

Záróbeszámoló

RITKAFÖLDFÉMEK KINYERÉSE ÉS MÁSODLAGOS NYERSANYAGOK ELŐÁLLÍTÁSA A VÖRÖSISZAP KOMPLEX HASZNOSÍTÁSA KERETÉBEN
GINOP-2.2.1-15-2017-00106

2023. október 10.



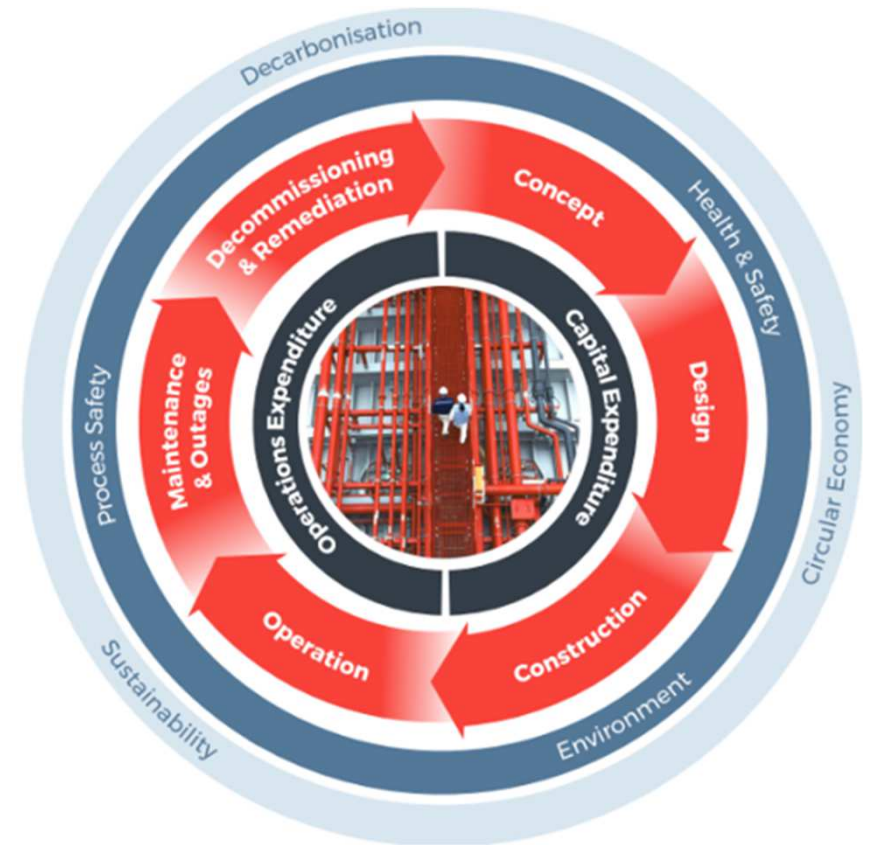
Golder Associates

Member of WSP

Golder Associates (Magyarország) Zrt.

Cégünk 1992-ben alakult a Golder Associates magyarországi leányvállalataként. A WSP-vel történt, 2021-es egyesülést követően cégünk a világ egyik vezető környezetvédelmi és mérnöki tanácsadó cégének része. Világszerte közel 600 irodánkban, közel 70.000 alkalmazottal biztosítunk tervezési, műszaki, mérnöki és management szolgáltatásokat az építő- és közlekedési-, infrastruktúra-fejlesztési-, környezetvédelmi-, gyártó- és energiaipari megbízóink számára.

Magyarországi irodánk környezetvédelmi, földtani, vízföldtani és geotechnikai kérdésekben nyújt műszaki segítséget, speciális építőmérnöki és tanácsadási szolgáltatásokat hazai és nemzetközi ügyfeleink számára.



Magyarországi alapszolgáltatásaink

Környezetvédelmi és EBK tanácsadás

- Környezetvédelmi és EBK megfelelőségi auditok
- Környezetvédelmi és műszaki átvilágítás
- Környezeti hatásvizsgálatok
- Környezetvédelmi engedélyezés (pl. IPPC, vízhasználat, hulladékgazdálkodás)
- Szennyezett terület kezelése: helyszíni felmérés, kármentesítés tervezés és kivitelezés, monitoring,



