

A HÁZTARTÁSOKBAN KELETKEZŐ SZÜRKEVIZEK ANION TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA IONKROMATOGRÁF SEGÍTSÉGÉVEL[⊗]

DETERMINATION OF ANIONS IN HOUSEHOLD GENERATED GREYWATER SAMPLES BY ION CHROMATOGRAPHY

SZABOLCSIK Andrea¹, BODNÁR Ildikó²

¹PhD hallgató, ²tanszékvezető, főiskolai tanár
Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék
4028, Debrecen, Ótemető utca 2-4.

¹szabolcsikandi@eng.unideb.hu, ²bodnari@eng.unideb.hu

Kivonat: Jelen tanulmányban a háztartásokban keletkező szürkevizet (fürdővíz, mosó és mosogató víz) ionkromatográfiás rendszerrel történő analízisével fogalkozunk. Vizsgáljuk, az egyes beállítási paraméterek változásának az elválasztásra gyakorolt hatásait (eluens áramlási sebesség és a kolonna tér hőmérsékletének változtatása). Megállapíthatjuk, hogy a hőmérséklet változtatásának hatása nemcsak ionfüggő, hanem az ionok retenciós idejében is okoz eltéréseket. Például klorid-ion retenciós ideje kismértékben csökken, még ezzel szemben a szulfát-ion retenciós ideje növekszik a hőmérséklet emelés hatására. Továbbá kimutathattuk, hogy az eluens áramlási sebessége befolyásolhatja az egyes elúciós csúcsok alakjait, mely a mennyiségi kiértékelés során kritikus lehet.

Kulcsszavak: szürkevizet, ionkromatográfia, anion meghatározás

Abstract: In this paper we demonstrate the analyses of greywater generated from households (shower, kitchen sink and laundry) by ion chromatography. We examined the effects of different separation parameters (temperature, flow rate of eluent etc.) on the separation process. It was shown that the effect of temperature change is not only ion-dependent but it can cause deviations in the retention time of ions as well. For example if the temperature increased the retention time of chloride ion reduced slightly and in contrast the retention time of sulfate ion increased. Furthermore it was shown that the eluent flow rate can affect the shape of elution peaks, which can be critical during the quantitative evaluation.

Keywords: greywater, ion chromatography, determination of anion

1. BEVEZETÉS

A megfelelő minőségű (pl. WHO ajánlásnak megfelelően) víz biztosítása korunk egyik kiemelt feladata, ugyanis a vízkészletek mennyiségének esetleges csökkenése, ill. az édes vízkészletek kis aránya miatt egyre nagyobb jelentőséggel fognak bírni a használt vizek (szürkevíz, szennyvíz) hasznosítása. Ezen kutatások egyik kiemelt területe a szürkevizet újrahasználatának vizsgálata, ugyanis ezek a vizek a háztartásokban rendszeresen keletkeznek és kevésbé szennyezettek, így általuk egyszerűbb tisztítás technológia mellett az emberiség alternatív vízforráshoz juthat. Az egyes forrásokból származó (pl.: mosogató, mosás stb.) szürkevizet mennyisége és minősége is különbözik, így a kutatások során a forrás jellemzőivel is foglalkozni kell [1-3].

Magával a szürkevízzel (greywater, GW¹) 1990-es évektől kezdtek el foglalkozni. Az első nagyobb tanulmány, amely a szürkevizet kapcsolatban születet 2006-ban jelent meg (Morel és Diener Greywater management in Low and Middle-Income Countries Review of different treatment systems

[⊗] Szaklektorált cikk. Leadva: 2014. november 20., Elfogadva: 2014. december 02.

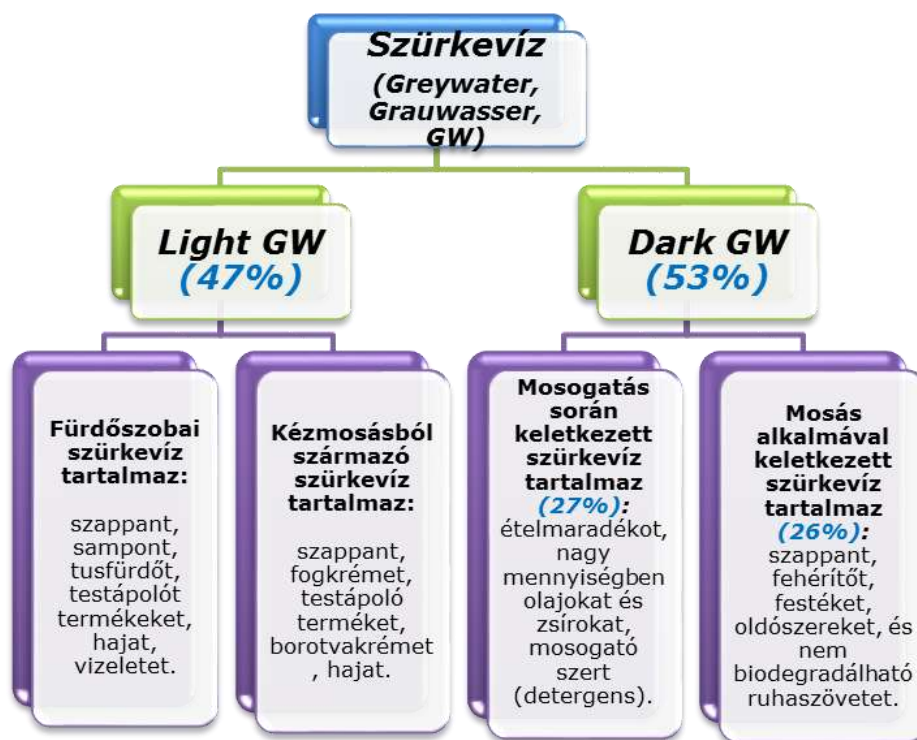
Reviewed paper. Submitted: 20. 11., 2014. Accepted: 02. 12., 201E.

