

Összefoglaló az ÚNKP 18-4-BME-209 kódszámú pályázat kutatásairól (2018/2019/2)

Tóth, András József

BME-VBK Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék, 1111, Budapest,
Budafoki út 8.

ajtoth@envproceng.eu, +36 1 463 1494

Beküldve: 2019. június 7.

Közlésre elfogadva: 2019. június 15.

KIVONAT

Jelen összefoglaló közleményben a „Hulladékvíz kezelési módszerek tanulmányozása a legjobb ipari technológia megállapítása érdekében” című, ÚNKP-18-4-BME-209 kódú pályázat keretében, a 2018/2019/2-es félévhez köthető, már megjelent tudományos publikációk eredményeit mutatjuk be. A kutatott témákat három nagy csoportba lehet sorolni: membrános eljárások modellezése, desztillációs eljárások, és a membránműveletek és a desztillációs elválasztás összehasonlítása.

A finomkémiai iparokban a gyártástechnológia során nagy mennyiségű folyékony hulladék, ipari hulladékdoldószert keletkezik. Ezek kezelése kiemelt kérdés, hiszen ártalmatlanításuk sokszor az egész technológia költségének a legnagyobb hányadát teszi ki. Így olyan regenerálási eljárások kidolgozására van szükség, amelyek anyagilag kedvezőek a gyár számára.

MEMBRÁNOS ELJÁRÁSOK MODELLEZÉSE

A kutatás során mosószer tartalmú ipari hulladékvizek ártalmatlanítási eljárását dolgoztuk ki. A kezelések célja a hulladékvizek kémiai oxigénigény (KOI) szintjének csatornázhatósági határérték alá csökkentése. A feladat során először

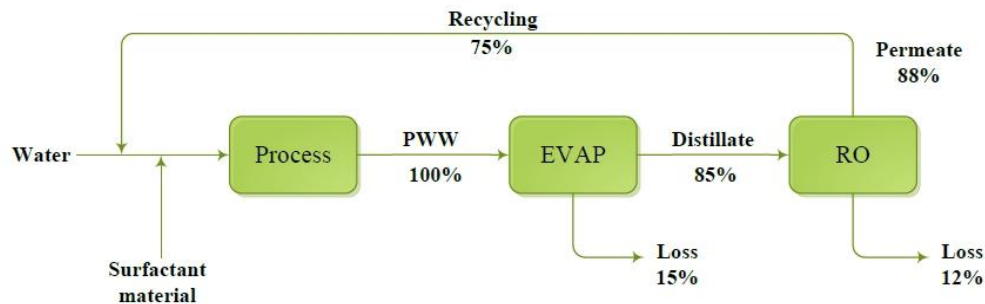
azonosítottuk a minták szerves anyag-tartalmát GC-MS módszerrel, majd ezután laboratóriumi kísérleteket végeztünk. Különböző fiziko-kémiai hulladékvíz kezelési eljárásokat vizsgáltunk meg a minták szerves anyag csökkentésének céljából: szakaszos üzemű desztillációt, vákuumbepárlást és különböző membránműveleteket.

A vizsgálatok nyomán megállapítottuk, hogy az 1 000 mgO₂/l-es csatornázhatósági határérték alá csökkenthető a technológiai hulladékvizek KOI-szintje vákuumbepárlás és fordított ozmózis eljárás kombinált alkalmazásával. Két kereskedelmi forgalomban kapható fordított ozmózis membránnal végeztünk laboratóriumi méréseket. A vizsgálatok során optimalizáltuk a hozamot és a KOI-elválasztás hatékonyságát. Továbbá költségszámításokat is végeztünk, kiszámoltuk a potenciális csatorna bírságokat, illetve a kezelések beruházási és üzemeltetési költségeit. Az eredmények igazolták a választott kombinált eljárás gazdaságosságát (Haáz, E. et al. (2019)). Az 1. ábra mutatja be az eljárás anyagáramait.

