

Miskolci Egyetem

Műszaki Földtudományi Kar

Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

TDK dolgozat

**TALK FLOTÁLÁSÁNAK KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA MineTALC
NEMZETKÖZI PROJEKT KERETÉN BELÜL**

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TALC FLOATABILITY WITHIN the
MineTALC INTERNATIONAL PROJECT**

Készítette:

Pap Andrea, F2RUTR

Békési Zita Brigitta, C9R8UD

Dátum: 2021. 10. 20.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1
2. Szakirodalom	2
2. 1. Talk	2
2.1.1. Talk ásványtana.....	2
2.1.2. Tulajdonságok.....	3
2.1.3. Talk keletkezése.....	4
2.1.4. Előfordulás, bányászat	5
2.1.5. Felhasználása.....	6
2.2. Flotálás.....	6
2.2.1. Flotálási eljárás alapjai és a technológia	7
2.2.2. A flotálást befolyásoló tényezők.....	7
2.2.3. A flotáló berendezések.....	8
2.2.4. Reagensek	8
2.2.5. Alkalmazási lehetőségek.....	10
2.2.6. Talk flotálása.....	10
3. Talkum flotálás kísérleti vizsgálata, kísérleti anyagok és módszerek.....	13
3.1. A feladási minták és vizsgálatuk.....	13
3.2. Alkalmazott flotáló berendezések.....	16
3.3. Flotálási körülmények.....	17
3.4. Flotálási kísérletek	19
3.5. Flotációs termékek vizsgálata	22
4. Kísérleti eredmények.....	25
5. Konklúzió	32
Irodalomjegyzék	33
Mellékletek.....	34

1. Bevezetés

A dolgozatunkban a Gemerská Poloma-i EuroTalc üzemben bányászott talk flotálásának optimalizálásával foglalkozunk, a *19007 - MineTALC. Backfill Mining Optimisation for Low- and Medium- Strength Deposits* kutatás-fejlesztési projekt keretein belül.

Az EuroTalc üzem, illetve a talkum üledék a szlovákiai Gemerská Poloma község (magyarul: Veszverés) mellett helyezkedik el. A terület morfológiailag az Északnyugati-Kárpátok belső vonulatán húzódó Szlovák-érchegység része, a Sajó vízgyűjtője mentén terül el. A község a Kassai kerület Rozsnyói járásába tartozik, nyugaton Henckó, keleten Betlér községgel határos.

A bányában a talkot robbantásos módszerrel jövesztik, és a legkorszerűbb szállító eszközöket alkalmazva, 5 tonnánként hozzák a felszínre. Ezután a világ egyik legmodernebb előkészítőüzemébe kerül, ahol jelenleg rudas malomban őrlik az anyagot. Spirális szeparátorral távolítják el a szennyező piritet, a meddőásványokat flotálással választják szét. 20 tonna ércet dolgoznak fel óránként.

A MineTALC projektben számos magyar és külföldi egyetem részt vesz, köztük a Miskolci Egyetem több tanszéke is. Ebben a projektben a mi részfeladatunk a talk flotálhatóságának kísérleti vizsgálata volt, és az alábbi kérdéseket vizsgáltuk:

- hogyan változik a talk flotálhatósága rudas és golyós malmi feltárása után?
- számottevő különbség van-e az 1L-es és a 3L-es flotálócellában való flotálásnál?

A vizsgálathoz szükséges talk mintákat az EuroTalc társaság biztosította számunkra. A különböző mechanikai előkészítésen átesett mintákon eljárástechnikai alapvizsgálatokat (sűrűségmérés, mikroszkópos vizsgálatok), majd flotálási kísérleteket végeztünk. Az eredményeket összefoglaltuk, majd a szükséges következtetéseket levontuk.

2. Szakirodalom

2. 1. Talk

2.1.1. Talk ásványtana

A talk egy magnézium-szilikát ásvány, egyéb nevei talkum, szteatit, illetve zsírkő, mely elnevezést zsíros tapintásáról kapta. Képlete $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$, színe leggyakrabban fehér, de lehet színtelen, áttetsző, vagy akár zöldes is (Koch és Sztrókay, 1986).



1. ábra: Talk ásvány (Forrás: Wikipédia)

Ásvány-rendszertanilag a szilikátok osztályába tartozik, ide tartozik a jelenleg legtöbb ismert ásvány. A szilikátásványok fontos része a szilikát-anion $[(SiO_4)^4-]$, melynek központi kationjához tetraéderes alakzatban kapcsolódik 4 darab oxigén. Ezeket SiO_4 -tetraédereknek nevezzük, többféleképpen helyezkedhetnek el az ásványban, és ez alapján oszthatjuk a szilikátokat alosztályokba. A talk a rétegszilikátok alosztályába sorolható - mivel a SiO_4 -tetraéderek három oxigénje egy réteget alkotva kapcsolódik össze benne -, azon belül a csillám típusú rétegkomplexumok közé, a pirofillit-talk csoportba (Szakáll, 2007).

Kristálytanilag finom rostos halmazok és vaskos, finom szemcsés tömegek formájában jelenik meg. Kémiai sajátága, hogy gyakrabban Fe^{2+} és Fe^{3+} épül be oktaéderes pozíciókban. A tetraéderes rétegekben kis mennyiségben Al^{3+} helyettesíti a Si^{4+} -ot. Leggyakoribb kísérő ásványai a szerpentinásványok, tremloit, magnezit és a dolomit (Szakáll, 2007).

2.1.2. Tulajdonságok

Egy kristály keménységét többféleképpen lehet meghatározni. A legfontosabb a karcolási keménység, melyet a Mohs-skála jelöl. A skála 10 ásványból áll, a talkum az első helyen áll, tehát a legpuhább ásvány a Földön, körömmel könnyen karcolható. Sav- és tűzálló ásvány, izzításkor elveszti víztartalmát és az üvegnél keményebb anyaggá változik (Koch és Sztrókay, 1986).

Leveles, pikkelyes halmazokban jelenik meg, hasadása kitűnő a rétegkomplexumok mentén, hasadási lapon gyöngyházfényű. Lemezei hajlékonyak, de nem rugalmasak (Szakáll, 2007; Pápay, 1998).

A talk a kémiai szerkezete miatt a legpuhább ásvány a Földön; a magnézium alapú oktaéderes réteg a szilícium-dioxid gyűrűk között található, a közös oxigénatomok között, ez pedig oxid felületeket tár fel. Az oxid felületek következtében a talkumot csak gyenge van der Waals erők tartják össze, illetve ezek teszik természetes módon hidrofóbbá a talkumot. A talkumnak két felülete van: a hidrofób alapfelület és a hidrofil peremfelület. Vízzel hidrolizálva a magnézium élek némi hidrofilitást mutatnak, azonban a teljes felület nagy része, körülbelül 90%-a alapfelület, amely miatt a talkum természetesen hidrofób, azaz flotálható (Ann Bazar és társai, 2021).

A relatív páratartalom is lényeges tényező a talkum felületének hidrofóbitásának méréséhez. Alacsony relatív páratartalomnál a talkum felületén található erős kötési helyek adszorpcióhoz vezetnek, viszont ha telítődnek, akkor a talkum felületét a víz-víz kölcsönhatás (kohéziós kölcsönhatás) uralja, ami csökkenti a víz és az erős kötőhelyek kölcsönhatását (adhéziós kölcsönhatás), ezzel a felületet hidrofóbbá téve. Magas relatív páratartalom mellett a Si-O-Si csoportokból álló hidrofób felületek alacsony kölcsönhatást mutatnak a vízzel (a kohéziós kölcsönhatás nagyobb, mint az adhéziós kölcsönhatás), ezért a talkum elektrokinetikus tulajdonságait befolyásolhatja a hidrofil és hidrofób helyek aránya. A kisebb él-alapfelület arány alacsonyabb mért zeta-potenciált eredményezne, mivel kevesebb feltöltött felületi csoport jut adott felületegységre. Így a talkum hidrofóbitása nő a részecskék méretének csökkentésével. Azonban egy bizonyos részecskeméret-csökkentési határon túl a hidrofóbitás csökkenését észlelték (a talkum kristályosságának elvesztése és a szerkezet lebomlása miatt) (Ann Bazar és társai, 2021).

