

# VEGYIPARI KÖRNYEZETVÉDELMI KUTATÁSOK A MISKOLCI EGYETEMEN

## ENVIRONMENTAL CHEMICAL RESEARCH AT THE UNIVERSITY OF MISKOLC

*Dr. Mannheim Viktória\**

### ABSTRACT

*The environmental protection takes a main place in the processes of the chemical industry. There are green chemistry methods and some other processes for decreasing the quantity of the organic industrial waste. This paper summarises the research work of the Environmental chemical research team at the University of Miskolc. In the past 18 months the research group can set up new information and research results. The Life Cycle Assessment (LCA), the BAT and the green chemistry can play an important role in this research.\**

### 1. BEVEZETÉS

A vegyipari környezetvédelem kérdéseivel foglalkozó kutatások száma napjainkban nem igazán kiemelkedő, annak ellenére, hogy a vegyipart több oldalról is folyamatos támadások érik a nyers- és alapanyagként használt vagy termékként előállított kémiai anyagok, illetve a keletkező hulladékok lehetséges környezetszennyező mivolta miatt. A vegyipari technológiák elkerülhetetlenül hulladékok, maradékanyagok és melléktermékek képződésével járnak, amelyek a környezetben felhalmozódva hosszú időre fejtik ki káros hatásaikat, így hagyományos értelemben a vegyipar környezetszennyezésre hajlamos iparágnak számít. A környezetvédelmi előírások a vegyipar számára szigorúak és jelentősen megnövelik a termelési kiadásokat, ezért a vegyipari környezetvédelem nemcsak technológiai, kémiai és biológiai probléma, hanem gazdasági kérdés is. Ugyanakkor vállalati stratégiát átalakító tényező (még ha ezt sokan nehezen is ismerjük fel), hiszen a vállalatok versenyképességének egyik fontos tényezője tevékenységük környezetbarát jellege. Egy vegyipari technológia környezetbarát jellegének eldöntése igen összetett feladat és csak körültekintő elemzés után jelenthetjük ki egy technológiáról, hogy környezetbarát. A kérdés összetettségét jól jellemzi a PVC-gyártásról kialakult ellentmondás, mi szerint alapanyagaként a nátronlúgyártásnál keletkező és súlyos környezeti

problémát okozó klórt hasznosítja, de ugyanakkor a poli-vinil-klorid egy nehezen lebontható műanyag, monomere mérgező. A vegyipari technológiák/termékek fejlesztése következtében csökken a felhasznált anyagmennyiség és energiaigény, illetve az előállított termékek és a keletkezett hulladékok kevésbé károsítják környezetünket, ezért a költségnövekedéssel járó technológiai innováció érdeke kell, hogy legyen minden vegyipari vállalatnak.

### 2. ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKA ÉS ZÖLD KÉMIA A VEGYIPARBAN

Az integrált hulladékgazdálkodás jegyében a vegyipar területén is a hulladékképződés megelőzésére és a veszélyesség csökkentésére kell törekednünk. Keletkező mennyiségük csökkentése érdekében, a „zöld kémia”, a környezetbarát segédanyagok, illetve az elérhető legjobb technika alkalmazása a legcélszerűbb. Az IPPC egyik alapvető követelménye a BAT (Best Available Techniques) technikák bevezetése. Ez magába foglalja azokat a hatékony és fejlett eljárásokat és módszereket, amelyek lehetővé teszik a szennyezés kibocsátás elkerülését, amennyiben ez nem lehetséges akkor a minimalizálást. BAT referencia dokumentum (BREF) a nagy volumenű szerves vegyi anyagok ágazatban már publikált az EU által, ami megadja azokat a speciális technikákat, amelyek a környezeti problémák megoldására irányulnak. A veszélyes vegyipari hulladékok kezelésénél növelni kell a hasznosítás mértékét, és csökkenteni kell a lerakóhelyre kerülő veszélyes hulladékok mennyiségét. Az ártalmatlanítást illetően alapvetően korszerűsítési kérdések várnak megoldásra. Mivel a vegyipari hulladékok ártalmatlanítása elsősorban égetéssel történik, ezért a keletkezett hő hasznosítása kerülhet előtérbe. A vegyipari eredetű oldószertartalmú hulladékok hasznosítási aránya is növelhető. Hosszútávon a környezetbarát technológiák a leggazdaságosabbak a vegyipar területén is. Környezetbarát technológiák kiszélesedésével a vegyipari vállalatok jobb teljesítményt nyújtanak valamennyi célterületen. Gondoljunk csak az Európai Vegyipari Tanács (CEFIC) Responsible Care (Felelős Gondoskodás) programjára,

