

# Innovatív szennyvíztisztítási módszer vizsgálata kommunális szennyvíz kémiai kezelésére

## Examination of innovative waste water treatment method for chemical treatment of municipal waste water

A. TRUZI<sup>1</sup>, I. BODNÁR<sup>2</sup>, Z. FÜLÖP<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, alexandra.truzsi@gmail.com

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem, bodnari@eng.unideb.hu

<sup>3</sup>Debreceni Vízmű Zrt., fulop.zoltan@debreceni-vizmu.hu

*Absztrakt: A VízTEC Zrt. és a Debreceni Vízmű Zrt. vezetősége kölcsönösen kifejezte azon szándékát, hogy a debreceni szennyvíztisztító telep intenzifikálásának vizsgálatára vonatkozóan kijelöljön egy kutatási időszakot. Ezen időszak alatt a VízTEC Zrt. új fejlesztésű terméke, a VIRON Plus 40 koagulálószer kerül kipróbálásra. A kutatás célja a VIRON Plus 40-el történő intenzifikálás lehetőségeinek vizsgálata a debreceni szennyvíztisztító telepen. Az új generációs koagulálószer feladatai a szerves foszfor kicsapódásán túlmutatnak, illetve egyre bővülnek. A modern szennyvíztelep már nemcsak megtisztítja a vizet, hanem energiát és hasznosítható iszapterméket állít elő. A megfelelő energiamérleg, költséghatékonyság és a szén-dioxid kibocsátás minimalizálása fokozódó hangsúlyt kap az üzemeltetésben.*

*Abstract: The VízTEC Ltd. and Debrecen Waterworks Co.'s management mutually expressed their intention, that to designate a period of research examining the Debrecen Waste Water Treatment Plant's (WWTP) intensification. During this period, the newly developed product, VIRON Plus 40 coagulating agent will be tested provided by the VízTEC Ltd. The aim of using the VIRON Plus 40 coagulating agent is the examination of intensification opportunities of Debrecen WWTP. The functions of the new generation of coagulants go beyond inorganic phosphorus precipitation and are growing. A modern WWTP is not only clean the water but also produces energy and usable sludge product. The appropriate energy balance, cost efficiency and carbon dioxide emissions reduction get increasing emphasis in WWTP' operations.*

## Bevezetés

Ma már a víz sem korlátlan természeti erőforrás, mivel élővizeink szennyezettségének mértéke növekszik, ennek csökkentése érdekében egyre nagyobb szükség van arra, hogy a felhasznált vizet, megfelelőképpen tisztítva juttassuk vissza a befogadókbá. Sajnos a többcélú jó minőségű vízkészletek mára nagyrészt korlátozottan férhetőek hozzá, ezért mindent meg kell tenni annak érdekében, hogy az

újrafelhasználási lehetőségek egyre növekedjenek. Ráadásul mindezt a társadalom széles körei által is megfizethető eljárásokkal, módszerekkel kell elérni [1].

Az Európai Unió csatlakozással járó elvárások ismeretében a környezet állapotának átfogó javítása Magyarországon is fontos szempont, úgy az ember, mint más élőlények életkörülményeinek fenntartása, illetve javítása céljából [2]. A szennyvizek tisztítása kiemelten aktuális környezeti probléma, hiszen a vonatkozó törvényi előírások arra kényszerítik a különböző ipari szennyező anyagok kibocsátóit, hogy az új technikákat ne csak értékes termékeik kinyerésére, hanem szennyező anyag kibocsátásuk csökkentésére is felhasználják. Ezek alapján a szennyvizek szükséges tisztítási fokát a befogadó viszonyai, a tisztítandó szennyvíz mennyisége, a tisztított szennyvízzel a befogadóba engedhető szennyező anyagok mennyisége, a gazdaságossági szempontok, valamint az egyes országokban érvényben lévő vízvédelmi jogszabályokban meghatározott tisztítási határértékek befolyásolják [3].