Lektorálta: BOROS Norbert / Reviewed by Norbert BOROS

¹ Szürkevíz továbbá GW

for households or neighbourhoods című publikációja [1]). Ez a tanulmány részletesen ismerteti a szürkevizet, mint szennyvíztípust, definiálja, jellemzi ezen víztípus összetételét és összefoglalja a kezelési eljárásokat. A szürkevíz fontosságának és kezelési módszereinek felismerése közel 20 évet foglal magában és nagyon fiatal tudomány terület, de dinamikusan fejlődő tudomány terület. A szakirodalmi feldolgozások alapján elsőként szürkevízzel a fejlődő országokban, ill. olyan országokban foglalkoztak, ahol vízhiány áll fenn. Ezen forrás a területek közé tartoznak az afrikai és közel-keleti országok. Ezekben az országokban elsőként arra törekedtek/törekednek, hogy az összegyűjtött szennyvizet kezelés után a mezőgazdaságban öntözési célokra alkalmazzák/újrahasználják. A folyamatosan csökkenő ivóvízkészlet és a növekedő vízfogyasztás, ill. vízigények elősegítették, hogy a fejlett országokban is pl.: Németország, USA foglalkozzanak a GW frakciónkénti gyűjtésével és kezelésével. A fejlett országokban a kezelt szürkevizet a WC öblítésére használják elsősorban.

A GW a háztartásokban keletkező használt víz, melyek mosogatásból, mosásból, fürdésből, zuhanyzásból, kézmosásból és felmosásból származik. Vagyis az a szennyvíz, amely a háztartásban keletkezik, és nem tartalmazza a WC öblítésből származó vizet [2,3]. A szakirodalom a szürkevizet két nagyobb csoportba sorolja a szerves anyag tartalom függvényében: high pollutant greywater (magyar fordításban: magas szennyezőanyag-tartalmú; röviden: HGW) és low pollutant greywater (alacsony szennyezőanyag-tartalmú szürkevíz, azaz LGW) [3]. A LGW csoportjában tartozik többek között a fürdésből, kézmosásból, zuhanyzásból és felmosásból származó vizek. A HGW csoportba pedig a mosogatás és a mosás során keletkezett vizek sorolhatóak. A GW típusait, megoszlását és azt, hogy milyen anyagokat tartalmazhat a GW azt az 1. ábra mutatja be.



1. ábra: A szürkevizek típusai, eredete és mennyiségi megoszlása [1-2,4]

A szürkevíz újrahasznosításának kritikus pontja a vizek minőségi mutatóinak ismerete, mely alapján kiválaszthatók a hatékony kezelési eljárások, melyek a biztonságos újrahasználatot segítik. A szürkevíz minősége számos tényezőtől függ: a forrástól, az ivóvízminőségtől és az elosztóhálózat jellemzőitől, a háztartásban élők számától, ezen személyek életkor eloszlásától, kulturális és higiéniai szokásoktól, háztartási vegyszerek használatától, és az adott ország gazdasági helyzetétől, földrajzi fekvésétől, éghajlatától is. A minőségi elemzés ki kell, hogy térjen az oldott és nem oldott alkotók mennyiségére, a szerves vegyületekre, mikroszervezetekre, figyelembe véve a forrást és a mennyiségi

viszonyokat [1-3, 5].

Jelen tanulmányban a szűrkevizekben található különböző anionok ionkromatográffal történő vizsgálataival foglalkozunk részletesebben. Célunk annak a bemutatása, hogy az ionkromatográfiás mérés során milyen problémák léphetnek fel. A módszertan segítségével a szűrkevizek kezelési módszereinek hatékonysága is eredményesen vizsgálható, mely megalapozza a biztonságos újrahasználatot.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Mintavétel és mintaelőkészítés

Az ionkromatográfiás vizsgálathoz a szűrkevíz mintákat széleskörű vizsgálat sorozat részeként erre a módszertanra egy adott háztartásból gyűjtöttük össze. Vizsgáltuk az LGW típusba sorolt fürdővizet, amely fürdésből származott, és a HGW típusba tartozó a mosóvizet, ill. mosogatóvizet. A mosóvíz gépi mosásból származott, a mosogatóvizet pedig kézi mosogatásból gyűjtöttük. A vízmintákat 2 l-es műanyag edényzetben tároltuk és hűtve szállítottuk a laboratóriumba, ahol a mintákat a vizsgálatig +4 °C-on tartottuk.

Az ionkromatográfiás (IC) mérésekhez a mintákat 0,45 µm membránszűrőn átszűrtük, majd ultratiszta vízzel a mintákat 50-szeresére hígítottuk. A szűrésre azért van szükség, mert az ionkromatográfiás mérések során az egyes mintákban található oldhatatlan részek a műszer kapillárisait eltömíthetik, ill. a kolonna élettartamát rövidíthetik és a szűrkevíznél ennek különös jelentősége van.

2.2. DIONEX ICS 3000 típusú ionkromatográf jellemzése

A kutatás során DIONEX ICS-300 típusú ionkromatográfot (2. ábra) használtunk, amely alkalmas kationok és anionok meghatározására.