Kutatómunkánk során vizsgáltuk a hidrofób gázszeperációs membrán eljárás ammóniacsökkentő hatását ipari szennyvíz mintákon, illetve emberi vizeleten. A finnországi Aalto Egyetemen végzett folyamatos üzemű laboratóriumi kísérleteket felhasználva, számítógépes modellt készítettünk a szennyvízes

elválasztási folyamat leírására. A ChemCAD folyamatszimulátorba elsőként integráltunk kísérleti eredményekkel

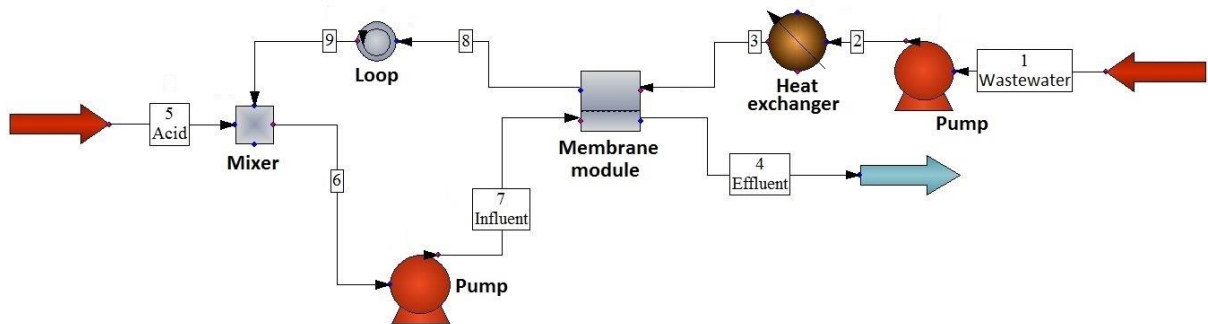
verifikált gázszeparációs modult ammónia elválasztási feladatra.



1. ábra. Mosószer tartalmú technológiai hulladékvizek kezelése bepárlással és fordított ozmózis eljárással (Haáz, E. et al. (2019))

A membránreaktor különböző paraméterek figyelembevételével optimalizáltuk. Megállapítottuk, hogy 85%-os ammóniacsökkentés érhető el 8 óra hidraulikus visszatartási idő alatt, 350 liter kénsav/m² membránfelület/óra adagolással, 35°C betáplálási hőmérsékleten és 60

membránfelület/reaktor térfogat aránnyal, vagyis ez a technológia tökéletesen alkalmas ammónia szennyvíztől való elválasztására (Nagy, J., Kaljunen, J., & Tóth, A.J. (2019)). A 2. ábrán látható az eljárás folyamat szimulátoros modellje.



2. ábra. Gázszeparációs membrán elválasztás modellje a folyamatszimulátorban (Nagy, J., Kaljunen, J., & Tóth, A.J. (2019))

DESZTILLÁCIÓS ELJÁRÁSOK

Az extraktív heteroazeotróp desztilláció (EHAD) eljárásnál az extraktív desztillációs módszert, ahol vizet adagolunk be a kolonna legfelső tányérjára, kombináljuk a heteroazeotróp desztillációval. A víz segítségével eltoljuk a gőz-folyadék egyensúlyt és egy fázisszeparátorral pedig szétválasztjuk a heteroazeotrópot. Folyamatos

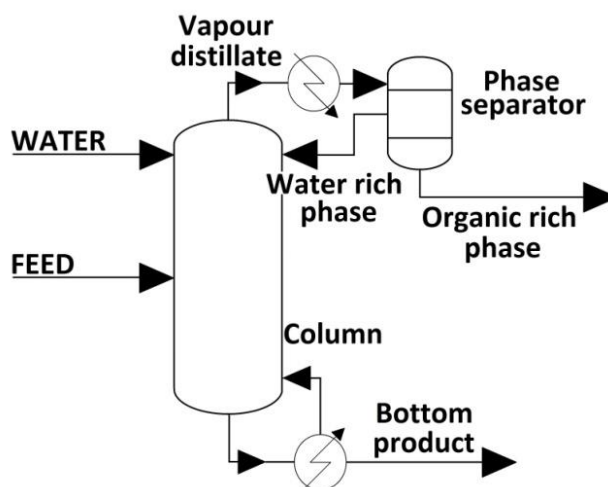
laboratóriumi kísérleteket és folyamatszimulátoros számításokat végeztünk több erősen nem-ideális eleggyel. Hatékonyan alkalmazhatónak bizonyult az eljárás a víz-aceton-kloroform-metanol és a víz-etil acetát-kloroform-etanol elegyek elválasztására. 99,5 tömeg%-os kloroform tisztaságot sikerült elérni a fejlesztett desztillációs módszerrel. Maximális forráspontú azeotrópot tartalmazó elegyet először