## 1. Szakirodalmi és jogszabályi háttér

### 1.1. Vegyszeres foszfor eltávolítás

A szerves anyag szennyvíziszappá alakítása során felvételre kerülő foszfort, a biológiai többletfoszfor eltávolításon túl, kémiai úton, vegyszeres kicsapattal is el lehet távolítani. A szennyvizek vegyszeres foszfor kicsapattánál erre a célra általában a többértékű fémionok, mint vas-, alumínium- vagy kalcium-ionok használatosak [4].

### 1.2. A tisztított szennyvíz bevezethetőségének vizsgálata

A tisztított települési szennyvizek felszíni befogadóba történő bevezetését a 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet szabályozza. Ez a különböző komponensekre kibocsátási határértékeket ad meg és a veszélyes és mérgező anyagok tekintetében előírja, hogy ezeket a 10/2000. (VI. 2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendeletben szereplő, a felszín alatti vizekre vonatkozó (B) szennyezettségi határértékek betartásával kell megállapítani.

## 2. Anyag és módszer

A VIRON Plus 40 kezelőszer vas(III)-ion tartalma erőteljes koaguláló hatású, mely első lépésben a nyers szennyvíz nem oldott szennyeződéseinek kiülepítését intenzifikálja. A termék tartalmaz oldott állapotban lévő, megújuló forrásból származó, könnyen bontható szerves szénvegyületeket, mely az anoxikus medencében a denitrifikációs folyamatoknak kedvez. Az előülepítő intenzifikálása miatt, ezáltal a levegőztető medencére már csak a nitrifikációt nem zavaró, nehezen lebontható szénvegyületek töredék része jut. A nehezen lebontható szénvegyületek (pl. fehérjék) a telep ammónia terhelésének forrásai is legalább egyharmad részben, mely a levegőztető medencében a tisztítási folyamat közben képződnek. Ezen vegyületek a VIRON Plus 40 kezelőszer adagolása mellett az előülepítőn keresztül közvetlenül a rothasztó toronyba kerülnek, ahol szén-dioxid helyett metán gázzá

alakulnak. Mindezzel a lebontás helye is megváltozik, azaz a levegőztető medence kiváltása történik, ami jelentős villamos energia megtakarításban mutatkozik meg.

A jól sűrítendő és könnyen bontható nyers iszap mennyisége jelentősen megnövekszik, míg a képződő fölös iszap mennyisége csökken. A rothasztó toronyból elvett víztelenítésre váró iszap alacsonyabb szerves anyag tartalma kedvezőbb polielektrolit költségeket és összességében jelentősen kisebb mennyiségű, elhelyezésre váró iszap képződését eredményezi [5].

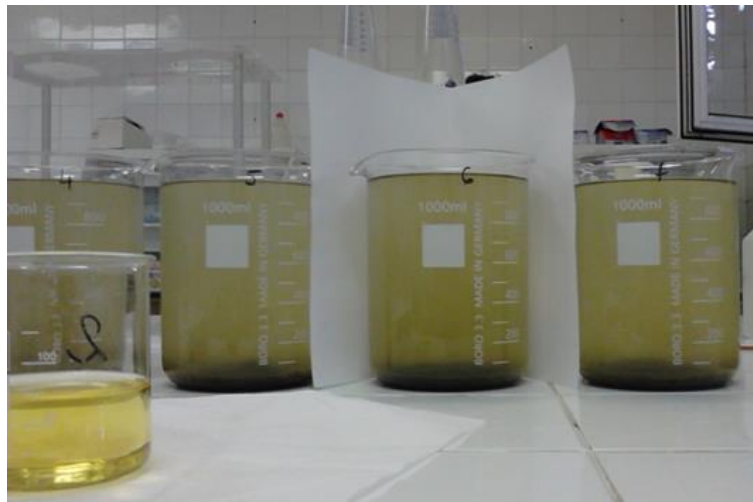
Az előülepítő elé adagolt VIRON Plus 40 kezelőszer fontos hatásai közé tartozik, hogy hozzájárul a foszfortartalom csökkentéséhez, illetve vastartalma képes a biogáz kén-hidrogén koncentrációját is a kívánt szint alá szorítani.

### 3. Eredmények és értékelésük

#### 3.1. Ülepedési határfok vizsgálata

A kutatás során célunk volt, hogy az ülepedési határfok vizsgálatával a Dorr-típusú előülepítőben lejátszódó folyamatokat modellezzük laboratóriumi körülmények között, mellyel a VIRON Plus 40 kezelőszer gyakorlatban történő alkalmazását szeretnénk volna megalapozni. Ennek figyelembevételével a mintavétel a homokfogó elfolyó részéből történt, mely során a vett kb. 14 liter mennyiségű szennyvízmintát a telepi laboratóriumba szállítottuk.

A VIRON Plus 40 kezelőszert növekvő mennyiségben pipettáztuk a szennyvízmintákhoz, majd az adagolását követően a mintákat a benne lévő kezelőszerrel együtt keverőpálca segítségével homogenizáltuk és 1,5 órán keresztül állni hagytuk (1. ábra), miközben folyamatosan figyeltük hogyan változnak az idő függvényében a különböző organoleptikus tulajdonságok.



1. ábra: Ülepedési határfok meghatározása

A megfigyeléseink alapján elmondhatjuk, hogy 60 ppm-et meghaladó koaguláns dózist alkalmazva a kémiai kezelést követően a maradék lebegőanyag koncentráció általában 30 mg/l-nél kisebb szintre csökkenthető, viszont ez jelentős mértékben függ a nyers szennyvíz minőségétől, valamint az üleptetés

hatékonyságától is. Ez a nyers szennyvíz lebegőanyag tartalmához viszonyítva általában 80-85 %-ot meghaladó eltávolítási hatékonyságnak felel meg.

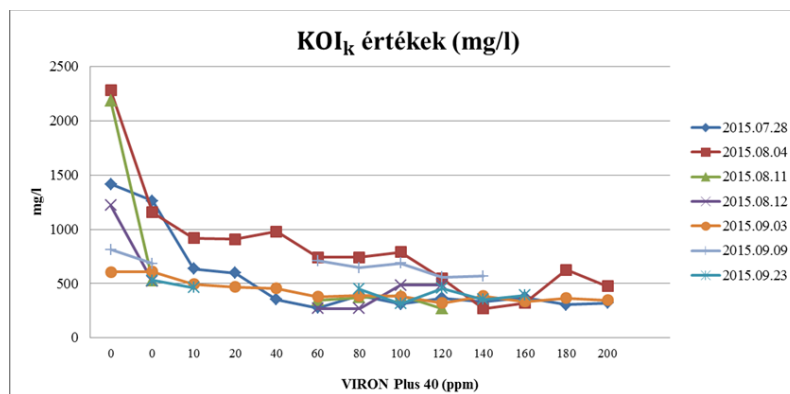
Természetesen a kicsapási folyamatok hatékony megvalósulása alapvető feltétele annak, hogy a jó hatásfokú lebegőanyag eltávolítás eredményes legyen egyes, eredetileg oldott állapotú szennyezőanyagok (ortofoszfát-, illetve szulfid-ionok) koncentrációjának csökkentésében [6].

Összességében elmondható, hogy a kutatás során végzett laboratóriumi kísérletek alapján sikerült megállapítanunk, és ezzel alátámasztanunk azt a kijelentést, hogy a telepnek az optimálisnak tekintett kezelőszer dózissal (100 ppm) nem érdemes többet adagolnia a homokfogó elfolyó részébe áramló nyers szennyvízhez.

### 3.2. Dikromátos oxigénfogyasztás ( $KOI_k$ ) mérési eredmények

A nyers szennyvízben jelenlevő lebegőanyagok koaguláltatása és üleptése során egyúttal jelentős mennyiségű szerves anyag eltávolítására is sor került [2]. A szennyvízminták dikromátos oxigénfogyasztását kálium-dikromát és katalizátor jelenlétében kénsavas közegben roncsoló küveták segítségével határoztuk meg, ahol a kálium-dikromát a jelenlévő, és az adott körülmények között oxidálódó szerves anyagokat oxidálta.

A  $KOI_k$  mg/l koncentráció egységben megadott értékeit a 2. ábrán foglaltuk össze a VIRON Plus 40 dózis függvényében. A vízszintes tengelyen az első két értéknél az üleptített és a homogenizált nyers szennyvíz dikromátos oxigénfogyasztás mérési eredményei láthatóak, melyek közül az augusztus elején detektált nyers szennyvíz koncentrációi meghaladták a 2000 mg/l értéket.