2. ábra: DIONEX ICS-3000 típusú ionkromatográf

Az anionok közül ezzel a rendszerrel meghatározható a fluorid-, klorid-, nitrit-, nitrát-, bromid-, foszfát-, és szulfát-ion. Az 1. táblázatban csak az anion ágra vonatkozóan összefoglaltuk a gyári beállítási lehetőségeket illetve a standard mérési módszer alapadatait, mivel jelen tanulmányunkban is csak GW mintákból kimutatható anionok vizsgálatával foglalkozunk.

1. táblázat: Az anion ágra vonatkozó gyári beállítási lehetőségek és a standard mérési módszer alapadatait összefoglaló táblázat [7-9]

	Gyári beállítási lehetőségek	Alapbeállítási adatok
Kolonna (álló fázis)	anion ág: Dionex IonPac AS14A (4 x 250 mm), előtét kolonna: AG 14A (4 x 50 mm)	anion ág: Dionex IonPac AS14A (4 x 250 mm), előtét kolonna: AG 14A (4 x 50 mm)
Eluens (mozgó fázis)	Na ₂ CO ₃ és NaHCO ₃ oldatok	8 mmol/l Na ₂ CO ₃ és 1 mmol/l NaHCO ₃ oldatot
Áramlási sebesség	max. 3 ml/min; izokratikus elválasztás	1,0 ml/min; izokratikus elválasztás
Injektált térfogat	változatható	25 µl
Hőmérséklet	környezeti hőmérséklettől 40 °C-ig	30 °C
Detektor	vezetőképesség detektor (CD)	vezetőképesség detektor (CD)
Szupresszor	változtatható hőmérsékletű és áramerősségű ionelnyomó egység	ASRS 300, 4 mm visszaforgatott eluens üzemmód, 25 °C, 43 mA
Futási idő	változtatható	17 perc
Nyomás 1 ml/min áramlási sebességnél	max. 265	111 bar
Háttér vezetőképesség	eluens összetételétől függ	22-24 µS
Standard oldat	változtatható	fluorid, klorid, bromid, nitrit, nitrát, foszfát, szulfát

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

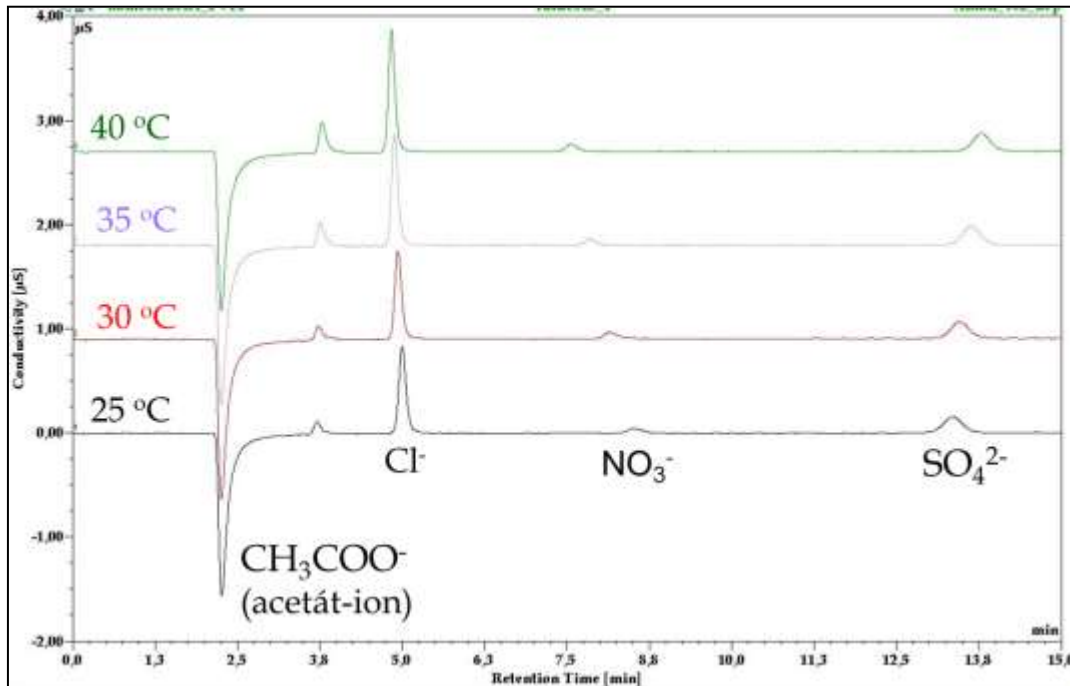
A minta előkészítés során a GW mintákat hígítva majd szűrve biztosítottunk az ionkromatográfiás vizsgálathoz. A vizsgált szürkevíz mintákból a klorid- (Cl⁻), bromid- (Br⁻), nitrát- (NO₃⁻) és a szulfát- (SO₄²⁻) ionokat tudtuk azonosítani, mind mennyiségileg, mind pedig minőségileg.

Részletesen elemeztük a különböző vizsgálati paraméterek (hőmérséklet, eluens áramlási sebessége stb.) az elválasztásra és mérési eredmények pontosságára (helyesség) gyakorolt hatását fürdővíz, mosóvíz és mosogatóvíz minták esetében.

3.1. A kolonna hőmérséklet változtatásának a hatása az elválasztásra

Egyik kiemelt vizsgálati paraméter volt a kolonna hőmérsékletének (25, 30, 35 és 40 °C) változtatása, kísérleteinkben elemeztük ennek hatását az elválasztásra különböző GW minta típusokra 1,0 ml/min áramlási sebességű eluens árammal. A 3-8. ábrákon a mérések alkalmával kapott kromatogramok láthatóak elcsúsztatva különböző hőmérsékleteken. Ezáltal az egyes mérési eredmények összehasonlítása könnyebbé válik.

