

HÁZTARTÁSI MOSÓVIZEK, MINT ALTERNATÍV VÍZFORRÁSOK ELEMZÉSE

INVESTIGATION OF HOUSEHOLD LAUNDRY WATER AS AN ALTERNATIVE WATER SOURCE

Kelemen Orsolya,¹ Izbékiné Szabolcsik Andrea,² Bodnár Ildikó³

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezetmérnöki Tanszék, Debrecen, Magyarország

¹ kelemen727@gmail.com

² szabolcsikandi@eng.unideb.hu

³ bodnari@eng.unideb.hu

Abstract

The goal of our research is to study the potential treatment options for the relatively contaminated greywater fraction from washing, in order to use this fraction as an alternative water source. During the research to compare the purification efficiency of different greywater treatment solutions we have created a constant composition synthetic laundry greywater, based on tap water, which represents the real laundry water in the terms of quality. As greywater treatment solutions, in terms of physical pre-treatment procedure we used a sand filtering method, and in terms of chemical processes we used coagulation and oxidation. Based on treatment efficiencies, we can say that the treatment procedures can achieve significant quality improvements, but none of the methods can achieve the required cleaning efficiency by itself. In order to reach the optimum quality parameters, the use of combined methods is required.

Keywords: *greywater, laundry water, reuse, sustainability.*

Összefoglalás

Kutatásunk célja a mosásból származó, viszonylag terhelt szürkevízfrakció potenciális kezelési lehetőségeinek tanulmányozása fenntartható vízhasználat biztosítása céljából. A kutatás során a különböző szürkevízkezelési megoldások tisztítási hatásfokának összehasonlíthatósága érdekében egy állandó összetételű, ivóvízalapú szintetikus mosóvizet készítettünk el, mely minőségi szempontból jól reprezentálja a valós mosóvizet. A szürkevízkezelési megoldások közül mint fizikai előkezelési eljárást a szűrést, illetve mint kémiai eljárást a koagulálást és az oxidációt alkalmaztuk. A kezelési hatásfokok alapján elmondható, hogy a kezelési eljárásokkal jelentős minőségi javulást lehet elérni, de önmagában egyik módszerrel sem érhető el a megfelelő tisztítási hatásfok. Kombinált módszerek használata szükséges az optimális minőségi paraméterek eléréséhez.

Kulcsszavak: *szürkevíz, mosóvíz, újrahasználat, fenntarthatóság.*

1. Bevezető

A víz alapvető forrás a túléléshez minden élő szervezet számára. A rés az igényelt és az elérhető vízkészlet között napról napra növekszik. Napjainkban jelentős figyelmet kell fordítanunk a fenntartható vízgazdálkodásra, ezáltal a szennyvizek

és a háztartásonként keletkezett szürkevizek újrahasznosítása egyre fontosabbá válhat. Ezen vizek gyűjtésével és kezelésével olyan kezelt vízhez juthatunk, amelyet újrahasználhatunk háztartási szinten olyan tevékenységek során, melyek nem igényelnek ivóvíz-minőségű vizet, pl.: WC-öblítésre, öntözésre vagy akár autómosására is.

2. A szűrkevizéről

Szűrkevíznek nevezzük a mosogatásból, fürdésből és mosásból származó szennyvizet, mely nem tartalmazza a WC öblítésére használt vizet, tehát olyan, háztartásból származó szennyvíz, amely nem érintkezik a WC vízöblítése során keletkezett vízzel. A kutatásunkban kifejezetten vizsgált, mosásból (laundry greywater) származó szűrkevízfrakció nagy koncentrációban tartalmaz felületaktív anyagokat a mosóporokból, öblítőkből, fehérítőkből, valamint ruhákból szöveteket, továbbá elhalt emberi hámsejteket és hajszállakat is [1]. A szűrkevizekben a detergensnek jelenléte mellett számolnunk kell a vizek mikro- és makroelem-tartalmának növekedésével, mivel a háztartásokban keletkező használt vizekben viszonylag nagy koncentrációban találhatóak nyomelemek és nehézfémek is, melyek az újrahasználat esetén jelentős terhelést gyakorolhatnak az ökoszisztémára.