2. ábra: A kezelt szennyvíz kémiai oxigénigény koncentrációja a VIRON Plus 40 dózis függvényében

A diagram is nagyon jól szemlélteti, hogy a nyers szennyvíz  $KOI_k$  koncentrációja esetén 60-80 ppm mennyiségű VIRON Plus 40 kezelőszer adagolásával maximálisan 55-75 %-os szerves anyag eltávolítás biztosítható.

### 3.3. Ortofoszfát-ion koncentrációjának meghatározása

A kutatás során a nyers szennyvízminták kémiai kezelésekor, 10-50 ppm VIRON Plus 40 kezelőszer mennyiségek adagolása esetén 10 mg/l-nél kisebb ortofoszfát koncentrációkat tudtunk biztosítani a kezelt szennyvízben. A kicsapószer adagok további növelésével (50-150 ppm) a technológia végén a tisztított szennyvíz ortofoszfát tartalma akár 10-20 mg/l-re is lecsökkenthető.

### 3.4. Összes foszfor (TP) tartalom meghatározása

Az előülepítő előtt adagolt VIRON Plus 40 kezelőszer kisebb része a foszfát ionokkal reagált, nagyobb része fém-hidroxidok kialakulását követően a nyers szennyvízben található kolloid, kvázi-kolloid mérettartományba tartozó részecskék koaguláltatásában, flokkuláltatásában vett részt.

Az összes foszfor meghatározásához csakúgy, mint a  $KOI_k$  meghatározásához itt is roncsoló küvetákat használtunk. Elmondható, hogy a foszfor eltávolítás az általunk használt VIRON Plus 40 kezelőszer adagolásának hatására javult, hiszen a régebbi vegyszerek alkalmazásához képest sokkal jobb eredményeket ért el a telep, a tisztított szennyvíz összes foszfor koncentrációjának átlagosan 0,2-0,7 mg/l értékek között tartásával.

## 4. A kezelőszer adagolás alkalmazásának gazdaságossági számítása

A gazdaságossági számításnál felhasznált adatokat a Vízmű Zrt. tájékoztatása alapján vettük fel. Összehasonlítottuk a korábbi vegyszerek (Piral 1 és Piral 1 S), illetve a VIRON Plus 40 kezelőszer adagolásával üzemelő technológia működését. A kapott eredmények megmutatták számunkra, hogy kezdetben a régi vegyszerekkel, majd azokkal párhuzamosan, végül már csak a VIRON Plus 40 kezelőszer adagolásával hogyan változtak a szennyvíztisztító telep üzemeltetési költségei.

### 4.1. Ráfordítások a kísérlet ideje alatt

A kutatás kezdetétől egészen az október 1-ig tartó időszakban az elérendő cél és foszfor tartalomtól függően, a telep a bejövő átlagosan 35.000 m<sup>3</sup>/nap szennyvíz mennyiségével arányosan adagolta a VIRON Plus 40 kezelőszert. A kísérlet első két hetében fokozatosan növelték a kezelőszer mennyiségét, míg a harmadik héttől már folyamatosan, a végleges 100 ppm (2,5 m<sup>3</sup>/nap) mennyiségű kezelőszer adagolása történt a homokfogó elfolyó részéhez. Ezzel párhuzamosan a korábban adagolt Piral 1 vegyszert egyre kisebb dózisban jutatták a szennyvízhez, majd a 3-4. héten már teljesen elhagyták az alkalmazását. A kísérlet kiértékelésénél a július 17-től október 1-ig terjedő időszakot vettük figyelembe, mely során a felhasznált VIRON Plus 40 kezelőszer 203,71 m<sup>3</sup> volt, mellyel így a kezelőszer adagolása 81 %-kal került többre, mint az előző vegyszerek alkalmazásával.