A 3. ábrán a GW típusok közül a fürdővíz esetében kapott eredményeket szemléltetjük.



3. ábra: Jellegetes kromatogram fürdővíz minta esetében különböző hőmérsékleten
(körülmények: kolonna: IONPAC AG14 (főkolonna) és IONPAC AS14 (előtét kolonna); eluens: 8 mmol/l Na_2CO_3 és 1 mmol/l NaHCO_3 ; áramlási sebesség: 1 ml/min; detektor hőmérséklete: 25 °C, kolonna hőmérséklete 25 °C, 30 °C, 35 °C és 40 °C; ARS szupresszor; injektált minta: 25 µl)

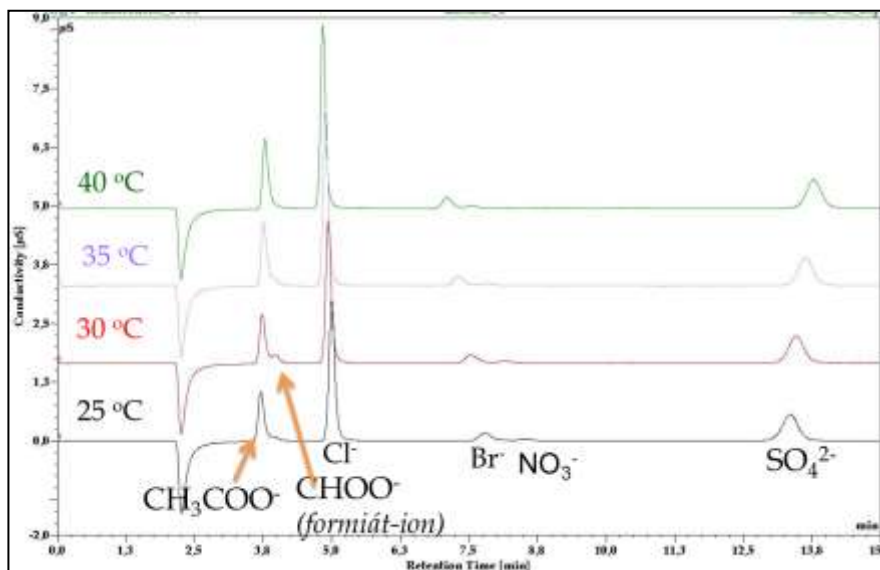
A 3. ábrán látható, hogy a vizsgált fürdővíz minta esetében detektálható volt az acetát-, klorid-, nitrát-, és a szulfát-ion. Ezen ionok közül pontos mennyiségi beazonosítás csak a klorid-, nitrát- és szulfát-ion esetében történt. Az acetát-ion mennyiségi meghatározása nem volt lehetséges (a standard oldatunk nem tartalmazta ezen iont), de a kapott elúciós csúcsok alakjainak összehasonlításból is tudunk következtetéseket levonni. Azért fontos, csúcsok alakjának vizsgálata, mert a csúcs alatti terület határozza meg az egyes ionok koncentrációját és ha változik a csúcs alakja akkor az a mennyiségi kiértékelésünket is befolyásolhatja.

Az összehasonlítás során megállapíthattuk a következőket a fürdővíz minta kapcsán:

- a hőmérséklet emelkedésével a klorid-ion retenciós ideje csekély mértékben csökken,
- míg ezzel a nitrát-ion retenciós ideje csökken a szulfát-ion retenciós ideje pedig növekszik a kolonnátér hőmérsékletének a növelésével.

Az egyes ionok elúciós csúcsainak alakja alapján és a csúcs alatti területek vizsgálata alapján megállapítható, hogy a hőmérséklet emelésével a klorid-ion kimutatott mennyisége kismértékben, de növekedett. A nitrát-ion és a szulfát-ion koncentrációja, elúciós csúcsok alakja nem változott. Az acetát-ion esetében is, ha megnézzük a csúcsok alakjait egyes hőmérsékleten, akkor látható, hogy az adott ion kimutatott koncentrációja növekedett a hőmérséklet emelésével.

A 4. ábrán a mosóvíz minta vizsgálata során kapott kromatogramokat láthatjuk 25, 30, 35 és 40 °C-on. A mosóvíz mintából az acetát-, klorid-, nitrát- és a szulfát-ion mellett kimutatható volt még a formiát- és a bromid-ion is. Az előző ábra (lásd 3. ábra) elemzésénél ismertette acetát-ion pontos mennyiségi meghatározásának a problematikája a formiát-ion esetében is fennáll, azaz a formiát-ion pontos koncentrációja nem meghatározható, mert a standard oldatunk ezen iont nem tartalmazta, de az elúciós csúcs alakjának az esetleges változásából lehet következtetéseket levonni a mennyiségi változás kapcsán.