2.1. Detergens

Mosás során a szennyeződések eltávolítására felületaktív anyagokat, detergenset használunk, így a szűrkevizekben nagy mennyiségű felületaktív anyag található, amelyek a háztartási szennyvízzel kikerülhetnek a felszíni vizekbe, ahol annak felszínén vékony habréteget képezve csökken a víz által felvehető oxigén mennyisége, illetve az öntisztulási folyamat hatásfoka, beindulhat az algavirágzás. Ezért újrahasználat előtt a szűrkevizet fontos ezektől a felületaktív anyagoktól és egyéb szennyezőktől is megtisztítani [2].

3. Kezelési eljárások

A szűrkevíz kezelésére többféle eljárást alkalmazhatunk. Ezek fizikai, kémiai, fiziko-kémiai és biológiai módszerek lehetnek.

Fizikai eljárások kiemelt műveleti megoldásai a szűrés, illetve az üleptetés. A szűrés általában önmagában nem elegendő, így ezt előkezelésként is alkalmazzák. Célja a lebegő és egyéb szuszpendált részecskék eltávolítása [3].

A kémiai kezelési eljárások meghatározó művelete a szűrkevizek kezelésében a koagulálás [4]. A koaguláció a kolloid részecskék destabilizálását jelenti, amely a részecskék közötti taszítóerő csökkenésének, ill. megszűnésének hatására következik be. A részecskék destabilizálása megvalósítható például speciálisan szorbeálódó vegyületekkel. Leggyakrabban vas(III)- és alumíniumsókat alkalmaznak, melyek hatására ún. mikropelyhek

keletkeznek. Ezek a pelyhek magukhoz kötnek az adott mérethatárnál kisebb kolloid részecskéket is, azokat mintegy kiszűrlik, derítik a vizes fázisból. Ez a pelyhes lebegőanyag már gyorsabban elválasztható az üleptítőkből vagy flotálótkban a vizes fázistól [5].

Kémiai kezelési eljárás lehet továbbá oxidatív megoldás, melynek hatására végbemegy a szerves szennyezők lebontása, fertőtlenítő hatásának köszönhetően csökkenhet a toxicitás, valamint a szín- és szaganyagok degradációja is megtörténik [6].

Nemzetközi szakirodalmak érhetőek csak el a kezelt szűrkevizek minőségére vonatkozóan, melyek a minősítési paraméterek közül kettőt kiemelve, a biológiai oxigénigény (BOD_5) értékét 10 mg/l koncentrációban, illetve a zavarosságot 2 NTU értékben javasolják maximalizálni az újrahasználat feltételeként [7].

4. Szintetikus szűrkevíz

A különböző szűrkevízkezelési műveletek tisztítási határfokának összehasonlítása érdekében egy állandó összetételű, ivóvízalapú mosóvizet állítottunk elő, amely minőségi szempontból jól reprezentálja a valós, mosásból származó szűrkevízfrakciót. A valós minták összetétele nagyon változó, így a korrekt kezelési határfokok nyomon követésére szükséges a kezelendő víz összetételének állandósága, mely szintetikus, adott receptúra alapján kidolgozható és később biztosítható a vizsgálatokhoz. A szintetikus mosóvíz előállításakor az elérendő minőségi paraméterek iránymutatójaként a Környezetmérnöki Tanszék korábbi kutatásai alkalmával meghatározott minőségi összetétel szolgált [8]. A minták alkotó komponensei mosószer és öblítő, valamint a szennyeződések reprezentálása érdekében növényi olaj és természetes eredetű szerves tápanyag voltak. A szintetikus mosóvíz előállítása során szisztematikus komponensadagolás mellett követtük a minta összetételét jellemző vízanalitikai paraméterek változását. Minősítési lépésként párhuzamos mérésekben vizsgáltuk a minták pH-, zavarosság-, fajlagos elektromosvezető-képesség-, biológiai oxigénigény-, oldott, szerves széntartalom- és zápotenciál-értékeit.