### 4.2. A korábbi vegyszeradagolás leállításával előálló megtakarítás

A Piral 1 és a Piral 1 S vegyszerek adagolása nélkül eltelt idő összesen 63 nap volt, ami azt jelentette, hogy a megtakarítás így naponta 1,8 %-ra adódott. A kapott adatokat felhasználva az elvégzett számítások alapján elmondható, hogy ezen vegyszerek adagolásának leállításával 90 %-ot tudott a telep megtakarítani. Ehhez az összeghez természetesen hozzáadódott az átmeneti időszakban fel nem használt Piral vegyszerek mennyisége is, ami összesen 15.000 kg, így az ebből származó megtakarítás még további 10 % volt a telep számára.

Ezek alapján, a régi vegyszerek átmeneti alkalmazásával, illetve teljes felhagyásával az ebből származó összes megtakarítás 23 %-ra adódott a szennyvíztisztító telepnek, ami a ráfordítási költségek 19 %-át fedezték.

### 4.3. Polielektrolit megtakarítás a kísérlet alatt

A szennyvíztisztító telephelynek a május-július hónapokban felhasznált napi polielektrolit mennyisége átlagosan 85,05 kg volt. Ezt az értéket alapul véve az augusztus-szeptemberben megfigyelhető polielektrolit igény 52,05 kg/nap mennyiségre adódott. A rendelkezésünkre álló adatok és a számítások alapján így a megtakarítás naponta 33 kg volt. Ezáltal figyelembe véve a két hónap alatt eltelt napok számát (61 nap) elmondható, hogy az üzemnek 22 %-os polielektrolit megtakarítása volt október 1-ig, ami a ráfordítási költségek 18 %-át fedezték.

### 4.4. Az iszapelhelyezés megtakarításai és a megtermelt biogáz mennyisége

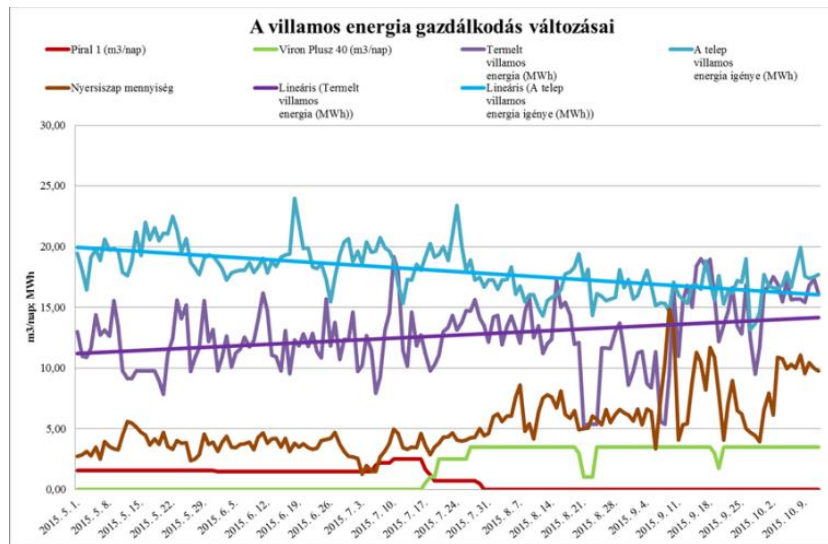
Az iszapelhelyezésből származó megtakarítások számításánál figyelembe kellett vennünk az augusztusi-szeptemberi hónapokra eső megtakarított konténerszámot, illetve az 55 db fel nem használt konténert, amire úgy kellett tekintenünk, mint amit az üzem az 1-es számú rothasztó torony feltöltésére használt fel. Ezen értékek különbségével, azaz 62,44 db konténerrel tudtuk kiszámítani, a telep iszapelhelyezéséből származó összes megtakarítását, mely 26 % volt a kísérlet megkezdése óta, ami a ráfordítási költségek 21 %-át fedezték. A termelt biogáz mennyisége a VIRON Plus 40 kezelőszer adagolásának kezdetén nem mutatott számottevő változást az adagolást megelőző időszakhoz képest. Ez azzal magyarázható, hogy az átmeneti időszakban a kezelőszer adagolásának mennyiségét fokozatosan növeltük, annak érdekében, hogy megtaláljuk azt az optimális mennyiséget, mellyel a későbbiekben pozitív eredményeket tudunk elérni. Összességében elmondhatjuk, hogy a kezelőszer adagolásának stabilizálásával, a termelt biogáz pozitív irányba mozdult el, vagyis átlagosan 20-30 %-kal növekedett a mennyisége a kísérlet ideje alatt.

### 4.5. Villamos energia vásárlás során előálló megtakarítás

A 3. ábrán látható grafikonokon a szennyvíztisztító telep villamos energia gazdálkodásának változását szemléltettük. A kezelőszer alkalmazását megelőző időszakban a telep villamos energia igénye körülbelül 18-20 MWh volt a Piral 1 vegyszer felhasználása mellett. Ezzel párhuzamosan ebben az időszakban a saját termelésű villamos energia százalékos aránya kb. 60-65 %-os volt a szennyvíztisztító üzem villamos energia igényéhez viszonyítva. Ezek alapján a vásárolt villamos energia átlagosan 7 MWh-ra, míg az eladásra szánt villamos energia 0,3 MWh-ra adódott.

Az átmeneti időszakban, azaz párhuzamosan mindkét kezelőszer adagolása mellett először egy nagyobb kiugrás, majd egy kismértékű csökkenés volt megfigyelhető a telep villamos energia igényében, viszont ezt az értéket az üzem termelt villamos energiája még mindig nem tudta fedezni.

A VIRON Plus 40 kezelőszer adagolásának a stabilizálásával azonban az üzem villamos energia igénye jelentős mértékben csökkent, valamint a telep által termelt villamos energia mennyisége is szignifikáns növekedésnek indult, ami a grafikonon is nagyon jól látszódik.



3. ábra: A villamos energia gazdálkodás alakulása

A telep augusztusi hónapban kiszámlázott megvásárlásra került villamos energiája 14 %-kal kevesebb lett, így az üzem ennyivel többet tudott megtakarítani ebben a hónapban.

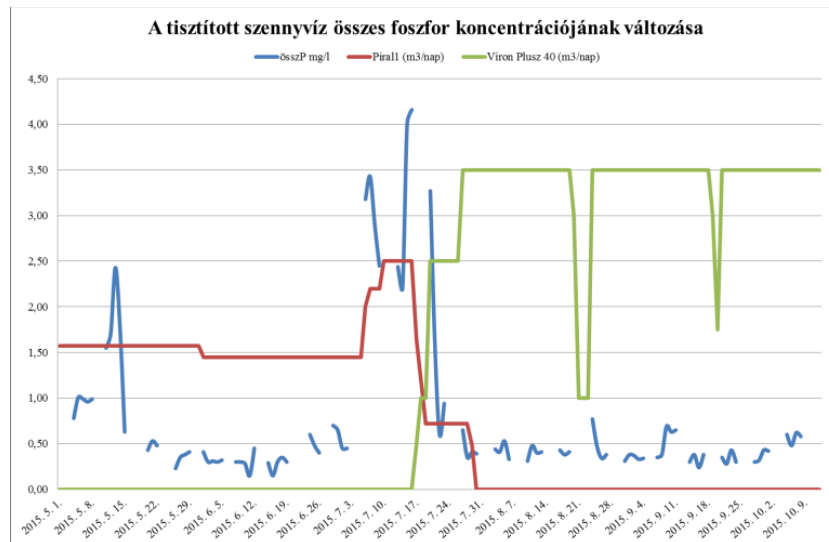
Ezek alapján a telep által termelt villamos energia ebben az időszakban már fedezni tudta a saját villamos energia igényét. Az augusztuséhoz képest a szeptemberi hónapra számított megvásárlásra került villamos energia összege tovább csökkent 23 %-kal, tehát az első 7 hónap átlagához képest a szeptemberi hónapban 33 % volt a szennyvíztisztító telep villamos energia vásárlásából származó megtakarítása.

Összességében a kísérlet október 1-ig terjedő időszakában a telep 29 %-ot takarított meg a villamos energia vásárlás során, ami a ráfordítási költségek 24 %-át fedezték.