\* egyetemi docens, Miskolci Egyetem Vegyipari Gépek Tanszéke

amelyhez Magyarország 1992-ben csatlakozott. A vegyipar egészség, biztonság és környezetvédelem melletti elkötelezettségét jelképező program résztvevői egy folyamatosan bővülő adatbázist hoztak létre, amely segítségével a vállalatok és más szervezetek megismerhetik az iparágban alkalmazott legjobb gyakorlatokat, és összehasonlíthatják működésüket más cégek teljesítményével. A vegyipar ma már a gyáripáron belül az egyik legbiztonságosabb ágazat Európában. Az RC programban részt vevő vállalatok mérhetően jobb teljesítményt nyújtanak a környezetvédelmi célterületeken is. A vállalati környezetvédelmi feladatok egyrészt a vállalati stratégia kidolgozásával vannak összefüggésben, másrészt mindennapi feladatok. Teljes hulladégmentes technológiák megvalósítása a vegyipar területén is lehetetlen feladat, azonban nem mindegy, hogy a kiindulási anyagokból milyen mértékben „gyártunk” vagy a keletkezett melléktermékekből milyen mértékben hasznosítjuk a hulladékot. Fentiekkel összefüggésben, a legfontosabb környezetvédelmi cél a vegyipar területén a hulladékcsoökkentési eljárások alkalmazása. Számos lehetséges mód kínálkozik e téren: nyersanyag tisztítása/helyettesítése, segédanyagok kiváltása, hulladékok visszavezetése, katalizátorcseré, más reakció utak, berendezések megbízható kiválasztása, változtatások a kiszolgáló környezetben stb.. A hulladékcsoökkentési folyamatokra szolgáló tervezést, hierarchikus folyamattervezésnek nevezzük, ami új, környezetbarát technológiák tervezése/kialakítása (elsődleges technológia) és a rendelkezésre álló technológiák fejlesztése (csövégi technológia) kapcsán alkalmazható. Új, környezetbarát üzemek építése sokszor könnyebb feladat, mint a „csövégi megoldás”. A vegyipar területén fontos szerepet kell kapjon a „zöld kémia” is, amelynek célja a termékekhez és az eljárásokhoz kapcsolódó veszélyek csökkentése. A „zöld kémiai kutatások” (COST zöld kémiai program) eredményeképpen van lehetőség környezetbarát vegyi anyagok, szintézisek és eljárások kialakítására, akár úgyis, hogy ezek gazdaságilag is kedvezőek legyenek.

#### Környezetbarát megoldások a zöld kémia jegyében:

- Vegyipari alapanyagok kiválasztása megújuló nyersanyag-forrásokból (lignocellulóz etanol gyártáshoz, gabona, cukornövények, olajos növények, terpenoidok stb.).
- Környezetbarát segédanyagok és oldószerek alkalmazása.
- Modern analitikai módszerek alkalmazása azonnali elemzési és folyamat ellenőrzési lehetőségekkel.
- Katalitikus reakciók nem-katalitikus reakciók helyett.
- Biomimetikus katalizátorok és biomimetikus szintézis.
- Atomszelektivitás. Alternatív reagensek.

### **3. VEGYIPARI KÖRNYEZETVÉDELMI KUTATÓCSOPORT KUTATÁSI CÉLJAI**

A Miskolci Egyetem Vegyipari Gépek Tanszékén a 2011 júniusában létrehozott „Vegyipari környezetvédelmi kutatócsoport” célja olyan vegyipari technológiák kidolgozása, amelyek a környezetterhelés csökkentésére, a keletkező hulladékok mennyiségének csökkentésére/biztonságos ártalmatlanítására, valamint a veszélyes anyagok felhasználásának/előállításának visszaszorítására irányulnak a zöld vegyipar és a fenntartható fejlődés tükrében. A kutatócsoport tagjai: Dr. Siménfalvi Zoltán tanszékvezető egyetemi docens, Szamosi Zoltán PhD hallgató, Bodnár István PhD hallgató, Sipos László MSc hallgató; a kutatócsoport vezetője: Dr. Mannheim Viktória egyetemi docens. A kutatócsoport kutatásainak elsődleges célja, olyan innovatív és környezetbarát technológiák kidolgozása, amelyek megoldást nyújthatnak a vegyipari környezetvédelem időszerű problémáira, az energiahatékonyság és a gazdaságosság folyamatos hangsúlyozása mellett. Adott vegyipari folyamatra a kitűzött célok megvalósítása komplex módon, az alábbi részfeladatok együttes figyelembevételével lehetséges:

- Rendelkezésre álló hazai és nemzetközi szakirodalmi és jogszabályi háttér alapos áttekintése az adott vegyipari technológia kapcsán.
- Adott technológia részletes áttekintése és vizsgálata. A folyamatok során felhasznált anyagáramok (alapanyagok, segédanyagok, keletkezett melléktermékek, hulladékok és maradékanyagok) és energiaáramok részletes jellemzése. A lejátszódó kémiai folyamatok, környezetre hatást gyakorló paraméterek pontos meghatározása. A képződő hulladékok környezeti hatásainak felmérése.
- Környezetterhelést csökkentő környezetbarát technológiák (maradékanyagok visszaforgatása, felhasznált veszélyes anyagok korlátozása, nyersanyag- és az energiafelhasználás mérséklése stb.) kidolgozása.
- Megoldást nyújtó környezetbarát technológia/technológiák környezeti, energetikai-technológiai és gazdaságossági vizsgálata.
- Rendelkezésre álló technológiák környezeti hatásainak csökkentése. A keletkezett anyagok és környezet közti kölcsönhatások megismerése. A technológia során keletkezett/későbbiekben keletkező hulladékok optimális kezelése.

- Lehetőségek ismert reagensek helyettesítésére környezetbarát segédanyagokkal, zöld kémiai kutatásokkal.

A kutatások során fontos szerepet kap a „zöld kémia” is, amelynek célja a termékekhez és az eljárásokhoz kapcsolódó veszélyek csökkentése. Hosszútávon elsősorban olyan műszakilag megalapozott, innovatív és környezetbarát technológiák jelenthetik a leggazdaságosabb megoldást, amelyek egyszerre szolgáltatnak a környezetvédelmi elvárásoknak megfelelő, jól kezelhető és piacképes termékeket. A kutatások rövidtávú céljai között elsősorban a kutatócsoport szakmai kompetenciájának növelése, illetve a K+F+I területén történő költséghatékonyság és gazdaságosság növelése foglal helyet.

#### A kutatások hosszú távú céljai:

- Meglévő ipari kapcsolatok bővítése és új ipari kapcsolatok kialakítása.
- K+F+I intenzitás növelése.
- A vegyipari környezetvédelem, mint szakterület ismeretanyagának bővítése.
- Kutatási eredmények szerepeltetése a tantárgyi tematikákban, oktatási segédletekben, ismertetése az oktatásban.

#### **4. A KUTATÓCSOPORT ELÉRT ÉS VÁRHATÓ EREDMÉNYEI**

A kutatócsoport központi kutatási területe az elmúlt időszakban elsősorban a vegyipari technológiák POP (perzisztens szerves szennyezők) tartalmú hulladékainak problémájára irányult. Az elmúlt 18 hónapban végrehajtott tevékenységeit, teljesített feladatait és kutatási eredményeit az 1. táblázat foglalja össze röviden, három kutatási periódusra történő bontásban. Napjainkban nagy szerepet kap az egyes technológiák ún. „környezetkonformitása” is. Mivel egy új, környezetbarát technológia bevezetése és a már rendelkezésre álló technológiák fejlesztése kapcsán nő a gazdasági termelékenység, ezért az alkalmazandó technológiák között prioritásokat kell megfogalmaznunk. Ez egy döntéstámogató-értékelési rendszer kidolgozásával és a műszaki, ill. gazdasági feltételek változásainak párhuzamos vizsgálatával segíthető. A kidolgozásra kerülő döntéstámogató-értékelési módszer új döntéshozatali irányt képezhet a vegyipari környezetvédelem jövőjében is.