5. Kezelésmódszerek tanulmányozása

Első lépésben a mechanikai kezelésben a szűrés határfokát tanulmányoztuk. A szűrés eljárással egy kvarchomok szűrőközeget alkalmaztunk. Ahogyan az 1. táblázatban látható, a mért para-

méterek elemzése alapján megállapítható, hogy a szűrés a pH-értékekben csökkenést eredményezett a kicsapódott és kiszűrt deturgensek miatt. A kezelés hatására mind a biológiailag bontható szervesanyag-tartalom, mind az oldott formában lévő szervesanyag-tartalom mennyisége, valamint a zavarosság értéke is jelentősen csökkent.

1. táblázat. Homokszűréssel kezelt minta vízanalitikai paraméterei

		Szintetikus mosóvíz	Homokszűrt minta
pH	-	7,87-8,16	7,66-7,68
Vezetőképeség	mS/cm	1,18-1,28	1,02-1,27
Zéta-potenciál	mV	-37,2-(-28,3)	-30-(-22,1)
Zavarosság	NTU	97,76-175,05	43,88-133,04
DOC	mg/l	283,2-514,55	107,09-144,05
BOD ₅	mg/l	360-666,67	183,67-235

Ezt követően kémiai kezelési eljárásokat vizsgáltunk. Koaguláció során koagulálószerként vas(III)-kloridot használtunk, melyet oldat formájában különböző koncentrációban adagoltunk a vízmintához.

Folyamatosan mértük a zétapotenciál változását, és az eredményekből megállapítottuk a megfelelő vegyszermennyiséget az optimális 0±5 mV közötti zétapotenciál eléréséhez. A megfelelő zétapotenciál-értéket minimum 46, de maximum 60 g/l FeCl₃ adagolásával értük el. A kezelés hatékonyságát a **2. táblázat** szemlélteti.

2. táblázat. Optimális FeCl₃-dózissal kezelt minta vízanalitikai paraméterei

		Szintetikus mosóvíz	Koagulált minta
pH	-	7,87-8,16	2,99-3,95
Vezetőképeség	mS/cm	1,18-1,28	1,45-2,17
Zéta-potenciál	mV	-37,2-(-28,3)	-4,45-4,22
Zavarosság	NTU	97,76-175,05	392,31-504,31
DOC	mg/l	283,2-514,55	139,85-154,45

A kiindulási szintetikus mosóvízminta jellemzőihez viszonyítva látható, hogy a pH igen savas tartományba mozdult el a koagulálószer (FeCl₃) jelenlétének hatására. A flokkulálódott részecskének köszönhetően növekedett a fajlagos elektromos vezetőképesség és a zavarosság értéke is. A kezelés célja a szerves szennyeződések eltávolítása, melyeket az összes szerves széntartalom

(DOC) mérésével követhetünk nyomon. A kezelés után ez az érték majdnem 60%-kal csökkent a kiindulási állapothoz viszonyítva.

Egy másik kémiai kezelési eljárást is vizsgáltunk, az oxidációt. Oxidáció során kezelőszerként különböző mennyiségben hidrogén-peroxidot (H₂O₂) adagoltunk a mintához. A kezelés hatására pH-növekedést valamint kismértékben a zavarosság, a vezetőképesség és az oldott formában lévő szervesanyag-tartalom-értékek csökkenését tapasztaltuk.

6. Következtetések

A kezelési hatások tanulmányozása alapján elmondható, hogy szűréssel, illetve koagulálással jelentős minőségi javulást lehet elérni, de önmagában egyik módszer sem ér el elegendő tisztítási hatásfokot. Az oxidációval sem értünk el jelentős változást a szintetikus mosóvízminták minőségi paramétereit tekintve.

