



kolák számára. Végül nyolc éven át futott a program Standardbase, aztán Probase néven, Szalay Luca vezetésével. Az adatbázisba nemcsak a mérésleírások kerültek be, hanem azt is közölték a résztvevők, hogy mit várhatunk egy méréstől, milyen buktatói vannak. Így ha több iskolában kiderült, hogy egy mérés nem működik, akkor lemondunk róla. Az érdeklődést felkeltő feladatok között szerepelt például sör, sampon, fogkrém, sajt vagy 95-ös benzin vizsgálata. Az adatbázis most is hozzáférhető.

Egyáltalán nem kelti nyolcvanéves ember benyomását. Mik a következő feladatai?

Feladat, az rengeteg van. Egyrészt még nem zárult le a Görgey-kutatás. Bécsben szeretnék hozzájutni Redtenbacher professzor és Görgey levelezéséhez, mert ők kapcsolatban álltak a klagenfurti évek alatt. Az sem világos, hogy Görgey milyen tanulmányokat folytatott Prágában. Már felvettem a kapcsolatot az ottani Görgey-társasággal, mert van ilyen, amely remélhetőleg hozzásegít egy levéltári nyomhoz.

Ma is célom és igyekezetem az általános tudományok, a kémiai becsapások (például a vízzel hajtott autók, az oxigénnel dúsított víz és még sok más értelmetlenség) elleni küzdelem. Remélem, hogy egyetemi és népszerűsítő előadásaimnak foganatja is van és lesz

– különös tekintettel az ellenőrizetlen információöözönre, a tudatos, sokszor kereskedelmi célú megtévesztésekre. Az „általános tudomány” előadásom része az ELTE természettudományos szakos hallgatói számára kötelező interdiszciplináris kurzusnak is.

Láng Győző felkérésére a Semmelweis Egyetem gyógyszerészhallgatóinak tartok fizikém-laborgyakorlatot németül. Ezek a hallgatók elvárják a szolgáltatást a pénzükért, úgyhogy érdekes a munka, bár koromhoz képest sok kötöttséget jelent.

Tavaly részt vettem a gumiipari technikusképzésben Nyíregyháza környékén. Ez duális képzés: iskolai és gyári oktatásból áll. A lányom miatt ugrottam bele, aki egy gumigyár igazgatója. Nagyon sokat tanultam a gumiiparról, de arról is, hogy milyen az, amikor teljesen motiválatlan, elképesztően kis tudású fiatalokat kell tanítani. Az ottani technikusok és a feleségem segítségével tartottam gyakorlatot a gyári laborban. Még egyszer nem vállalom, de írok egy mérés-technikai elméleti könyvet és egy laborjegyzetet – nem a diákok, hanem a felnőtt gumiipari technikusok számára. Ehhez nekem is sokat kellett tanulnom, amit nagyon élveztem.

Vannak más szakmai részfeladataim is – különben pedig szeretnék rendet tenni az elmúlt életemben. (Mosolyog.) **sv**

Bakos Fanni – Erhetics Áron Pál – Jakab Kíra – Károlyi Anna Georgina
– Tóth Máté

■ Batthyány Lajos Gimnázium, Nagykanizsa

Tárolási kísérlet „ammónianitrogén” méréséhez

Ammóniatartalom meghatározása, az ammóniaeltávolítás hatékonyságának vizsgálata

Ammónia a természetes vizekben és káros hatása

A nitrogén a természetben öt formában fordulhat elő: elemi, szerves, nitrít- és nitrát-nitrogénként, valamint ammóniaként lehet jelen. Az elemi nitrogén inert tulajdonságú, azaz az adott környezetével kémiai reakcióba nem lép, így nem jelent szennyezést. A többi előfordulási formája viszont szennyezőnek számít. Kutatásunkat az ammóniára és annak természetes vizekből történő eltávolítására összpontosítottuk.

Az ammóniumvegyületek a természetben főleg szerves nitrogéntartalmú anyagok bomlása során keletkeznek. Többek között műtrágyából, szerves trágyából, szerves anyagok bomlása révén, és a szennyvízkezelő berendezésekből is származtathatók.

A természetes vizekben csak kis mennyiségben fordulnak elő, és jó fokmérői a felszín közeli talajvizek szerves eredetű friss

szennyeződésének, mivel a talajvízben észlelt ammónia mindig arra utal, hogy az adott vizet emberi, állati eredetű ürülék, házi vagy ipari szennyvíz szennyezte be.