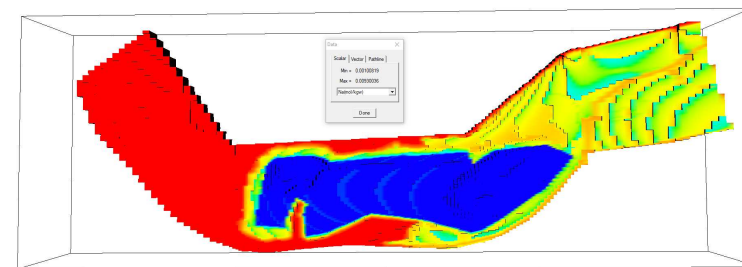
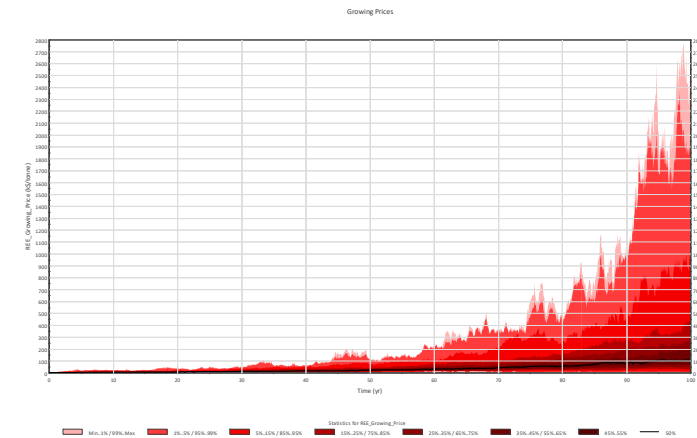
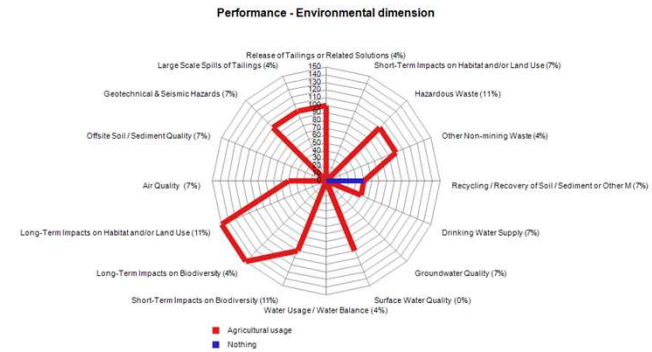
Földtudományok

- Földtani és vízföldtani szakértés
- Vízföldtani, földtani modellezés
- Térinformatikai szolgáltatások, geodézia
- Kútvizsgálatok (kúthidraulika, hidropesztés)
- Biztonság- és kockázatértékelés



Projekt tevékenység

- **Komplex megközelítés, integrált értékelés**
 - Környezeti hatások, kockázatok becslése
 - GoldSim modellezés, ásványvagyon becslés, hasznosíthatósági számítások
 - Geokémiai modellezés, tervezett hasznosítás hatásai
 - Megvalósíthatósági tanulmány
 - Karbonlábnyom és klímasemlegesség vizsgálat



Vörösiszap jellemzői, hasznosítás

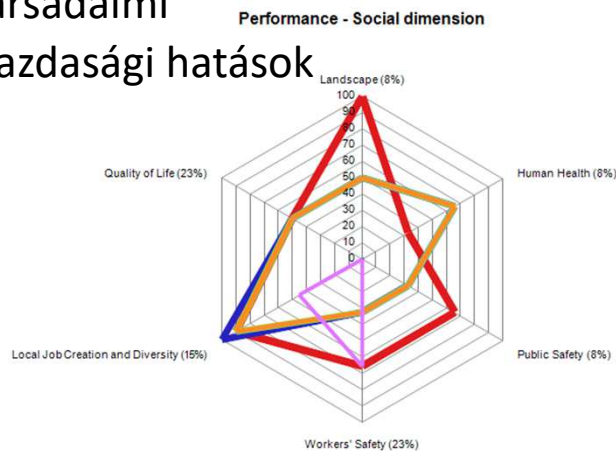
- Részecskeméret, kiporzás (3-8 µm)
- Tixotróp, víztartalom, lúgos kémhatás (pH 11-13 → 9-10)
- Csurgalékvíz vizsgálatok
 - Anionok (szulfát, nitrát)
 - Fémek, félfémek (Al, Fe, Mo, B, Na, Zn, As)



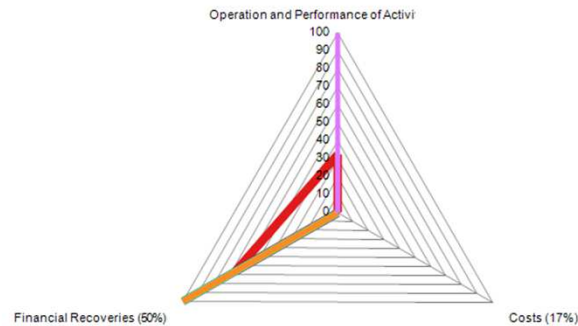
GoldSET[®]

Különböző hasznosítások komplex értékelése

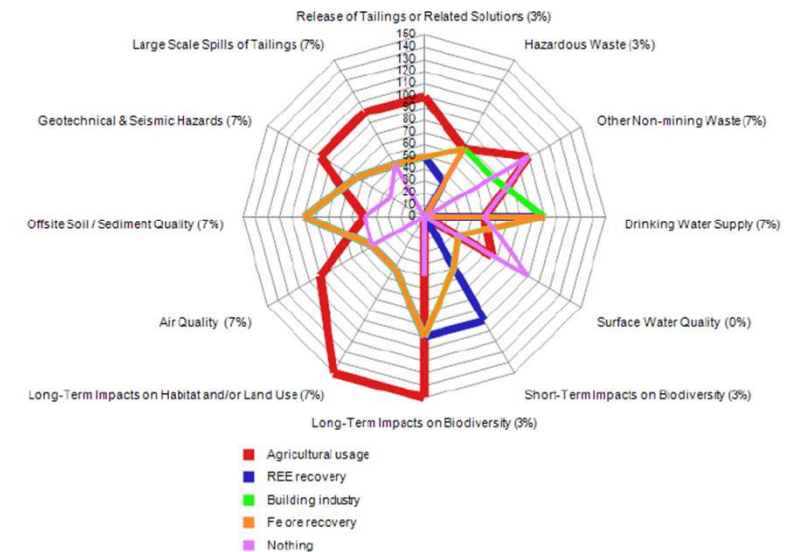
- Környezeti
- Társadalmi
- Gazdasági hatások



Performance - Economic di

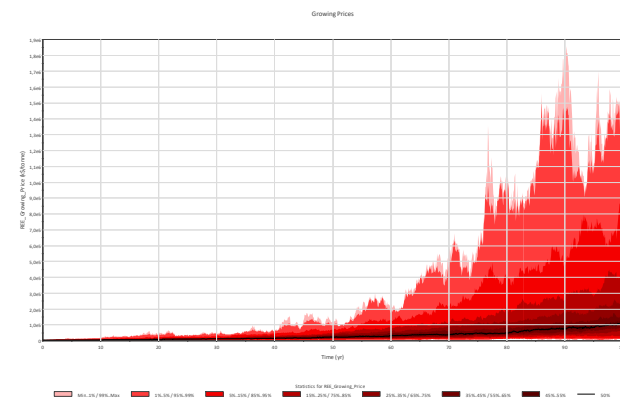
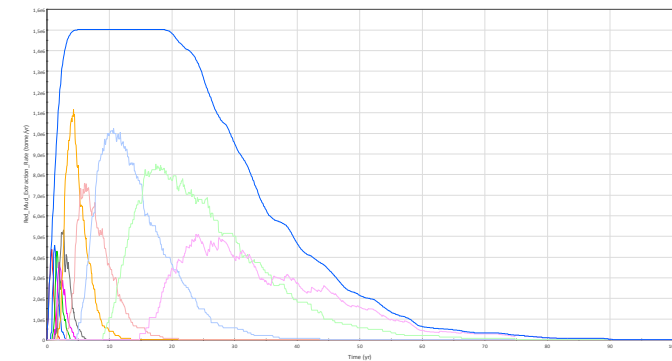
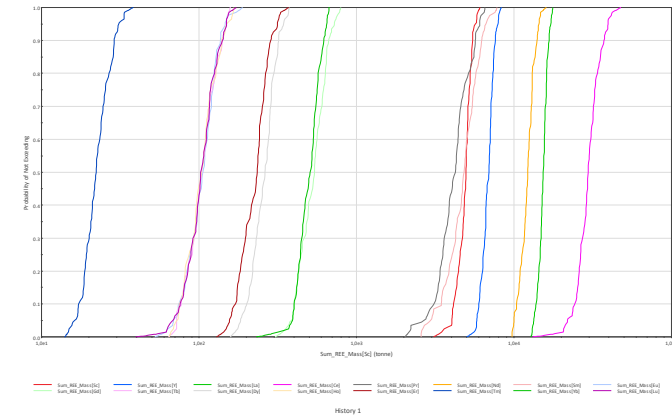


Performance - Environmental dimension



GoldSim modellezés

- Valószínűségi alapú modellezés, eredmények statisztikai kiértékelése
- Ásványvagyonbecslés és készletértékelés
 - Vörösiszap mennyiségek meghatározása a tározókban
 - Főelem, ritkaföldfémek, nyomelemek mennyiségek becslése
- Technológiák sikerességének költség-haszon elemzése, összehasonlítása
 - Kitermelés ütemének meghatározása
 - Fémárak változásának becslése
 - Lehetséges feldolgozási technológiák sikerességének becslése,
 - Egyéb hasznosítások (cement alapanyag, talajjavító)
 - Költségek és bevételek CAPEX-OPEX elemzése



Ásványvagyon becslés eredmények

- Vörösiszapban levő fő elemek (millió tonna) és ritkaföldfémek mennyisége (tonna)