A következő kutatási időszakban a kombinált termikus ártalmatlanítási technológiák további vizsgálata és a termikus hulladékkezelési technológiák környezetgazdaságtani értékelése mellett így fontos kutatási célt jelent a fentiekben röviden vázolt döntéstámogató-értékelési rendszer komplex kidolgozása is.

#### *1. táblázat. Kutatási időszakok eredményei*

<b>I. kutatási időszak</b> <b>2011. június 8. – 2011. november 30.</b>
POP tartalmú hulladékokra vonatkozó környezetvédelmi jogszabályok, irányelvek tanulmányozása. Mennyiségi és minőségi felmérés, elemzés, adatgyűjtés. Növényvédő szerek agrokémiai hátterének áttekintése, csoportosítása, vonatkozó követelmények. Magyarországon leggyakrabban vásárolt növényvédő szerek hatóanyagai, azok környezetre gyakorolt hatása. Növényvédő szerek előállítási technológiáinak részletes vizsgálata az EU tagországaiban. Gyártási folyamat reakcióegyenletei, input-output egyenletek. Felhasznált segédanyagok és keletkezett melléktermékek jellemzése. REACH áttekintése. Zöld kémiai alapelvek és COST zöld kémiai program elemzése. Zöld kémia jegyében elkészült kutatások feldolgozása. Életciklus-elemzés teljes szakirodalmi hátterének feldolgozása. Modernebb LCA elemzést megvalósító GaBi5 szoftver megrendelése. Napjainkban rendelkezésre álló hulladékkezelési lehetőségek feldolgozása a növényvédő szerek és csomagolási hulladékait illetően, különös tekintettel a termikus ártalmatlanítási technológiákra. Négy főbb termikus eljárás (hagyományos égetés, pirolízis, gázosítás és plazmatechnológia) rendszerezett összehasonlítása. Termikus hulladékkezelési eljárások energiahatékonysági, környezetterhelési és gazdaságossági szempontjaira vonatkozó komplex vizsgálati modell kidolgozása és bemutatása.
<b>II. kutatási időszak</b> <b>2011. december 1. – 2012. május 31.</b>
Részvétel GaBi5 LCA-tréningen elsajátítása. GaBi 5 LCA szoftver használatának elsajátítása. Növényvédő szerek hatóanyagainak részletes feldolgozása táblázatos formában. Növényvédőszer-gyártás technológiájának összetett életciklus-elemzés vizsgálatához szükséges input-output energia- és anyagáramok begyűjtése. Melamin gyártásának elemzése a szoftver segítségével. Termikus ártalmatlanítási technológiákra vonatkozó input-output anyag- és energiaáramok adatainak összegyűjtése és feldolgozása a rendelkezésre álló szakirodalmak és ipari technológiák alapján.
<b>III. kutatási időszak</b> <b>2012. június 1. – 2012. november 30.</b>
Termikus ártalmatlanítási technológiák teljes körű LCA elemzése és komplex kiértékelése energiahatékonysági és környezetterhelési szempontból, a rendelkezésre álló input-output anyag- és energiamérlegek felhasználásával, különös tekintettel a plazmatechnológiára. Új súlyozási rendszer kidolgozása a termikus technológiák kapcsán az elméleti matematikai modell és az LCA elemzések birtokában. Termikus ártalmatlanítási technológiák prioritási sorrendjének felállítása. Kombinált termikus ártalmatlanítási technológiák vizsgálata energiahatékonyság és gazdaságosság szempontjából.