#### 4.6. A tisztított szennyvíz összes foszfor (TP) koncentrációjának változása

A kutatás során a régebbi Piral 1 vegyszer adagolása mellett május közepén egy nagyobb kiugrás volt megfigyelhető az összes foszfor koncentrációjában, majd július elején egészen 3,5 mg/l értékig is felugrott ennek az értéke. Az átmeneti időszakban a VIRON Plus 40 kezelőszer adagolásának beindításával július közepén szignifikáns csökkenés következett be az összes foszfor koncentrációjában.

Ezek alapján az egyre növekvő mennyiségben alkalmazott VIRON Plus 40 kezelőszer hatására az összes foszfor koncentrációját egészen 1 mg/l koncentráció érték alá tudtuk szorítani. Július végén a kezelőszer adagolásának stabilizálásával a koncentrációk változatlanul a jogszabály által meghatározott határérték alatt, átlagosan 0,5 mg/l értékek körül mozogtak.



4. ábra: A tisztított szennyvíz összes foszfor koncentrációjának alakulása

#### 4.7. A tisztított szennyvíz szerves nitrogén koncentrációjának változása

A VIRON Plus 40 kezelőszerszám adagolása előtti időszakban a nitrát-nitrogén és ammónia-nitrogén értékek jelentős mértékben ingadoztak. Átlagosan 10-20 mg/l koncentráció értékeket vettek fel. Ezzel szemben az átmeneti időszakban a két vegyszer párhuzamos adagolásával, fokozatosan csökkent a koncentrációjuk. Majd a VIRON Plus 40 kezelőszerszám adagolásának stabilizálásával, a szerves nitrogén koncentrációk átlagosan 5-15 mg/l értékek felé mozdultak el. A denitrifikációs folyamatok javításához leginkább könnyen bontható szerves anyagok kellene, viszont ezekből elég kevés áll a telep rendelkezésére. Valószínűleg ez az oka annak, hogy nehézkes a szennyvíztisztító üzem számára a denitrifikáció javítása és stabilizálása.

További célunk, hogy a kutatás további szakaszában a fenti problémára is megoldást találjunk, hiszen a szennyvíztisztító telep számára az egyik kiemelt üzemeltetési probléma az, hogy hogyan lehet megfelelni a nyáron igen szigorú 10 mg/l-es összes nitrogén kibocsátási határértéknek.

#### Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni belső konzulensemnek, Dr. Bodnár Ildikó tanszékvezető asszonynak, valamint külső konzulensemnek Fülöp Zoltán technológiai vezetőnek a Debreceni Vízmű Zrt.-től a szakmai útmutatást és a dolgozatom során nyújtott segítséget, valamint hogy méréseimet a Debreceni Vízmű Zrt. Szennyvíztisztító Üzem telepi laboratóriumában végezhettem. Továbbá köszönetemet fejezem ki Babinszky Ferencné analitikusnak, aki nagy segítségemre volt a laboratóriumi vizsgálatoknál és ez által is támogatta TDK dolgozatom elkészítését.



## Hivatkozások

- [1] Bándi, Gy., Erdey, Gy., Horvath, Zs., Pozmai, I.: Az Európai Unió környezetvédelmi szabályozása, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 2002.
- [2] Kárpáti Á. et al., Környezetmérnöki Tudástár X. kötet, Vízgazdálkodás - szennyvíztisztítás, Pannon Egyetem, Környezetmérnöki Intézet, Veszprém, 2011.
- [3] Pastel Sandra: A világ helyzete, Az öntözéses földművelés átalakítása „Az új évszázad kihívásai”, Worldwatch Institute jelentése a fenntartható társadalomhoz vezető folyamatról, 44-62. p., 2000.
- [4] ATV(1992). ATV-Arbeitsblatt A 202: Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser. Hennef: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V.
- [5] VízTEC Technológiai Zrt.: A Debreceni Szennyvíztisztító Telep technológiai intenzifikálása VIRON Plus 40 termékkel, Adagolási javaslat és költségtervezet, Budapest, 2015. április 15.
- [6] Henze, M., Harremoës, Jansen, J. la Cour., and Arvin, E. (1995). Wastewater Treatment - Biological and Chemical Processes, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, pp. 383.