Magyar Talajtani Társaság
Hungarian Soil Science Society
http://www.talaj.hu

Az akkumulátor ipar potenciális környezeti és egészségügyi kockázatai

Dr. Szabó Zoltán

MTT Talajszennyezettségi Szakosztály, elnök

A Magyar Talajtani Társaság 2025-ös tematikus évének nyitóeseménye (Miskolc, 2025. július 9.)

A talajfedés és a talajszennyezettség

Magyarországi cégek összefogása talajainkért támogatói rendezvény

Az akkumulátor ipar potenciális környezeti és egészségügyi kockázatai

Szennyezett területek felmérése és kármentesítése

Az akkumulátoripar kémiai biztonsági kérdései /környezeti és egészségi hatásai

Az akkumulátoripar szabályozása

Magyarországi tapasztalatok

Javaslatok az akkumulátor ipar környezeti és egészségügyi kockázatainak csökkentésére

Szennyezett területek kármentesítése - kezdetek

- **A szovjet csapatok hátrahagyott környezeti kárainak felmérése**
  - 330 településen, 48 ezer hektáron kezdődött meg, 171 helyőrségben
  - Húsz területen azonnali kármentesítési beavatkozás történt
    - 2,7-3 millió m3 szennyezett föld
    - 1-1,2 millió m3 szennyezett felszín alatti víz
    - 200-220 ezer m3 veszélyes hulladék kezelésére került sor
- **A környezeti károk jellemzően az alábbi tevékenységekhez, vagy létesítményekhez kapcsolódnak**
    - felhagyott, vagy jelenleg is üzemelő iparterületek, gyárak (különösen vegyipar, nehézipar)
    - felszín alatt elhelyezett szénhidrogén- vagy egyéb vegyszertároló tartályok, veszélyes hulladékok
    - volt katonai objektumok (repülőterek, gyakorlóterek, üzemanyagbázisok stb.)
    - vasúti teherpályaudvarok, rakodó és átfejtő telepek
    - egykori, megfelelő műszaki védelem nélkül kialakított hulladéklerakók, valamint az ott lerakott ipari veszélyes hulladékok kimosódása
    - felhagyott bányaterületek zagytározói és meddőhányói, kezeletlen csurgalékvizei, stb.

Szennyezett területek kármentesítése - jogszabályok

- A környezet védelmének általános szabályairól szóló **1995. évi LIII. törvény**
  - a környezeti kár felelősségi kérdéseiről és a Kormány kármentesítéssel összefüggő feladatairól
  - a környezeti károkért való felelősség kérdése a szennyező fizet elven alapszik
- A felszín alatti vizek védelméről szóló **219/2004. (VII.21.) Korm. rendelet**
- A környezetkárosodás megelőzésének és elhárításának rendjéről szóló **90/2007. (IV. 26.) Korm. rendelet**
- A földtani közeg és a felszín alatti vízszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről szóló **6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet**
- A kármentesítési tényfeltárás szűrővizsgálatával kapcsolatos szabályokról szóló **14/2005. (VI. 28.) KvVM rendelet**
- A felszín alatti víz és a földtani közeg környezetvédelmi nyilvántartási rendszer (FAVI) adatszolgáltatásáról szóló **18/2007. (V. 10.) KvVM rendelet**
- A szennyezett területek adatait az **Országos Környezeti Információs Rendszer (OKIR) FAVI KÁRINFO** alrendszere tartalmazza

Szennyezett területek kármentesítése - OKKP

A 219/2004. Korm. rendelet alapján az OKKP célja: „a felszín alatti víz, a földtani közeg veszélyeztetésének, szennyezettségének, károsodásának megismerése, nyilvántartásba vétele, valamint a szennyezettség kockázatának csökkentése, és a szennyezettség csökkentésének vagy megszüntetésének elősegítése; a felszíni vizekben okozott károk kármentesítése; a természetben okozott károk kármentesítése.”