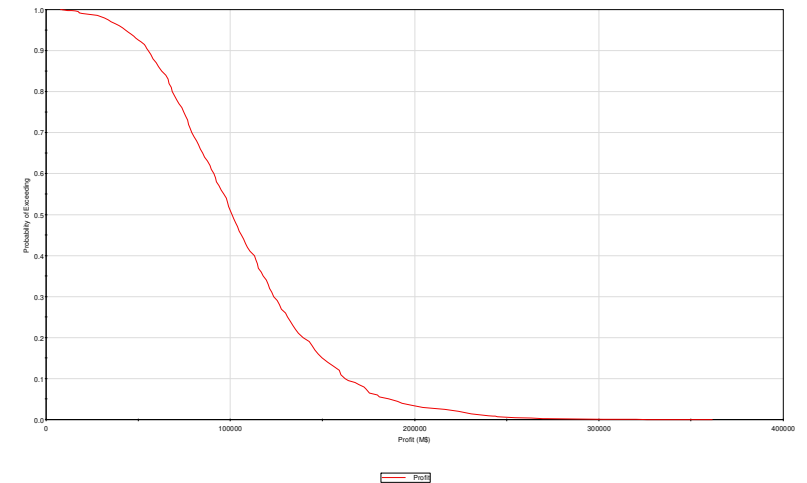
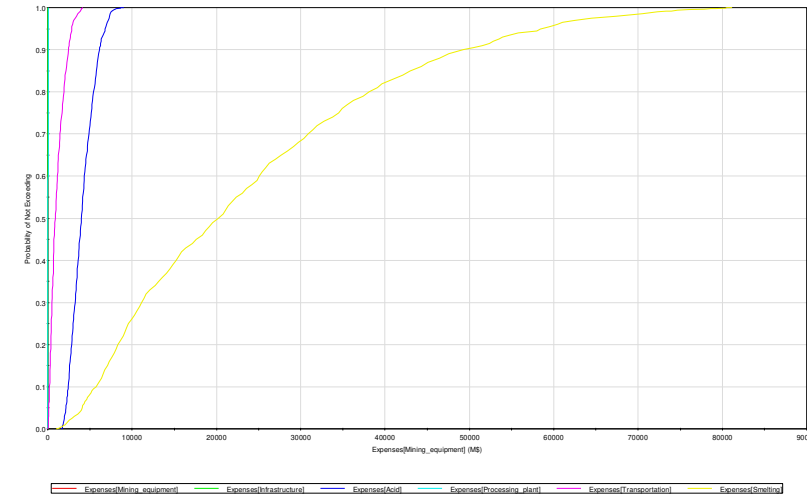
| elem | tömeg | | | oxid | tömeg | | |
|------|-------|--------|-------|--------------------------------|--------|--------|--------|
| | min | medián | max | | min | medián | max |
| Al | 1,455 | 1,955 | 2,360 | Al ₂ O ₃ | 5,496 | 7,386 | 8,915 |
| Fe | 5,564 | 6,576 | 7,569 | Fe ₂ O ₃ | 15,899 | 18,789 | 21,625 |
| Na | 0,677 | 0,839 | 1,038 | Na ₂ O | 1,825 | 2,263 | 2,800 |
| Ti | 0,971 | 1,090 | 1,348 | TiO ₂ | 1,618 | 1,816 | 2,247 |
| V | 0,016 | 0,021 | 0,025 | V ₂ O ₅ | 0,057 | 0,074 | 0,088 |

| elem | tömeg | | | oxid | tömeg | | |
|------|-------|--------|--------|--------------------------------|-------|--------|--------|
| | min | medián | max | | min | medián | max |
| Sc | 3106 | 4957 | 6071 | Sc ₂ O ₃ | 9527 | 15204 | 18617 |
| Y | 5041 | 6920 | 8288 | Y ₂ O ₃ | 12800 | 17573 | 21047 |
| La | 12895 | 15328 | 17628 | La ₂ O ₃ | 30243 | 35950 | 41345 |
| Ce | 13635 | 29560 | 47308 | CeO ₂ | 16751 | 36317 | 58122 |
| Pr | 2028 | 4250 | 6554 | Pr ₂ O ₃ | 4748 | 9949 | 15339 |
| Nd | 9698 | 12217 | 15918 | Nd ₂ O ₃ | 22628 | 28507 | 37143 |
| Sm | 2565 | 4804 | 7782 | Sm ₂ O ₃ | 5952 | 11147 | 18055 |
| Eu | 52,74 | 105,49 | 188,15 | Eu ₂ O ₃ | 122 | 244 | 435 |
| Gd | 305 | 539 | 793 | Gd ₂ O ₃ | 704 | 1244 | 1828 |
| Tb | 64,14 | 104,05 | 157,87 | Tb ₂ O ₃ | 147 | 239 | 363 |
| Dy | 158 | 262 | 372 | Dy ₂ O ₃ | 363 | 602 | 855 |
| Ho | 64,77 | 103,67 | 166,38 | Ho ₂ O ₃ | 148 | 237 | 381 |
| Er | 129 | 233 | 367 | Er ₂ O ₃ | 297 | 534 | 841 |
| Tm | 14,08 | 22,14 | 37,81 | Tm ₂ O ₃ | 32,15 | 50,57 | 86,36 |
| Yb | 237 | 508 | 671 | Yb ₂ O ₃ | 541 | 1158 | 1528 |
| Lu | 41,11 | 102,60 | 171,35 | Lu ₂ O ₃ | 93,51 | 233,35 | 389,69 |