Máskor az ammónia szerves eredetű is lehet. Ez esetben nitrátokból és nitrítokból kén-hidrogénnel, vassal vagy humusz-tartalmú organikus anyagokkal való redukció során jön létre.

Szigorú korlátozások vonatkoznak az ammóniára a természetes vizekben. Ha az oldott ammónia fehérjeanyagok rothadására, illetve bomlására vezethető vissza, akkor az adott víz ivásra nem alkalmas. A felszín közeli talajvízből származó ivóvízben még nyomokban sem engedhető meg az ammónia. Mélységi rétegvizek esetén az ammóniatartalom több mg/l-t is elérhet, ekkor azonban figyelembe kell venni azt is, hogy a föld mélyébe került állati, növényi eredetű szerves anyagok bomlástermékéből származik, nem pedig szennyeződésnek a jele.

Az ammóniumvegyületek közvetlenül nem veszélyesek az emberi egészségre, de az ivóvízben a fertőtlenítés során az ammóniumionból másodlagos szennyezők képződhetnek, melyek egészségkárosító hatást fejtenek ki. Mivel a vízhálózat mikrobiológiai tisztaságát nem lehet garantálni, az itt előforduló baktériumok

■ Az írás az EFOP-3.4.3-16-2016-00009 „A felsőfokú oktatás minőségének és hozzáférhetőségének együttes javítása a Pannon Egyetemen” projekt keretében született.



az ammóniával reakcióba lépve nitrifikációt okozhatnak. A nitrifikációs folyamat első lépése a nitrit keletkezése, ami viszont már mérgező hatású anyag.

Az ammóniának több káros hatása is megfigyelhető a vizekben. Egyrészt maga az ammónia sejtmembránon is áthatoló sejtméreg, illetve nitritek és nitrátok keletkezhetnek belőle, mikor a nitrifikáló baktériumok (pl. *Nitrosomonas*, *Nitrobakter*) oxidálják. Mivel egy gramm ammónia oxidációjához közel ötször annyi oxigénre van szükség, a szerves anyagokhoz hasonlóan oxigénfogyasztó „terhelést” is jelent a szennyvizekben, már kis koncentrációban is. A vizek nagy nitrit-nitrát tartalma eutrofizációt okoz, azaz az állóvizekben a tápanyagdúsulás hatására nagymértékben elszaporodnak az elsődleges termelőszervezetek. Oxigénigényük kielégítéséhez a víz oldott oxigénjét használják fel, vagyis az oldott oxigén csökkenése jelentős mértékű. Ez felborítja a víz oxigénháztartását, tehát élővilágának kívánatos egyensúlyát.

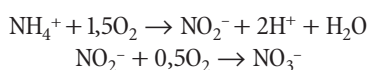
A szennyvizek nitrit-nitrát tartalma, mint oldott szennyező, átkerülve az ivóvízbe csecsemőknél methemoglobinémiát okoz, mivel a bejutott molekula a vér oxigénszállítását akadályozza, ami életveszélyes állapotot eredményezhet.

A nitrogénformák egymáshoz viszonyított aránya igen fontos információ ad a vízminőség meghatározásához. Segítségükkel a természetes vizek tisztulási folyamatának különböző szakaszai jól elkülöníthetők.

Ammónia eltávolítása a természetes vizekből

Ammóniamentesítés esetén az ammónia koncentrációjának csökkentéséről beszélünk. Az ammóniamentesítést több módszerrel, többféle víztisztítási technológiával is el lehet végezni.

Egyik formája a biológiai ammóniamentesítés, azaz biológiai ártalmatlanítás, mely a legrégebb óta használt módszer az ammónia eltávolítására. Ebben az esetben bizonyos mikrobák, baktériumok segítségével, nitrifikációval történik a folyamat. Maga az ammóniamentesítés a baktériumok által létrehozott enzimek segítségével történik. A folyamat két lépcsőben zajlik. Az első az ammónium nitritté alakítása, a második a nitrit nitráttá alakítása. Többféle töltet alkalmazható a baktériumok megtelepítésére, például kavicsszűrő, aktívszén-szűrő vagy zeolit.