sikerült hatékonyan elválasztani az EHAD-módszerrel (Tóth, A.J. et al. (2019)). A 3. ábrán látható a hibrid eljárás kialakítása

maximális
tartalmazó

forráspontú
elegy

azeotrópot
esetében.

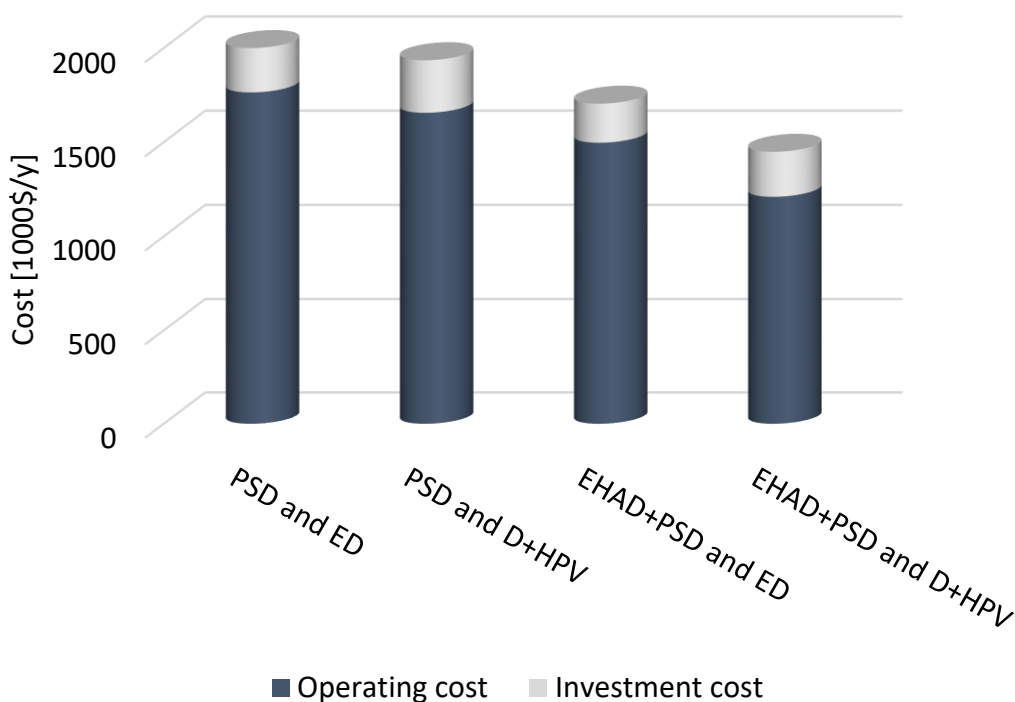


3. ábra. EHAD-kolonna kialakítása maximális forráspontú azeotrópot tartalmazó elegy esetében (Tóth, A.J. et al. (2019))

MEMBRÁN MŰVELETEK ÉS A DESZTILLÁCIÓS ELVÁLASZTÁS ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Erősen nem-ideális elegyek desztillációval történő elválasztása összetett és komplex folyamat. Munkánk során etanol-etil acetát-víz (1), metanol-etil acetát-víz (2), illetve metanol-izopropil acetát-víz (3) elegyek elválasztását vizsgáltuk desztillációs és membrános módszerek kombinációjával. Laboratóriumi kísérleteket, számítógépes modellezéseket és költség számításokat is végeztünk. A ChemCAD folyamatszimulátort és a Douglas-költség függvényeket használtuk. Az optimalizálás során megkerestük a legkisebb extraktív ágens (víz) beadagolásának mennyiségét, amivel teljesíteni lehet az azeotrópok bontását a kolonnában. Megállapítottuk továbbá a minimális elméleti tányérszámot, a refluxarányt és a hőszükségleteket is. Összességében elmondható, hogy az EHAD-eljárással szét lehet választani