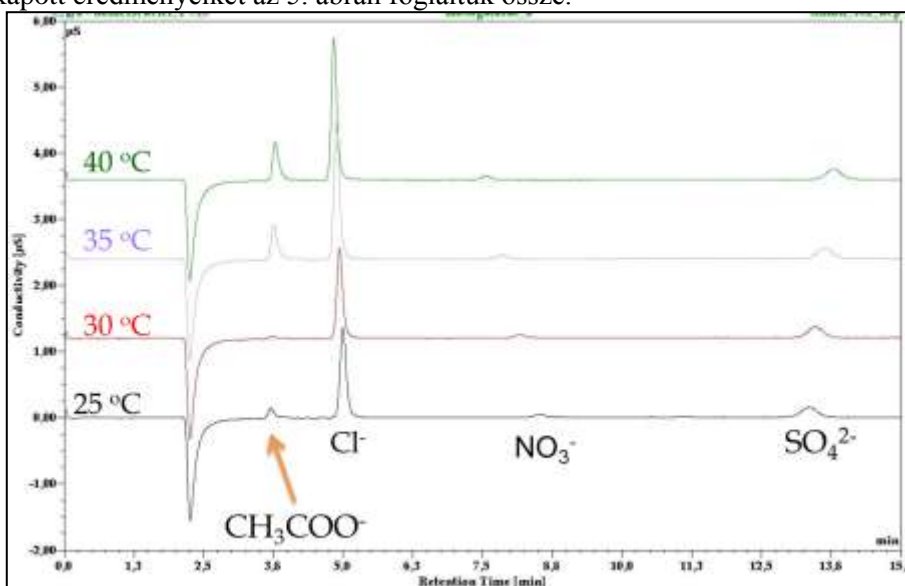


4. ábra: Jellegzetes kromatogram mosóvíz minták esetében különböző hőmérsékleten (köörülmények: kolonna: IONPAC AG14 (főkolonna) és IONPAC AS14 (előtét kolonna); eluens: 8 mmol/l Na_2CO_3 és 1 mmol/l NaHCO_3 ; áramlási sebesség: 1ml/min; detektor hőmérséklete: 25 °C, kolonna hőmérséklete 25 °C, 30 °C, 35 °C és 40 °C; ARS szupresszor; injektált minta: 25 μ l)

A mosóvíz minta különböző hőmérsékleten történő ionkromatográfiai elemzése alkalmával (4. ábra) is elmondhatók ugyanazon megállapításaink, mint a fürdővíz mintánál. Azaz a hőmérséklet emelésével a klorid-ion retenciós ideje csekély mértékben csökken, még a nitrát-ion retenciós ideje csökken, a szulfát-ion retenciós ideje pedig növekszik.

Mint már leírtuk a mosóvíz mintában detektálhattuk a formiát-, és a bromid-iont is. A különböző hőmérsékleten végzett IC mérés során kapott eredmények összehasonlításából megfigyelhető az egymás mellett megjelenő acetát- és formiát-ion együttes elúciója a hőmérséklet emelésével, mely a fentebb említett két ion mennyiségi analizisét gátolja meg. Továbbá a bromid- és a nitrát-ion esetében is megfigyelhető az együttes elúció jelensége, bár igaz, hogy ennek mértéke kisebb, mint az acetát- és a formiát-ionnál.

A harmadik GW minta típus, amelyet vizsgáltunk az a mosogatóvíz volt. Ezen minta IC vizsgálata alkalmával kapott eredményeiket az 5. ábrán foglaltuk össze.



5. ábra: Jellegzetes kromatogram mosogatóvíz minta esetében különböző hőmérsékleten

A mosogatóvíz minta elemzése (lásd 5. ábra) során is általánosságban ugyanazon következtetéseket vonhattuk le az egyes ionok tekintetében, mint a fürdővíz és a mosóvíz minta kapcsán.

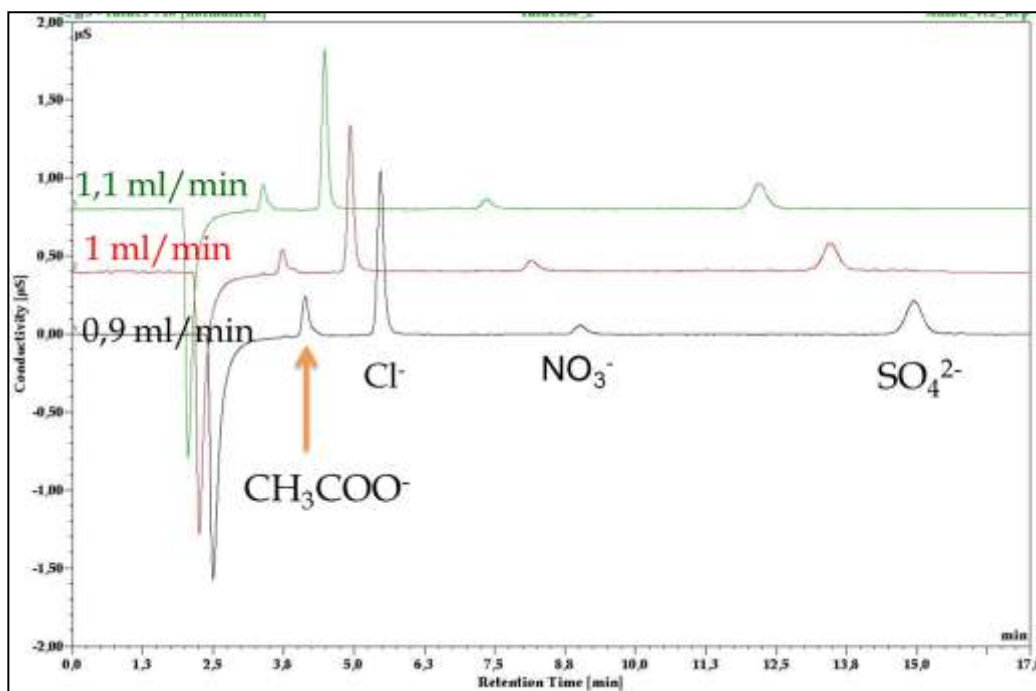
Összességében elmondhatjuk, hogy minden GW típus esetében azt tapasztaltuk, hogy a hőmérséklet emelés hatására a klorid-ion retenciós ideje csak csekély mértékben csökken, nitrát-ion retenciós ideje csökken, és szulfát-ion retenciós ideje pedig növekszik, azaz a hőmérséklet változtatásának hatása ionfüggő.