Az OKKP-val kapcsolatos feladatok ellátásáról – az érintett miniszterekkel együttműködve – a környezetvédelemért felelős miniszter gondoskodik (jelenleg az Energiaügyi Minisztériumhoz tartozik).

Az OKKP feladatainak fő szakmai prioritásai

- az emberi egészség védelme
- az ivóvíz, az ivóvízbázisok védelme
- a talaj, a víz és az élő környezet védelme
- a szennyezett területek újrahasznosítása

Az OKKP közvetlen céljai

- a szennyezett területek országos számbavételének folytatása, szennyezett és potenciálisan szennyezett területek nyilvántartása, állami beavatkozások prioritási sorrendjének kialakítása
- az állami és nem állami felelősségi körbe tartozó területek tényfeltárásának folytatása, a jelentős kockázatú feltáratlan területeken a várható beavatkozási feladatok meghatározása
- a szennyezettség mértékének és kockázatainak csökkentése, felszámolása és monitorozása

Szennyezett területek kármentesítése - hatósági feladatok

A kármentesítés hatósági felügyeletét elsőfokú környezetvédelmi hatóságként (továbbiakban: hatóság) a kormányhivatalok kijelölt járási hivatalai látják el.

- szakhatóságok (pl. vízvédelem, vízgazdálkodás, közegészségügy, talajvédelem, stb.) működnek közre
- a kármentesítés – a szennyezettség gyanújának kivizsgálását követően – a jogszabályban rögzített feladatokra kiterjedő **tényfeltárási szakasszal** indul.
- a tényfeltárás eredménye alapján a hatóság döntést hoz a beavatkozás szükségességéről, a szennyezés terjedését megfigyelő monitoring rendszer létesítéséről
- a környezeti kármentesítés keretében az **akkreditált szakértői szervezet**nek meg kell mérnie
    - a kibocsátott szennyezőanyagnak a talajban, a vizekben és az élő környezetben okozott károsodás mértékét
    - annak a felszín alatti térrészben történő kiterjedését, mozgását
    - továbbá meg kell határoznia a **környezeti kár kockázatainak hatásviselői**t
    - a **kockázati tényezők hatásának mértékét**
    - a kármentesítési beavatkozás szintjét

A kármentesítési beavatkozás a hatóság által engedélyezett – „D” kármentesítési célértékeket meghatározó - beavatkozási terv birtokában végezhető.

A kármentesítés befejezéséről a kármentesítési monitoring záródokumentáció alapján a hatóság dönt.

Szennyezett területek kármentesítése – egészségügyi kockázatok

- **A kármentesítési beavatkozás szükségességét megalapozó kockázatot meghatározza**
  - a szennyezőanyagok minősége és mennyisége, összetettsége, kiterjedése
  - a humánökológiai receptorok típusa és jelenléte (az érintett lakosság és munkavállalók)
  - a hidrogeológiai adottságok, a transzport jellege és a természetes védelem, valamint a természetes lebontó képesség
- **A kármentesítési beavatkozások fő céljai**
  - a „D" kármentesítési célértékek eléréséhez a szennyezőanyagok mennyiségének csökkentése a környezeti elemekben
  - a hidrogeológiai adottságok lokális módosítása
  - a szennyezések biológiai hozzáférhetőségének csökkentése
  - a szennyezőanyag-transzportot, valamint a káros anyagok biológiai felvételének minimalizálása
- **A kármentesítés során a környezeti, illetve ezen belül a humánökológiai kockázat mértékét - az adott területhasználat mellett - még elfogadható szintre kell csökkenteni.**

Szennyezett területek kármentesítése – akkumulátoripari tapasztalatok

- **Perion Rt, Budapest, Váci út**
  - 1906 - 2002
  - szárazelem, savas és lúgos akkumulátor gyártás
  - magas ólom expozíció (munkaegészség problémák, szennyezett talaj)
  - az épületek maradványai és a kitermelt talaj minősítési eljárás után lerakókra kerültek
- **Metallokémia telephely, Budafok**
  - 1908 - 1990
  - színesfém kohászat, akkumulátor feldolgozás
  - kiterjedt nehézfém (ólom, kadmium, réz,…) szennyezés (füstgáz, pernye és lerakott salak kiporzása)
  - környezeti (talaj, talajvíz és növény) hatások mellett emelkedett egészségi kockázatok
  - a felporzott talajrészecskék belélegzése, kismennyiségű talaj lenyelése és a helyben termesztett zöldség-gyümölcs fogyasztása a gyerekeknél a tolerábilis szintet 2,2-szeresen meghaladó mértékű terhelést okozhatott
  - az érintett családi házak kertjében talajcserére került sor, míg a szolidifikált (beágyazott) építési törmelék és a salak szigetelt szarkofágba került (M6 bevezető szakasz)

Szennyezett területek kármentesítése – KEHOP-3.3.0-15-2021-00011

A projekt célja a hátramaradt környezeti károk országos felmérése, azonosítása és a területek megtisztítása érdekében szükséges további kármentesítési, beavatkozási intézkedések előkészítése 4 különböző munkafázisban.

Státuszvizsgálat

- a projektbe bevont 32 területre vonatkozó adatgyűjtés az adott terület szennyezettségéről, mit lehet tudni a terület környezethasználati történetéről

Állapotfelmérés

- a korábbi tevékenységek alapján kijelölt 25 területen a fúrási pontok és a vizsgálandó komponensek meghatározása, akkreditált víz- és talajmintavételek, helyszíni mérések, laboratóriumi vizsgálatok elvégzése, a terület vízföldtani, geológiai és hidrológiai viszonyainak részletes feltárása és meghatározása

Tényfeltárás

- a vizsgálati eredmények összegzésével 11 célterület szennyezettségének teljes körű beazonosítása (vertikális és horizontális lehatárolása), veszélyeinek meghatározása, a szennyezés megszüntetési lehetőségek jogi hátterének bemutatása, a lehetséges beavatkozások meghatározása és azok költséghatékonysági összehasonlítása a vonatkozó jogszabályban előírtaknak megfelelően

Beavatkozás

- a 7 területre kidolgozott beavatkozási tervekben a tényleges kármentesítési technológia kiviteli tervei és ezek várható költségei kerülnek bemutatásra és hatósági jóváhagyásra

Az akkumulátor ipar szabályozása

- **Európai Unió**
  - 2035-ig fokozatosan megszűnik a dízel- és benzinmotoros új autók értékesítése (kivéve a klíma-semleges üzemanyagot használó belső égésű motorral felszerelt új járműveket)
  - új akkumulátor rendelet (EU 2023/1542)
- **A rendelet fő célkitűzései**
  - az EU belső piacának működésének megerősítése (termékek, folyamatok, hulladékok újrahasznosítása)
  - a körforgásos gazdaság előmozdítása
  - a környezeti és társadalmi hatások csökkentése az akkumulátorok életciklusának valamennyi szakaszában
- **A gyártóknak kiterjesztett gyártói felelősséget kell vállalniuk a termékeik életciklus végi kezelésére**, mint:
  - elemek és akkumulátorok gyűjtése, kezelése és újrafeldolgozása
  - a gyűjtött vegyes települési hulladék összetételére vonatkozó vizsgálatok elvégzése
  - az elemekről, illetve akkumulátorokról és a hulladékokról jelentéstétel
  - a gyártóknak engedélyt kell szerezniük, és igazolniuk kell, hogy rendelkeznek a kiterjesztett gyártói felelősséggel járó költségek fedezéséhez szükséges pénzügyi eszközökkel.
  - a hulladékelemeket, illetve -akkumulátorokat más hulladékáramoktól elkülönítve kell gyűjteni

Az akkumulátor ipar szabályozása

- Az elemek és akkumulátorok kezelését végző létesítménynek a környezetre és az emberi egészségre gyakorolt káros hatások megelőzése és az egyes anyagfajták magas szintű hasznosítása érdekében meg kell felelnie a 2010/75/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv előírásainak (**elérhető legjobb technikáknak megfelelő egyedi engedélyezési követelményeket és ellenőrzések**) és a XII: melléklet „A" részében meghatározott követelményeknek

- **Tilos az akkumulátorok és elemek lerakása vagy elégetése** (2008/98/EK 4. szerinti hulladék hierarchia)

- A gyártónak 2025. augusztus 18-ig **kockázatkezelési értékelést** kell készítenie a Rendelet X. Melléklete szerint (**nyersanyagok és kockázati kategóriák**), ami kiterjed az ellátási láncra is

- Az azonosított kockázatokra való reagálás érdekében **stratégiát kell kidolgozni és végrehajtani a káros hatások megelőzésére, enyhítésére és kezelésére**

Az akkumulátor ipar szabályozása

Társadalmi és környezeti kockázati kategóriák

- **Környezet, éghajlat és emberi egészség** (közvetlen, közvetett, kumulatív és az ember okozta hatások)
  - légszennyezés és az üvegházhatású gázok kibocsátása
  - víz (vízszennyezés, vízhasználat, vízmennyiség, árvíz vagy aszály, a vízhez való hozzáférés)
  - talaj (talajszennyezés, talajerózió, földhasználat, földterület-degradáció)
  - biológiai sokféleség (élőhelyek, vadon élő állatok, növények és ökoszisztémák)
  - veszélyes anyagok
  - zaj és vibráció
  - üzembiztonság
  - energiafelhasználás
  - hulladék és maradékanyagok
- **Emberi jogok, munkahelyi egészségvédelem és biztonság**

Az akkumulátor ipar szabályozása

- **2025. december 31-ig megcélzott újrafeldolgozási arányok (átlagos tömegre számítva)**
  - savas ólomakkumulátorok: 75 %
  - lítium alapú elemek, illetve akkumulátorok: 65 %
  - nikkel-kadmium akkumulátorok: 80 %
  - egyéb hulladékelemek, illetve akkumulátorok: 50 %
- **2030. december 31-ig**
  - savas ólomakkumulátorok: 80 %
  - lítium alapú elemek, illetve akkumulátorok: 70 %
- **2027. december 31-ig**
  - az anyagában történő hasznosítási cél 90 - 90 % a kobalt, réz, ólom és nikkel, míg 50 % a lítium esetében
- **2031. december 31-ig**
  - az anyagában történő hasznosítási cél 95 - 95 % a kobalt, réz, ólom és nikkel, míg 80 % a lítium esetében

A lítium akkumulátor gyártás környezeti és humán egészségügyi kockázatai

Lítium akkumulátor gyártás folyamata

- fő alapanyagok: lítium, kobalt, nikkel, mangán, grafit
- kitermelés: bányászat és sólepárlók
- a tisztítási folyamatban számos toxikus anyag használata

Környezeti kockázatok

- **nyersanyag-kitermelés**
  - nagy mennyiségű vízfelhasználás → súlyos vízhiány
  - talajdegradáció, kiporzás, levegőszennyezés, kibocsátások
  - vegyszerek kijutása beszivárgása, felszín alatti vizekben mérgezés
- **gyártás és hulladék (feldolgozás)**
  - nehézfémek, savak, oldószerek (pl. NMP, 1,4-butándiol) és speciális adalékok (pl. vinilén-karbonát, trimetoxi-boroxin, 1,3-propán-szulton és trimetilfoszfát) kibocsátása
  - az akkumulátorokból baleset/égés esetén számos, potenciálisan veszélyes reakciótermék szabadul fel
  - nem megfelelő hulladékkezelés súlyos károkat okozhat élővilágban

A lítium akkumulátor gyártás környezeti és humán egészségügyi kockázatai

Éghajlati következmények

- gyártás jelentős energiaigénye, főként fosszilis forrásokból
- üvegházhatású gázok (széndioxid és metán) kibocsátása
- gyártás és kitermelés növeli karbonlábnyomot, hozzájárul klímaváltozáshoz

Humán egészségügyi kockázatok

- toxikus fém expozíció: lítium, kobalt, nikkel, mangán
- levegőbe kerülő vegyületek: belégzés, bőrkontaktus, mérgezés
- munkavállalók és helyi lakosság potenciális egészségügyi terhelése, krónikus betegségek

Megelőzés és szabályozások

- szigorú környezetvédelmi és hulladékkezelési előírások
- újrahasznosítási technológiák, zárt rendszerű gyártás fejlesztése
- folyamatos hatósági ellenőrzés, helyi monitoring rendszer

Lítium, kobalt és nikkel hatása az emberi egészségre

Lítium

- kis mennyiségben a bipoláris zavar kezelésében használt, ill. szabályozza a hangulatváltozásokat
- magasabb expozíció vesekárosodást, hypothyreosist és neurológiai problémákat okoz
- inhaláció vagy bőrrel történő érintkezés következtében légzőszervi irritáció, valamint fokozódó vesefunkciós zavarok alakulhatnak ki

Kobalt

- a B12 vitamin molekula része, amely nélkülözhetetlen az idegrendszer és a vérképzés megfelelő működéséhez
- inhalációs expozíció krónikus tüdőproblémákat okozhat (légzőszervi irritáció, asztmaszerű tünetek és tüdőfibrosis)
- magas dózisú, tartós expozíció esetén bőrallergiák, valamint kardiotoxikus (szívritmuszavar és szívelégtelenség) és karcinogén hatások

Nikkel:

- a bőr és légutak expozíciója allergiás reakciókat válthat ki (pl. kontakt dermatitis)
- magas szintű inhalációs kitettség tüdőrákkal és légzőszervi betegségekkel is összefüggésbe hozható ipari dolgozóknál
- a nikkel immunrendszeri túlérzékenységet vált ki, emellett sejtmembrán károsodást és enzim gátlásokat okoz

Lítium, kobalt és nikkel hatása az emberi egészségre

Terhes nők és gyermekek kitettsége

- a **lítium** teratogén hatása miatt orvosi kontroll alatt kell tartani a gyógyszeres kezeléseket, magas dózisok a magzat fejlődésére károsak lehetnek
- **kobalt és nikkel** esetén is fennáll a kockázat a fejlődő szervezet számára, főként légúti irritációk és allergiás reakciók formájában.

Biokémiai és toxikológiai mechanizmusok

- a **lítium** befolyásolja az idegrendszer neurotranszmittereit (túlzott mennyiségben neurotoxikus hatások)
- a **kobalt** vegyületek oxidatív stresszt idéznek elő, gyulladásos folyamatokat aktiválnak és DNS-károsodást okozhatnak, ami hozzájárulhat a rákkeltő hatáshoz
- a **nikkel** immunrendszeri túlérzékenységet vált ki, emellett sejtmembrán károsodást és enzim gátlásokat okoz

N-metil-pirrolidon (NMP) hatása az emberi egészségre

Az N-metil-pirrolidon egy színtelen, vízben jól oldódó, enyhén ammóniaszagú folyadék. Kiemelkedően jó oldóképessége miatt számos vegyipari folyamatban alkalmazzák. Az akkumulátorok gyártásában kulcsszerepe van.

Expozíciós források

- elsősorban munkahelyi környezetben belégzés és a bőrrel való érintkezés útján
- környezetszennyezés esetén is előfordulhat kis mennyiségű NMP jelenléte a környezeti kompartmentekben (levegő, talaj, víz), bár ezek az expozíciós szintek általában alacsonyak

Egészségügyi hatások és kockázatok

- **neurológiai tünetek**
    - hosszan tartó expozíció fejfájást, szédülést és koncentrációzavarokat eredményezhet
- **bőrirritáció**
    - bőrrel való érintkezés égő érzést, kipirosodást és dermatitiszt válthat ki
- **hosszú távú vagy ismételt expozíció májkárosodáshoz vezethet**

N-metil-pirrolidon (NMP) hatása az emberi egészségre

Reprodukciós toxicitás

- számos állatkísérlet és in vitro vizsgálat igazolta az NMP magzatkárosító potenciálját
- patkányokon és nyulakon végzett toxikológiai tesztek kimutatták, hogy az anyai expozíció következtében megnövekedett a magzati rendellenességek aránya, beleértve a koponya- és gerincelégtelenségeket, izomfejlődési hibákat és csontdeformitásokat
- az in vitro vizsgálatokban az embrionális őssejteken történt kezelések gátolták a sejtproliferációt és fokozott sejthalált eredményeztek
- az NMP a szervezetbe jutva képes áthatolni a placentán, így közvetlenül hathat a magzati fejlődésre
- az NMP elsősorban a sejtosztódás és differenciáció gátlásával, valamint a génexpresszió módosításával befolyásolja a magzati fejlődést.
    - DNS-károsító hatások, amelyek mutációkat okozhatnak
    - oxidatív stressz növelése, ami sejtkárosodáshoz vezet
    - hormonális egyensúly felborulása, ami a fejlődési rendellenességekhez járul hozzá
    - sejthalál indukálása, különösen a magzati szövetekben
- ezek a mechanizmusok összességében koraszülést, súlyos fejlődési rendellenességeket és viselkedési problémákat válthatnak ki a születendő gyermekben

N-metil-pirrolidon (NMP) hatása az emberi egészségre

Humán expozíció és epidemiológiai adatok

- az NMP expozíció többnyire ipari munkavállalók és laboratóriumi dolgozók körében fordul elő
- az epidemiológiai vizsgálatok korlátozottak és nem egyértelműek, mivel a vizsgált csoportok kicsik és más társult kockázati tényezők is jelen lehetnek
- egyes tanulmányok ugyanakkor összefüggést mutatnak a NMP munkahelyi expozíció és a spontán vetélések, koraszülés, valamint születési rendellenességek emelkedett kockázata között, különösen azokban az esetekben, ahol az expozíció magasabb volt és nem volt megfelelő védőfelszerelés.

Szabályozások és expozíciós határértékek

- az Európai Unió a REACH rendelet keretében korlátozza az NMP használatát, különösen a terhes munkavállalók esetében, mivel magzatkárosító besorolást kapott
- az expozíciós határértékek célja a munkahelyi védelem és a környezeti koncentráció csökkentése
- a szabályozások előírják a megfelelő személyi védőeszközök használatát és a környezeti monitorozást a potenciálisan veszélyes munkakörnyezetekben

Alternatívák és ipari innovációk

- az NMP használatának kockázatai ösztönzik a vegyipart alternatív - biológiailag lebomló, alacsony toxicitású oldószerek és biztonságosabb technológiák fejlesztésére, amelyek minimalizálják a reproduktív és környezeti kockázatokat

Lítium, kobalt és nikkel hatása a talaj állapotára

A **talajba jutott toxikus fémek felhalmozódhatnak és a táplálékláncba is bekerülhetnek.** A fémszennyeződések a **kumulatív ökológiai problémák** (mikroorganizmusok, növények és állatok) mellett a **talajvíz elszennyeződését** is okozhatják**.** A toxikus hatások mértékét a **talaj összetétele és pH értéke, valamint az egyes fémvegyületek oldékonysága** jelentősen befolyásolják.

Lítium

- a lítium kevésbé ökotoxikus, de megnövekedett koncentrációban gátolja a mikroorganizmusok aktivitását, csökkentve a lebontó folyamatok hatékonyságát és a N-körforgalom aktivitását, a tápanyagok átalakulását és a talaj termékenységét.

Kobalt

- a kobalt komplexek toxikusak a N-kötő baktériumokra és növelhetik a talaj savasságát
- kimutatott károsító hatás a talaj makrofaunájában (pl. földigilisztákban és nemtódákban, amelyek létfontosságú szerepet töltenek be a talaj szerkezetének fenntartásában és tápanyag körforgalomban)

Nikkel

- nyomelemként szerepet játszik egyes enzimműködésekben
- magas koncentrációban károsítja a mikroflórát, csökkenti a mikrobiális biomasszát és gátolja a biogeokémiai folyamatokat
- befolyásolja a gyökérnövekedést és gátolja a növények tápanyag felvételét

Közös hatásmechanizmusok

- sejtmembránok károsítása és az enzimrendszerek gátlása, sejtkárosító reaktív oxigéngyökök képződése

N-metil-pirrolidon (NMP) környezeti sorsa

Környezetbe jutás

Az NMP ipari tevékenységek során elsősorban a légkörbe, vízfolyásokba és talajba kerülhet ki. Kiürülése pontszerű szennyeződésként gyártóüzemekből, illetve diffúz kibocsátásként felhasználói helyeken történhet.

- gyártási hulladékok és elfolyások, oldószerként használt termékek párolgása, szennyvíz kiömlés kezelési hiányosságok és nem megfelelő hulladékkezelés vagy balesetek

Az NMP elsősorban vízbázisú környezeti komponensekben jelenik meg, de a levegőbe is párologhat. Az NMP nem kötődik erősen a talajszemcsékhez, a talajban viszonylag mobilis, emiatt könnyen eljuthat mélyebb rétegekbe, ami helyi vagy regionális szennyezéshez vezethet.

Lebomlási mechanizmusok és környezeti átalakulás

Az NMP környezetben történő lebomlását főként biológiai és kémiai folyamatok határozzák meg. A légkörben fotokémiai oxidáció révén (hidroxil gyökök hatására) gyorsan lebomlik, így az NMP atmoszférikus élettartama rövid (felezési idő 5-8 h).

A szennyvízkezelőkben – megfelelő levegőztetés mellett - az NMP hatékonyan lebomlik. Anaerob körülmények között az NMP lebomlása jelentősen lassulhat , ami potenciális környezeti kockázatot jelent.

Talaj esetében a mikrobiális lebontás a domináns mechanizmus. A lebontás során különböző intermedierek keletkeznek, amelyek további átalakuláson mennek keresztül, majd végül széndioxidra, vízre és ammóniára bomlanak le. A lebomlás sebessége függ a környezeti tényezőktől, mint például hőmérséklet, pH, mikroorganizmusok jelenléte és oxigénellátottság. Az NMP felezési ideje talajban általában néhány nap és néhány hét között változik.

N-metil-pirrolidon (NMP) ökotoxikológiai hatásai

Az NMP mérsékelt toxicitást mutat vízi szervezetekre (pl. halak, algák és gerinctelenek).

Magas koncentrációjú expozíció azonban károsíthatja a reprodukciót, növekedést és túlélést.

Az NMP viszonylag gyors lebomlási tulajdonságai és mozgékonysága miatt a környezetben való tartós felhalmozódás, illetve bioakkumuláció mértéke alacsony.

Ugyanakkor az ipari kibocsátások és balesetek esetén kialakuló lokális magas koncentrációk jelentős kockázatot jelentenek.

Az NMP környezeti kockázatai és degradációs termékek

Az NMP biodegradációja során keletkező közbeni és végső termékeinek toxikológiai jellemzői is fontosak, mivel **egyes intermedierek a kiindulási vegyületnél nagyobb mértékű ártalmas hatást okozhatnak a mikroflórára vagy vízi élőlényekre.**

Jövőbeni vizsgálati célkitűzés, hogy **a környezetvédelmi monitoring az NMP mellett a bomlástermékekre is** kiterjedjen. Az optimális lebontási feltételek megteremtése elősegíti a teljes mineralizációt, ami kulcsfontosságú a káros hatások minimalizálásához.