## 5. ÉLETCIKLUS-SZEMLÉLET A VEGYIPARI KÖRNYEZETVÉDELEMBEN

A 2013-ban hatályba lépett új hulladékgazdálkodási törvényben kiemelkedő szerepet kap az életciklus-szemlélet, ami ez által a környezetvédelem szerves részévé vált. Az életciklus-értékelés elsősorban az egymást helyettesítő termékek és eljárások esetén a legigéretesebb és legcélravezetőbb. Vitathatatlan, hogy a termék életét a kezdetektől a legvégsőig (amíg hulladék keletkezik belőle vagy akár ezt követően is) követő életciklus elemzés a környezet védelmét szolgálja. Életciklus-elemzések (LCA) birtokában lehetőségünk nyílik az egyes vegyipari technológiák környezeti hatásának vizsgálatára. A környezetmenedzsment egyik legjobban teret hódító rendszereszközének alkalmazása során számszerűsíthető és megbecsülhető az, hogy egy termék teljes élettartama során (előállítás, annak elosztás, felhasználás át a belőle képződő hulladék ártalmatlanításáig) milyen környezeti terheléseket okoz, illetve milyen és mennyi természeti erőforrást használ fel (beleértve az energiakiadásokat is). A környezeti hatások értékelésénél (ISO 14044:2006 szabvány szerint) az egyes folyamatok input és output áramait környezeti hatáskategóriákba soroljuk, az előző szakasz leltáreredményeinek hozzárendelésével. Minden egyes környezeti hatáskategóriára vonatkoztatva meghatározunk egy referencia egységet, majd súlyozzuk őket a rendelkezésre álló hatásvizsgálati módszer segítségével. Az életciklus teljes anyag-, ill. energiamérlegének ismerete a kívánt eredmény eléréséhez elengedhetetlen. A vegyipari környezetvédelem során alkalmazott életciklus-értékelés kapcsán mérlegelhető a feladásra kerülő input-output anyag- és energiaáramok, a felhasználásra kerülő energiaforrások (fosszilis vagy alternatív), illetve a keletkezett végtermékek mértéke és felhasználási köre. Az értékelést valamennyi szempont (környezetterhelési, energiahatékonysági és gazdaságossági aspektusok) párhuzamos figyelembevételével végezhetjük el. Azaz, az LCA az alkalmazásra kerülő technológiák közötti mérlegelést teszi lehetővé. A különböző LCA szoftverek alkalmazásával egy új és a jövőben eredményesen alkalmazható megoldási-döntési irányvonal adható meg a vegyipari környezetvédelem területén is.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A vegyipari környezetvédelmi kutatási területek folyamatos bővítést igényelnek, amelynek eredményei nagymértékben hozzájárulnak a vegyipari szektor és a környezetvédelem szakterületének további

fejlesztéséhez. A vegyipari környezetvédelem területén működő kutatócsoport elért és jövőbeli eredményei várhatóan nagymértékben hozzájárulnak a rendelkezésre álló vegyipari technológiák környezetvédelmi innovációjához, amely által a vállalatok versenyképessége, környezeti menedzsmentje és környezeti vállalati stratégiája fejleszthető. A kutatási eredmények a vegyipar teljesebb elkötelezettségét jelenthetik az egészség és a környezetvédelem mellett, amelynek hasznélvezői elsősorban az európai polgárok, a vegyipar, a mezőgazdaság (elsősorban a környezetbarát növényvédő szerek és segédanyagok alkalmazása által), a közlekedés és a kereskedelem. További hasznélvezők azok a hatóságok, szolgáltatók, ipari vállalkozások, területek, amelyeket a vegyiparba integrált környezetvédelem és a környezetvédelmi jogszabályok által diktált kötelezettségek érintenek. Nem utolsósorban környezetünk, környezeti biztonságunk, egészségünk és életünk.

### Köszönetnyilvánítás

*A kutatói tanulmány a TÁMOP- 4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.*

## 7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] KÓSI K., VALKÓ L.: Környezetmenedzsment, Typotex Kiadó, 2006.
- [2] SZÜCS E., BUDAI I., MATKÓ A.: Környezetmenedzsment, Pannon Egyetem - Környezetmérnöki Intézet, 2011.
- [3] MANNHEIM V.: Life Cycle Assessment (LCA) a hulladékgazdálkodásban. Hulladékgazdálkodási Tanácsadó Kézikönyv. 9. rész/ IV. sz. melléklet. Verlag Dashöfer Szakkönyv Kft., Budapest. 48. aktualizálás, 2011. november. pp. 187-198.
- [4] MANNHEIM V.: Komplex modell bevezetése POP tartalmú hulladékok termikus ártalmatlanítási technológiáinak mérlegelésére. GÉP. LXIII. évf. 2 (2012) pp. 45-48.
- [5] MANNHEIM V.: Termikus kezelési technológiák vizsgálata veszélyes hulladékokra, életciklus-elemzés módszerrel. *Energiagazdálkodás*. 53. évf. 5 (2012) pp. 2-5.
- [6] MANNHEIM V., BODNAR I.: Súlyozási rendszer kidolgozása termikus ártalmatlanítási eljárások összehasonlítására vonatkozóan. GÉP. LXIII. évf. 10 (2012) pp. 37-40.