Hőmérséklet emelése nincs jelentős hatással a mért szulfát- és nitrát-ion koncentrációra, minden GW minta típusnál növeli a klorid-ion koncentrációját, és mosóvíz minta esetében az acetát-, és a formiát-ion mellett a bromid- és nitrát-ion együttes elúciója volt megfigyelhető.

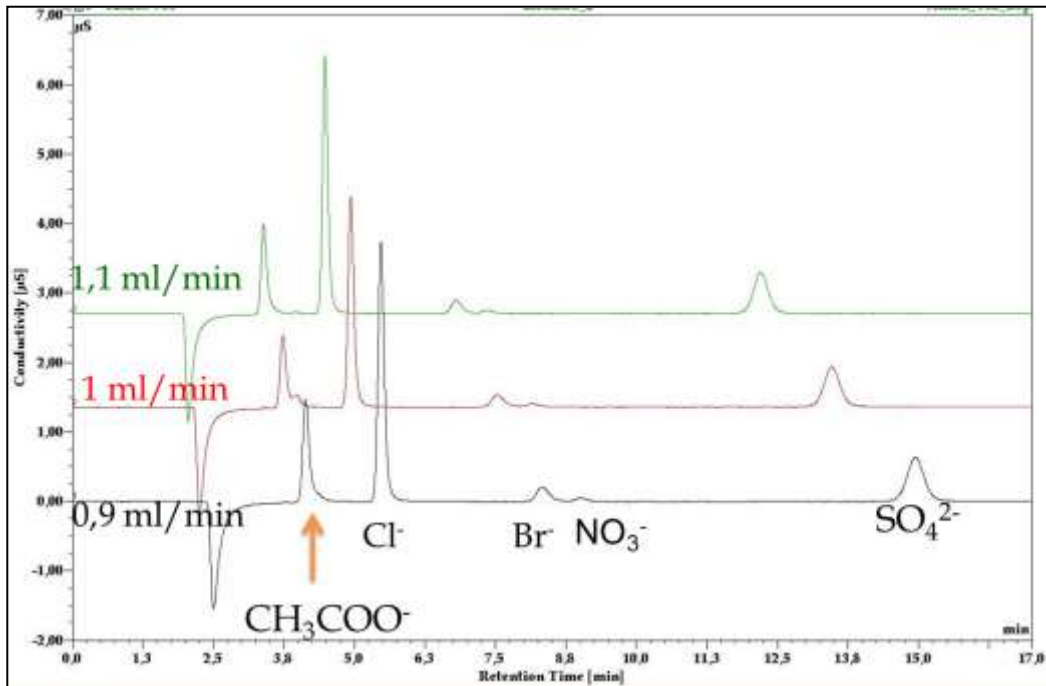
3.2. Az áramlási sebesség változtatásának hatása az elválasztásra

Ebben az alfejezetben az áramlási sebesség változtatásának az elválasztás gyakorolt hatását mutatjuk be fürdővíz, mosóvíz és mosogatóvíz mintákon. A 6-8. ábrák mutatják be, hogy az eluens áramlási sebességének a változtatása, milyen hatást gyakorol az adott ion elválasztásra. Minden GW mintát 3 különböző áramlási sebességen (0,9, 1,0, és 1,1 ml/min) elemeztünk 30°C-on és a kapott eredményeinket erre vonatkozóan ismertetjük.

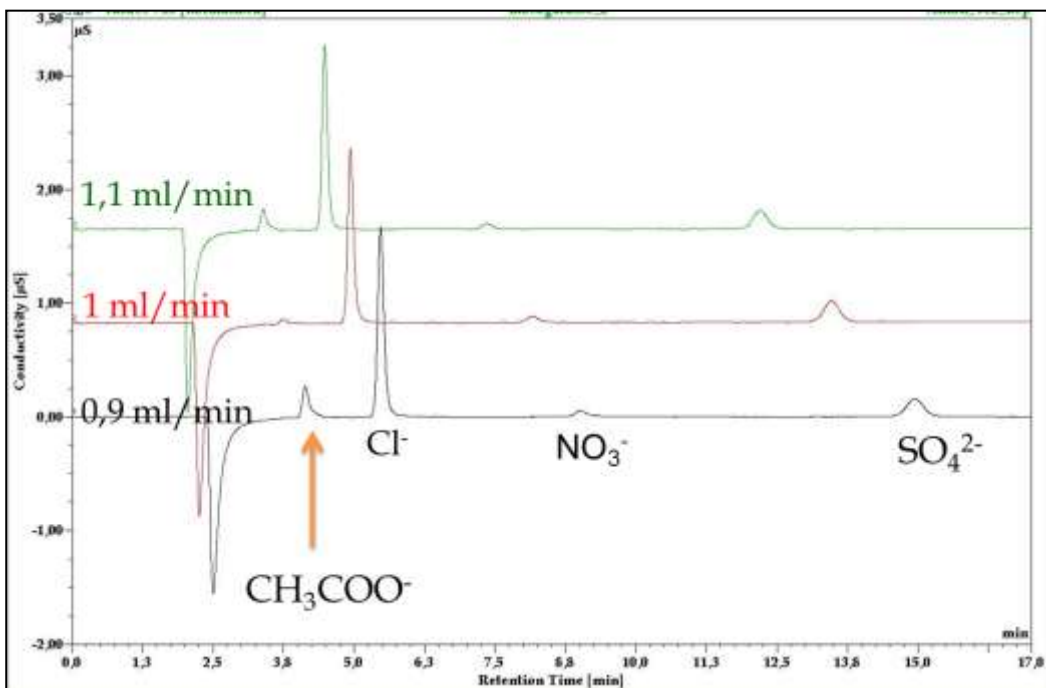
A 6. ábrán a különböző áramlási sebességen vizsgált fürdővíz minta, a 7. ábrán a mosóvíz minta, míg a 8. ábrán a mosogatóvíz minta kromatogramjait mutatjuk be.