A víz nitráttartalma egy újabb biológiai folyamattal, anaerob módon, elemi nitrogénné alakítható. A keletkező elemi nitrogén a légtérbe távozik.

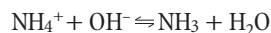
A legegyszerűbb és a leggyakoribb technológia azonban a víz vegyszeres oxidációs ammóniamentesítése, más néven töréspon-ti klórozás. Az ammónia oxidációját sokáig aktív klórral végezték, de az utóbbi időben elterjedt a hidrogén-peroxidos oxidáció is. A különbség a két vegyszer között, hogy a klóros oxidáció során trihalometánok képződnek, míg a hidrogén-peroxid esetén nem. A trihalometánok erősen mérgező és rákot okozó vegyületek, ezért kiszűrésükre, a klóros oxidációt követően, mindig valamilyen szűrést kell alkalmazni.

Az ammóniamentesítés történhet adszorpcióval is. A módszer alapja, hogy néhány nagy fajlagos felületű szilárd anyag, pl. a zeolit képes a felületén laza kötással megkötni az ammóniumiont. Hátránya, hogy a kapacitást a zeolit mellett egyéb tényezők befolyásolják: a víz keménysége, a benne lévő kationok mennyisége. Nem elhanyagolható az sem, hogy a kimerült adszorbenst regenerálni kell.

Membrán-eljárással, fordított ozmózissal is történhet ammónia-leválasztás. Ennek lényege, hogy egy féligáteresztő hártya segítségével az ammóniumion a méreténél fogva nyomás alkalmazásával leválasztható. Az eljárás hátránya, hogy a nagy nyomásigény, a koncentrátum koncentrációja behatárolt, emiatt a koncentrátum további kezelést igényel.

Végül az ammónia eltávolítása végbemehet a pH-beállítás utáni kiűzés módszerével is.

Az eljárás lényege, hogy magas pH-n a vízben található ammóniumionok ammóniagázzá alakulnak.



A magyarországi vizek pufferkapacitása meglehetősen magas, így a pH megváltoztatásához viszonylag nagyobb mennyiségű vegyszer adagolására lenne szükség. Az eljárás után a pH-értéket vissza kell állítani, ami további vegyszer adagolását vonja maga után, ezért ez a technológia alkalmazása ivóvíztisztításra nem gazdaságos megoldás.

Kutatás I.

Kutatásunk során az ammónia modelldat, illetve az analízisre előkészített mintaoldat különböző körülmények között tárolt stabilitását figyeltük meg, valamint az ammónia oldatból történő eltávolításának hatékonyságát vizsgáltuk zeolit adszorbens felhasználásával.

Elsőként a modelldat ammóniumtartalmát vizsgáltuk az MSZ ISO 7150-1:1992 szabványban meghatározott spektrofotometriás módszer segítségével. A módszer alkalmazható ivóvíz, a legtöbb nyers- és szennyvíz analízisére is. (Túlzottan színes vagy sós vizeket az eljárás kezdete előtt előzetesen szűrni kell.) A módszer elve a következő: az ammónium dinátrium-pentaciano-nitrozil-ferrát (nitroprusszid-nátrium) jelenlétében szalicilát-, illetve hipokloritonnal reagál, és a folyamat során a keletkező kék színű vegyület abszorbanciáját mérjük 655 nm-en.

A nitroprusszid-nátrium-, valamint a nátrium-diklór-izocianurát-oldat előállítása után készítettünk egy „ammóniumnitrogén” standard oldatot, mely esetében 1 ml standard oldat 1 mg ammóniumnitrogént tartalmaz. (A lezárt üvegpalackban tárolt oldat legalább 1 hétig stabil.)

Első mérésünk azonban egy olyan standard oldattal történt, melynek 1 ml-e 1 µg ammóniumnitrogént tartalmaz, ugyanis ebben a koncentrációban az oldatot közvetlenül felhasználás előtt kell elkészíteni.