A talkum felületén az elektromos töltés különböző körülmények között történő mérése azt jelezte, hogy az elektrokinetikus potenciál, más néven zeta-potenciál nagysága széles pH-tartományban (2–12 pH) negatív. A különböző reagensek különböző hatással

vannak a talkum elektromos felületi töltésére. Azt találták, hogy a felületaktív anyagok, például tragantmézga, guargumi és karragén hozzáadása kissé csökkenti a talkum zeta-potenciáljának abszolútértékét egy adott pH-tartományban. A csökkenést okozhatja a felületaktív anyagok adszorpciója, ahogy a hasadásfelület elektromos kettős rétegét kifelé tolhatja. Másrészt a talkum izoelektromos pontja felületaktív anyagok jelenlétében csak elhanyagolható mértékben növekedett. Nagyon alacsony és nagyon magas pH-érték mellett néhány felületaktív anyag hozzáadása jelentéktelen hatást fejt ki, ami annak köszönhető, hogy a karboxilcsoportok protonálódnak, ez csökkenti a felületi töltést; így a talkum zeta-potenciálja kevésbé érintett. A klorid-alapú fémsók, például a NaCl jelenléte csökkenti a talkum zeta-potenciálját. Ha a felületaktív CMC (cukorragasztó vagy nátrium-karboximetil-cellulóz) mellett elektrolit, például Ca^{2+} is jelen van, a zeta-potenciál nagymértékben befolyásolja a pH-változásokat, mivel a Ca^{2+} -tartalmú oldatban az elektromos potenciál majdnem nullához közelít. A kilúgozott talkum esetében a zeta-potenciál változatlan marad, míg a kalcinált talkum jelentős elmozdulást mutat (Ann Bazar és társai, 2021).

A talkum határszögének mérése levegőben, vízben és különböző szerves oldatokban azt jelezte, hogy talkfelszín nem teljesen hidrofób. Mivel a kisebb szemcséknél nagyobb az él-alapfelület arány, így esetükben kisebb az határszög is, mint a nagyobb szemcsék esetében. A felületaktív anyagok jelenlétével azonban ez megfordul; ugyanis ezek jobban adszorbeálnak a nagyobb szemcsék felületére, így csökken a határszög és nő a hidrofóbitás. Csökkentheti a talk határszögét az alumínium helyettesítés vagy szennyeződés a tetraéderes SiO_2 rétegben, de nem változik jelentősen a pH ingadozásai miatt (Ann Bazar és társai, 2021).

2.1.3. Talk keletkezése

Genetikailag két legismertebb képződési lehetősége van: a szilikáttartalmú dolomitok, Mg-, illetve Al-gazdag kislefokú metamorfózisa, illetve az ultrabázisos kőzetek hidrotermás átalakulása. Elsősorban kislefokú metamorfitok (talkpala, kloritpala) fő kőzetalkotója, kisebb mennyiségben azonban másodlagos kőzetalkotóként is megtalálható bázisos-ultrabázisos kőzetekben, az olivin- és magnéziumtartalmú piroxének átalakulási termékeként. Az üledékes kőzetekben is előfordulhat színtelen lemezeket, pikkelyeket alkotva (Koch és Sztrókay, 1986; Pápay, 1998).

A metamorfózis során fizikai és kémiai hatásokra megváltozik a kőzetek ásványos összetétele, szerkezete, szemcsemérete, vagy akár kémiai összetétele is. A metamorfózist

befolyásolja a hőmérséklet, a nyomás és a kémiai összetétel is. Földtani kiterjedés alapján két típusa van, a lokális és a regionális metamorfózis. A lokális típus egyik csoportja a termális (kontakt) metamorfózis, melyben a magmaintrúzió hőhatására alakul át a kőzet - a vele érintkező kőzetekre van hatással, ezért szokás kontakt metamorfózisnak is nevezni. Sok körülménytől függ az átalakulás, a legfontosabb azonban az intruzív tömeg nagysága, lehűlési sebessége, a könnyenillók mennyisége, és az átalakuló kőzet víztartalma és permeabilitása. A felszíntől max. 10 km-re játszódik le alacsony nyomáson (0,1-2 kbar) ezért felszín közeli vagy sekély, kis nyomású metamorfózisként is emlegetik. A magma körül a kontakt övben a hőmérséklet növekedésével F.J. Turner és J. Verhoogen a következő metamorf fácieseket különböztette meg:

- a) a kisfokú metamorfózishoz tartozó albit-epidot-szaruszirt fácies;
- b) a közepes fokú metamorfózishoz tartozó hornblende-szaruszirt fácies;
- c) a nagyfokú metamorfózishoz tartozó piroxén-szaruszirt fácies, szanidinit fácies.

A hornblende-szaruszirt fácies hőmérséklet határa kb 540-640°C. Jellemző ásványa kőzettípustól függően pl. dolomitos kőzetekben a talk (Pápay, 1998).

A metasomatózis során az anyagszállító fluidum és a kőzetalkotó ásványok között elemkicserélődés történik. A kiindulási és az átalakult kőzet kémiai összetétele különbözik; új anyagok is adódhatnak az utóbbihoz, illetve más anyagok el is távozhatnak. Két csoportja a hidrotermás metamorfózis és a pneumatolitos metamorfózis, vagy metasomatózis. Előbbi alkotja a kontakt metamorf folyamatok kisebb részét, forró vizes oldatok okozzák a változást, 100-450°C közötti hőmérsékleten (Pápay, 1998).

2.1.4. Előfordulás, bányászat

Magyarországon a Vas-hegyen, Felsőcsatár közelében található nagy mennyiségben, itt bányásszák az országban (Koch, 1966).

A Szlovákiában lévő Gemerská Poloma talkbánya a világ egyik leggazdagabb talkumlelőhelye. Közel 14 000 tonna talkot termeltek ki 2017-ben, várhatóan tovább fog nőni a termelés (Abdale és Moon, 2021).

Nagyobb telepek az Egyesült Államok különböző helyein az Appalache-hegységben, a Mesabi-hegység keleti részén; Indiában Yellandu Warangal körzetben; Ausztráliában Fiton-hegységben stb. találhatók (Pápay, 1998).

A világ teljes becsült talkumbánya-termelése 2020-ban 5,82 millió tonna volt. Ennek 22,3%-a Kínához, 15,5%-a Indiához, 11,2%-a Brazíliához, 8,8%-a az Amerikai Egyesült Államokhoz köthető, ennél kisebb mértékben hozzájárult Franciaország, Finnország, a Koreai Köztársaság, Kanada, Pakisztán, Olaszország és Japán is, 12%-ban pedig egyéb helyekről származik (Ann Bazar és társai, 2021).

2.1.5. Felhasználása

A talknak sokféle ipari alkalmazása van, kozmetikumokban használják leginkább (hintőporok, púder alapanyaga), díszítő gyártásánál is alkalmazzák, illetve kenő- és polírozóanyagként (Szakáll, 2007; Pápay, 1998).

A kerámiaiparban széles körben hasznosítják a talkumot, nagy tisztaságú változatát a kordierit kerámiában használják, míg a közepes tisztaságút a falcsempékben. Utóbbit a festékiparban is alkalmazzák festék alapanyagaként, a papíriparban pedig pigment bevonására szolgál, és használják nem éghető tapéták, papír ablakfüggönyök előállítására is. A műanyagiparban műanyag megerősítésre szolgál. Az alacsonyabb tisztaságú talkumot használják tetőfedő anyagokban (Ann Bazar és társai, 2021).

Töltőanyagként használják fel a festék-, papír-, műanyag-, gumiiparban, bevonatokban, állati takarmányokban, műtrágyákban, polimerekben, mosószerekben, kompozitokban stb. A talkumot adalékanyagként, tapadásgátló szerként is alkalmazzák pl. rágógumiban, vagy csomósodásgátló anyagként és élelmiszersomagolásokban. Csökkenti az anyagköltségeket, és növeli a merevséget és tartósságot a kompozitokban. Szűrőanyagként és adszorbensként használja fel a gyógyszeripar. Hő-, elektromosság- és savállóságának köszönhetően laboratóriumi munkalapok felületeként veszik igénybe, alacsony nyírószilárdsága miatt pedig kenőanyagként. Többnyire szabókrétaként, hegesztéshez és fémmegmunkáláshoz használt krétaként használják. A talkum fehérséget kölcsönöz és fokozza a hőtágulást, hogy a kevésbé tűzálló műtárgyak ellenálljanak a repedezésnek. Mattítószerként működik magas hőmérsékleten a cserépmázaknál (Ann Bazar és társai, 2021).

2.2. Flotálás

Flotálás a mechanikai eljárástechnika egyik legszélesebben alkalmazott szétválasztási eljárása. A szilárd diszperz alkotók flotációs szétválasztásának alapja a

felületük módosításával tetszőleges irányban szabályozható határfelületi tulajdonságainak, nedvesíthetőségének eltérése. A víz vagy levegő megtapadását a szilárd szemek felületén alkalmas reagensek hozzáadásával fokozni vagy mérsékelni lehet, de tapadásra való adottságát ellenkezőre is meg lehet módosítani. Légbuborékokat diszpergálva a zagyban a háromfázisú diszperz keverékrendszer egy vagy több kiválasztott aerofil vagy hidrofób szilárd ásványszemcséi megtapadnak ezek felületén és a zagy felszínére felszállnak. Megfelelő reagensek hozzáadásával a buborékok hosszabb-rövidebb ideig a zagy felszínén maradnak, többnyire tartós habot képezve. A reaktor felszínéről a kiflotált komponens(ek) habtermékként mechanikusan eltávolíthatók, ezzel együtt a rendszer többi szilárd alkotójától is elválaszthatók. Ez a mechanikai elválasztás indokolja azt, hogy a fizikai-kémiai alapú flotálás a mechanikai eljárás technika tárgykörébe tartozik (Bokányi, 2017, Bokányi, 2021).

2.2.1. Flotálási eljárás alapjai és a technológia

A flotálásnak alapvetően két különösen fontos technikai lépése van, az egyik az őrlési körfolyamat, a másik pedig a flotálási körfolyamat. A körfolyamatokra azért van szükségünk, hogy azokat az anyagokat, amelyeket egy folyamat végén már nem tudunk felhasználni, újra feladásra kerüljenek arra az esetre, ha esetleg van még bennük számunkra hasznos anyag. Az őrlési folyamatoknak az a feladata, hogy biztosítsa az ásványok kellő mértékű feltártságát, erre azért van szükségünk, hogy a kiúsztatandó ásványok a lehető legjobban elkülönüljenek a meddőtől, és csak a számunkra fontos ásványok kerüljenek a habtermékbe. Flotálási körfolyamatokra abban az esetben van szükségünk, ha a kinyerni kívánt ásvány egy másik szemcséhez tapadva a cellamaradékba jut, akkor az újbóli flotálás során a habtermékbe kerüljön (Bokányi, 2021).

2.2.2. A flotálást befolyásoló tényezők

A flotálási műveletet nagyon sokféle tényező tudja befolyásolni, szabályozni, amelyek közé tartoznak az alábbiak:

- flotálási idő,
- hőmérséklet,
- zagysűrűség,
- cellatípus és cellakapcsolódás,
- agitálás és átlegegőztetés erősségének módosítása,
- pH erőssége,

- a flotáláshoz használt víz minősége.

2.2.3. A flotáló berendezések

A flotáló készülékek olyan tartályok, amelyekben a zagnak a levegőbuborékokkal való telítése, valamint a levegőhöz és vízhez tapadó szemcsék egymástól való elkülönítése végbemegy. A flotáló készülékek egyes cellák lehetnek, vagy több, azonos cella sorba kapcsolásával jöhetnek létre. A gázbuborékoknak a zagyban való létrehozására 8 lehetséges módszer van (Bokányi, 2021):

- kémiai reakcióval való gázképzés,
- forralással történő gázképzés,
- kaszkád módszer (ahol szabadon eső zagsugár ránt magával több-kevesebb levegőt),
- agitációs módszer (ahol a zagyfelszín közelében forgó keverőlapát szívja be, illetve veri be a külső atmoszférából a zagyba a levegőt),
- vákuum-módszer (ahol felül zárt térben létesített vákuum a normális hidrosztatikus szint fölé felemeli a zagyot, miközben abból az 1 atmoszféra nyomáson elnyelt levegő a hidrofób szemek felületén igen finom buborékok alakjában kiválik),
- túlnyomásos módszer,
- pneumatikus módszer (ahol a zagy fenekén kis túlnyomású levegőt fúvatnak be),
- alsólevegős keverőlapátos módszer (ahol a zagy fenekén forgó, s a zagyot szuszpenzióban tartó keverőlapát közelében kerül a levegő a zagyba).

2.2.4. Reagensek

A flotálás elősegítéséhez, a jobb szétválasztás érdekében különböző reagenseket alkalmaznak: habképző-, gyűjtő-, illetve módosító reagenseket (Fonyó és Fábry, 1998).

Habképző reagensek

A felületi feszültség miatt a levegőbuborékok igyekeznek csökkenteni a felületüket, amelyet úgy érhetnek el, hogy egyesülnek egymással. A habképző reagensek feladata a folyadék felszínén a felületi feszültség csökkentése annak érdekében, hogy megakadályozzák a cella belsejébe diszpergált levegőbuborékok egymással való egyesülését, a felszínre felúszó hab azonnali szétpattanását, továbbá megtartsák a cella belsejében képződő hab kicsi méretét (Bokányi, 2021).

A habképző reagens mennyiségével befolyásolható a habzás erőssége; növelésével kezdetben nőni fog a habzás erőssége, egy kritikus koncentráció túllépése után azonban csökken és zéró lesz, ha az oldat telítődik a felületaktív anyaggal. Túlságosan tartós habra nincs szükség flotálásnál. A víz felületi feszültségének csökkentése a határszöget, s ezzel az anyagok flotálhatóságát is csökkenti. Ezért a flotálás során elegendő igen kis mennyiségű habképző anyaggal dolgozni. A leggyakoribb habképző reagens a vízben gyengén oldódó heteropoláros szénhidrogének (Bokányi, 2021).

Gyűjtőreagens

Feladatuk a kiflotálandó anyagokat megfelelő nagyságú határszöggel ellátni. A gyűjtőreagens olyan heteropoláros szénhidrogének, amelyek a kiflotálandó anyagok felületén szénhidrogén-bevonatot létesítenek, ezáltal azok határszöge megnő és a levegőbuborékokhoz tapadnak. A gyűjtőreagens túlnyomóan a vízben kellő mértékben oldódó organikus savak, bázisok vagy sók, tehát elektrolitok, amelyeknek ionjai irányítva, a poláros gyökükkel specifikusan kapcsolódnak egyes ásványok felületéhez. Legelterjedtebbek az anionos és kationos gyűjtők, de gyűjtőanyagként használnak még nempoláros vegyületeket is (petroleum, Diesel-olaj, szén- és fakátrány, kreozot, stb.) (Bokányi, 2021).

Módosító reagens

A módosító reagens nagyrészt anorganikus vegyületek, melyekkel a gyűjtőreagens szelektivitását, valamint a szétválasztandó anyagok szeparálásának élességét fokozni lehet. A gyűjtőhatás növelését aktiválásnak, csökkentését nyomásnak vagy dezaktiválásnak nevezzük. Mielőtt a gyűjtőreagenst hozzáadnánk a flotáláshoz, a zavaró ionokat el kell távolítani az oldatból, közömbösíteni kell, vagy ki kell ejteni őket (Bokányi, 2021).

Nyomóreagensként anionos gyűjtők mellett különböző idegen anionok, kationos gyűjtők mellett pedig különböző kationok szerepelhetnek, amelyekkel a gyűjtőionnak versenyeznie kell az ásványfelületen való adszorpcióért. Az aktiváló reagens az ásványok felületét a gyűjtőreagens adszorpciójára teszik alkalmassá. Az atomos oxigén szulfidos és számos nemsulfidos ásvány aktiváló reagensének tekinthető (Bokányi, 2021).