6. ábra: Jellegzetes kromatogram fürdővíz minta esetében különböző áramlási sebességen (körülkötények: kolonna: IONPAC AG14 (főkolonna) és IONPAC AS14 (előtét kolonna); eluens: 8 mmol/l Na_2CO_3 és 1 mmol/l NaHCO_3 ; áramlási sebesség: 0,9 ml/min, 1ml/min és 1,1 ml/min; detektor hőmérséklete: 25 °C, kolonna hőmérséklete: 30 °C.; ARS szupresszor; injektált minta: 25 μl)



7. ábra: Jellegzetes kromatogram mosóvíz minta esetében különböző áramlási sebességen (köörülmények: kolonna: IONPAC AG14 (főkolonna) és IONPAC AS14 (előtét kolonna); eluens: 8 mmol/l Na_2CO_3 és 1 mmol/l NaHCO_3 ; áramlási sebesség: 0,9 ml/min, 1ml/min és 1,1 ml/min; detektor hőmérséklete: 25 °C, kolonna hőmérséklete:30 °C.; ARS szupresszor; injektált minta: 25 μ l)



8. ábra: Jellegzetes kromatogram mosogatóvíz minta esetében különböző áramlási sebességen (köörülmények: kolonna: IONPAC AG14 (főkolonna) és IONPAC AS14 (előtét kolonna); eluens: 8 mmol/l Na_2CO_3 és 1 mmol/l NaHCO_3 ; áramlási sebesség: 0,9 ml/min, 1ml/min és 1,1 ml/min; detektor hőmérséklete: 25 °C, kolonna hőmérséklete:30 °C.; ARS szupresszor; injektált minta: 25 μ l)

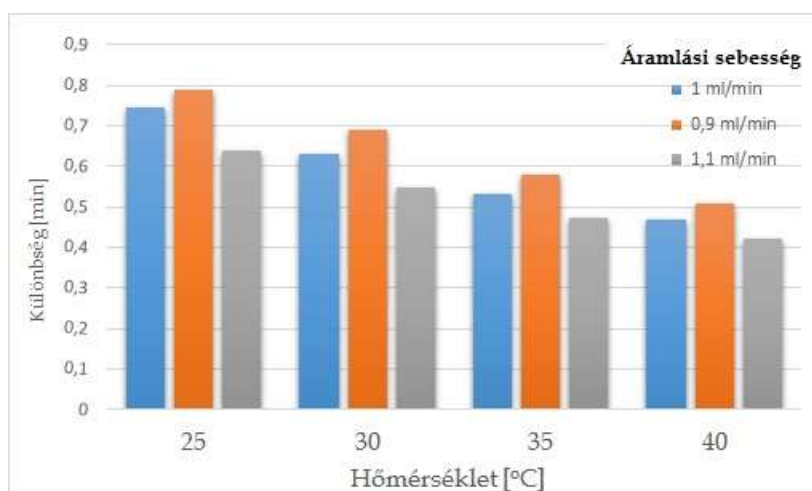
A 6-8. ábra eredményeinek összehasonlítása után a következőket mondhatjuk el:

- az áramlási sebesség emelése minden minta típus esetében, csökkenti a retenciós időket,

- de a klorid-, nitrát-, és szulfát-ion mennyiségi kiértékelését nem befolyásolja a megemelkedett áramlási sebesség,
- ezért megállapítottuk, hogy a nagyobb áramlási sebesség alkalmazása a pontosabb mennyiségi kiértékelés miatt optimális. 8gyorsabban és ugyanolyan pontosan

Továbbá kimutatható, hogy az alacsonyabb áramlási sebesség alkalmazásával az egymás mellett kimutatható ionok azonosítása mind minőségileg, mind pedig mennyiségileg könnyebb, mert az együttes elúció jelensége mérséklődik alacsonyabb áramlási sebességen. Ez negatívum.

Már többször is megemlítettük, hogy a különböző beállítási paraméterek változtatásának a hatására az egymás mellett megjelenő ionok együttes elúciója megfigyelhető, ezért megvizsgáltuk a mosóvíz minta bromid- és nitrát-ion retenciós idejében bekövetkezett változásokat a hőmérséklet és az áramlási sebesség változtatás függvényében. A kapott eredményeket a 9. ábrán foglaltuk össze. A vizsgálat során megállapítottuk minden hőmérsékleten (25, 30, 35 és 40 °C) és áramlási sebességen (0,9, 1,0, és 1,1 ml/min) a bromid-, és nitrát-ion retenciós ideje közötti különbségeket (9. ábrán az y tengely).



9. ábra: A bromid-, és nitrát-ion retenciós ideje közötti különbség mosóvíz minta esetében

A bromid- és nitrát-ion retenciós ideje közötti vizsgálat után (9. ábra), megállapíthatjuk, hogy a közvetlenül egymás mellett megjelenő ionok vizsgálata során az alacsonyabb áramlási sebesség (0,9 ml/min) és hőmérséklet (25 °C) alkalmazása mellett jobb minőségi és mennyiségi kiértékelés végezhető el.

Tapasztalataink alapján a 2. táblázatban összefoglaltuk a különböző GW minták esetében az optimális mérési feltételeket.

2. táblázat: Optimális mérési feltételek meghatározása ionkromatográffal történő GW minták analízise alkalmával

	Klorid-ion		Bromid-ion		Nitrát-ion		Szulfát-ion	
	T [°C]	Áramlási seb. [ml/min]	T [°C]	Áramlási seb. [ml/min]	T [°C]	Áramlási seb. [ml/min]	T [°C]	Áramlási seb. [ml/min]
Fürdővíz	35 és 40	1,1	-	-	40	1,1	35 és 40	1,1
Mosóvíz	40	1,1	25	0,9	40	1,1	40	1,1
Mosogatóvíz	35 és 40	1,1	-	-	40	1,1	35 és 40	1,1

A 2. táblázatban feltüntetett adatok alapján megállapítható, hogy általában az anionok optimális kimutatásának a feltétele magasabb hőmérsékletet és áramlási sebességet jelent, de például a bromid-ion pontosabb meghatározására alacsonyabb hőmérsékletre és áramlási sebességre van szükség (lásd 9. ábra).

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás központi témája az ionkromatográfias mérési paraméterek optimalása, illetve különböző típusú GW minták vizsgálata során hatékony módszerfejlesztés a DIONEX ICS-3000 típusú ionkromatográfias rendszerre.

Kutatásaink során igazoltuk, hogy a vizsgált ionkromatográfias mérési módszer megbízható és hatékony eljárás szürkevíz minták anionos komponenseinek meghatározására. Vizsgáltuk azt, hogy a kolonna tér hőmérsékletének változtatása, ill. az áramlási sebesség változtatása milyen hatást gyakorol az elválasztásra. Megállapítottuk, hogy az egyes mérési paraméterek változtatásának hatása ionfüggő. A hőmérséklet változtatásának hatása nemcsak ionfüggő, hanem az ionok retenciós idejében is okoz eltéréseket. Továbbá kimutathattuk, hogy az eluens áramlási sebessége befolyásolhatja az egyes elúciós csúcsok alakjait, mely a mennyiségi kiértékelés során kritikus lehet. A szürkevizet újrahasználata (pl.: WC öblítés, öntözés) előtt a GW-t kezelniük kell az esetleges magas nem oldott és oldott komponensek jelenléte miatt. A kezelések lehetnek fizikai - (pl.: szűrés ülepítés), kémiai - ,(pl.: koaguláció, oxidatív kezelés stb.), biológiai eljárások és természet közeli tisztítási rendszerek és ezek kombinációi [1,10]. Fizikai és fizikai-kémiai kezelési eljárások alkalmazásával viszonylag nagy hatásfokú tisztítást lehet elérni, melynek eredményeként a szürkevíz szerves szennyezőanyag tartalma és oldott komponensek mennyisége hatékonyan csökkenthető [10]. Az alkalmazott kezelési eljárások a GW minták oldott komponenseinek (pl.: anionok és kationok) eltávolítási hatékonysága megfelelően nyomon követhető iokromatográfás rendszerrel. A jövőbeni tervünk azt, hogy vizsgálatainkat kationos komponensek elemzésére is kiterjesszük.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **MOREL A., DINER S.**, Greywater management in Low and Middel-Income Countries Review of different treatment systems for households or neighbourhoods, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Techn. (Eawag), 2006, Dubendorf, Switzerland.
- [2] **GHAITIDAK D. M., YADAV K. D.**, Characteristics and treatment of greywater - a review, Environmental Science and Pollut. Res., 2013, Volume 20, pp. 2795-2809.
- [3] **BOYJOO Y., PAREEK V.K., ANG M.**, A review of greywater characteristics and treatment processes, Water Science & Techn., 2013, Volume 67, pp. 1403-1424.
- [4] **NOAH M.**, Graywater use still a gray area, Journal of Environmental Health, 2002, Volume 64, Number 10, pp. 22-25
- [5] **PENN R., SCHÜTZE M., FRIEDLER E.**, Modelling the effect on-site greywater reuse and low flush toilet on municipal sewer system, J. of Env. Manag., 2013, Volume 114, 72-83.
- [6] **DR. FEKETE J.**, Folyadékromatográfia elmélete és gyakorlata, Edison Huse Kft., Magyar Hivatalos Közlönykiadó, Budapest, 2006
- [7] **THERMO SCIENTIFIC**: Product Maul: ION PAC AG14A GUARD COLUMN and IONPAC AS14A ANALYTICAL COLUMN
- [8] **DIONEX ICS-3000 ION CHROMATOGRAPHY SYSTEM OPERATOR'S MANUAL** 2008, (Document No 065031 Revision 04, nyomtatva: USA)
- [9] **MSZ EN ISO 10304-1:2009**: Az oldott anionok meghatározása ionkromatográfiával. 1. rész:

A bromid, a klorid, a fluorid, a nitrát, a nitrit, a foszfát és a szulfát meghatározása (ISO 10304-1:2007)

- [10] **JEFFERSON B., PALMER A., JEFFREY P., STUETZ R., JUDD S.J.**, Greywater characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse, *Water Scien. and Techn.*, 2004, Volume 50, pp. 157-164.