| | Elem | Felhasználás |
|------------------------------|--------------|--|
| Könnyű ritkaföldfémek (LRFF) | Lantán | hibrid motorok, fémötvözetek |
| | Cérium | autó katalizátorok, olajfimonítás, fémötvözetek |
| | Prazeodímium | mágnesek |
| | Neodímium | autó katalizátorok, olajfimonítás, laptopok merevlemezei, mobiltelefonok, hibrid motorok |
| | Szamárium | mágnesek |
| | Európium | televíziók és monitorok vörös színe |
| Nehéz ritkaföldfémek (HRFF) | Terbium | lumineszcens és fluoreszcens anyagok, állandó mágnesek |
| | Diszpróziium | állandó mágnesek, hibrid motorok |
| | Erbium | lumineszcens és fluoreszcens anyagok |
| | Ittrium | vörös szín, fluoreszcens lámpák, kerámiák, fémötvöző anyagok |
| | Holmium | üveg festékek, lézerek |
| | Túlium | orvosi röntgen-sugaras műszerek |
| | Lutécium | olajfimonításhoz katalizátorok |
| | Itterbium | lézerek, acélötvözetek |
| Gadolínium | mágnesek | |

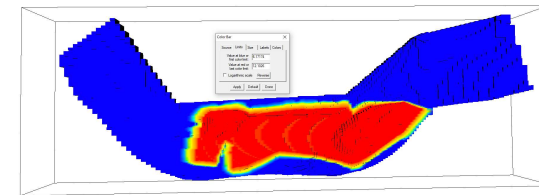
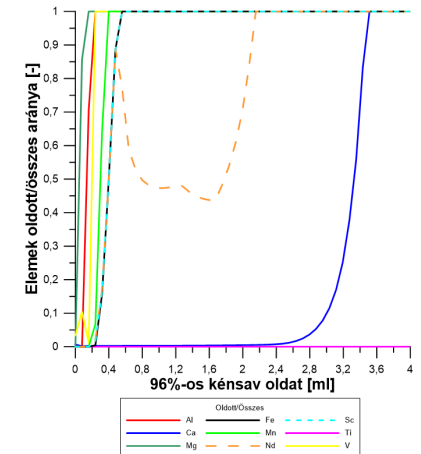
Másodnyersanyag kinyerés költsége, bizonytalanság

- A számítások a laboratóriumi vizsgálatok eredményeire, modellezési eredményekre alapulnak – a tényleges ipari technológiai kidolgozását követően ez pontosítást igényel
- A fémárak becsléséhez a jelenlegi trendeket használtuk fel
- Megoldandó technológiai feladat a fémek (elsősorban ritkaföldfémek) egymástól való elszeparálása, dúsítása és magas tisztaságú fémek (fém-oxidok) előállítása
- Cementipari felhasználás, talajjavítás a legkönnyebben kivitelezhető hasznosítás, azonban a legkisebb profittal rendelkezik
- Az egyik legjelentősebb működési költség a lúgos kémhatás semlegesítéséhez szükséges savak beszerzése, alkalmazása és a kohósítás költsége

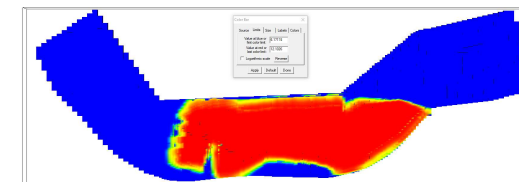


Geokémiai modellezés, transzport folyamatok

- **A vörösiszap savas kezelésének várható hatásai**
 - Különböző savazási eljárások (tömény sósav, kénsav, salétromsav, foszforsav) hatékonyságának értékelése
 - Laboreredményekkel való összehasonlítás
 - Geokémiai átalakulások vizsgálata
- **1 és 3 dimenziós reaktív transzport modellek**
 - Geokémiai összetétel felhasználása
 - A tározó földtani-vízföldtani viszonyainak beépítése
 - Magára hagyott eset, bolygatás, szén-dioxidos kezelés hatásának összehasonlítása



