb szilárd melléktermékek újrahasznosítási lehetőségeire is.

Az ilyen tisztítás hazai fejlesztése és gyakorlati alkalmazása azonban csakis akkor lehetséges, ha a jogi szabályozás azt engedélyezi. Ebben a tekintetben gondot jelent majd a lakosonkénti szennyvíztisztítás ellenőrzésének a kérdése. Ezt csakis a tisztítóberendezések technikai és műszaki állapotának (esetleg a gázkészülékekéhez hasonló) felügyeletével lehet biztosítani. Ilyen megoldással az üzemeltetés ellenőrzése nem annyira a tisztított víz minősége, hanem a berendezés üzembe kapcsolásának, s a részegységek működésének szemrevételezése alapján lehetséges. A tisztítás elterjedése a fentieknek megfelelően jelenleg kisebb műszaki fejlesztési és lényegesen nagyobb jogi szabályozási fejlesztést igényel országunkban.