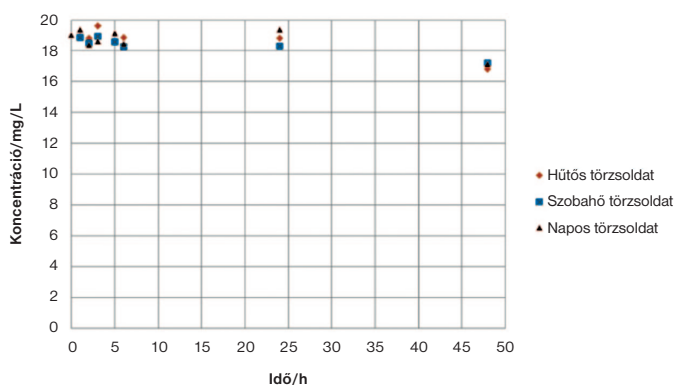
Elsőként a mintából 40 ml térfogatú részletet vettünk, amelyet 50 ml-es mérőlombikba pipettáztunk. A mintához hozzáadtuk a nitroprusszid-nátriumot, majd a nátrium-diklór-izocianurátot. A lombikot jelig töltöttük. Minimum egy óra eltelte után lemértük az oldat abszorbanciáját a maximális elnyelési hullámhosszon. A mintarészletek fotometriás mérése előtt vakpróbát is végeztünk ammóniamentes vízzel. A kalibrálsorozat abszorbanciáját mérve felvettük a koncentráció-abszorbancia görbét. A pontosság érdekében a méréseket többször érdemes elvégezni, mert egy mérés nem mérés, két mérés sem mérés, három mérés után viszont már bízhatunk az eredményünk pontosságában.

Első vizsgálatunk célja az volt, hogy megállapítsuk, mennyire hosszú ideig lehet tárolni az általunk készített modelldatot, hogy megbízható eredményeket adjon méréseink során.

Mivel kutatásunk elsődlegesen az adott mintaoldat különböző körülmények között történő tárolására irányult, a hőmérséklet és a napfény hatását vizsgálva három kísérleti körülmény (hűtőszekrényben, szobahőmérsékleten, sötétben tárolva, illetve szobahő-



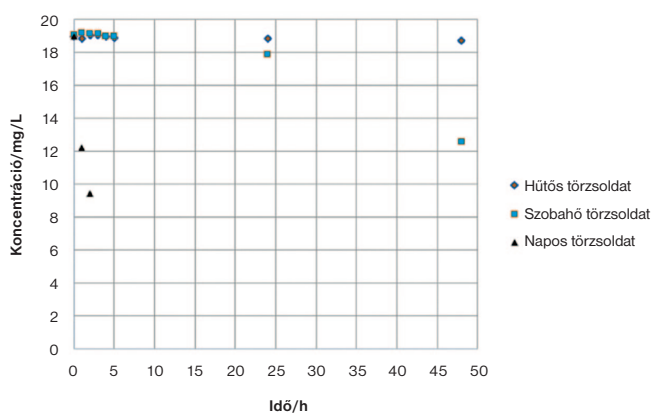
mérsékleten, direkt napfénynek kitéve az oldatot) között elemeztük az ammóniumnitrogén mennyiségének változását. Méréseink során különböző időközönként vizsgáltuk az adott oldatokat (1. ábra).



1. ábra. Különböző körülmények között tárolt modelloldat ammóniatartalmának változása

Megállapítottuk, hogy mindhárom körülmény esetén a modelloldat-minták a szabványban megadott lejárati időn túl (mely 6 órát jelent) tovább is vizsgálhatók. 24 órán túl volt megfigyelhető némi változás, így javaslatunk alapján a modelloldat 24 órán belül történő vizsgálata megfelelő eredményt ad.

A továbbiakban az analízisre előkészített oldat stabilitását vizsgáltuk az említett körülmények között (hűtőszekrény, szobahőmérséklet és napfény). A kapott eredményeket a 2. ábrán mutatjuk be.



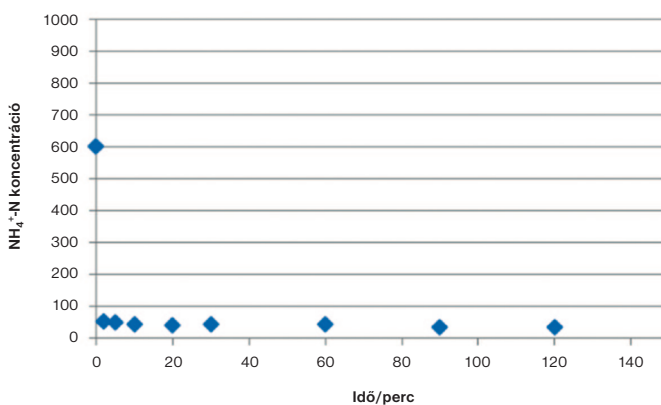
2. ábra. Különböző körülmények között tárolt kész oldat ammóniatartalmának változása