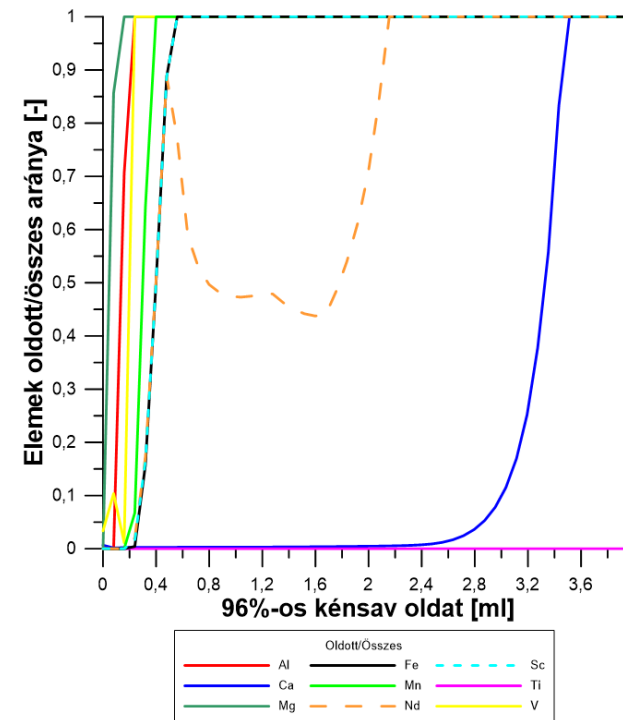
Time = 0 years



Time = 10 years

Savas kezelés hatásának modellezése (PHREEQC)

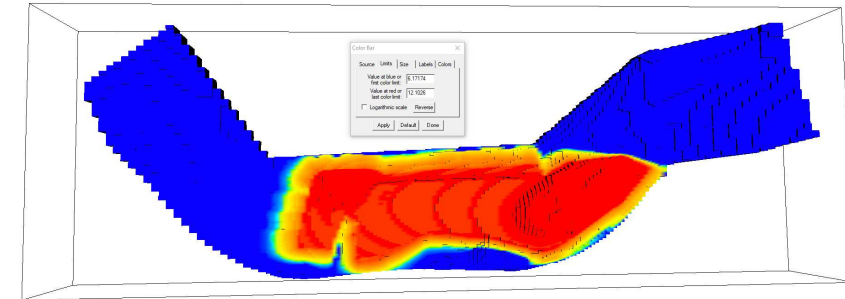
- **Száraz és nedves vörösiszap minta modellezése**
 - Különböző összetétel
 - Az egyes elemek beoldódása, az ásványos fázisok átalakulása más ütemben zajlik a két minta esetén, alapvetően ugyanazok a folyamatok mennek végbe, más mennyiségű sav hozzáadásának hatására.
 - Általában a nedves minta kezeléséhez szükséges nagyobb mennyiségű sav adagolása
- **A főelemek beoldódását vizsgálva szinte minden esetben a vanádium oldódik be leghamarabb, ez még a desztillált vizes hígításnál is megfigyelhető. Ezt követik a magnézium, kalcium, alumínium, és végül a vas.**
- **A legjobban használható savak a kénsav és a sósav. A ritkaföldfémek és a szkandium egyszerre oldódnak be a főelemekkel, és csak extrém alacsony pH mellett.**



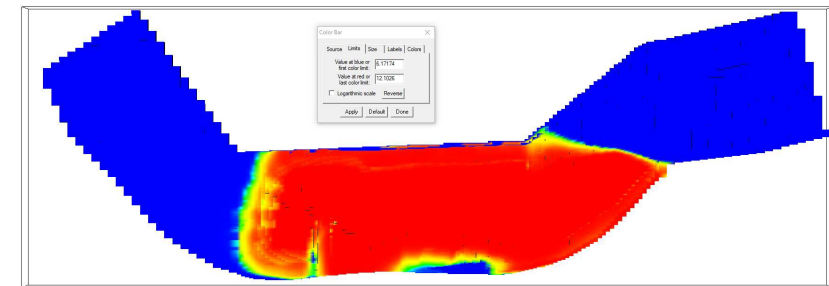
| Tömegszáza lékos összetétel | N-V-7-1 nedves iszap | N-V-7-12 száraz iszap |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Nedvesség | 39,5 | 18,5 |
| Vízvesztés ég (%) | 10,3 | 12,7 |
| Al ₂ O ₃ | 14,62 | 12,59 |
| SiO ₂ | 11,5 | 12,4 |
| Fe ₂ O ₃ | 36,88 | 46,49 |
| TiO ₂ | 3,5 | 2,05 |
| V ₂ O ₅ | 0,18 | 0,17 |
| CaO | 8,22 | 8,62 |
| MgO | 0,87 | 2,04 |
| ZnO | 0,022 | 0,032 |
| MnO ₂ | 0,37 | 0,27 |
| Sc | 0,0073 | 0,0068 |
| Nd | 0,02 | 0,02 |
| Na ₂ O | 9 | 9 |
| P ₂ O ₅ | 0,75 | 0,75 |
| CO ₂ | 2,5 | 2,5 |
| SO ₃ | 1,15 | 1,15 |
| C | 0,175 | 0,175 |

Reaktív transzport modellezése (PHAST)