Az eredményességet különféle vízanalitikai paraméterek mérésén keresztül követtük figyelemmel, ezek a pH, zavarosság, fajlagos elektromos vezetőképesség és a zétapotenciál. Továbbá a szervesanyag-tartalom mennyiségi meghatározására vizsgáltuk a minták biológiai oxigénigényét és oldott szerves széntartalmát is. A kezeléseket hatásokát százalékosan a **3. táblázat** mutatja be, mely a kezeletlen minta minőségi paramétereiben bekövetkező változások mértékeit szemlélteti.

3. táblázat. Kezelési hatásfokok

	Homokszűrés	Koagulálás	Oxidáció
pH	5,31% csökkenés	57,33% csökkenés	2,93% emelkedés
Fajlagos elektromos vezetőképesség	7,44% csökkenés	43,6% emelkedés	10,32% csökkenés
Zéta-potenciál	27% csökkenés	99,5% csökkenés	9,31% csökkenés
Zavarosság	50% csökkenés	242,9% emelkedés	30,59% csökkenés
BOD ₅	56,7 % csökkenés	-	-
DOC	64,4 % csökkenés	59,15% csökkenés	20,35% csökkenés

A **3. táblázat** adatait elemezve, a homokszűrés kapcsán összességében elmondható, hogy minden vízminőségi paraméterben javulás látható, leginkább a szerves anyagok mennyiségének tekintetében történt csökkenés, illetve a zavarosságérték vonatkozásában ~50 %-os javulás érhető el.

Koagulálás során az optimális dózissal történő kezelés hatására a zétapotenciál-érték esetében közel 0 mV értéket lehet elérni, vagyis a hatások így igen magas, illetve az összes szerves széntartalom is közel 60 %-al csökkenthető ezzel a módszerrel. Azonban a koagulálószer (FeCl_3) jelenléte miatt a pH jelentősen savas irányba mozdul el, valamint a zavarosság értéke is a pehelyképződés hatására nagyon magas volt.

Az oxidatív kezelés kapcsán a pH tekintetében növekedés figyelhető meg, azonban a többi paramétert vizsgálva kismértékű csökkenés, vagyis minőségi javulás mutatkozik.

Ezek alapján megállapítható, hogy mindhárom kezeléssel minőségi javulást lehet elérni, de önmagában egyik módszer sem ér el a nemzetközi ajánlások alapján elegendő tisztítási hatásfokot. Tapasztalataink alapján kombinált kezelési módszerek használata szükséges az optimális minőségi paraméterek eléréséhez. Végül célunk a kezelési lépések hatékony összeillesztése és eredményesen kezelt mosóvíz előállítása, mely alkalmazható háztartási szinten, például WC-öblítésre vagy öntözésre.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Ghaitidak D. M., Yadav K. D.: *Characteristics and treatment of grey-water*. A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 20/5. (2013) 2795–2809.
- [2] Juhász É., Erős M. L. I: *Felületaktív anyagok zsebkönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [3] Y. P. V. K., A. M. Boyjoo: *A review of grey-water characteristics and treatment processes*. *Water Science and Technology*, 67/7. (2013) 1403–1424.
- [4] M. Pidou, F. A. Memon, T. Stephenson, B. Jefferson, P. Jeffrey: *Greywater recycling: treatment options and applications*. *Engineering Sustainability*, 2007.
- [5] Kárpáti Á. (Szerk.): *Vízgyógyítás – Szennyvíztisztítás*. Környezetmérnöki Tudástár, Veszprém, 2011.
- [6] W. H. Chin, F. A. Roddick, J. L. Harris: *Greywater treatment by UVC/ H_2O_2* . *Water Research*, 43. (2009) 3940–3947.
- [7] *Guidelines for water reuse*. Office of Wastewater Management, EPA/600/R-12/618, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, 2012.
- [8] Bodnár I., Szabolcsik A., Baranyai E., Üveges A., Boros N.: *Qualitative characterization of household greywater in the northern great plain region of Hungary*. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13/11. (2014) 2717–2724.