A nyomás és aktiválás mellett a pH szabályozása is a módosító reagensnek feladata közé sorolható, ezt gyakorlatban mész (CaO), szóda (Na_2CO_3), kénsav (H_2SO_4) vagy

kénssav (H_2SO_3) adagolásával oldják meg. A pH szabályozásával a H^+ és OH^- ionok, vagy más ellenionok, avagy egyéb, a flotálást előnyösen vagy hátrányosan befolyásoló ionok meghatározott koncentrációja érhető el (Bokányi, 2021).

2.2.5. Alkalmazási lehetőségek

A flotálás, mint fizikai-kémiai alapú szétválasztási eljárás, kiemelkedő helyet foglal el az iparban, évente mintegy 2 milliárd tonna nyersanyagot dolgoznak fel világszerte flotálással, valamint számos más területeken is alkalmazzák (Bokányi, 2021):

- Szennyezett talajok tisztítása
- Meddők, salakok újrahasznosítása
- Műanyagok fajta szerinti szétválasztása
- Finom diszperz fémek visszanyerése
- Elektronikai hulladékok visszanyerése
- Maradékanyagok kezelése (pl. REA-gipsz, shredder maradékanyag stb.)
- Szennyezett vizek, szennyezett talajok tisztítása (ion-flotálás)

2.2.6. Talk flotálása

A talkum természetes hidrofób ásványnak tekinthető. Azonban előfordulhat az, hogy adalékos felületet módosító anyagokra van szükség a flotálás optimalizálásához. Nagyon széles pH tartományban mutat kiváló flotálhatóságot (3-11 pH). A tiszta talkumon végzett flotálási kísérletek kimutatták, hogy gyűjtőreagensek használata nélkül is könnyen flotálható, ha habképző reagenseket adnak a rendszerhez (Ann Bazar és társai, 2021).

Gyűjtőreagensek

Összetett ércek flotálásánál többféle gyűjtőreagens is szóba jöhet. Abban az esetben, amikor xantátot használnak reagensként, akkor AFM-mel (Atomic Force Microscope) és FTIR-rel (Fourier-transform infrared spectroscopy) kimutatható, hogy adszorbeálódik a talk felületén, azonban ez elhanyagolható. A kísérletek azt mutatják, hogy széles pH tartományban nincs hatása a különböző xantátoknak (PAX és PBX) a talk kihozatalra (Ann Bazar és társai, 2021).

Anionos gyűjtőreagensek esetében kimutatták, hogy az olajsav koncentrációjának emelkedésével a reagensek több rétegben jelennek meg a szemcsék felszínén és ezáltal

csökkentik a kihozatalát. A kationaktív gyűjtőreagensek javíthatják a talk kihozatalát (Ann Bazar és társai, 2021).

Megállapítható tehát, hogy az adszorbeált reagens mennyisége befolyásolja a talkum kihozatalát, különösen azokban az esetekben, ahol hidrofóbabbá tette a talkum felületét. Megfigyelhető továbbá az is, hogy az adszorpciós kapacitás függ a pH-tól, a részecskemérettől, a hőmérséklettől, az adszorpciós időtől és a gyűjtőreagensek koncentrációjától (Ann Bazar és társai, 2021).

Nyomóreagensek

A talkumkristályok felülete meglehetősen kompenzált oxigénatomokból, a szélei pedig hidroxil-, szilícium-, oxigén- és magnéziumionokból állnak. Mivel a talkumkristályok felülete nagyon csekély elektromos töltéssel rendelkezik, a vízben pedig nem polárisak, a nyomóreagensek adszorpciója várhatóan a nagyobb kiterjedésű felületeken történik. A talkum élei ezzel szemben, könnyen hidrolizálhatók, nagy elektromos töltéssel rendelkeznek és polárisak a vízben. Ebből adódóan a nagyobb részecskéken több reagens tud megkötődni, mint a kisebb, finomabb szemcséken, ami azt eredményezi, hogy ezeknek alacsonyabb a talk kihozatala (Ann Bazar és társai, 2021).

A részecskeméret és a felület-él arány továbbra is a nyomóreagensek adszorpciójának fő tényezőjének tekinthető. Általánosságban, jelentős kapcsolat van az adszorbeált mennyiség, az adszorbeált morfológia, a rétegvastagság, a reagens molekulatömege és a talkum nedvesíthetősége között (Ann Bazar és társai, 2021).

Habképző reagensek

A habképző reagensek használatával általában jobban flotálható a talk, és azt is kimutatták, hogy a flotálás közben a légbuborékok nagyságának szabályozása az egyik legfontosabb tényező. Egyes habképzők, mint például az alkoholok hidroxilcsoportjuk segítségével adszorbeálódhatnak az ásvány felszínén, ezáltal hasonlóan viselkednek, mint egyes nyomó reagensek (keményítő, cellulóz és dextrin). Elválasztás szempontjából azonban jobb, ha a habképző reagens kevésbé tud adszorbeálni a talkum felületére (Ann Bazar és társai, 2021).

A metil-isobutil-karbinol (MIBC) az egyik tipikus habképző reagens, amely gyűjtő képességei miatt javítja a flotálás végeredményét. Az MIBC rendelkezik az egyik legkisebb adszorpciós képességgel, valamint a fenyőtűolajhoz és az Aero 825-höz képest a tömege is

kedvező. Kísérletek során kimutatták, hogy ha a gyűjtőnélküli flotálásokhoz egyedül MIBC-t adnak, akkor 90%-os talk kinyerés érhető el széles pH tartományban (Ann Bazar és társai, 2021).

pH befolyása

A talk flotálhatósága alapvetően független a pH-tól, azonban megfigyelhető egy negatív tendencia a talk koaguláció és a pH között. A talk oldhatósága 9,4 pH mellett a legrosszabb; ahogy csökken a pH, úgy fog növekedni a talk oldhatósága is, ezáltal a talk flotálhatósága befolyásolható a pH változtatásával. A talkot legjobban semleges pH mellett lehet flotálni, mind savas és lúgos közegben csökken a talk flotálhatósága. (Ann Bazar és társai, 2021).

Ion hatása

A talkum feloldásával a semleges vagy töltött magnézium-hidroxokomplexek felszabadulhatnak, és hidrogénkötés vagy kémiai kölcsönhatás révén reakcióba léphet nyomóreagensekkel a hidroxilezett talkum felületén, ezért az ionok jelenléte befolyásolja a talk flotálását. Kationok hozzáadása 9 pH-n már önmagában is csökkenteni képes a talk flotálhatóságát (Ann Bazar és társai, 2021).

3. Talkum flotálás kísérleti vizsgálata, kísérleti anyagok és módszerek

3.1. A feladási minták és vizsgálatuk

A kísérletekhez szükséges talkot a már említett Eurotalc bányatársaság bocsátotta rendelkezésünkre. Ezeket rudas, illetve golyós őrléssel készítették el a kutató team tagjai. Őrlési időtartamok szerint 5, 10, 20 és 30 percig őrlött mintákat kaptunk. Flotálásra a 315 μm alatti rész került.

Az alábbi táblázatban látható a különböző őrlőtestekkel őrlött talk kémiai elemzése, amelyből megfigyelhető, hogy a 20 és 30 percig, golyósmalomban őrlött termékek összetételi eredményei hasonlóak, illetve ugyanígy a 20 és 30 percig őrlött rudas malom esetében. Az 1R mintánál kiugróan magas értéket tapasztaltunk a talktartalom tekintetében, az izzítási veszteség pedig alacsonyabb volt, itt mérési hibát feltételezünk. Ettől eltekintve, a többi talktartalmat összehasonlítva azonban észleljük, hogy rudas őrlésnél 50% körüli, golyós őrlésnél 60% körüli értékeket kaptunk, tehát a rudas őrlés örleménye kevesebb talkot tartalmaz. Összességében megállapíthatjuk, hogy az őrlési idő nem befolyásolja a termékek kémiai összetételét, azonban az ásványi összetételt igen.

1. táblázat: Különböző őrlőtestekkel őrlött talk kémiai elemzése

Mintajel	Őrlés típusa	Őrlési idő, perc	SiO ₂ , %	MgO, %	CaO, %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	S %	LOI 1050 °C	Talc (%) New Solver CLU	SUM
1G	golyós	10	43,83	30,08	2,745	0,305	2,717	0,4529	19,21	59,25	99,3
1R	rudas	10	43,17	29,6	2,974	0,3066	2,756	0,3948	12,62	78,75	91,8
3G	golyós	20	40,51	29,71	3,047	0,3403	2,907	0,856	19,86	61,32	97,3
3R	rudas	20	39,25	27,62	3,193	0,3367	2,889	0,4544	21,64	50,31	95,4
4G	golyós	30	37,67	29,91	3,127	0,302	3,08	0,7424	20,68	62,31	95,5
4R	rudas	30	39,25	28,1	3,394	0,3197	3,068	0,5928	22,13	48,65	96,9

Sűrűségmérés

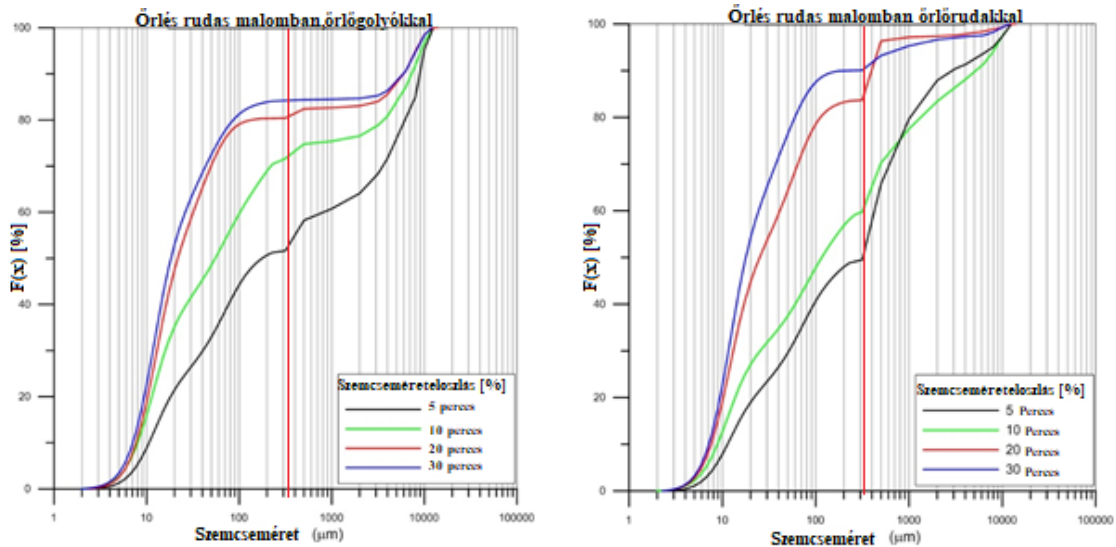
Elsőként az eredetileg kapott minták sűrűségét mértük meg piknométer segítségével, és az alábbi táblázatban látható eredményeket kaptuk.

2. táblázat: Piknométeres sűrűségmérés eredménye

Sűrűség	1G	1R	2G	2R	3G	3R	4G	4R
ρ [g/cm ³]	2,828	2,794	2,729	2,832	2,811	2,850	2,776	2,766

A különböző őrlési idő mellett a golyós és a rudas malomban előállított flotációs feladások sűrűsége számottevően nem változik.

Szemcseeloszlások



2. ábra: Az őrlési időtartam hatása a szemcseeloszlásra

(Forrás: Mucsi és Rácz, 2021)

A szemcseeloszlás diagramokról leolvasható, hogy a rudas és golyós őrlés esetén az őrlési idő befolyásolja a 10 μm alatti szemcsék arányát. A 30 és 20 perces őrlések esetében már nagyon alacsony a különbség, de a 10 és 5 perces őrlések esetén érzékelhető az őrlési idő befolyása. Ha a 100 μm alatti szemcsék arányát hasonlítjuk össze az őrlési idő függvényében, akkor ott már látható, hogy jóval nagyobbak a különbségek.

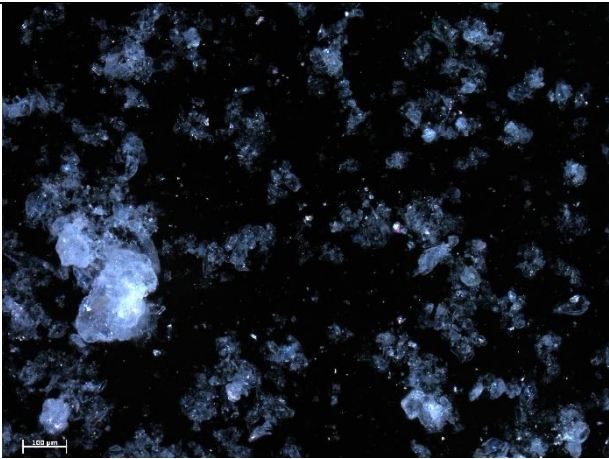
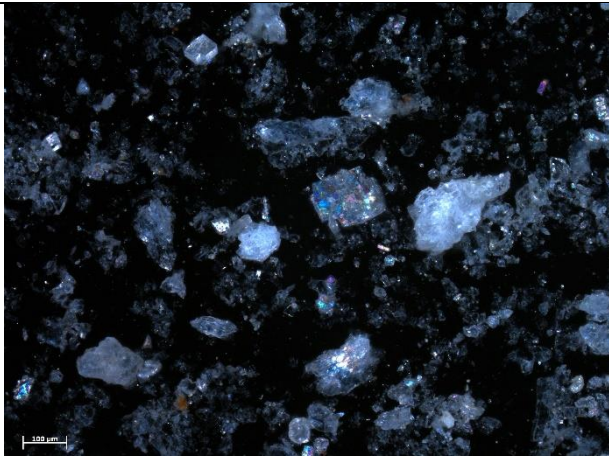
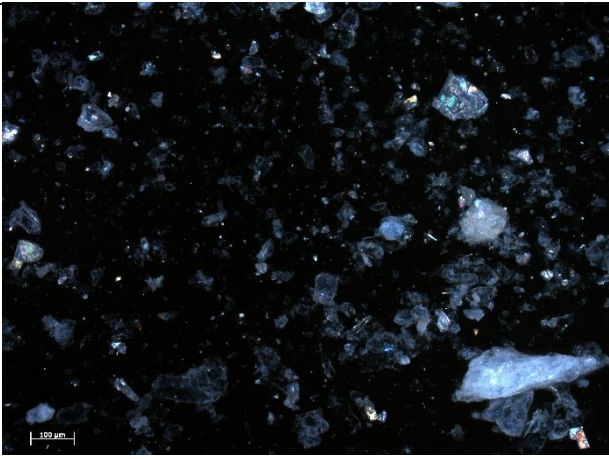
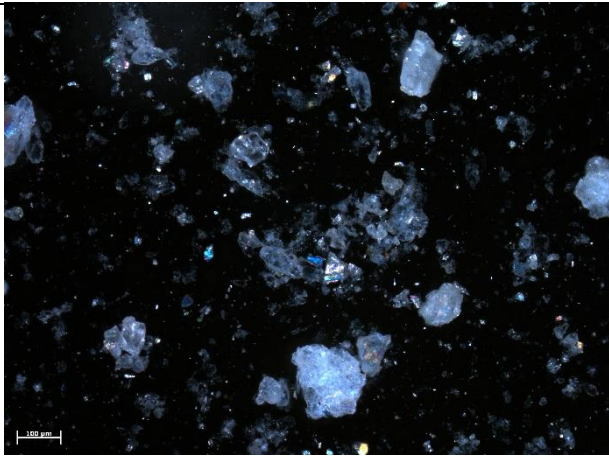
A golyós és rudas őrlés esetén nem látható nagy eltérés a 10 μm alatti szemcsék arányában, egyedül a 10 perces őrlésnél figyelhető meg különbség. Abban az esetben, ha a 100 μm alatti szemcsék mennyiségét tekintjük, akkor látszik, hogy 10 perces őrlés esetén van különbség a rudas és golyós őrlésnél, a többi őrlés esetén minimálisnak mondható.

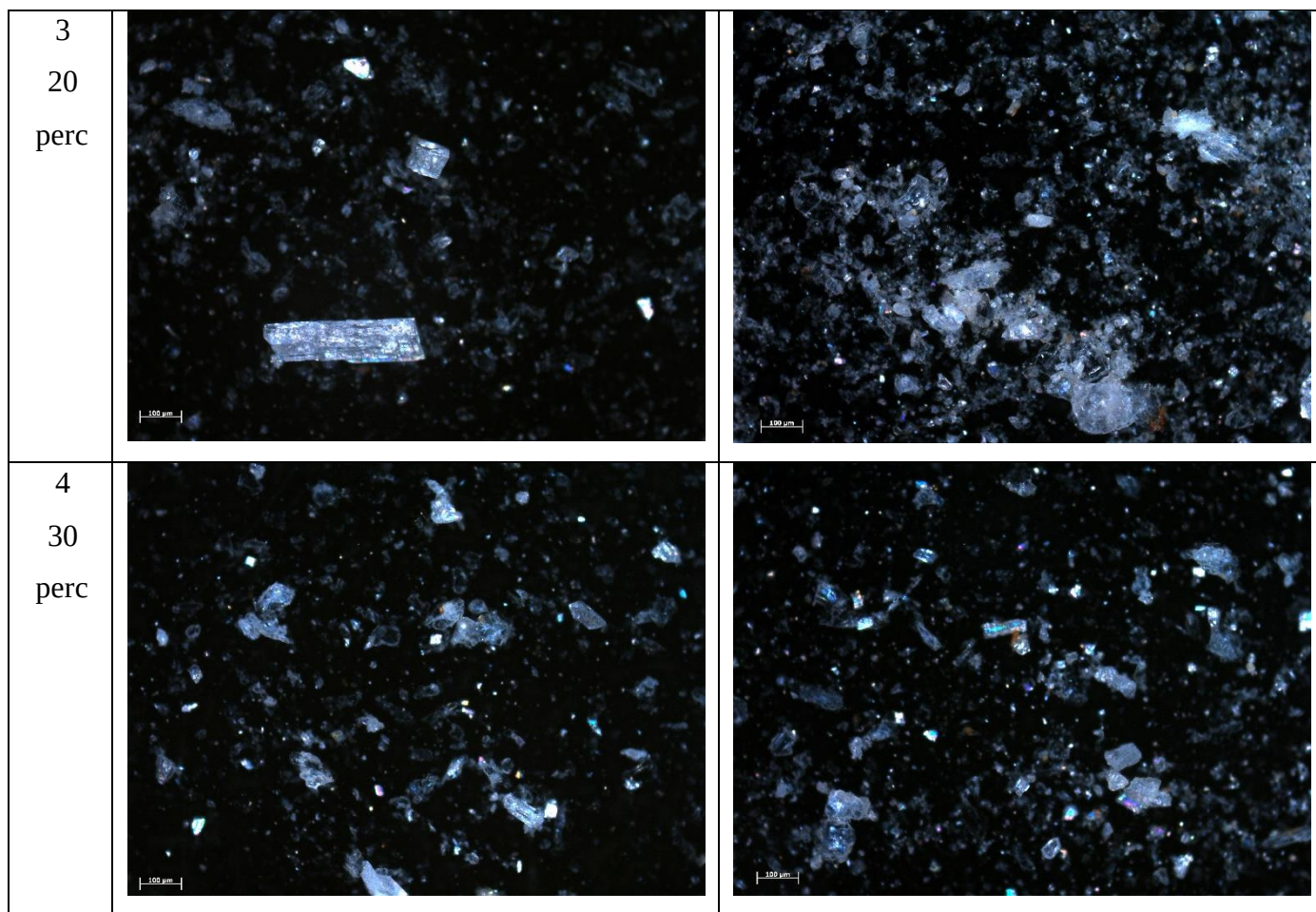
A 100 μm feletti szemcséket tekintve kiderül, hogy sokkal több rudakkal őrlött szemcse tartozik ebbe a tartományba, azaz a rudas őrlés végterméke „durvább”, mint a golyós őrlésé.

Mikroszkópos vizsgálatok

Mikroszkópos vizsgálatokat is végeztünk, melynek célja az volt, hogy megállapítsuk, van-e látványos különbség a különböző őrlési módok segítségével feltárt, különböző ideig őrlött anyagok között. A vizsgálathoz a Zeiss AxioCam MRc5 optikai mikroszkópot, illetve az AxioVision számítógépes programot használtuk, a szemcsék az üvegen való szétosztatásához alkoholra volt szükség. Az alábbi képek mind 10-szeres nagyítással készültek.

3. táblázat: Mikroszkópos képek a flotációs feladási anyagokról (Forrás: saját felvételek)

Őrlés száma	Rudas őrlés	Golyós őrlés
2 5 perc		
1 10 perc		



A képek alapján arra a megállapításra jutottunk, hogy 10 és 20 perc őrlés után látható különbség a kétféle őrlés között: a rudas őrlés inkább hosszúkás, a golyós őrlés gömbölyűbb szemcséket hozott létre. Azonban 5 és 30 perces őrlési időnél nincs látható különbség az őrléstípusok szerint.

A Mellékletekbe további ábrákat illesztettünk, melyek a szemcsék feltártságát igazolják.

3.2. Alkalmazott flotáló berendezések

A flotálást két különböző cellaméretű flotálóval végeztük, egy KHD Humboldt Wedag AG típusú flotációs berendezéssel, mely 1 literes cellával rendelkezik, illetve egy Wemco Fagergren flotációs géppel, melynek 3 literes cellája van. Mindkét flotáló cella önbeszívó volt.



3. ábra: 1 literes flotáló berendezés (Forrás: saját fénykép)



4. ábra: 3 literes flotáló berendezés (Forrás: saját fénykép)

3.3. Flotálási körülmények

Csapvízzel dolgoztunk, és egyedül habképző reagenst használtunk: Aerofroth 70 reagenst. Az Aerofroth 70 egy metil-izobutil-metil-alkohol habképző, amelyet olyan esetekben használnak, ahol a finom szemcsék aránya magas a feladásban, és kifejezetten fontos azok nagyfokú leválasztása. A reagenst koncentrált állapotban kaptuk és 1 g/L-es

oldatra hígítottuk. A reagens adagolási aránya az első flotálások során 10 g/t volt, a flotálási paraméterek változtatása után 15 g/t lett ez az arány.



5. ábra: Az 1 literes flotáló cella flotálás közben (Forrás: saját fénykép)

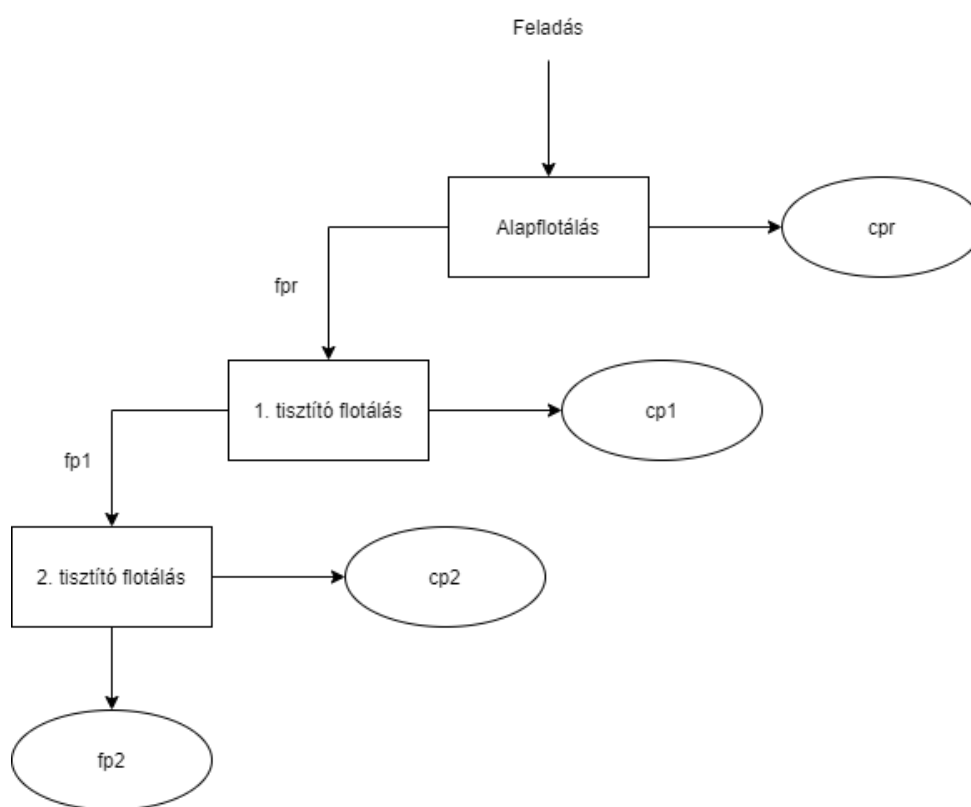


6. ábra: A 3 literes flotáló berendezés reagens adagolása, azaz kondicionálás közben (Forrás: saját fénykép)

3.4. Flotálási kísérletek

A kísérleteink során párhuzamos méréseket végeztünk annak érdekében, hogy meghatározzuk azt, hogy a flotálás végtermékeinek kihozatalára milyen hatással vannak egyes tényezők. Ezen tényezők közé tartozik a cella mérete (1 literes és 3 literes cellákkal dolgoztunk), őrlés típusa (rudas- vagy golyósmalom), őrlés időtartama (5, 10, 20, 30 perc). A flotálás végeredményét befolyásolja az anyag feltársága is, amelyet az őrlés típusa és időtartama határoz meg.

Minden esetben az alábbi folyamatábra szerint dolgoztunk, illetve egy literes cella esetén 310 g szilárdanyagot, 3 literes cella esetén pedig 930 grammot használtunk.



7. ábra: A flotálás folyamatábrája (Forrás: saját szerkesztés)

4. táblázat: Jelmagyarázat a 7. ábra rövidítéseire

cpr	cell product rough	az alapflotálás cellamaradéka
fpr	froth product rough	az alapflotálás habterméke
cp1	cell product 1	az első tisztító flotálás cellamaradéka
fp1	froth product 1	az első tisztító flotálás habterméke
cp2	cell product 2	a második tisztító flotálás cellamaradéka
fp2	froth product 2	a második tisztító flotálás habterméke

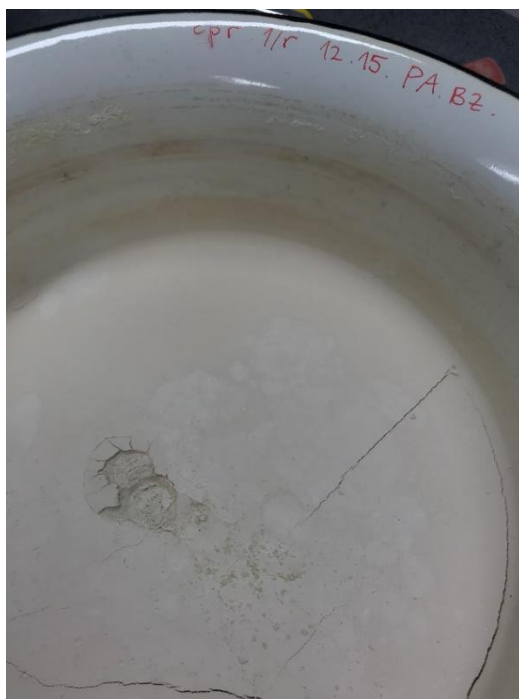
Az első flotálási kísérleteket – amelyeket a 10 perces őrlés utáni mintával végeztünk – a következők szerint hajtottuk végre. Az alapflotálás 4 percig tartott, előtte 3 percig kondicionáltuk a talkot 3,1 mL reagenssel. Az első tisztító flotálás 4 percig zajlott habképző nélkül, a második tisztító flotálás pedig 3 percig, 1 perc kondicionálás után, amikor 0,5 mL reagenst adtunk a talkhoz. Három literes cella esetén a flotálások egy perccel tovább, azaz 4-4 perc helyett 5-5 percig tartottak, illetve az alapflotáláshoz 9,3 mL reagens, a második tisztító flotáláshoz 1,5 mL került. A kondicionálás időtartamán nem változtattunk. A kihozatali eredmények alapján látszott, hogy ezeken a paramétereken változtatnunk kell.

A flotálás után az anyagot kiszárítottuk, majd előállítottuk a kémiai elemzési mintákat, amelyeket elemzésre küldtük Szlovákiába. Az Eredmények fejezetben láthatóak a kísérletek eredményei, ami után a következők szerint változtattunk a flotálás menetén, amikor a 20 és 30 percig őrlött mintákkal dolgoztunk.

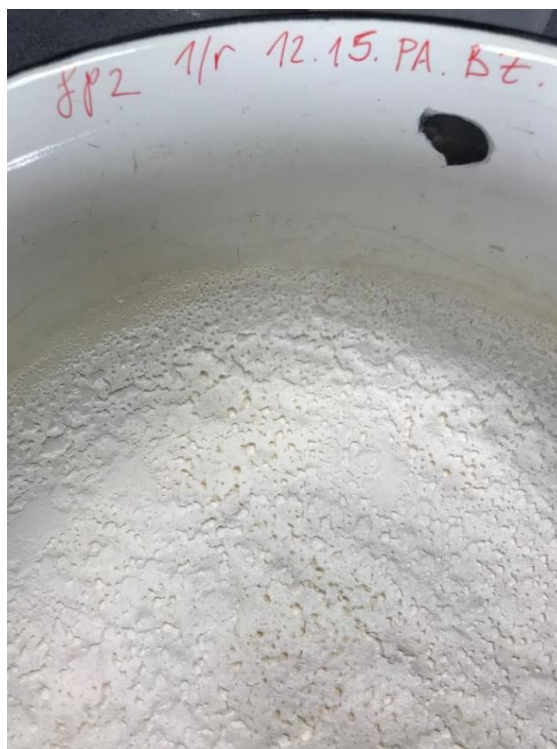
Az alapflotálás során 2 percig kevertük a talkot a vízzel, majd 4,65 mL reagens hozzáadása után 2 perc kondicionálás következett. Ezt követte a 10 perces flotálás, amikor a negyedik percben újabb 4,65 mL reagenst adtunk a rendszerbe. Az első tisztító flotálás 2 perc keverésből és 5 perc flotálásból állt, reagens hozzáadása nélkül. A második tisztító flotálás során pedig szintén 2 perc keverés, és 0,62 mL reagens hozzáadása után 4 percig flotáltunk. A 3 literes cella esetén 4,65 és 0,62 mL reagens helyett 13,95, illetve 1,86 mL került hozzáadásra, a flotálás pedig minden esetben 1 perccel tovább tartott.



8. ábra: 10 perces golyós őrlés, 1 literes flotálás 4 terméke flotálás és szárítás után
(Forrás: saját fénykép)



9. ábra: 10 perces rudas őrlés, 1 literes cellával való flotálás első cellamaradéka kiszárítva (Forrás: saját fénykép)



10. ábra: 10 perces rudas őrlés, 1 literes cellával való flotálás habterméke kiszárítva (Forrás: saját fénykép)

További képek a Mellékletekben láthatóak.

3.5. Flotációs termékek vizsgálata

Kémiai elemzés

Szlovákiában különböző kémiai vizsgálatokat végeztek el a flotálás termékeinek mintáin, melynek eredményeképpen megkaptuk a flotálási termékek SiO_2 , MgO , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , S százalékos tartalmát, az izzítási veszteséget 1050°C -on (LOI 1050°C), illetve a mért talktartalmat is.