Az akkumulátor ipar hazai helyzete

A 2021-ben elfogadott Nemzeti Akkumulátor Iparági Stratégia 2030 céljai

- hozzájárulás a közlekedés dekarbonizációjához az akkumulátorok széleskörű használatával, továbbá a megújuló energiaforrások alkalmazásához megfelelő villamosenergia tárolókapacitás biztosításával
- versenyképes és fenntartható akkumulátor-értéklánc megteremtése Magyarországon
- versenyelőny biztosítása erős magyar K+F+I kapacitás megteremtése által
- akkumulátor-értéklánc munkaerő szükségletének biztosítása
- akkumulátor alapanyagok a fenntartható gazdaság és ipar körforgásában
- nemzetközi együttműködés erősítése

A Stratégia célja olyan hazai akkumulátor-értéklánc létrejöttének támogatása, ami magas magyar hozzáadott értékű szolgáltatásokra és termelésre, valamint a nemzetközi és nemzeti szereplők közös értéktermelésére épül, az európai ökoszisztémába ágyazódva elköteleződik a környezetileg és társadalmilag fenntartható akkumulátorgyártás mellett.
Az európai akkumulátor értéklánc egyik központja Magyarország legyen.

A Stratégia elsősorban a gazdaság fejlesztésével és működtetésével kapcsolatos kérdésekkel foglalkozik, míg a hosszú távú környezeti, erőforrásbeli, egészség- és klímakockázatokra kevesebb figyelmet fordít.

Az Akkumulátor Szövetség Műhelytanulmánya (2023) „Tények és javaslatok a környezeti és társadalmi szempontból fenntartható hazai akkumulátor iparági értéklánc kialakításával kapcsolatban” ezen kérdések vizsgálata mellett számos szervezési javaslatot is tartalmaz.

Az akkumulátor ipar hazai helyzete

A lítium akkumulátorok gyártásában közreműködő vállalatok (2023)

- nyersanyagok és elsődlegesen feldolgozott anyagok gyártója: **nincs**
- alapanyag gyártók (elektródák, speciális fóliák, elektrolit oldatok): **15**
- alkatrész gyártók: **12**
- cella gyártók: **8**
- szeparálás, újrahasznosítás: **5**

Működési tapasztalatok

- ellenőrzések/büntetések
- munkaegészségügyi és munkabiztonsági előírások megsértése
- illegális hulladékgyűjtés és kezelés
- szennyezett esővíz előírásoknak nem megfelelő elvezetése
- veszélyes anyagok tárolási előírásainak be nem tartása
- nikkel-kobalt-mangán és nikkel-kobalt-alumínium porokkal végzett kifogásolt munkavégzés, környezetszennyezés
- szennyvízkezelőből iszapkiömlés
- tűzvédelmi előírások be nem tartása
- dolgozók oktatásának elmaradása

Levegő kibocsátási előírások változása (2027/2028-tól)

- **NMP emisszió: a jelenlegi 150 mg/m3 –ről 1 mg/m3 –re, nikkel és kobalt a felére, mangán az ötödére**

Az MTT Talajszennyezettségi Szakosztály javaslatai

- **az akkumulátor ipari beruházások engedélyezési dokumentációinak, ellenőrzési és környezeti monitoring adatainak nyilvántartására szolgáló, egységes és hozzáférhető rendszer létrehozása**
- **az érintett üzemek rendszeres és összehangolt katasztrófavédelmi, környezetvédelmi és munkavédelmi ellenőrzése**
- **az alacsony összegű bírságok helyett elrettentő és visszatartó hatású büntetések kiszabása**
- **a lakossági riasztó rendszerek teljes mértékű kiépítése valamennyi érintett üzem hatásterületén**
- **az Akkumulátor Stratégiában részletezett feladatokhoz illeszkedő országos környezetvédelmi stratégia kidolgozása**
- **a lakosság egészségi állapotának nyomon követésére alkalmas figyelő rendszer bevezetése**
- **az új akkumulátor ipari beruházásokra nyújtott támogatások egy részének biztosítása az érintett területek egészségügyi és/vagy oktatási infrastruktúrájának fejlesztésére**

Köszönöm a megtisztelő figyelmet!