azeotróp párokra az elegyket. Ha 99,5 tömeg%-os terméktisztaságot szeretnénk elérni mindegyik komponens esetében, akkor összetett eljárás szükséges. Az etanol alapú rendszerrel a nyomásváltó desztillációt (PSD) kombináltuk az etilén glikollal végzett extraktív desztillációval (ED) (1. módszer), a PSD-t a desztilláció/hidrofil pervaporáció kombinációjával (D+HPV) (2. módszer). A 3. módszer az EHAD+PSD és ED, a 4. pedig az EHAD+PSD és D+HPV kombináció volt. Megállapítottuk a módszerek költség alapú optimalizálása során, hogy az extraktív heteroazeotróp desztilláción alapuló nyomásváltó desztilláció kombinálása hibrid, desztillációs-pervaporációs elválasztással (4. módszer) bizonyul a legkedvezőbbnek (Haáz, E. et al. (2019B)). A 4. ábra foglalja össze az eljárásokat a teljes költség szempontjából.



4. ábra. Etanol-etil acetát-víz terner elegy elválasztási lehetőségeinek összehasonlítása (Tóth, A.J. (2019))

A metanosos elegyek ((2) és (3)) esetében megállapítottuk, hogy az EHAD-kolonna fenéktermékeként keletkező metanol-víz elválasztása kapcsán csökkenthetők a költségek hidrofíli perzaporáció alkalmazásával (Haáz, E. et al. (2019)).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-4-BME-209 kódszámú 'Új Nemzeti Kiválóság Programjának, a Nemzeti Tehetség Program NFTÖ-18-B-0154' pályázatának, a Bolyai János Kutatási Ösztöndíjnak, az 112699-es és az 128543-as számú OTKA pályázatok támogatásával készült. A kutató munka az Európai Unió és a magyar állam támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával, a GINOP-2.3.4-15-2016-00004 projekt keretében valósult meg, a felsőoktatás és az ipar együttműködésének elősegítése céljából.

HIVATKOZÁSOK

A hivatkozásra kattintva az interneten elérhető a publikáció!

Haáz, E., Fózer, D., Nagy, T., Valentinyi, N., Andre, A., Mátyási, J., Balla, J., Mizsey, P., & Tóth, A.J. (2019A). Vacuum evaporation and reverse osmosis treatment of process wastewaters containing surfactant material: COD reduction and water reuse. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 21(4), 861–870. doi: 10.1007/s10098-019-01673-5

Haáz, E., Szilágyi, B., Fózer, D. & Tóth, A.J. (2019B). Combining extractive heterogeneous-azeotropic distillation and hydrophilic pervaporation for enhanced energetic separation of non-ideal ternary mixtures. *Frontiers of Chemical Science and Engineering*, Under publication.

Nagy, J., Kaljunen, J., & Tóth, A.J. (2019). Nitrogen recovery from wastewater and human urine with hydrophobic gas separation membrane: experiments and modelling. *Chemical Papers*, 73(8), 1903–1915.

[doi: 10.1007=s11696-019-00740-x](https://doi.org/10.1007/s11696-019-00740-x)

[Tóth, A.J. \(2019\): Comprehensive evaluation and comparison of advanced separation methods on the separation of ethyl acetate-ethanol-water highly non-ideal mixture, *Separation and Purification Technology*, 224, 490–508.](#)

[doi: 10.1016/j.seppur.2019.05.051](https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.05.051)

[Tóth, A.J., Szilágyi, B., Haáz, E., Solti, Sz., Nagy, T., Szanyi, Á., Nagy, J., & Mizsey, P. \(2019\). Enhanced separation of maximum boiling azeotropic mixtures with extractive heterogeneous-azeotropic distillation. *Chemical Engineering Research and Design*, 147, 55–62.](#)

[doi: 10.1016/j.cherd.2019.05.002](https://doi.org/10.1016/j.cherd.2019.05.002)



EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA