

KÉMIA IDEGEN NYELVEN



Kémia németül

Szerkesztő: Horváth Judit

A 2022/4. számban megjelent szakszöveg fordítása:

Műtrágyák¹ - (1. rész)

Műtrágyázás nélkül a modern mezőgazdaság **magas hozama nem érhető el és nem tartható** fenn, bármely más modern technikai vívmány használata mellett sem. A magas hozamok feltétele a **tápanyagok kívülről történő** kiegészítő bevitelle, mivel a talaj a szükséges tápanyagmennyiség **utánpótlását** nem képes megfelelő mértékben biztosítani. A kielégítő mértékű ásványi trágyázás² nem csak magas hozamokat eredményez, hanem értékes növényi eredetű **tápanyagokat** egyaránt. A műtrágyázás erősen befolyásolja a **kalóriaforrásként**³ szolgáló **szénhidrátokat, zsírokat és fehérjéket** éppúgy, mint az energiában szegény, de az emberek és állatok táplálkozása szempontjából egyaránt szükséges növényi összetevőket, úgymint **vitaminokat, növekedést serkentő és ásványi anyagokat**. A világon 2 milliárd ember már⁴ most is kizárólag⁵ a **kiegészítő** műtrágyázásnak köszönhetően látható el élelemmel.

Az ásványi trágyázás jelentősége az élelmezés⁶ biztonsága szempontjából

A növényeknek növekedésükhöz **napfényen és vízen kívül ásványi anyagokra**, úgynevezett szervesen tápanyagokra is szükségük van. **1840-ben Justus von Liebig kémikus** bizonyítani tudta a **nitrogén**, a foszfátok és a kálium növekedést serkentő hatását. Ennek folyamán mindegy, hogy ezekhez az **ásványi anyagokhoz** a növény a kőzetek

mállása⁷, **szerves anyagok** mineralizálódása vagy pedig **ásványi trágyázás révén** jut hozzá. 50 felett volt a tézisek száma, melyeket Liebig megfogalmazott:

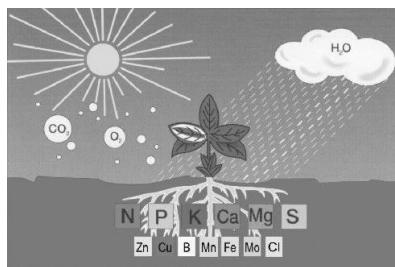
*„Egy talaj egy adott növényfaj számára akkor **termékeny**, ha az **e növény számára szükséges ásványi tápanyagokat megfelelő mennyiségben, helyes arányban és a felvételre alkalmas megjelenési formában tartalmazza.**”*

A minimum törvénye: *„Egy növény **növekedését és hozamát az a tápanyag** vagy növekedési faktor **határozza meg**, amelyik a **legkisebb (minimális) mennyiségben áll rendelkezésre.**”*

*„Ha egy talaj **termékenységét hosszútávon meg akarjuk⁸ őrizni**, akkor rövidebb vagy hosszabb idő elteltével **pótolni⁹ kell a talajból kivont¹⁰ összetevőket**, vagyis a talaj **összetételét helyre¹¹ kell állítani.**”*

(Justus von Liebig / Mezőgazdasági kémia / 8. kiadás, 1865)

Mivel nem minden talaj mutat **tápanyagtartalom** szempontjából optimális tulajdonságokat, valamint a növények **tápanyagszükséglete** egymásétól **erősen eltér**, ezért a **modern mezőgazdaságban a jó minőségű műtrágyák döntő jelentőségűek a jó hozam szempontjából. A fenntartható mezőgazdaság** nagymértékű elköteleződést, innovációs erőt, szakértelmet¹² és kreativitást kíván.



1. kép. A növények ásványi tápanyagainak makroelem- és nyomelemkomponensei

Egy műtrágya legfontosabb összetevői leginkább a **fő** tápanyagnak számító **elemek¹³**: a **nitrogén (N)**, a **foszfor (P)** és a **kálium (K)**, mivel ezen tápanyagok hiánya sok talajban korlátozza a növények növekedését. Azokat a műtrágyákat, melyek nitrogént, foszfort és

káliumot is tartalmaznak **NPK-műtrágyának** vagy **komplex**¹⁴ **műtrágyának** nevezik. A műtrágyák másodsorban **ként**, **kalciumot** és **magnéziumot** tartalmaznak. Végül a növényeknek még **nyomelemekre** is¹⁵ szükségük van: ezek közé tartozik a bór (B), a vas (Fe), a klór (Cl), a réz (Cu), a mangán (Mn), a molibdén (Mo) és a cink (Zn), melyek a műtrágyákban is benne lehetnek, vagy pedig speciális **mikroelemtrágyaként** árusítják őket. Leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy a **nitrogén a levéltömeg képzését**, a **foszfor a virág és termés képzését** szolgálja, a **kálium** a fásodást és a **növény statikáját** erősíti, a **magnézium** pedig a **tápanyagfelvételt** segíti elő.

Sok, tápanyagként szolgáló elemet¹⁶ **fosszilis lelőhelyekről**¹⁷ lehet **kitermelni**¹⁷. Azonban a **kőzetekben** stabil, **alig oldható vegyületként**¹⁸ fordulnak elő. A tápanyagokat a növények csak **vízben oldott ionok formájában** veszik fel. Az **NPK szervesen műtrágya** gyártásához a **nyerszfátot savakkal feltárják**¹⁹, és az így képződött²⁰ **foszforsavat ammóniával semlegesítik**. A **kálisókat** bányászat útján nyerik, feldolgozzák (kálium-klorid-műtrágya), vagy kálium-szulfáttá alakítják át.

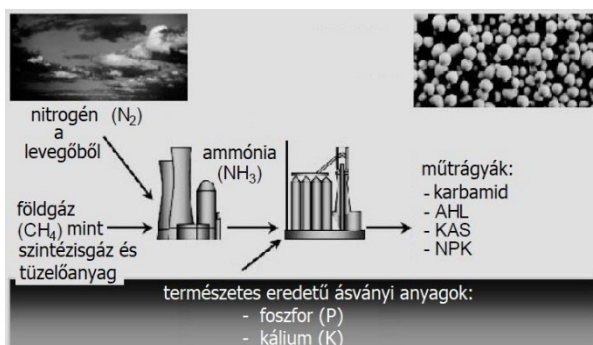
A növények a tápanyagokat tényleg csak ionos formában veszik fel? Ez így valójában nem teljesen igaz. A **bór nyomelem** a semleges $B(OH)_3$ formában (**bórsav**) kerül felvételre. Így aztán speciális esetet képvisel. A bór a **sejtfalak** kialakításában vesz részt, és a virágzat és a termés képződését támogatja.

A világ népessége növekszik: hogyan biztosítsuk²¹ **az élelmezésüket?**

Thomas Malthus angol, nemzetgazdasággal foglalkozó közgazdász már **1800 körül megjósolta**, hogy az **élelmiszertermelés nem képes lépést tartani az emberiség növekedésével**. Kutatók, mint pl. Justus von Liebig (1803–1873) ettől kezdve fáradoztak azon, hogy a mezőgazdaságban a **hozamokat mesterséges trágyázás révén javítsák**. Ezzel egyidőben angol gazdák **nitrogéntartalmú guanóval** történő **trágyázással** kísérleteztek, és **hatalmas növekedést** mutattak²² fel a **hozamokban**. Mivel azonban a **guanólelőhelyek korlátozottak** voltak és legnagyobbbrészt **Dél-Amerikából** kellett behozni, olyan módszerről álmodoztak²³, amellyel a **nitrátok mesterséges úton állíthatók elő**. **Habár a Föld légköre háromnegyed**

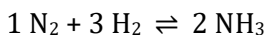
részben nitrogénből áll, ebben az elemi formában a növények csak bizonyos talajbaktériumok által történő átalakítás után²⁴ tudják hasznosítani. Ebbe a feladatba több, mint száz éven keresztül beletörtek a kémikusok bicskája²⁵ – míg jött Fritz Haber. Neki **1908-ban sikerült²⁶ a nagy fogás²⁷: a nitrogénműtrágya előállítás.** Ettől fogva, immár²⁸ száz éve lehetséges nitrogént műtrágyává alakítani.

A **nitrogénműtrágya** legtöbb esetben ammónium-nitrátot, ammónium-szulfátot és kálium-nitrátot takar, és **ammóniából és salétromsavból állítják elő.**



2. kép. Az ammóniát, mely szinte mindegyik N-tartalmú műtrágya alap építőeleme, a levegő nitrogénjéből és földgázból állítják elő

1 rész levegőből származó nitrogén és 3 rész metánból származó hidrogén 2 rész ammóniát ad:



mindez 450 °C-on és 300 bar nyomáson²⁹ egy reaktorban. Ebből mindjárt látjuk³⁰, hogy Haber úttörőnek számító ötletének technikai megvalósítása **hatalmas kihívást** jelentett a gyakorlati³¹ tehetséggel megáldott Carl Bosch gépészmérnök³² számára.

Haber idejében a **hidrogént kokszból** nyerték, még egészen **1960-ig**. Ma szinte mindegyik ammóniaüzem **földgázalapon** működik, mint legolcsóbb kiindulási anyag. A **hidrogént földgázból** (metán, CH₄) a **gőzreformálási eljárással** nyerik. Az **energiaigény** az ammónia tonnájaként **kokszt** kiindulási anyag esetében **90 GJ** (gigajoule), **földgáz** esetében kb. **30 GJ**.

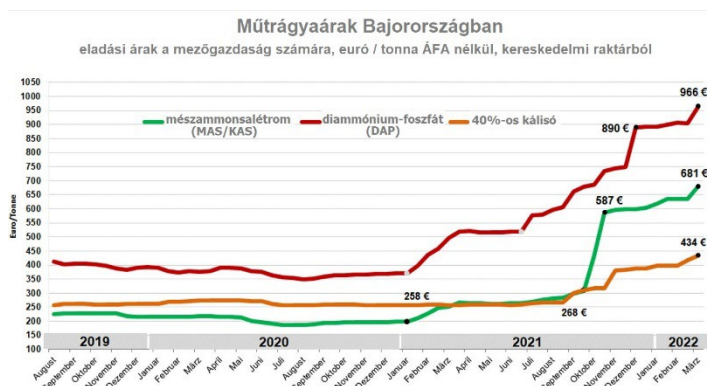
Energiafelhasználás a műtrágyagyártás során

A szintetikus műtrágyák előállítása nagyon energiaigényes, mely magas nyersanyagforrás-felhasználással³³ és üvegházhatású gázok kibocsátásával jár együtt. A műtrágyagyártáshoz jelenleg világszinten a földgáz kereken 4 százalékát kell felhasználni. Ebből a gáz 80%-a nyersanyagként szolgál a műtrágyához, míg a maradék 20%-ot melegítésre és áramfejlesztésre használják.

Nyugat-Európában ma a teljes energiefelhasználás mintegy **15%-át élelmiszer előállítására** fordítják. Ez 5%-ban a szükséges nyersanyagok mezőgazdasági előállítása és 10%-ban a nyersanyagok élelmiszerekké történő **feldolgozása** (a logisztikai ráfordítást beleértve) között oszlik meg³⁴. A mezőgazdasági termelésben **nagyon sok energiát** az ásványi N-műtrágyák alkalmazása miatt használnak el. Így például a téli búza termesztése során **52%** az **N-műtrágya** alkalmazásának (gyártás³⁵, szállítás, kiszórás³⁶) részaránya a teljes energiefelhasználásból. A **P- és K-műtrágyák** csak **8%-ban** járulnak hozzá az energiefelhasználáshoz, míg a **földmunkák** valamint az üzemeltetéshez szükséges eszközök és anyagok (vetőmag, stb.) **részaránya 40%** a teljes energiefelhasználásban.

Gázárak és a műtrágyapiac

Az **európai műtrágyaipar** súlyos **krízisbe** került, mivel az európai gázpiac a padlón³⁷ van. A **rekordmagas földgázárak**, melyek a műtrágyagyártás változó **előállítási költségeinek 90%-át** teszi ki, az európai gyártók számára lehetetlenné teszik, hogy tovább termeljenek és versenyezzenek. Ennek eredményeként az **európai termelés** több mint **70%-át** már **csökkentették³⁸ vagy leállították**. (2022. 08. 26.) A politikai döntéshozóknak emiatt komolyan el kell gondolkozniuk a műtrágyakrízis kezelésére szolgáló intézkedéseken ahhoz, hogy az **élelmezés³⁹ biztonságára** gyakorolt hosszútávú hatásokat minimalizálni lehessen az EU-ban. Európának **erős hazai műtrágyaiparra** van szüksége ahhoz, hogy továbbra is termeljen élelmiszert.



3. kép: A műtrágya nettó árának alakulása az elmúlt hónapokban

Ásványműtrágya-gyártás és a műtrágyák nyersanyagai

A **nitrogéntartalmú műtrágyák** legjelentősebb előállító országa **Kína**, őt követi **India** és az **USA**. Európában a legfontosabb gyártók **Oroszország** és **Ukrajna**, őket követi **Lengyelország**, **Hollandia**, **Németország** és **Franciaország**.

A legnagyobb **kálimezők**⁴⁰ **Kanadában**, valamint **Oroszországban** ill. **Fehéroroszországban** és **Németországban** találhatóak.

A világ **foszfátlelőhelyei** a két **40. szélességi kör**⁴¹ között terülnek el. Ezen geológiai feltétel miatt a kitermelés **kevés országra korlátozódik**⁴².



4. kép: A világszinten jelentős foszfátlelőhelyek

Emiatt tudni kell, hogy a műtrágyák ásványi összetevői, ahogy pl. a foszfát, egészen természetes módon **nehézfémekkel szennyezettek**. Foszfát esetében ez elsősorban a **kadmium** nehézfém. Tehát aki **rendszeresen** olyan ásványi műtrágyával trágyáz, melyben **magas a foszfát aránya**, hosszú távra **nehézfémeket dúsíthat**⁴³ fel a talajban. Mára sajnos szinte kizárólag megnövekedett⁴⁴ kadmiumtartalmú foszfátlelőhelyek léteznek, mert a **kadmiumban szegény** bányák már **kimerültek**. Németországban emiatt védő **határértékek**⁴⁵ vannak érvényben. Ezekből a rendelkezésekből különösen **Oroszország** és **Dél-Afrika** profitál⁴⁶. Az ottani **készletek különösen tiszták**⁴⁷, és az EU országaiban történő kizárólagos felhasználás⁴⁸ mellett közel 300 évig kitartanak.

Csak amiatt, mert **nehézfémek** kerülnek a **földbe**, még messze nem feltétlenül⁴⁹ biztos, hogy a **növények felveszik** ezeket. A **talajok**⁵⁰ **bizonyos anyagokat** meg tudnak **kötni**, melyeket emiatt⁵¹ például a növények nem tudnak felvenni. A következő **összetevők** és **tulajdonságok** vannak pozitív hatással a **nehézfémek megkötésére**: (1) Magas **agyagtartalom**. (2) A **humusz** szintén képes nehézfémeket megkötni. (3) A pH-érték a talajban⁵⁰ **ne** legyen **6 alatt**. Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy egy nehéz, humuszt és agyagot tartalmazó talaj képes sok nehézfémet megkötni. **Homokos talajból**⁵⁰ viszont a nehézfémeket a növények fokozott mértékben **felveszik**, és a talajvízbe **kimosódnak**. Azonban a nehéz talaj is csak akkor tudja a nehézfémeket **hatékonyan megkötni**, ha a pH **nem túl savas**.

A szövegben előfordult fontos szakkifejezések:

Anyagok:

s Kohlenhydrat, ~s, ~e	szénhidrát
s Fett, ~(e)s, ~e	zsír
s Eiweiß, ~es, ~e	fehérje
r Stickstoff, ~(e)s	nitrogén
s Phosphat, ~s, ~e	foszfát
s Kalium	kálium
r Schwefel, ~s, ~	kén
s Calcium / Kalzium	kalcium

s Magnesium	magnézium
s Spurenelement, ~s, ~e	nyomelem
s Eisen, ~s, ~	vas
s Chlor, ~(e)s	klór
s Kupfer, ~s, ~	réz
s Mangan, ~s	mangán
s Molybdän, ~s	molibdén
s Zink, ~s	cink
s Gestein, ~s, ~e	kőzet
e Säure	sav
e Phosphorsäure	foszforsav
s Ammoniak, ~s	ammónia
Kalisalze (Pl.)	kálisók
s Kaliumchlorid	kálium-klorid
s Kaliumsulfat	kálium-szulfát
e Borsäure	bórsav
e Salpetersäure	salétromsav
s Kaliumnitrat, ~s	kálium-nitrát
r Wasserstoff, ~(e)s	hidrogén
s Methan, ~s	metán
r Koks, ~es, ~e	koksz
s Erdgas, ~es, ~e	földgáz
Schwermetalle (Pl.)	nehézfémek
s Cadmium / Kadmium	kadmium
r Ton, ~(e)s, ~e	agyag
r Humus, ~	humusz

Fogalmak:

anorganisch

szervetlen

organisch	szerves
e Menge, ~n	mennyiség
s Verhältnis, ~ses, ~se	arány
r Bestandteil, ~(e)s, ~e	alkotórész / összetevő
e Zusammensetzung	összetétel
r Gehalt, ~(e)s, ~e an etw.	tartalom
fossil	fosszilis / ásványi
e Lagerstätte, ~n	lelőhely
löslich	oldható
gelöst	oldott
s Ion, ~s, ~e	ion
...haltig	vmilyen tartalmú
in elementaren Form	elemi formában
r Druck, ~(e)s, ~e	nyomás
s Verfahren, ~s, ~	eljárás
r Energieaufwand, ~(e)s, ~e	energiafelhasználás
r Anteil, ~(e)s, ~e	részesedés, rész
r Grenzwert, ~(e)s, ~e	határérték
r pH-Wert, ~(e)s, ~e	pH-érték
sauer	savas

Egyéb:

ab bauen	kitermel (bányászattal) / lebont
neutralisieren	semlegesít
um setzen	átalakít
aus etw. bestehen	áll vmiből
an reichern	(fel)dúsít

Magyar helyesírás és nyelvtan:

Figyeljünk, hol írunk kis- ill. nagybetűt: *bór / pH / a Föld légköre / európai műtrágyaipar*

A névelőt elhagyjuk: *egy kiváló minőségű növényi tápanyagot / egy speciális esetet képvisel / az angol gazdák / a Haber úttörő ötletének / a hidrogént a kokszból nyerték / az üvegházhatású gázok kibocsátásával jár / a humuszt és az agyagot tartalmazó talaj*

egybeírjuk: *ammóniaüzem / nitrogéntartalmú / kadmiumszegény / 80% / guanótrágya / guanókészletek*

Hat szótagig a többszörösen összetett szavakat is egybeírjuk:

tápanyagtartalom / tápanyagfelvétel / nyomelemtrágya / műtrágyagyártás / műtrágyatermelés / műtrágyapiac / foszfátlelőhely

kötőjellel írjuk: *élelmiszer-biztonság / kálium-klorid-műtrágya / termés hozam-növekedés / nyersanyagforrás-felhasználás*

Ld.: <https://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12#139>

különírjuk: 450 °C / 300 bar (nem bár!)

A fordításokról:

Szépen kérek mindenkit: ha fordítóprogramot vesznek igénybe, minden egyes kapott mondatot figyelmesen és legfőképpen nagyon kritikusan (!) tessenek átolvasni, értelmezni (!) és szükség szerint kijavítani!

Álljon itt néhány elrettentő példa, melyeket sajnos többen is szó szerint így hagytak a beküldött fordításukban:

👉 „A Földi légkör a nitrogén háromnegyedéből áll.” (???) 👉

👉 „Ma a földgáz alapú ammónia létesítmény szinte az összes legolcsóbb kiindulási anyagként működik.” 👉

👉 „A műtrágyákat tartalmazó nitrogént gyártó legfontosabb országai” 👉

További, gyakran ismétlődő hibák:

¹**Kunstdünger** – *műtrágya / műtrágyák*. Önmagában a címből nem derül ki, hogy egyes számban vagy többes számban áll. A teljes szöveg mérlegelésével kell eldönteni.

²**Düngung** – trágyázás, nem ~~megtermékenyítés~~

³**Kalorienträger** – Legtöbben egyszerűen *kalóriahordozót* vagy *kalóriatartalmút* írtak. Igazából azonban a magas kalóriatartalmú (Gyurka Bulcsú, Kovács Dominika, Mokánszki Nóra) világít rá az értelmére, hogy ebből a három anyagból tudunk kalóriát felvenni.

⁴**hereits heute** – *már ma is / manapság is*. Sokan kihagyták.

⁵**nur durch den zusätzlichen Düngemittelsinsatz** – *csak / csupán / kizárólag kiegészítő trágyázás révén / által / segítségével [látható el élelemmel]*. Sok mondatban nem a lényegen volt a hangsúly.

⁶**Nahrungssicherheit** – *az élelmezés biztonsága / élelmezésbiztonság, nem élelmiszer-biztonság ≠ Lebensmittelsicherheit* (auch: **Lebensmittelhygiene**). A fejezetcímben a megfelelő menyiségű élelem biztosításáról van szó. Az élelmiszerbiztonság minőségi követelményeket jelent. (vö. 39) Jó: Balogh Noémi, Komoróczy Miklós Máté, Nemes Bence Richárd, Szabó Bernadett

⁷**Verwitterung von Gesteinen** – *kőzetek mállása / szétporladása, nem sziklák*

⁸**wenn ... dauernd bewahren soll** – *ha egy talajnak tartósan meg kell őriznie / meg akarjuk őrizni a termőképességét, nem: ha egy talaj tartósan meg-akarja-őrizni (soll ≠ will)*.

⁹**müssen wieder ersetzt werden** – *pótolni kell, nem pedig újra-ki-kell-eserélni*.

¹⁰**die entzogenen Bodenbestandteile** – *a kivont / felszívott / elszívott / kiszívott / eltávozott talajkomponenseket, nem visszavont / eltávolított*

¹¹**muss wieder hergestellt werden** – *helyre kell állítani, nem vissza*

¹²**Know-how** – *szaktudás / szakértelem*

¹³**Hauptnährelemente** – *makroelemek / elsődleges biogén elemek (Batka András István)*

¹⁴**Volldünger** – *komplex / teljes (értékű) műtrágya, nem összetett*

¹⁵**benötigen Pflanzen auch Spurenelemente** – *A növényeknek nyomelemekre is szükségük van, nem pedig a növényeknek is szükségük van nyomelemekre*. Nem mindegy, mire vonatkozik az is.

¹⁶**Nährstoffelement** – *tápanyagként szolgáló elem, nem táplálkozási elem*. Csak körülírni tudjuk.

17aus fossilen Lagerstätten abgebaut – *fosszilis lelőhelyekről bányásszák / termelik ki, és nem lerakódásokból bontható le*

18als Verbindung – *vegyületeként, és nem kötésben*

19wird mit Säuren aufgeschlossen – *savakkal feltárják. Ez a pontos kémiai kifejezés. Elfogadható: feloldják / bontják / emésztik.*

20die gebildete Phosphorsäure – *a képződött foszforsav, és nem az oldott*

21Wie soll sie ernährt werden?– *Hogyan / Miből élmezük / kellene élelmezni őket? / Hogyan lássuk el élelemmel őket?, és nem Hogyan kell táplálni? További jó ötletek: Vajon hogyan fogjuk ellátni őket? (Komoróczy Miklós Máté) / Hogyan tud a mezőgazdaság ezzel lépést tartani? (Mokánszki Nóra)*

22verzeichneten – *könyveltek el / jegyeztek fel, és nem rögzítettek. A sikert elkönyvelni lehet!*

23sann man auf eine Methode – *fontolgattak / elmélkedtek / tűnődtek / álmodoztak egy módszerről, de nem kidolgoztak/kitaláltak egy módszert: ugyanis nem ment nekik!*

24nur durch Umwandlung – *csak átalakítást követően / átalakítás révén képesek a növények a nitrogént hasznosítani, vagyis elemi állapotban nem! Akiké teljesen jó: Batka András István, Buglyó Panna, Gyurka Bulcsú, Komoróczy Miklós Máté, Kovács Dominika, Kosztyu Edit, Mokánszki Nóra, Szabó Fanni*

25bissen sich die Zähne aus – sich an etw. die Zähne ausbeißen [fig.] [ugs.] – *Küzdöttek a feladattal / rágódtak a feladaton, de nem rágták / harapdálták a fogukat. Jelen esetben azt mondanám, beletört a bicskájuk, vagyis nem sikerült.*

26ihm gelang – *sikerült neki, és nem ő irányította*

27der große Coup – *a nagy áttörés, esetleg nagy dobás / fogás, de nem puccs (coup d'état <fr> – államcsíny, puccs). Egyéb ötletes megoldások: elérte a nagy bravúrt / elérte a nagy célt / sikerült neki a nagy trükk*

28seit nunmehr hundert Jahren – *immár száz éve, nem egyszerűen száz éve*

29300 bar Druck – *nyomás ≠ nyomtatás! Nem egyszer és nem kétszer olvastam. Ezért mondom, hogy tessék alaposan és kritikusan felülvizsgálni, amit az automata fordító felkínál!*

- ³⁰**Da sieht man schon** – Itt / Ebből mindjárt látható / látszik / látjuk
- ³¹**praktisch begabt** – nem *gyakorlatilag tehetséges*, hanem *gyakorlatias tehetségű / gyakorlati tehetséggel rendelkező*.
- ³²**Maschinenbauer** – gépészmérnök. Nem *gépgyártó!* (Fakultät für Maschinenbau = Gépészmérnöki Kar)
- ³³**Ressourcenverbrauch** – *erőforrás-felhasználás*, és nem *erőforrások*
- ³⁴**Dies unterteilt sich in 5% für ... sowie 10% für ...** . – Ezzel a szerkezettel sokan megkeveredtek, mert röviden próbálták elintézni. (*Ez 5%-ra oszlik....*) Legjobb alárendelő összetett mondatként fordítani: *Ez úgy oszlik meg, hogy (ebből) 5% szükséges a ...-ra, 10% pedig a -ra.*
- ³⁵**Produktion** – itt: *gyártás / előállítás*, és nem *termelés* értelemben áll
- ³⁶**Ausbringung** – *kijuttatás / kiszórás*, esetleg *alkalmazás*, de nem *kibocsátás*. Kijuttatás, ld.
<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2003/9/novenytermesztes/a-foszfor-es-kalium-tragyazas-alapelvei>
<http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/HaBoElj.htm>
<https://nrgreport.com/cikk/2020/07/16/az-ammonia-gyartas-okozza-a-vilag-szen-dioxid-kibocsatasanak-ket-szazalekat/>
- ³⁷**kaputt** – *összeomlott / a padlón van*, esetleg *tönkrement*. Sok fordításban *megtört* szerepel. Nem tudom, hogy a piaccal, kereskedelemmel, tőzsdével hogyan hozható össze.
- ³⁸**runtergefahren oder stillgelegt** – Én egyértelműnek tartom, hogy a termelést *csökkentették vagy leállították*. Nem fogják azonnal teljesen beszüntetni a termelést, netán bezárni a gyárat.
- ³⁹**Ernährungssicherheit** – *az élelmezés biztonsága*, nem *élelmiszerbiztonság* ≠ **Lebensmittelsicherheit** (auch: **Lebensmittelhygiene**). A szövegben a megfelelő menyiségű élelem biztosításáról van szó. Az élelmiszerbiztonság minőségi követelményeket jelent. (vö. 6)
- ⁴⁰**Kali-Lagerstätte** – *kálisó-lelőhelyek / telepek / mezők*, de nem *betétek*
- ⁴¹**Breitengrad** – *szélességi kör*. A *fők* a mértékegység.
- ⁴²**auf wenige Länder konzentriert** – inkább korlátozódik, mint *néhány országban koncentrálódik*
- ⁴³**mit Schwermetallen anreichern** – *dúsítani*. Ez egy szakkifejezés a kémiában. Szinte mindenki azt írta, hogy *gazdagítani*. Értelmében

hasonlít, de ne felejtjük el, hogy a nehézfémek *felhalmozódása* (ezt az igét senki sem használta, pedig jó lenne) a talajban egyértelműen nemkívánatos folyamat, ezért jelen esetben pozitív értelmű igét semmiképp sem választhatunk.

⁴⁴**mit erhöitem Cadmiumgehalt** – *megnövekedett / magasabb megnövelt* kadmiumtartalmú

⁴⁵**Grenzwerte** – *határértékek / korlátozások / korlátok*

⁴⁶**profitieren** – *profitál / előnyre tesz szert / előnyben részesül*, és nem csupán *részesül*.

⁴⁷**hoch** – itt nem *magas* (senki sem mert mást írni), hanem **hochwertig** = *kiváló minőségű*, vagyis *tiszta (rein)* értelemben szerepel.

⁴⁸**Verbrauch** – *felhasználás*, és nem *fogyasztás*! Nyersanyagról van szó.

⁴⁹**noch lange nicht** – *még messze nem*, vagyis *nem feltétlenül / egyáltalán nem biztos*. A *sokáig nem* időbeli késleltetést jelentene.

⁵⁰**Böden** – itt mindenképpen *talajok*, és nem *padlók*! (A *földek* sem igazán szakszerű.) Tessék alaposan és kritikusan felülvizsgálni, amit az automata fordító felkínál!

⁵¹**dadurch** – *így / emiatt / ennek következtében*. Legtöbbször kihagyták ezt a szót, enélkül viszont más a mondat értelme.

Az első forduló eredménye:

NÉV	Oszt.	ISKOLA	Ford. (max. 80)	Magyar nyelvtan (max. 20)	ÖSSZ. (max.100)
Gyurka Bulcsú		Debreceni SZC Vegyipari Technikum	71,5	17,5	89
Komoróczy Miklós Máté	10.B	Debreceni SZC Vegyipari Technikum	69	19	88
Kovács Dominika	10.B	Erdey-Grúz Tibor Vegyipari és Környezetvédelmi Szki., Debrecen	70,5	15,5	86
Sánta Regina Luca	2/14	Debreceni SzC Vegyipari Technikum	65	17	82
Mokánszki Nóra		Debreceni SzC Vegyipari Technikum	64	13	77
Buglyó Panna		Debreceni Csokonai Vitéz Mihály Gimnázium	61	15	76
Kovács Boglárka	11.B	Debreceni SZC Vegyipari Technikum	59	16	75
Szoboszlai Fruzsina		Debreceni SzC Vegyipari Technikum	54	17	71
Kosztju Edit	11.B	Erdey-Grúz Tibor Vegyipari és Környezetvédelmi Szki., Debrecen	52	15	67
Batka András István	11.	Pannonhalmi Bencés Gimnázium	56	8	64
Gudor Georgina	11.B	Erdey-Grúz Tibor Vegyipari és Környezetvédelmi Szki., Debrecen	50	12	62
Barbócz Erik	11.B	Erdey-Grúz Tibor Vegyipari és Környezetvédelmi Szki., Debrecen	34,5	11	45,5

Molnár Roland		Debreceni SzC Vegyipari Technikum	36	6	42
Szatmári Roland		Debreceni SzC Vegyipari Technikum	36	2,5	38,5
Szatmári Fanni	10.B	Erdey-Grúz Tibor Vegyipari és Környezetvédelmi Szki., Debrecen	31,5	7	38,5
Nagy Boglárka		Erdey-Grúz Tibor Vegyipari és Környezetvédelmi Szki., Debrecen	32	6,5	38,5
Szabó Bernadett	11.B	Debreceni SzC Vegyipari Technikum	24,5	6,5	31
Balogh Noémi	12.	Debreceni SZC Vegyipari Technikum	10	7	17
Nemes Bence Richárd	10.B	Erdey-Grúz Tibor Vegyipari és Környezetvédelmi Szki., Debrecen	13	0	13

További egy fordítás 10 pont alatti.

Gratulálok a 60 pont feletti eredményt elért tanulóknak!

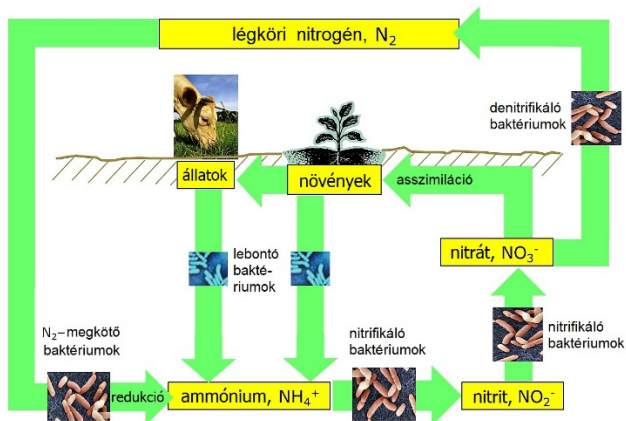
A 2023/1. számban megjelent szakszöveg fordítása:

Műtrágyák – (2. rész)

Nitrogénmegkötés – Mit kell ezalatt értenünk?

Minden élőlénynek, állatoknak és növényeknek egyaránt, szüksége van **nitrogénre**, mivel a **fehérjék aminosavainak** és a **nukleinsavaknak**, vagyis minden élő szervezet létfontosságú kémiai anyagainak¹ építőeleme. Mivel a **nitrogén N₂ molekulái** két, egymással **hármassal² kötással összekapcsolt nitrogénatomból** állnak, ezért ez a kötés **nagyon stabil** és reakcióképesség szempontjából lomha³. Ezért a N₂-t **inert gáznak** is mondják. A N₂-t emiatt **sem állatok, sem növények nem képesek közvetlenül a levegőből felvenni fehérjék felépítése céljából**. Az élőlények emiatt **nitrogénvegyületekre** vannak ráutalva, mint pl. az **ammónium, NH₄⁺** és a **nitrát, NO₃⁻**.

A TERMÉSZETES NITROGÉNKÖRFORGÁS



1. kép. A természetes nitrogénkörforgás. Az élőlények anyagcseretermékeit⁵ a lebontó⁶ talajbaktériumok ammóniummá alakítják.

Asszimiláció: A nitrogén felvétele a növények által.

Nitrogénmegkötés: A kémiailag inert, molekuláris N₂ átalakítása.

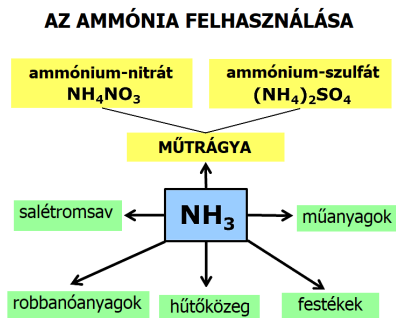
Denitrifikáció: Az nitrátban, NO₃⁻ megkötött N molekuláris nitrogénné, N₂ történő átalakítása⁷ baktériumok által.

Mi az a műtrágya?

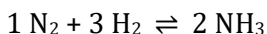
A műtrágyák (ásványi) trágyázó anyagok, melyeket **kémiai és ipari eljárások** segítségével állítanak elő vagy dolgoznak fel. **Gyors hatásuk és nagy koncentrációjuk** révén a műtrágyák képesek a növények tápanyagellátásában⁴ fellépő **akut hiányok** megszüntetésére. Az **ásványi trágyázó anyagok nyersanyagait fosszilis lelőhelyekről** termelik ki, vagy pedig – a nitrogén esetében – a Haber–Bosch-eljárás keretében állítják elő. Ezeket mind aztán még **kémiailag** tovább **át kell alakítani**. A **kémiailag átalakított** nyersanyagok jobban **oldhatók vízben** vagy a talajban természetes módon előforduló **savakban**. A **műtrágyák ipari termelése** ekképpen tette lehetővé a világ népességének hatalmas növekedését a XX. században.

Az ammóniaszintézis mint kiindulási folyamat a műtrágya-előállításához

Az előállított NH_3 80%-át **műtrágyaként** hasznosítják. NH_3 nélkül nem lenne lehetséges a folyamatosan növekvő népesség élelmiszerrel történő kielégítő ellátása.



2. kép. Az ammónia, a műtrágyaiparral párhuzamosan számos **finomkémiai**⁸ **vegyület** **alpanyagaként** szolgál



Ez a **szervetlen kémia egyik legegyszerűbb képlete**. A gyakorlatban azonban a **nehézségek szinte leküzdhetetlenek** voltak, mivel a reaktorban 450 °C-ra és 300 bar nyomásra van szükség. Ha azonban a

problémákon sikerülne felülkerekedni, **kenyér** „terem” majd a **levegőből**.⁹

1900-ban **Wilhelm Ostwald** (1853–1932) **szabadalmat** jelentett be „*Ammónia és ammóniumvegyületek előállítása szabad nitrogénből és hidrogénből*” céllal. Laboratóriumi méretekben **sikerült neki ammóniát előállítania** „*megfelelő kontaktanyagok vagy katalizátorok*” révén „*már mérsékelt, 250–300 °C-ra történő hevítés mellett*”. Ugyanezen szabadalmi leírásban javasolta a **nagy nyomáson** történő **végrehajtást**, „*mivel az ammónia relatív mennyisége nő a gázkeverékben a nyomás emelésével*”.

Amit a **természetben** parányi nitrifikáló **talajbaktériumok légköri nyomáson**, a **külső környezet hőmérsékletén** és nedvességtartalma mellett gond nélkül véghez visznek, az az **ipari szintézis** során hosszú és **fáradtságos** utat jelent: a nitrogénmegkötést – **nagy nyomások, magas hőmérsékletek** a reformerekben, konverterekben, mosóoszlopokban, reaktorokban, kompresszorokban, hőcserélőkben. **Magas befektetési költségek, nagy energiafelhasználás**, azonban a vegyészek és a mérnökök sok fejtöréssel¹⁰ és **éveken át** mutatott **kitartással** megvalósították.

Nagyiparilag¹¹ az NH_3 -t ma a **Haber–Bosch-eljárással** állítják elő, mely 2013-ban a százéves jubileumát ünnepelte. N_2 -t és H_2 -t **400–500 °C-on** és **150–200 bar** nyomáson **vaskatalizátor** felett vezetnek át. Ezek a reakcióparaméterek kompromisszumot jelentenek az NH_3 termikus stabilitása, a reakciósebesség és a katalizátor aktivitása között. **Egyensúlyi** feltételek mellett **15%-os konverzió**¹² érhető el. A szükséges N_2 -t a levegő kriogén bontása révén, míg a H_2 -t **metánból**, CH_4 **vízgőzreformálással** állítják elő.

Fritz Haber (*1868 Breslau, †1934 Basel) 1904 és 1908 között **Carl Bosch**sal (1874–1940) együtt fejlesztette ki az ammóniaszintézist, 1910-ben szabadalmat kapott rá, és ezzel lefektette a nitrogénműtrágyák mesterséges előállításának alapját, mely **nélkülözhetetlen a népesség felének élelmezése szempontjából**. **1919-ben** megkapta érte a **kémiai Nobel-díjat**.

A nagynyomású technológia megszületése a kémiában

1907-től fogva teljesen világos volt, hogy a szintézis csak nagy nyomásokon és magas hőmérsékleteken sikerülhet. **Haber számításai**

azt adták, hogy sikeres eredmény csak **akkoriban teljesen irreális körülmények** között, 600 °C-on és 200 bar-on lenne lehetséges. A TH Karlsruhe (Karlsruhei Műszaki Főiskola) költségvetése túl szerény volt ahhoz, hogy ezeket a berendezéseket kifizesse. A közeli Ludwigshafenben működő **BASF**-ben (Badische Anilin- und Sodafabrik) kooperációs partnerre talált, akik ígéretes technológiákba akartak befektetni. Nem csak hogy **ilyen körülmények között még sosem végeztek nagyipari szintézist**, de gyakorlatilag semmilyen **katalizátor** (olyan anyag, mely **egy kémiai reakció sebességét növeli** anélkül, hogy saját maga elreagálna¹³ eközben) sem létezett, mely 500 °C-on működött volna.

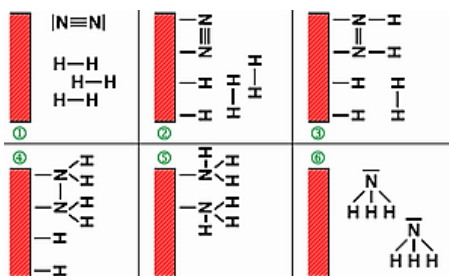
Fritz Haber és G. van Oordt már 1904-ben használt **tiszta vasat**, ez azonban még **nem a megfelelő módosulatban** volt jelen¹⁴. 1909-ben katalizátorként Haber **ozmiummal**, sőt **uránnal** is kísérletezett. A TH intézetében a BASF anyagi segítségével felépítettek egy **nagynyomású berendezést**, melyhez az összes alkatrészt speciálisan kellett megtervezni és elkészíteni: a **kompreszort**, a **hőcserélőket**, a **reaktort** a **katalizátorral** együtt, a **tömítéseket** és a **szelepeket**. A berendezés, mely 250 barra volt méretezve, **körfolyamatban** működött, vagyis a **képződő ammóniát** a körben áramló $N_2 + H_2$ szintézisgázból **le kellett választani**. 1909 márciusában így állt¹⁵ a kis kísérleti berendezésük.

A következő években Alwin Mittasch (1869–1953) a katalizátor optimális összetételét kereste. Azt találta, hogy a **vanak egy bizonyos módosulata** a legmegfelelőbb. A magnetit vagy vas(II,III)-oxid, Fe_3O_4 a reaktor **redukáló** hatású környezetében **erősen porózus**, köbös tércentrált¹⁶ **α -vassá alakul** át. Ennek a vasnak nagyon nagy a **belső felülete**, és nagymértékű kontaktot tesz lehetővé a gázokkal. Kevés hozzáadott **alumínium-oxid** elősegíti az α -vas képződését, kálium-oxid stabilizálja a szerkezetet.

Miután¹⁷ 1911-ben egy első, kisebb berendezés heteken keresztül üzemelt **anélkül, hogy a reaktor szétrobbant volna**, a BASF teljes pénzügyi erejét egy **nagyüzemi berendezés** megépítése mögé állították a szomszédos Oppau településen. Az **üzemelését 1913-ban kezdte**¹⁸ meg, **napi 20 t** kötött nitrogént termelt. Folyamatosan bővítették: még 1913-ban a **reaktorok hosszát 4 m-ről 8 m-re** növelték, **átmérőjük 29-ről 68 cm-re** nőtt. 1915-ben a magasság már

12 m volt, az átmérő 1 m, a napi termelés 25 t. Az **I. világháború** kitörésével a **Hadügyminisztérium**nak sürgősen ammóniára volt szüksége, mivel abból (sajnos) **robbanóanyagot** is elő lehet állítani. A termelést csak egy új üzem felépítésével lehetett tovább növelni: stratégia okokból (messze a francia határtól!) a Merseburg melletti Leuna telephely mellett döntöttek. A napi 350 t kötött nitrogén termelésére méretezett üzemet 1917-ben indították be¹⁹. 1925-re a BASF termelése mindkét telephelyen már napi 950 t volt, 1928-ban napi 1700 t.

A **napi 1500 t ammónia** termelésére alkalmas **reaktor 2,40 m átmérőjű és 30 m hosszú, tömege kb. 400 tonna**. Mintegy **100 tonnányi katalizátort** tartalmaz (manapság főleg vasat – kalcium alumínium és szilícium oxidjaival adalékolva –, valamint kalcium-karbonátot).

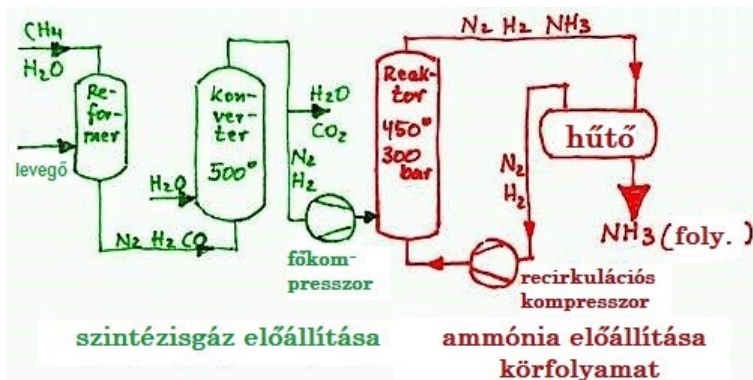


3. kép (bal). Így néz ki az ammóniaszintézis berendezésének szíve, a **nagynyomású reaktor**, itt egy 1921-ből származó példány²⁰ a Karlsruhei Műszaki Főiskola területén. 300 bar és 450 °C – akkoriban hatalmas kihívás az acélpipar és a számításokat²¹ végző tervezőmérnökök számára. A reaktorcső **kívülről nyomásálló, vastag acéllal** van megerősítve. **Belül nem szabad acélt** használni, mert a **hidrogén reakcióba** lépne az **acélban található szén**nel. Emiatt a belső cső **szénszegény**²², **tiszta vasból** készül.

4. kép (jobb). Így működik a **katalizátor** (piros) az ammóniaszintézis során: N_2 -ből és H_2 -ből az NH_3 hat (sematikus) lépésben képződik. Némi erőfeszítésre van szükség a nitrogénatomok stabil **hároms kötésének felszakításához**. A H-atomok lépésenként²³ kapcsolódnak hozzá a N-atomhoz.

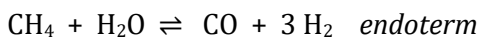
A nagyipari eljárás

Az **ammónia előállítása** hagyományosan **két integrált folyamat-szakaszból** áll: a **szintézisgáz-eljárásból** és a **Haber–Bosch-eljárás** szerinti ammóniaszintézisből. A gyártás **folyamatos üzemben** történik, **töblépcsős eljárásban**:



5. kép. A Haber–Bosch-eljárás erősen leegyszerűsített sémája. Földgázból, vízből és levegőből ammónia lesz.

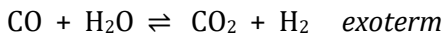
Primer reformer: A CH_4 (metán) 800°C -on reagál a H_2O -val (vízgőzzel), és CO (szén-monoxid), valamint H_2 (**hidrogén**) keletkezik.



Szekunder reformer: A **bevezetett levegőből** az O_2 (oxigén) reagál a CH_4 metánnal, és CO valamint H_2 keletkezik. A N_2 (**nitrogén**) **nem reagál**.



Konverter: A CO katalizátorméreg 500°C -on reagál a H_2O -val, és CO_2 (szén-dioxid) és H_2 (**hidrogén**) keletkezik.



Mosótorony: A CO_2 katalizátormérget el kell távolítani. A szén-dioxidot **vízzel** ki lehet mosni²⁴ (**feloldani**). Ezt az üdítőitalgyártó-ipar számára adják el. Így **tiszta nitrogén- és hidrogéngázhoz** jutunk.

Főkompresszor: A nitrogénből és hidrogénből álló gázelegyet egy **kompresszorral** a megfelelő nyomásra összenyomják.

Reaktor: Egy hengeralakú, nyomásálló reaktorcsőben kb. 300 bar nyomáson 530 °C-ra hevítik a gázelegyet. Eközben a gáz keresztáramlik a porózus katalizátoron és ammóniagázzá reagál²⁵.

Hűtő: A N₂, H₂ és NH₃ reaktánsokat 450 °C-ról lehűtik, az NH₃ csepfolyósodik (**kondenzál**).

Recirkulációs kompresszor: Az el nem reagált N₂ és H₂ gázt egy kompresszoron keresztül **visszavezetik a reaktorba**.

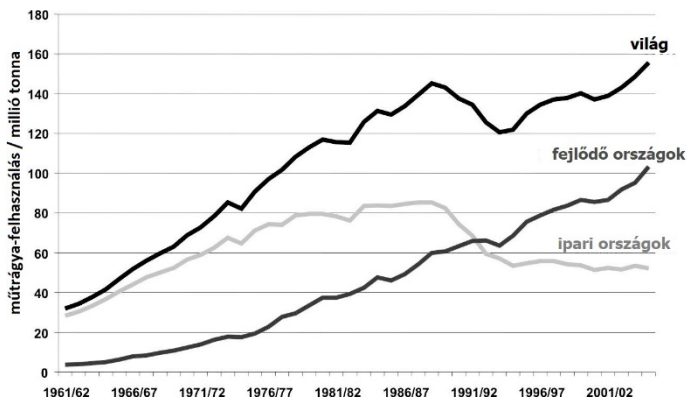
Jó vagy rossz?

A nitrogénműtrágyázás folyamatláncában a legtöbb energiát az N-trágya **előállítására** kell fordítani. Míg **1 tonna** mészammonsalétrom²⁶ **gyártásához 40 GJ** szükséges, addig ennek az 1 tonnának a **szállítása és kijuttatása** csupán **1 ill. 3 GJ-t** igényel. **Az ammóniát a levegő nitrogénjéből (N₂) és földgázból gyártják, melynek 82%-át szintézisgázként²⁷, 18%-át tüzelőanyagként használják.** Az előállítási folyamat összességében **erősen endoterm**, vagyis sok energiát használ (minden kg NH₃-ban kötött N mintegy 1 liter olajegyenértéket). **A világ energiaszükségletéből való 1 és 3% közötti részesedésével az ammóniaszintézis az egyik legnagyobb ipari energiafelhasználó.** Igaz, az N-műtrágya előállításának energiahatékonyágát az elmúlt 100 évben jelentősen sikerült javítani. Egy modern, földgázalapon működő üzemben az energiafelhasználás közel az **elméleti minimumra** szorult vissza.

A **földgáz fosszilis**, és a kompresszorok meghajtásához szükséges **elektromos energia** szintén **fosszilis forrásokból** származik. A **Haber-Bosch-eljárás energiaintenzív**, növeli a **CO₂-kibocsátást**, ezáltal a légkör felmelegedését. Minden tonna legyártott NH₃ után két tonna klímára káros CO₂ **szabadul fel**. Az **értékes szénhidrogének** tehát **nem** az NH₃ **végtermékbe**, hanem végül is az ezidőtájt nagyiparilag még nem hasznosítható CO₂-be kerülnek.

A II. világháború óta az ipar mind **hatékonyabb** és **célzottabban bevethető** vegyszeres műtrágyákat dobott piacra. A XX. század utolsó negyedében azonban a szintetikus műtrágyát egyre erősödő **kritika** érte²⁸, mivel a **túlzott használatát** tették felelőssé különböző **ökológiai károkért**, mint pl. a talajok kimerülése²⁹, **oxigénhiány** és **halpusztulás**³⁰. A **túltrágyázás**³¹ során a **nitrát nagy része folyókba mosódik be**, és hatalmas környezeti problémákat okoz, pl. a **belvizek**

eutrofizálódását, ami a tápanyagok mennyiségének nemkívánatos megnövekedése a vízben. Kb. 1985 óta csökken az ásványi műtrágyák felhasználásának mértéke Németországban.



6. kép: A műtrágya-felhasználás alakulása a világban 1961 és 2005 között

Hatalmas **kétségek** merülnek fel azzal szemben, hogy a nitrogénműtrágya termelésének növelése lenne az egyetlen megoldás a világ élelmezésének problémáira. A **másik lehetőség**, melyre Haber már a Nobel-díj átvételekor³² megtartott beszédében utalt, a **biológiai nitrogénmegkötés** lenne, vagyis megpróbálni **utánozni a nitrogénkörforgást**, ahogyan az a természetben lezajlik. Ehhez még sok munkára lesz szükség, mely a jelen és **jövő generáció biológusait, vegyészeit és mérnökeit nagyon nagy kihívás elé állítja.**

A szövegben előfordult fontos szakkifejezések:

Anyagok:

r Stickstoff, ~(e)s	nitrogén
e Aminosäure, ~n	aminosav
e Nukleinsäure, ~n	nukleinsav
s Ammonium	ammónium
s Nitrat, ~(e)s	nitrát
e Salpetersäure	salétromsav

r Kunststoff, ~(e)s, ~e	műanyag
r Sprengstoff, ~(e)s, ~e	robbanóanyag
r Farbstoff, ~(e)s, ~e	festék, színezék
s Kältemittel, ~s, ~	hűtőfolyadék
r Wasserstoff, ~(e)s	hidrogén
r Katalysator, ~s, ~en	katalizátor
s Osmium, ~s	ozmium
s Uran, ~s	urán
s Aluminiumoxid, ~s	alumínium-oxid
s Kaliumoxid, ~s	kálium-oxid
s Silizium, ~s	szilícium
s Calciumcarbonat, ~s	kalcium-karbonát
r Stahl, ~(e)s, ~e	acél
r Kohlenstoff, ~(e)s, ~e	szén
s Synthesegas, ~es, ~e	szintézisgáz
r Wasserdampf, ~(e)s, ~e	vízgőz
s Kohlenmonoxid, ~s	szén-monoxid
r Sauerstoff, ~(e)s	oxigén
s Kohlendioxid	szén-dioxid
s Kohlenstoffdioxid	szén-dioxid
s Gift, ~(e)s, ~e	méreg
r Brennstoff, ~(e)s, ~e	tüzelőanyag
r Kohlenwasserstoff, ~(e)s, ~e	szénhidrogén

Eszközök, berendezések:

r Reaktor, ~s, ~en	reaktor
r Kompressor, ~s, ~en	kompresszor
r Wärmetauscher, ~s, ~	hőcserélő

e Waschkolonne, ~, ~n	mosóoszlop
r Waschturm, ~(e)s, ~"e	mosótorony
e Apparatur, ~, ~en	berendezés
e Dichtung, ~, ~en	tömítés
s Ventil, ~s, ~e	szelep
e Versuchsanordnung	kísérleti elrendezés
e Großanlage, ~, ~n	nagyüzem

Fogalmak:

e Fixierung	megkötés / rögzítés
s Molekül, ~s, ~e	molekula
e Dreifachbindung, ~, ~en	hármaskötés
s Atom, ~s, ~e	atom
s Inertgas, ~es, ~e	inert gáz
e Verbindung	vegyület
reaktionsträge	kevésbé reakcióképes, lomha
r Prozess, ~es, ~e	eljárás
s Prozent, ~s, ~e	százalék
e Formel, ~n	képlet
anorganische Chemie	szervetlen
s Patent, ~s, ~e	szabadalom
s Gemisch, ~(e)s, ~e	keverék
großtechnisch	nagyüzemi / ipari léptékű
thermische Stabilität	termikus stabilitás
e Reaktionsrate, ~, ~n	reakciósebesség
Reaktionsgeschwindigkeit	reakciósebesség
e Katalysatoraktivität	katalizátoraktivitás
s Gleichgewicht, ~s, ~e	egyensúly

r Umsatz, ~es, ~e	átalakulás mértéke (konverzió)
e Luftzerlegung	levegő bontása
e Dampfreformierung	gőzreformálás
e Synthese, ~, ~n	szintézis
e Berechnung, ~, ~en	számítás
unter ... Bedingungen	... feltételek mellett
Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion	egy kémiai reakció sebessége
s Kreislaufverfahren, ~s, ~	körfolyamat
reduzierend	redukáló
porös	porózus
e Oberfläche, ~, ~n	felület
r Durchmesser, ~s, ~	átmérő
druckbeständig	nyomásálló
kohlenstoffarm	szénszegény
kontinuierlich	folyamatos
mehrstufig	töblépcsős
endotherm	endoterm
exotherm	exoterm
zylinderförmig	henger alakú
druckfest	nyomásálló
r Energiebedarf, ~(e)s, ~e	energiaszükséglet
e Energieeffizienz	energiahatékonyság
energieintensiv	energiaigényes
r Versuch, ~(e)s, ~e	kísérlet

Egyéb:**in Betrieb gehen**

megkezdzi az üzemelést

auf brechen	felszakít (kötést)
sich an lagern an etw. kondensieren	hozzáköt (atomhoz) lecsapódik / cseppfolyósodik
ab laufen / läuft ab	lejátszódik (folyamat, reakció)

Magyar helyesírás és nyelvtan:

Egészen pontosan a tavalyi értékelésben leírtakat kell elismételnem:

A határozatlan névelőt elhagyjuk: *egy vaskatalizátoron át / egy 15 százalékos nyereség / egy kooperációs partnert talált / egy nagy gázkontaktust tesz lehetővé / egy nagy kihívást jelentett / egy erős kétség / egy 1–3 százalékos részeseddel*

Az egybe- és különírás szabályait ld.:

<https://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12#139>

különírjuk: *kovalens kötés / hármass kötés / 450 °C / nagynyomású reaktor*

egybeírjuk: *nitrogénmegkötés / nitrogénkörforgás / nitrátion / finomvegyszer / energiafelhasználás / folyamatparaméter / katalizátoraktivitás / nagyüzem / széntartalom / nitrogéngáz / hidrogéngáz / ammóniaszintézis / katalizátorméreg / főkompresszor / nitrogéntartalmú*

Hat szótagig a többszörösen összetett szavakat is egybeírjuk:

nitrogénkörforgás / nitrogénműtrágya , kivétel: szén-dioxid

kötőjellel írjuk: *ammóniaszintézis-üzem / nitrogénműtrágya-lánc / műtrágya-felhasználás / nitrogéntrágya-termelés*

A két alkotó személy neve között nagykötőjelet használunk:

Haber–Bosch-eljárás

ld.

<https://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12#166>

<https://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12#264b>

Bármilyen furcsa, de nem kell kötőjellel kapcsolni a toldalékot, ha a név végén nem áll néma hang (itt az -s hangot kiejtjük): Carl Boschsal
Jó: Mokánszki Nóra, bővebben ld.:

<https://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12#216b>

A fordításokról:

A szenvedő szerkezeteket lehetőség szerint többes szám első vagy harmadik személyel fordítsuk! Pl.

werden abgebaut / erzeugt / geleitet – bányásszák / állítják elő / vezetik keresztül őket

wird komprimiert – összesűrítik

wird erreicht – érünk el

wird verbraucht – kerül felhasználásra

müssen noch umgesetzt werden – még át kell alakítani őket

1[Bestandteil der ...] lebensnotwendigen chemischen Stoffen aller Lebewesen – minden élő szervezet létfontosságú kémiai anyagaié.
Birtokos esetben áll.

2Dreifachbindung – hármass kötés / háromszoros kovalens kötés

3reaktionsträge – csekély reakciókészségű / lomha (Akármilyen furcsa, de teljesen elfogadottan használatos ez a jelző a kémiában.)

4Pflanzenernährung – a növények tápanyagellátása, nem növényi táplálkozás (amikor valaki csak növényi eredetű táplálékot fogyaszt)

5Ausscheidungen – anyagcseretermékei

6zersetzende Bodenbakterien – lebontó baktériumok, nem lebomló! Jó még: talajlakó baktériumok

7Umwandlung – átalakulás / átalakítás

8Feinchemikalien – finomvegyszerek ≠ tiszta vegyszerek / finom vegyi anyagok

9.... sollte damit Brot aus Luft entstehen – a levegőből kenyérnek kellene keletkeznie / kenyér „teremne” a levegőből / a levegőnek kenyérré kellene válna / állítólag a levegőből kenyér lesz. Itt a soll segédige az

állítólagosságot is kifejezheti. A legközelebbi jó megoldás Sánta Regina Lucáé: „De a problémák sikeres leküzdése után ezzel a levegőből előállítható a kenyér.”

¹⁰**mit dem Einsatz von viel Gehirnschmalz** – sok fejtörés árán (Batka András István) / „sok agytekervény alkalmazásával” (Szabó Bernadett)

¹¹**großtechnisch** – nagyüzemi(leg) / ipari léptékű (léptékben) ≠ *nagyszabású*

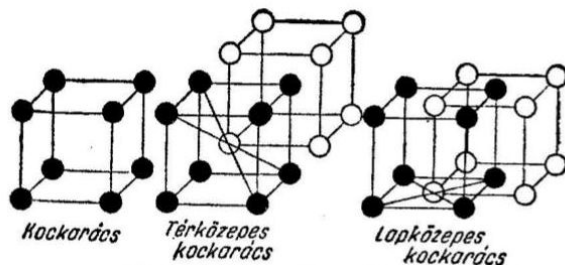
¹²**Umsatz** – átalakulás / konverzió ≠ *forgalom*

¹³**ohne dabei selbst verbraucht zu werden** – *anélkül, hogy eközben saját maga elfogyna / elreagálna / felhasználnódna / elhasználnódna*

¹⁴**nicht in der richtigen Modifikation vorlag** – *nem a megfelelő módosulatban volt jelen*

¹⁵**war es so weit** – *itt tartott / így állt.* (Senki sem jött rá.)

¹⁶**kubisch-raumzentriert** – tércentrált köbös / térben középpontos kockarács. Jó: Batka András István, Mokánszki Nóra



<http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Elemicel.htm>

<http://www.dekorferro.hu/femipar/index.php/femek-kristalyszerkezete>

<https://kemia-9f.blogspot.hu/2015/11/06/10-ora>

<https://hirmagazin.sulinet.hu/HU/pedagogia/az-atomium>

<http://korokcsodai.blogspot.com/2012/04/pancelok-femszerkezeti-osszetevoi.html>

¹⁷**Nachdem [im Jahre] 1911 ...** – *Miután 1911-ben ...*

¹⁸**1913 ging sie in Betrieb** – *1913-ban kezdte meg az üzemelést*

¹⁹**wurde angefahren** – *beindították megtámadták (angegriffen)*

²⁰**Exemplar** – *példány példa*

²¹**Berechnungsingenieure** – számításokat végző (tervező)mérnökök ~~számítástechnikai mérnökök~~. Nem létezett még számítástechnika! Maximum logarléccel számoltak, papíron.

²²**Kohlenstoffarm** – szénzegény (Batka András István, Mokánszi Nóra) / szénben szegény (esetleg: alacsony széntartalmú)

²³**Schrittweise lagern sich drei H-atome ...** – Lépésenként 3 H-atom kapcsolódik...

²⁴**lässt sich mit Wasser herauswaschen** – vízzel kimosható. Gyakran használt kifejezés. Nem *engedi magát kimosni*.

²⁵**das Gasmisch ... reagiert zu Ammoniakgas** – a gázkeverék ... ammóniagázzá reagál

²⁶**Kalkammonsalpeter** – mészammonsalétróm (MAS) $NH_4NO_3 + CaCO_3$. Legtöbben *kalcium-ammónium-nitrátot* írtak, ami részben igaz: „ammónium-nitrát és mészkőpor vagy dolomit keveréke. A kalcium-karbonát vagy dolomit hozzákeverése csökkenti a műtrágya savanyító hatását és a higroszkóposágát, és növeli a kémiai stabilitását (csökken az anyag robbanásveszélyessége). Savanyú talajok N-pótlására ajánlott műtrágya.” Bővebben ld.:

<https://www.kite.hu/tapanyag-gazdalkodas/nitrogen-mutragyak/mas-27-mesz-ammon-saletrom-can-27-kan-27/39/16>

<https://talajreform.hu/tudasbazis/nitrogen-mutragya-kivalasztasa-mas-nitrat-ammonium-karbamid/>

²⁷**Prozessgas** – technológiai gáz / szintézisgáz

²⁸**geriet in die Kritik** – került / az a kritika érte

²⁹**Ermüdung des Bodens** – talaj kifáradása ~~fáradtsága~~

³⁰**Fischsterben** – halpusztulás ~~halálozás~~

³¹**Überdüngung** – túltrágyázás ~~túltermékenyítés~~ (?)

³²**in seiner Nobelpreisrede** – a Nobel-díj átvételekor megtartott beszédében ≠ Nobel-díjas beszédében. Nem a beszédéért kapta a Nobel-díjat – emiatt körbe kell írni ezt a jelentéstömörítő szóösszetételt.

A második forduló eredménye:

NÉV	Oszt.	ISKOLA	Ford. (max. 80)	Magyar nyelvtan (max. 20)	ÖSSZ. (max.100)
Szabó Bernadett	11.B	Debreceni SzC Vegyipari Technikum	63	17	80
Sánta Regina Luca	2/14	Debreceni SzC Vegyipari Technikum	63,5	14,5	78
Mokánszki Nóra		Debreceni SzC Vegyipari Technikum	45	15	60
Batka András István	11.	Pannonhalmi Bencés Gimnázium	35	7,5	42,5
Balogh Noémi	12.	Debreceni SZC Vegyipari Technikum	9,5	10,5	20

További egy tanuló fordítása 10 pont alatti. A szöveg igen hosszú volt, emiatt a pontszámok alacsonynak tűnnek. Azonban mind az öt fordítás értelmes és végig követhető, amiből kiderül, hogy a tanulók meg is értették, amit leírtak. **Mindenkinek gratulálok, aki végigküzdötte magát ezen a hosszú szövegen!**

**A két fordulóban elért összesített eredményéért
jutalomban részesül Sánta Regina Luca és Mokánszki Nóra.**

Kémia angolul

Szerkesztő: Tóth Edina

Gondolatok a lantanoidák elválasztásáról:

Az ideai egyértelműen „legkeményebbnek” bizonyuló szövege egy valódi szakirodalmi cikk rengeteg utalással és kitekintéssel. Komoly háttérkutatót igényelt a feldolgozása, hiszen sok területet érint (pl. műszeres analitika, földtudomány és magtudományok).

4. Elválasztási technikák alkalmazása a lantanoidák szétválasztására: Elemi kémia és módszerek

Az anyagok ritkaföldfém-tartalmának meghatározására szolgáló elemzések sokféle célt szolgálhatnak. A sikeres elválasztáshoz szükséges a megfelelő csoportszétválasztás/dúsítás, a sorozat egyes tagjainak elkülönítése és a megfelelő kimutatás technikájának jól megválasztott együttese. A közelmúltban megjelent összefoglaló munkák, amelyek könnyen megtalálhatóak a kémiai szakirodalomban, receptkönyvszerű gyűjteményét adják a különböző minták analízisének. A következő fejezetekben rövid összefoglalást nyújtunk a különböző típusú minták elemzéseikhez leginkább használt módszerekről, illetve megfelelő irodalmi utalásokat az olvasónak, hogy az általunk nyújtott részleteken felül is informálódhasson. [...]

4.1 Geológiai minták

A természetből származó minták elemzésének alapvetően három célja van: (1) ritkaföldfém-ásványi erőforrások feltárása, (2) izotópos elemzés, ami a Föld geológiai történetének tisztázására szolgál és (3) élő minták elemzése a lantanoidák bioszférában való természetes eloszlásának vizsgálatára. A geológiai minták ritkaföldfém-tartalmának elemzése nyilvánvalóan a ritkaföldfém-bányászatból következik, és ezt a kőolaj geológiai kutatásában is alkalmazták (Emery és Robinson 1993), de mégis a ritkaföldfém-elemzések egyik létfontosságú feladata a geológiai problémák tudományos vizsgálata.

A ritkaföldfémeket kémiai és magkémiai tulajdonságaik a geológiai folyamatok kiváló nyomjelzőivé teszik. A ritkaföldfém-összetétel

csekély mértékű megváltozása figyelhető meg az olyan közönséges, alacsony hőmérsékleteken lejátszódó folyamatoknál, mint például ásványok mállása. A háromszorosan pozitív töltésű ritkaföldfémkationok kémiai hasonlósága, ami bár megnehezíti az analitikai elválasztást, biztosítja, hogy a ritkaföldfémek a geokémiai ciklusban egymást kövessék, bár a Ce vagy Eu koncentrációjában általában nagy eltérések figyelhetők meg, mivel oxidáló körülmények között Ce^{4+} , illetve redukáló körülmények között Eu^{2+} képződik. Magasabb hőmérsékleten azonban a ritkaföldfém-vegyületek geotermikus körülmények között elkülöníthetők olvadáspont alapján vagy földön kívüli körülmények között illékonyaságuk alapján. Ezen módszerek mindegyike más-más ritkaföldfémek feldúsulását vagy koncentrációjának csökkenését eredményezi. A ritkaföldfém elemek eloszlási mintázatának tanulmányozásával megerősíthető, hogy milyen folyamat hozta létre az ásványi réteget, amiből következtetést lehet levonni a Naprendszer fejlődésre. Ennek a módszernek az alkalmazása megtalálható Haskin (1989) összefoglaló munkájában, melyet a ritkaföldfémek előfordulásáról írt holdfelszíni mintákban.

Habár a természetben előforduló ritkaföldfémeket alapvetően nem tekintjük radioaktívnak, közülük mégis hét elem (La, Ce, Nd, Sm, Gd, Dy és Lu) rendelkezik a természetben előforduló radioaktív izotópokkal. Ebből ^{138}La ($t_{1/2} = 1,06 \cdot 10^{11}$ év), ^{147}Sm ($t_{1/2} = 1,08 \cdot 10^{11}$ év) és ^{176}Lu ($t_{1/2} = 3,7 \cdot 10^{10}$ év) izotópok felezési ideje kellően alacsony ahhoz, hogy hasznos nyomjelző izotópok legyenek mind a geo-, mind a kozmokémiában. Ezeknek a radioaktív kiindulási anyagoknak stabil leányelemeit tömegspektrometriával elemzik, melyeknek mentesnek kell lennie az azonos tömegű izotópok okozta izobarikus interferenciától (a ^{142}Ce , ^{144}Sm , ^{148}Sm és ^{150}Sm izotópok zavarják a ^{142}Nd , ^{144}Nd , ^{148}Nd és ^{145}Nd izotópok pontos meghatározását), mivel a $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotóp arány 0,03%-os eltérése 100 millió évnél felel meg a Sm/Nd izochron esetén (Emery és Robinson 1993). A $^{147}\text{Sm}/^{143}\text{Nd}$ a legszélesebb körben alkalmazott izotóppár, amelynek nagy jelentősége van a Hold és meteoritok korának és fejlődésének meghatározásában (Patchett 1989). Mivel az Sm és az Nd egyaránt könnyű ritkaföldfém elem, csak egy jelentős oxidációs állapotuk van, szorosan követik egymást a geokémiai ciklusokban.

[...]

Az ásványok összetételének megállapítását szolgáló elemzések általában szabványos technikák alkalmazását jelentik mind a kőzet oldása, mind a kromatográfias vizsgálat során. Például Moraes és Shihomatsu (1994) az Egyesült Államok földtani átfogó tanulmányozása keretében beszámolt a kőzetminta standardok ionpár kromatográfias vizsgálatáról (dinamikus ioncsere), amelyhez eluensként (mozgó fáziskét) alfa-hidroxi-izobutánsavat (továbbiakban röviden: hiba) használtak. Munkájuk során a kőzet feloldását, a dúsítást és az kromatográfias vizsgálatot a klasszikus eljárások szerint végezték. A mérést a mozgó fázis összetételének változtatásával [hiba]= 0,07-0,4 mol/dm³ tartományban, pH=3,8 értéknél végezték, miközben a mozgó fázis sebességét 1ml/perc értéken tartották 20 percen keresztül, majd kolorimetriás módszert használtak az oszlopról lejövő termék meghatározásához. Minden lantanoidát sikeresen szétválasztottak, bár volt némi átfedés az Y és a Dy között. A kimutatási határok az eredeti mintában 1-3 ppb tartományban mozogtak. Ez a technika a Cassidy és munkatársai által 1980-as években kifejlesztett módszer aktuális, reprezentatív alkalmazása. (Cassidy és munkatársai 1985, Cassidy 1988, Barkley és munkatársai 1986, Cassidy és Chauvel 1989, Knight és munkatársai 1984), amely módszer az 1950-es években bevezetett elemi kémiára épül (Choppin és Silva 1956). Ugyanezt az alapvető módszert használta (kicsit eltérően változtatva a mozgó fázis összetételét) Al-Shawi és Dahl (1994), Kuroda és munkatársai (1990) és Moraes és munkatársai (1997) a monacit/foszfát kőzetek elemzéséhez, ez utóbbi esetben oldószeres extrakciót használtak a lantanoidák dúsítására. Kuroda és munkatársai (1990) oxálsavval csapadékot képezve izolálták a lantanoidákat kénsavas oldószerből. Oguma és munkatársai (1993) a szilikát kőzeteket vizsgálták glikolsav koncentráció gradiens segítségével pH=3-5 tartományban, habár a Sm, Eu, Gd, Tb, Dy kevésbé, a Ho pedig alig oldódott le, ezért le Roex és Watkins (1990) oxalát/diglikolát keverékkeluinst alkalmazott, de nem volt teljes a leoldódás, a Ho és az Y, valamint a Lu és az Yb nem oldódott ki egymás mellől. Az eluenshez dipikolinsavat adva, némileg hosszabb idő alatt, az átmenetifém szennyeződések teljes eltávolítása nélkül sikerült a folyamatot teljessé tenni.

[...]

A kőzetminták izotópösszetételének elemzése egyedülálló betekintést nyújt a Föld keletkezésébe és fejlődésébe. Ez a módszer talán legbonyolultabb a lantanoidák elemzése közül, mivel általában a csoport kémiai elválasztását igényli a teljes vizsgálati anyagból, majd az egyes tagok elkülönítését, amik kimutatása rendszerint tömegspektrometriával történik. A kémiai elválasztástechnika hasonló ahhoz, amit a kevésbé igényes mintáknál is használnak. Az anyag detektálásának módszere megköveteli az elválasztás utáni minta gondos előkészítését, hogy elkerüljük a lehetséges átfedéseket. Valójában a tömegspektrometria rendkívül érzékeny szennyeződések jelenlétére, ezért megköveteli, hogy gyakorlatilag minden szennyeződés eltávolításra kerüljön.

4.2 Anyagtudományi elemzés

A természetből származó mintákkal összehasonlítva a mesterségesen előállított forrásokból nyert lantanoidatartalmú minták jellemzően sokkal egyszerűbben elemezhetők. A minták gyakran könnyen oldódnak és mivel ezen anyagok közül sok ritkaföldfém alapú, egyes esetekben akár a dúsítási előkészítési lépések mellőzhetőek. Közelmúltban megjelent cikkek beszámolnak olyan analitikai elválasztási módszerekről, melyek segítségével meg lehet határozni a lantanoidakonzentrációt a fémekben. (Kobayashi és munkatársai 1992), ötvözetekben (Al-Shawi és Dahl 1996), és mágnesekben (Saraswati 1993), nagy tisztaságú ritkaföldfém-oxidokban (Stijfhoorn és munkatársai 1993, Yin és munkatársai 1998, W Li és munkatársai 1997, 1998, Wu és munkatársai 1997, Peng és munkatársai 1997), és optikai anyagokban (Bruzzoniti és munkatársai 1996).

A könnyű lantanoidafémeket magnéziummal ötvözik, hogy növeljék a szerkezeti szilárdságukat és csökkentsék a korróziót (Al-Shawi and Dahl 1996). Az ötvözetek könnyen feloldódnak 20%-os salétromsavban. Az így kapott tiszta oldatot hígították és ionkromatográfiás vizsgálatnak vetették alá állandó összetételű alfa-hidroxi-izobutánsav oldatokat használva eluensként. Az elemzés kevesebb, mint 15 percet vett igénybe és az ötvözet összes komponense jól elvált egymástól, beleértve a lantanoidákat, cinket, rezet, mangánt, és magnéziumot is. Az ilyen ötvözeteket ritkaföldfém-tartalmuk szempontjából általában röntgenfluoreszcenciával vagy optikai technikákkal elemzik. [...]

A kromatográfiás vizsgálatok jelentős költségmegtakarítást kínálnak (műszerhasználat terén), továbbá az egyszerűsége is vonzóvá teszi ezt a lehetőséget. A Nd-Fe-B mágnesek a ma kapható legerősebb állandó mágnesek közé tartoznak. Mivel a mágnes erősségének a mértékét a nyomnyi mennyiségben jelenlevő Tb, Dy, Ho, Er, vagy Yb megváltoztatja, ezért fontos ezeknek a meghatározása vagy a mágnesekben, vagy a mágnesek alapanyagaiban. Saraswati (1993) egy ionkromatográfiás módszerről számolt be, mely során egy kromatogramon mind az átmenetifémek ionjai, mind ritkaföldfém-ionok elválaszthatóak. [...] Az átmenetifémek ionjai és a lantanoidaionok meglepően jól elkülönülnek az említett kromatogramon, főként annak a kis érzékenységnek a fényében, amit a lantanoida-tartarát stabilitási állandók jeleznek a kationok sugarának változásával. [...] A rendszer mégis igen jelentős, mert rendkívül jól elválnak egymástól az átmenetifémek és ritkaföldfémek ionjai.

4.3 Nukleáris felhasználás

A maghasadás leggyakoribb melléktermékei közé tartozik több lantanoida fémion, különösen a sorozat könnyű tagjai. Ezek közül egyes kiválasztott fémionoknak hasadás során keletkező mennyisége jól ismert. Az oldott sugárzó fűtőelemek lantanoida-tartalmának elemzése alkalmas lehet egy atomreaktor állapotának nyomon követésére. A kromatográfiás módszerek alkalmazása erősen radioaktív minták esetében számos egyedi kihívást jelent. A radiometriás érzékelési technikák alkalmazásával a kromatográfiás módszerek érzékenysége számottevően fokozható, legalábbis a rövid felezési idejű nuklidok esetében. A kromatográfiás elemzés alapvető analitikai eljárásait a sugárzó fűtőanyagok esetében az 1980-as években fejlesztették ki Kanadában a Chalk River laboratóriumban. [...]

Az elbomlott mennyiség nyomon követése mellett, a radioaktív ritkaföldfém izotópok felhasználhatók más hasadó termék koncentrációjának nyomonkövetésére is. A stroncium-90 ($t_{1/2}=29$ év) az egyik legelterjedtebb hasadási termék és különösen fontos, ami a biológiai rendszerekben való felhalmozódását illeti, ugyanis képes nagy energiájú sugárzást kibocsátani, miközben képes beépülni egy nélkülözhetetlen elem, a Ca helyére. Bomlása során a ^{90}Sr radioizotóp egyensúlyba kerül a szintén radioaktív leányelemével, a ^{90}Y -mal ($t_{1/2}=64$ óra), vagyis a ^{90}Sr

és a ^{90}Y izotópoknak tulajdonítható radioaktivitás 30 nap után egyenlő lesz. A ^{90}Y izotóp radioaktivitása zavarja a ^{90}Sr izotóp koncentrációjának radioaktivitás alapján való mérését és így ezt az elemzés előtt el kell különíteni. Annak érdekében, hogy elkerüljük azt, hogy az új ^{90}Y keletkezése megnehezítse az előkészített ^{90}Sr mintában az izotóp közvetlen radiometriás meghatározását, a ^{90}Sr koncentrációját a ^{90}Y radioaktivitásából határozzák meg a ^{90}Sr -től való elválasztása után. [...]

Gondolatok a berilliumról:

A témaválasztás fő mozgatórugója az volt, hogy megmutathassuk az érdeklődőknek, hogy az egyes elemek fontossága jelentősen eltérhet a tankönyvekben tárgyalt kémia, illetve és a tiszta és alkalmazott tudományok szempontjai szerint.

A berillium (Be)⁽¹⁾

...korábban (1957-ig) glúcinium néven volt ismert a periódusos rendszer 2. (II.A) csoportjának, az alkálifémeknek a legkisebb moláris tömegű tagja, melyet a kohászatban keményítőszerként használnak, illetve számos alkalmazása ismert az űrkutatásban és a nukleáris technológiában is.

Elemi tulajdonságok		rendszám	4
olvadáspont	1,287 °C (2,349 °F)	atomsúly	9,0121831
forráspont	2,471°C (4,480°F)	fajsúly	1,85 20 °C-on (68 °F)
oxidációs állapot	+2	elektron konfiguráció	1s ² 2s ²

Előfordulása, tulajdonságai és felhasználása

A berillium acélszürke színű fém, amely szobahőmérsékleten kifejezetten rideg, kémiai tulajdonságaiban valamennyire az

alumíniumra emlékeztet. Elemi állapotban nem fordul elő a természetben. A berillium előfordul a berill és a smaragd nevű ásványokban, melyeket az ókori egyiptomiak is ismertek. Bár régóta gyanították, hogy a két ásvány hasonló egymáshoz, ennek a tényleges kémiai bizonyítása csak a 18. század végén történt meg. Ezért a smaragdot jelenleg a berill egyik zöld változatának tekintjük. A berilliumot 1798-ban, Nicolas-Louis Vauquelin francia vegyész berillben és smaragdban fedezte fel az oxid formájában. A fémet 1828-ban, egymástól függetlenül Friedrich Wöhler német és Antoine A. B. Bussy francia vegyészek állítottak először elő, úgy, hogy kloridvegyületét káliummal redukálták. A berillium széles körben található meg a földkéregben, becslések szerint a Föld magmás kőzeteinek 0,0002%-át adja. A világegyetemben való előfordulását tekintve egy olyan skálán, ahol a 1 000 000 egység szilícium a viszonyítási alap, a berillium 20-as értékkel szerepel. Az Egyesült Államok rendelkezik a világ berilliumkészletének mintegy 60 százalékaival és messze ez az ország a legnagyobb berilliumtermelő; a további jelentős termelő országok közé tartozik még Kína, Mozambik és Brazília is.

Körülbelül 30 berilliumot tartalmazó ásványt ismerünk, köztük a berillt ($\text{Al}_2\text{Be}_3\text{Si}_6\text{O}_{18}$, egy berillium-alumínium-szilikát), a bertranditot ($\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$, egy berillium-szilikát), a fenakitot (Be_2SiO_4) és a krizoberillt (BeAl_2O_4). (A berill, a smaragd és az akvamarin összetétele közel áll a fent megadotthoz, de az ipari ércnek kevesebb berilliumot tartalmaznak. A legtöbb berillt más anyagok bányászatának melléktermékeként nyerik ki, a nagyobb kristályokat kézzel válogatják.) A berill és a bertrandit elegendő mennyiségben található meg ahhoz, hogy kereskedelmi ércként is alkalmazzák: berillium-hidroxid vagy berillium-oxid ipari előállítására használjuk. A berillium kinyerését megnehezíti, hogy a legtöbb ércben kis mennyiségben található meg (csak 5 tömegszázalék berillium található még a tiszta berillben is, illetve 1 tömegszázaléknál kevesebb a bertranditban), továbbá a Be-O kötés erőssége. Savakkal való kezeléssel, a fluorid komplexek pörkölésével és a folyadék-folyadék extrakcióval növelik meg a mennyiségét, majd a berilliumot hidroxid formájában kapják meg. A hidroxidot ammónium-berillium-fluoriddal alakítják tovább fluoriddá, ezt követően magnéziummal hevítik az elemi berillium előállításához. Alternatív megoldásként a hidroxid hevítésével oxidot állítanak elő,

amelyből szén és klór hatására berillium-kloridot kapunk; aztán a klorid olvadékának elektrolízisével állítják elő a fémeket. Az elem tisztítását vákuumban való olvasztással végzik.

A berillium az egyetlen stabil könnyűfém, amelynek viszonylag magas olvadáspontja van. Bár a lúgok és a nem oxidáló savak könnyen megtámadják, a berillium gyorsan jól tapadó, felületi oxidréteget képez, amely normál körülmények között megvédi a fémeket a levegő oxidációjától. A fenti kémiai tulajdonságok, illetve a kiváló elektromos vezetőképessége, nagy hőkapacitása és jó hővezető képessége, magas hőmérsékleten mutatott jó mechanikai tulajdonságai, valamint nagyon magas rugalmassági modulusával (egyharmadával nagyobb, mint az acélé) miatt a berillium értékes fém a szerkezeti és hőtechnikai felhasználási területeken. A berillium méretstabilitása és polírozhatósága teszi alkalmassá tükrök és kameraredőnyök készítésére az űrben, katonai és orvosi célú felhasználás során, valamint a félvezetőgyártásban. Kis atomtömege miatt a berillium 17-szer jobban átereszti a röntgensugarakat, mint az alumínium, így elterjedten használták röntgensövek ablakainak készítésére. A berilliumot giroszkópokba, gyorsulásmérőkbe és tehetetlenségi navigációs műszerek számítógép alkatrészeibe építik be, valamint rakétákhoz, repülőgépekhez és űrjárművekhez használt eszközökhöz, nagy teherbírású féktárcsákhoz és más hasonló célokra használják, ahol fontos a gyors hőleadás. A gyors neutronok lassítására való képessége miatt jelentős szerepet játszott az atomreaktorok működésében.

Bár kis százalékban, mégis nagy mennyiségű berilliumot használnak a keményötvözetekhez, főleg azokhoz, melyeknek réz a fő komponense, de nikkel- és vasalapú ötvözetek esetében is használják, olyan termékekhez, mint a rugók. A berillium-réz ötvözetből, melynek 2 százaléka berillium, olyan eszközöket készítenek amelyek hasznosak amikor a szikraképződés nagy veszélyt jelenthet, például olyan gyárakban, ahol por alakú terméket állítanak elő. Maga a berillium nem csökkenti a szikraképződést, de erősíti a rezet, amely ütés hatására nem képez szikrát. (Az ötvözet erőssége 6-szorosa a tiszta réznek.) Az oxidálódó fémekhez adott kis mennyiségű berillium védőréteget képez a felületükön, csökkentve például a magnézium gyúlékonyságát és az ezüstötvözetek elhomályosodását.

A neutronokat Sir James Chadwick brit fizikus fedezte fel 1932-ben úgy, hogy rádium bomlásából származó alfa részecskékkel bombázott berilliumot, miközben az részecskéket bocsájtott ki. Azóta használják neutronforrásként a berillium és egy alfa sugárzó elem keverékét, ami lehet rádium, plutónium vagy amerícium. A rádiumatomok radioaktív bomlása során képződő alfa-részecskék reagálnak a berillium atomjaival és a leányelemek mellett, széles energiatartományban képződnek neutronok, melyek energiája legfeljebb mintegy $5 \cdot 10^6$ elektronvoltig (eV) terjed. Ha azonban a rádium egy kapszulába van zárva, egy alfa részecske sem éri el a berilliumot, akkor 600000 eV-nál kisebb energiájú neutronok képződnek a sokkal nagyobb áthatoló képességű gamma-sugárzás hatására a rádium bomlástermékeiből. Történelmi jelentősége példa a berillium/rádium neutronforrásának használatára Otto Hahn és Fritz Strassmann német vegyészek és az osztrák születésű Lise Meitner kísérlete, melyben a sugárforrással uránatomokat bombáztak, ami az atommaghasadás felfedezésére vezetett 1939-ben, valamint az első szabályozott urán maghasadási láncreakció beindítása 1942-ben, mely egy olasz születésű fizikus, Enrico Fermi nevéhez fűződik.

Az egyetlen természetben előforduló izotóp a stabil berillium-9, habár 11 másik mesterségesen előállított izotóp is ismert. Ezeknek a felezési idejük 1,5 millió évtől (a berillium-10 esetében, amely béta-bomláson megy keresztül) a $6,7 \cdot 10^{-17}$ másodpercig terjed, ez a berillium-8 izotópra jellemző, amely két proton kibocsátásával bomlik el. A berillium-7 (53,2 napos felezési idővel) bomlása a Napban megfigyelt napneutrínók forrása.

Geológiai események kormeghatározása berilliummal ⁽²⁾

Egy olyan technika segítségével, melyet kozmogén nuklid kormeghatározásként ismernek, a tudósok képesek meghatározni, hogy milyen sokáig voltak a kőzetek kitéve a levegőnek. Ezt a kőzetek berillium-10 szintjének meghatározásával érik el, mely a berillium egy radioaktív izotópja. A kozmogén nuklid meghatározást gyakran használják fontos geológiai események idejének meghatározására, például a gleccserek előretörése és visszahúzódása, sziklacsuszamlások, meteor becsapódások és lávafolyamok kialakulása.

Például egy sziklalavina után egyes szikláknak, melyek a kőhalom tetején értek földet, vannak olyan oldalai vagy részei, amelyek először kerültek az égbolttal szembe. A kozmikus sugarakból (nagy energiájú sugárzás a világuűrűből) érkező részecskék ütköznek e sziklák felületével, miközben berillium-10 képződik. Minél hosszabb ideig vannak kitéve ezek a felületek a sugárzásnak, annál nagyobb mennyiségű berillium-10 keletkezik a Utah Egyetem kutatói szerint.

Egy friss tanulmányban, a Utah Egyetem kutatói elsőként végeztek el egy pontos elemzést, hogy meghatározzák egy földcsuszamlás idejét, amely több ezer évvel ezelőtt történt a mai Zion Nemzeti Park területén, Utah államban. A tudósok már egy ideje tudták, hogy a park sík területe korábban egy tó volt, amit eredetileg a Virgin folyó elzárásával egy hatalmas sziklalavina hozott létre, de még mindig nem volt egyértelmű, hogy pontosan mikor történt ez a földcsuszamlás. Hogy a kutatók megfejtsék ezt a rejtélyt, a környékről begyűjtöttek 12 kőzetdarabot és megmérték azok berillium-10 szintjét.

Az eredményeikből a Utah-i egyetem kutatói arra következtettek, hogy a sziklaomlás körülbelül 4800 évvel ezelőtt történt, 400 évnyi bizonytalansággal, egyedi eseményként. Eredményeiket az Amerikai Földtani Társulat folyóiratában, a GSA Today-ben publikálták 2016-ban.

A berilliózis ⁽³⁾

...az iparban előforduló szisztémás, azaz teljes szervezetet érintő betegség, amely nem más, mint berilliummérgezés, ami általában a tüdőt, esetenként csak a bőrt érinti. Két formáját ismerjük: az akut berilliózist, amely leggyakrabban a berillium fémet ércből kitermelő vagy berilliumötvözetet gyártó munkásoknál fordul elő. A másik formája egy lassan kialakuló, krónikus betegség, amely a kutatásban és iparban dolgozó embereket érinti, azokat, akik berillium tartalmú gőzöknek és poroknak vannak kitéve.

Az akut betegség a bőrt és a tüdőt egyaránt érinti, égető kiütést, szemirritációt, orrfolyást, köhögést és mellkasi szorító érzést okoz. A bőrbetegséget a berilliumsókkal való közvetlen érintkezés, a tüdőbetegséget fémpor vagy berillium vegyületek belélegzése okozza. Az akut berilliózisban szenvedők többsége néhány hónapon belül felépül, viszont néhány betegnél 72 órán belül nagy arányban végzetes tüdőgyulladás alakul ki, egy rövid idő alatt bekövetkező erős berillium-

kitettséget követően. A krónikus betegség akár több mint 15 évvel a berilliózishoz való kitétel után jelentkezhet, bár minél később alakul ki, annál enyhébb hatása lesz. Általában, főleg edzés után légszomjat, kimerültséget, száraz köhögést és tartós, de mérsékelt mozgáskorlátozottságot okoz.

Gondolatok a formaldehidről:

Sok anyagról tanuljuk meg, hogy káros hatással van a szervezetünkre, ezért a tanév utolsó feladatában a formaldehid mérgező hatásának részleteivel ismerkedhettek meg a versenyzők.

A formaldehid és a rák kockázata

Mi a formaldehid?

A formaldehid egy színtelen, gyúlékony, erős illatú vegyszer, amelyet anyagok előállítására és számos háztartási termék előállítására használnak. Préselt fatermékek, mint például forgácslap, furnérlemez és farostlemez; ragasztók és kötőanyagok; tartós nyomószövetek; papírtermék-bevonatok és bizonyos szigetelőanyagok előállítására is alkalmazzák. Ezen felül a formaldehidet elterjedten használjuk ipari gombaölőszerként, csíraölőszerként, fertőtlenítőszerként és tartósítószerként ravatalozókban és orvosi kutatólaborokban. A formaldehid a környezetben természetes okokból is előfordul. Kis mennyiségben a legtöbb élő szervezet normál anyagcsere-folyamataiban keletkezik.

Hogyan kerülhet a népesség kapcsolatba a formaldehiddel?

Az Amerikai Fogyasztói Termékbiztonsági Bizottság 1997-es jelentése szerint a formaldehid szint normális esetben mind a beltéri, mind a kültéri levegőben alacsony: általában kevesebb, mint 0,03 ppm, vagyis millió levegő-egységenként 0,03 egység formaldehid található. A formaldehidet tartalmazó anyagok képesek formaldehidgázt vagy -gőzt a levegőbe kibocsátani. A levegőben található formaldehidnek való kitettség egyik forrása az autók kipufogócsöve által kibocsátott gáz.

Az 1970-es években a karbamid-formaldehid szigetelőhabot (angol nevéből rövidítve: UFFI) számos háztartásban használták. Azonban ma már kevés ház szigetelése történik ezzel az anyaggal. Az olyan

otthonokban, amelyekben sok évvel ezelőtt került felhasználásra az UFFI, napjainkra már nem valószínű a magas formaldehidszint. Azok a préselt fatermékek, amelyek formaldehid-gyantát tartalmaznak, gyakran jelentős formaldehid-forrást jelentenek az otthonokban. Más lehetséges beltéri formaldehid-források a cigarettafüst, illetve a külső elvezetéssel nem rendelkező fűtőberendezések, például gáztűzhelyek, fatűzelésű kályhák és kerozinnal működő készülékek használata.

Azok a vegyipari dolgozók, akik formaldehidet vagy azt tartalmazó terméket állítanak elő, mint a laboratóriumi technikusok, bizonyos egészségügyi szakemberek és a ravatalozók alkalmazottjai, magasabb mennyiségű formaldehidnek lehetnek kitéve, mint a nagy általános népesség. Az expozíció elsősorban a levegőből származó formaldehidet tartalmazó gáz vagy gőz belélegzésével, vagy formaldehidet tartalmazó folyadékok bőrön keresztül felszívódásával történik meg.

Melyek a formaldehiddel való érintkezés rövid távú egészségügyi hatásai?

Ha a formaldehid 0,1 ppm-et meghaladó mennyiségben van jelen a levegőben, egyes emberek kellemetlen tüneteket tapasztalhatnak, például könnyezik a szemük, égő és viszkető érzés jelentkezik a szemben, az orrban és a torokban, illetve köhögnek, zihálnak, hányingerük van és bőrirritáció alakul ki. Vannak, akik nagyon érzékenyek a formaldehidre, míg másoknak ugyanolyan koncentráció esetén sem alakulnak ki tüneteik.

Okozhat-e a formaldehid rákot?

Habár a formaldehidnek való kitettség rövidtávú hatásai nagyon jól ismertek, a lehetséges hosszútávú hatásairól keveset tudunk. Az 1980-ban elvégzett laboratóriumi vizsgálatok kimutatták, hogy a formaldehid orrüregi rákot okozhat patkányokban, s ez az eredmény felvetette a kérdést, vajon a formaldehid kitettség okozhat-e rákot emberben is? 1987-ben az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége (EPA) a formaldehidet potenciális rákkeltő anyagnak minősítette, amennyiben szokatlanul nagy vagy hosszan tartó az expozíció (1). Azóta embereken végzett vizsgálatok azt valószínűsítik, hogy a formaldehidnek való kitettség összefüggésben állhat bizonyos ráktípusokkal. Ennek okán a Nemzetközi Rákkutató Ügynökség (IARC) a formaldehidet az emberi

rákkeltő anyagok közé sorolja. 2011-ben a Nemzeti Toxikológiai Program, az Egészségügyi és Humán Szolgáltatások Minisztériumának közös programja a formaldehidet ismert emberi rákkeltőnek nevezte a karcinogén anyagokról szóló 12. jelentésében.

Mit tudtak meg a tudósok a formaldehid és rák közti kapcsolatáról?

Az 1980-as évek óta a Nemzeti Rákkutató Intézet (NCI), ami a Nemzeti Egészségügyi Intézetnek (NIH) része, kutatásokat végzett annak megállapítására, hogy van-e összefüggés a munkahelyi formaldehid-expozíció és a rák kockázatának növekedése között. A kutatás eredményei az EPA-t és a Munkahelyi Biztonsági és Egészségügyi Hivatalt (OSHA) olyan ismeretekkel látta el, amelyek segítségével értékelni tudták a formaldehidnek kitett munkahelyek lehetséges egészségügyi hatásait.

A formaldehid-kitettség hosszú távú hatásait epidemiológiai vizsgálatokban értékelték (ezek olyan tanulmányok, amelyek megpróbálják feltárni a betegségek mintázatait és okait emberek csoportjaiban). Az epidemiológiai vizsgálatok egyik típusát kohorsz-vizsgálatnak nevezik. A kohorsz olyan emberek csoportja, akiknek változó lehet egy adott tényezőnek, például formaldehidnek való kitettsége, és megfigyelik, hogy idővel kialakul-e náluk betegség. Egy másik fajta epidemiológiai vizsgálatot eset-kontroll vizsgálatnak neveznek. Az eset-kontroll vizsgálatok azokkal az emberekkel kezdődnek, akiknél diagnosztizáltak betegséget (esetek), ezeket pedig összehasonlítják a betegségben nem szenvedőkkel (kontrollokkal), és megpróbálják azonosítani az olyan tényezők különbségeit, mint például a formaldehid kitettséget, amelyek magyarázatot adhatnak arra, hogy az adott eseteknél miért alakultak ki a betegségek, de a kontrolloknál miért nem.

Számos, a munkájuk során potenciálisan formaldehidnek kitett szakember, mint például anatómusok és balzsamozók körében végzett NCI-felmérés arra utalt, hogy ezeknél az egyéneknél nagyobb a leukémia és az agydaganat kockázata az átlagos lakossághoz képest, azonban konkrét munkakörülményeket és a konkrét kitettséget nem adtak meg ezekben a tanulmányokban. A temetkezési ágazatban dolgozók körében végzett NCI eset-kontroll vizsgálat, amely a formaldehidnek való kitettséget is figyelembe vette, szintén összefüggést talált a növekvő

formaldehid kitettség és a mieloid leukémia okozta halálozás között. Ehhez a tanulmányhoz szükséges kutatásban azokat az embereket hasonlították össze, akik temetkezési ágazatban dolgoztak és 1960 és 1986 között hunytak el, vérképző rendszeri és nyirokrendszeri daganatos megbetegedésben, illetve agydaganatban, azokkal az emberekkel, akik más okból haltak meg. (A vérképző rendszeri vagy hematológiai daganatos betegségek, például a leukémia, a vérben vagy a csontvelőben alakul ki. Nyirokrendszeri rák azokban a szövetekben és szervekben jön létre, amelyek termelik, tárolják és hordozzák fehérvérsejteket, melyek fertőzések és egyéb betegségek ellen küzdenek.) Ez az elemzés azt mutatta, hogy a legnagyobb kockázatnak kitett emberek a mieloid leukémiával kapcsolatban azok az emberek voltak, akik a legtöbbször a balzsamozást végezték és azok, akik a legmagasabb formaldehid mennyiségnek voltak kitéve. Nem volt összefüggés más hematopoiotikus és nyirokrendszeri rákos megbetegedésekkel vagy agydaganattal.

Egy, az Országos Munkahelyi Biztonsági és Egészségügyi Intézet (NIOSH) által 11039 textilipari dolgozó bevonásával végrehajtott csoporttanulmány során összefüggést találtak a formaldehid kitettség időtartama és a leukémiás halálozás között. Kétségesse teszi az eredményeket az, hogy egy 14014 brit ipari munkással elvégzett csoporttanulmány során pedig nem találtak összefüggést a formaldehid kitettség és a leukémiás halálozás között.

Felszívódás után a formaldehid gyors kémiai átalakulásokat megy keresztül. Emiatt néhány tudós azt gondolja, hogy a formaldehid esetében nem túl valószínű, hogy a légutakon kívül bárhol máshol lesz hatása. Mégis néhány laboratóriumi vizsgálat azt feltételezi, hogy a formaldehid hatással lehet a nyirok- és vérképző rendszerre. Mind a csoport-, mind az esettanulmányok epidemiológiai adatai, mind a laboratóriumi kutatások kísérleti adatai alapján az NCI kutatói arra a következtetésre jutottak, hogy a formaldehid kitettség leukémiát, különösen csontvelő leukémiát okozhat az emberekben. [...]