Azok a mintarészletek, melyek napfénynek voltak kitéve, pár óra elteltével már értékelhetetlen eredményeket adtak. A szobahőmérsékleten végzett stabilitásvizsgálat eredménye pedig 24 óránál eltérést mutatott. Abban az esetben, ha a vizsgálatra előkészített mintaoldatot minél tovább szeretnénk tárolni, esetlegesen hosszú mérési sorozat esetén az analízist egyszerre szeretnénk elvégezni, a minta akár 48 órán át is tárolható a hűtőben, és megbízható eredményt fogunk kapni.

Méréseink során arra az eredményre jutottunk, hogy a modelloldat vagy a vizsgálati mintaoldat tárolását 24 órán belül bármilyen körülménynek kitéve is vizsgálhatjuk, míg a kész mintaoldat tárolására a legideálisabb körülmény a hűtőszekrényben, alacsony hőmérsékleten történő tárolás, így a szabványban megadott időn túl is tárolható a minta úgy, hogy pontos eredményt kapjunk.

Kutatás II.

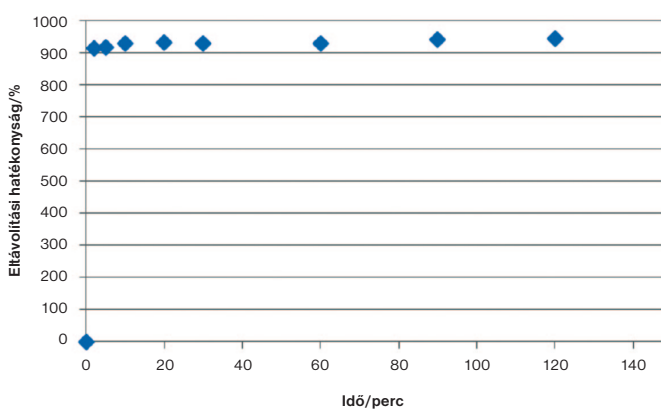
Kutatásunk második felében előbbi eredményeinket felhasználva ammóniaeltávolítási kísérleteket végeztünk, melyhez zeolit adszorbenst használtunk. Elsőként 15 g Zeolit 1 mintát szitáltunk, melyből a 125 µm szemcseméretű frakciót használtuk fel. Modelloldatként 50 mg/l NH₄⁺-oldatot készítettünk. A modelloldathoz hozzáadva a zeolitmintát, folyamatos kevertetéssel bizonyos időközönként 10 ml mintát vettünk az ammóniatartalom méréséhez. Az ammóniaoldatot folyamatosan keverve ígygeztünk ho-



3. ábra. Az ammóniatartalom változása zeolit agyagásvány használata során

mogén oldatot előállítani, egyenletes adszorpciót biztosítani. Az adszorbenst is tartalmazó oldatból mintát vettünk az összekeveréstől számított 2., 5., 10., 20., 30., 60., 90. és 120. percben. A levett mintákat 0,45 µm pórusú fecskendőszűrő segítségével szűrtük meg a zeolitzemcséktől. Ezek után a szabványnak megfelelő módon előkészített mintaoldat ammóniatartalmát vizsgáltuk min. egy óra után.

A 3. ábrán jól látható, hogy már az első mintavétel után az ammóniatartalom jelentősen lecsökkent. A 4. ábrán pedig a zeolit eltávolítási hatékonyságát mutatjuk be.



4. ábra. A zeolit eltávolítási hatékonyságának vizsgálata

Eredményeink alapján a zeolit hatékonynak bizonyult, megállapíthatjuk, hogy alkalmas az ammóniumnitrogén-tartalom min. 90%-os csökkentésére/eltávolítására.

További kísérleteink során tervezzük egyéb adszorbensek vizsgálatát is (pl. aktív szén), valamint membrántechnika alkalmazását.

Köszönettel tartozunk a Soós Ernő Víztechnológiai Kutató-Fejlesztő Központ kutatójának, Gerencsérné dr. Berta Renátának és munkatársainak, valamint Martonné Pálfalvi Katalin felkészítő tanárnőnek.