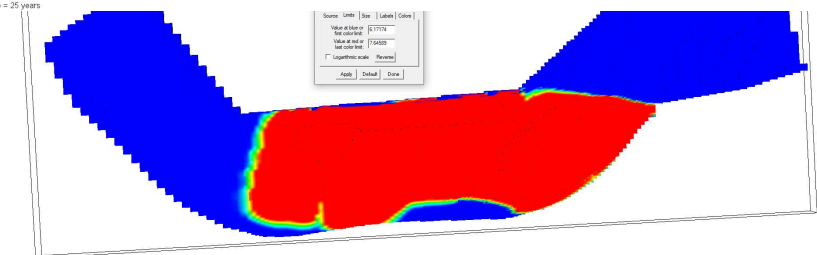
- **3D geokémiai modell az alábbi esetekre**
 - Helyben marad, nincs változás
 - Bolygatás, feldolgozás
 - Szén-dioxidos kezelés
- **Talajvíz pH változása, fém komponensek kockázata kisebb**
- **Bolygatáskor nagyobb beszivárgás, nagyobb mértékű hatás a felszín alatti közegre**
- **Semlegesítéskor kockázatok minimalizálódása, fém kioldódás nem jellemző**



Time = 25 years



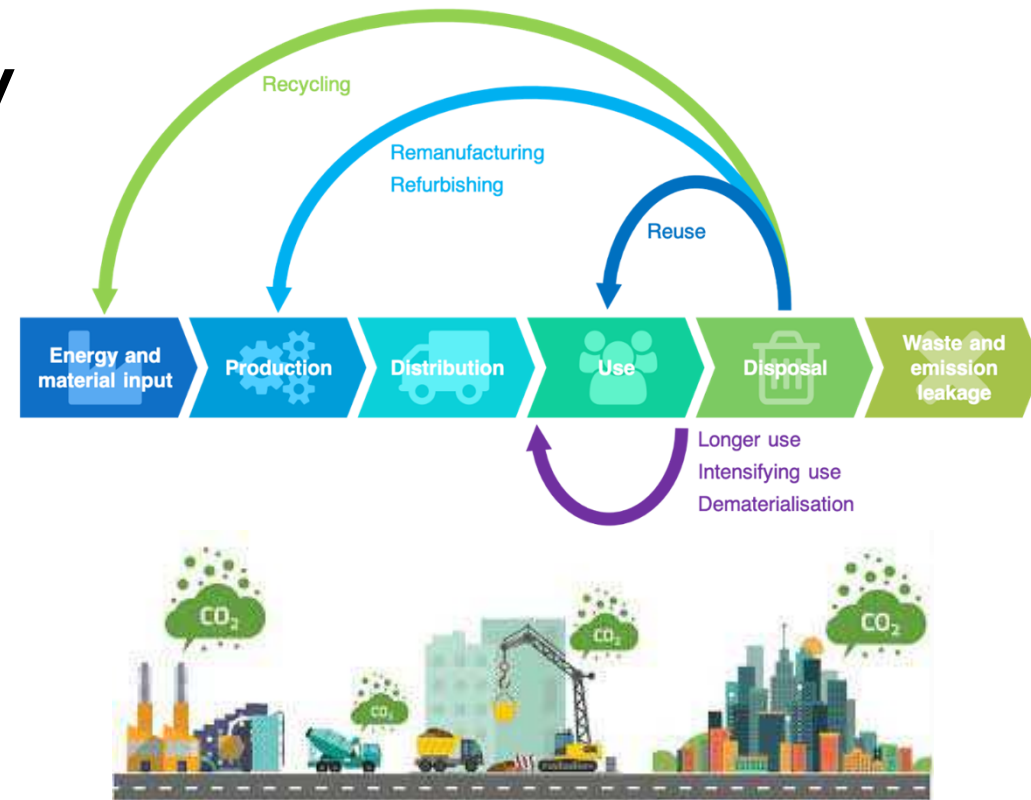
Time = 25 years



Time = 25 years

Megvalósíthatósági tanulmány

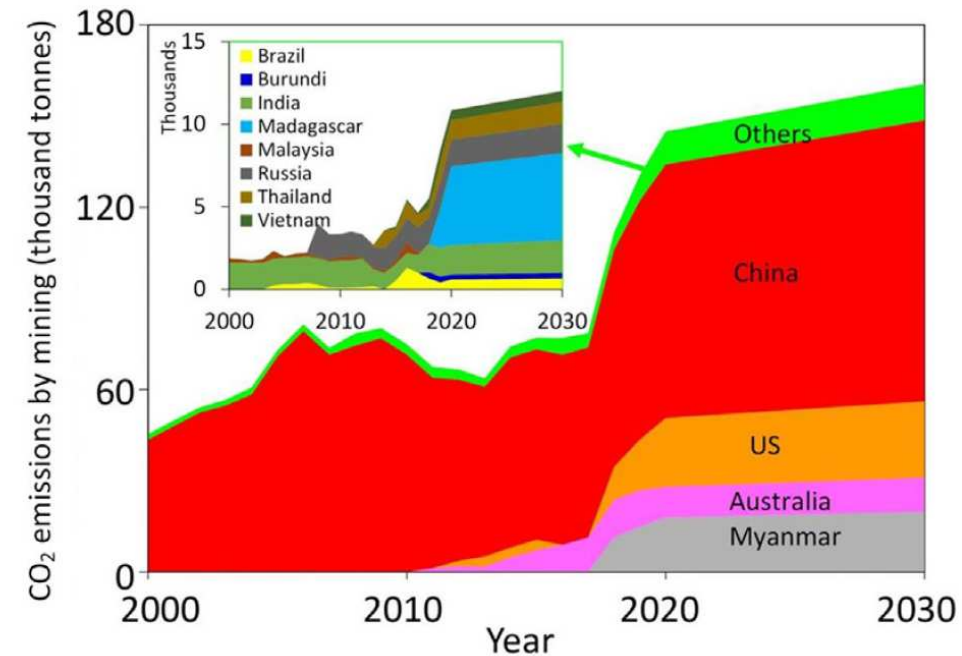
- Körforgásos gazdaság
 - Karbonlábnyom
 - Klímasemlegesség
-
- Kitermelés – szállítás
 - Helyben történő semlegesítés
 - Mezőgazdasági célú hasznosítás
 - Építőipari hasznosítás
 - Nyersanyag kinyerés



Megvalósíthatósági tanulmány

Karbonlábnyom:

- Alumínium gyártás
 - Bányászat: 0,4 t CO₂ / t
 - Timföld gyártás: 2,6 t CO₂ / t
 - Olvasztás: 5,7 t CO₂ / t
- Szállítás: 0,001 CO₂ / km
- Mezőgazdasági hasznosítás (műtrágya kiváltása): 9,3 t CO₂ / 1 t műtrágya
- Fémkinyerés: 86,7 Mt CO₂/év (összes létesítmény, 2016)
- Ritkaföldfémek kinyerése: 170 kt CO₂/év (2030-ra, becslés)
- Cementgyártás: 3,6 Gt CO₂/év (teljes ÜHG 8%-a) – kb. 20%-al csökkenthető (30%-os részarányal számolva)



A **karbonlábnyom** azt mutatja, hogy egy cég tevékenysége, egy ember életmódja vagy egy termék életciklusa nyomán mennyi üvegházhatású gáz (ÜHG) kerül közvetlen és közvetlenül a levegőbe. A karbonkibocsátás az összes üvegházhatású gáz kibocsátást jelenti.

Éghajlatváltozással összefüggő kockázatok

Érzékenységvizsgálat: a tervezett beruházás éghajlatváltozás iránti érzékenységének vizsgálatát jelenti az éghajlati paraméterek segítségével.

Kitettség: a beruházás megvalósításának helyszíne (és vélelmezett hatásterülete) ki van-e téve - ha igen, milyen mértékben - a releváns éghajlati paramétereknek, amelyekre a létesítmény vagy annak működése érzékeny.

Sérülékenység

| | Éghajlati paraméter változása | Üzemi létesítmények |
|-----|---|---------------------|
| 1. | Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése | közepes |
| 2. | Hőhullámos napok számának növekedése | közepes |
| 3. | Fagyos napok számának növekedése | alacsony |
| 4. | Éves csapadékmennyiség csökkenése | alacsony |
| 5. | Csapadékesemények intenzitásának növekedése | közepes |
| 6. | Száraz időszak hosszának növekedése | alacsony |
| 7. | Viharos időjárási események intenzitásának növekedése (pl. széllökések) | közepes |
| 8. | Megnövekedő UV sugárzás, csökkent felhőképződés | közepes |
| 9. | Árhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése | magas |
| 10. | Villámárvíz gyakoriságának és intenzitásának növekedése | magas |
| 11. | Belvíz kialakulás gyakoriságának növekedése | közepes |
| 12. | Erdőtűzek gyakoriságának növekedése | magas |
| 13. | Tömegmozgás (talajmozgás) gyakoribb előfordulása | magas |

| | Éghajlati paraméter változása | Beruházási terület kitettsége (2021-2050) |
|-----|---|---|
| 1. | Felszíni levegő átlaghőmérsékletének lassú növekedése | közepes |
| 2. | Hőhullámos napok számának növekedése | alacsony |
| 3. | Fagyos napok számának csökkenése | alacsony |
| 4. | Éves csapadékmennyiség | alacsony |
| 5. | Csapadékesemények intenzitásának növekedése | alacsony |
| 6. | Száraz időszak hosszának növekedése | alacsony |
| 7. | Viharos időjárási események intenzitásának növekedése | alacsony |
| 8. | Megnövekedő UV sugárzás | alacsony |
| 9. | Árvíz | alacsony |
| 10. | Villámárvíz | alacsony |
| 11. | Belvíz | alacsony |
| 12. | Erdőtűz | alacsony |
| 13. | Talajmozgás, tömegmozgás | alacsony |

Köszönöm a figyelmet!

László Tamás
tamas.laszlo@wsp.com