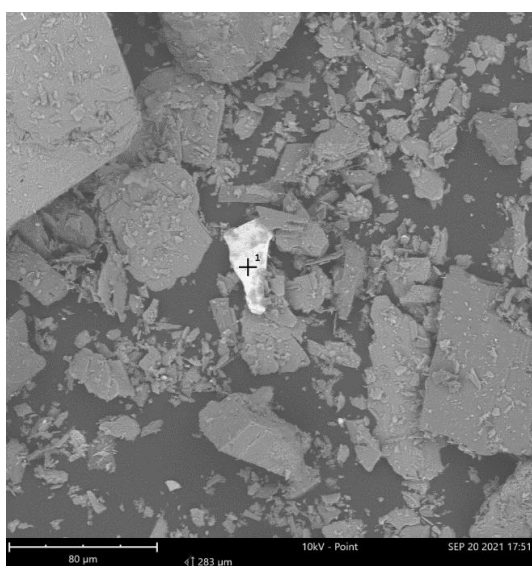
5. táblázat: Flotációs termékek kémiai elemzési adatai

			SiO ₂ , %	MgO, %	CaO, %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	S %	LECO	LOI 1050 °C	Talc (%)
33R	20 perces rudas őrlés (3l)	cpr	29,15	26,4	4,874	0,4274	3,839	1,042	7,42	27,4	36,53
34R		cp1	49,79	29,46	1,864	0,2807	2,073	0,313	2,54	12,77	79,32
35R		cp2	55,26	33,13	0,78	0,2091	1,548	0,1273	0,625	6,83	93,07
36R		fp2	57,63	33,38	0,3092	0,1755	1,262	0,03369	0,168	5,29	96,78
45R	30 perces rudas őrlés (3l)	cpr	26,57	27,45	5,328	0,5544	4,379	1,241	8,08	30,26	28,64
46R		cp1	51,05	30,16	1,515	0,2847	1,981	0,2045	2,22	11,77	83,16
47R		cp2	54,52	33,19	0,799	0,2119	1,66	0,2001	0,68	7,02	92,5
48R		fp2	57,33	33,95	0,2892	0,1588	1,351	0,03194	0,182	5,39	96,56
33G	20 perces golyós őrlés (3l)	cpr	22,34	28,51	5,289	0,434	4,671	0,7705	8,12	32,4	26,92
34G		cp1	49,49	30,57	1,689	0,3418	2,092	0,3585	2,22	15,02	70,49
35G		cp2	53,69	33,45	0,8134	0,2372	1,766	0,1594	0,805	8,12	90,65
36G		fp2	57,14	33,58	0,2685	0,1744	1,331	0,04683	0,174	5,51	96,74
45G	30 perces golyós őrlés (3l)	cpr	19,49	28,71	5,59	0,3979	5,107	1,291	8,87	30,47	39,34
46G		cp1	44,38	29,71	2,237	0,2984	2,491	0,5553	3,27	12,04	80,49
47G		cp2	52,13	32,64	0,8989	0,2136	1,967	0,2091	1,05	7,52	91,31
48G		fp2	56,41	32,9	0,3115	0,1648	1,447	0,07254	0,203	5,45	96,67
2529G	20 perces golyós őrlés (1l)	cpr	30,33	28,75	4,73	0,5295	4,07	0,844	7,13	27,29	38,94
2630G		cp1	51,38	30,12	1,415	0,2579	1,827	0,25	1,59	10,06	86,51
2731G		cp2	54,43	32,53	0,9947	0,1845	1,565	0,1136	0,659	6,85	92,87
2832G		fp2	56,46	31,43	0,3861	0,1461	1,316	0,05411	0,261	5,54	96,22
3741G	30 perces golyós őrlés (1l)	cpr	24,12	28,54	5,189	0,4082	4,604	1,317	7,99	30,06	36,91
3842G		cp1	48,25	30,27	1,826	0,2655	2,184	0,4881	2,22	12,17	81,75
3943G		cp2	56,17	31,82	0,4156	0,1578	1,472	0,09818	0,925	7,82	92,08
4044G		fp2	52,53	32,17	1,025	0,2334	1,86	0,1891	0,311	5,87	93,7
2529R	20 perces rudas őrlés (1l)	cpr	25,61	26,51	5,601	0,4167	4,557	0,6073	8,56	31,5	22,1
2630R		cp1	51,18	29,29	1,385	0,2951	1,725	0,1521	1,71	9,93	86,05
2731R		cp2	53,95	29,95	1,052	0,1949	1,531	0,1216	0,809	7,2	92,2
2832R		fp2	56,16	30,44	0,4024	0,1803	1,329	0,05761	0,379	5,87	95,43
3741R	30 perces rudas őrlés (1l)	cpr	21,04	28,04	5,777	0,4458	4,963	1,793	8,89	32,77	28,59
3842R		cp1	49,63	29,55	1,724	0,3593	1,955	0,2683	2,02	11,31	83,23
3943R		cp2	53,05	30,04	0,9972	0,2014	1,69	0,1341	0,937	7,71	90,99
4044R		fp2	55,72	30,39	0,4331	0,1485	1,415	0,05589	0,43	6,14	94,96

A kapott eredményekből egyértelműen kiderül, hogy az anyagunkat oxigén, magnézium és szilícium építi fel, tehát szilikátok és magnéziumszilikátok találhatóak benne. Ezeken kívül található benne még kén és vas, amely a pirit jelenlétét mutatja.

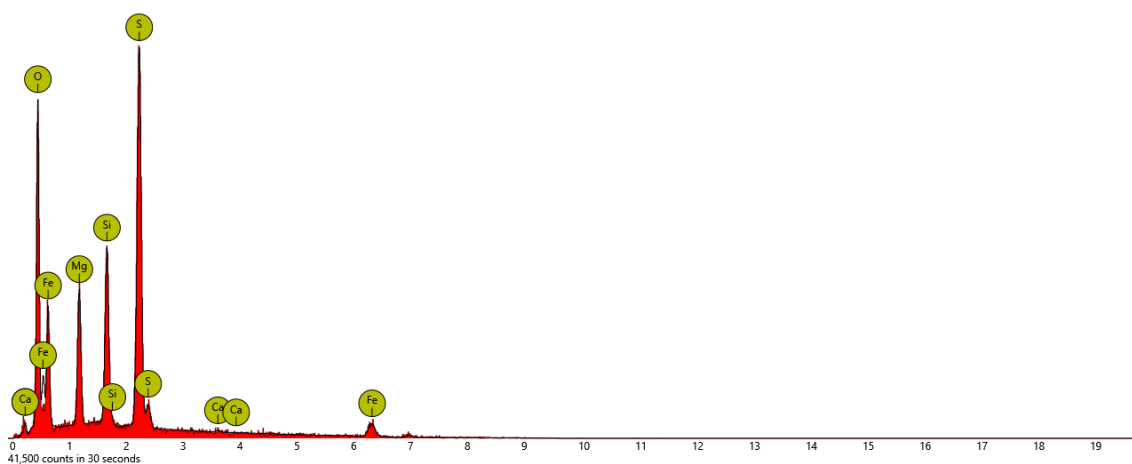
Pásztázó elektronmikroszkóp (Scanning Electron Microscope, röviden SEM) használatához is kaptunk segítséget, a műszer arra szolgált, hogy megismerjük az anyagot alkotó elemeket. A következő oldalakon található két ilyen kimutatás, melyek ugyanannak a flotálásnak az első cellamaradékáról és a végső habtermékéről készültek. Mint ahogy a kimutatásokhoz tartozó táblázatokban látható, mindkét ásványi összetételben megjelenik az oxigén, szilícium és magnézium, azonban idegen anyagok, a kén, vas, kalcium csak a cellamaradékból voltak érzékelhetőek. Ebből azt a következtetést tudjuk levonni, hogy sikeres volt a flotálás.

1. kimutatás: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, 1. cellamaradék

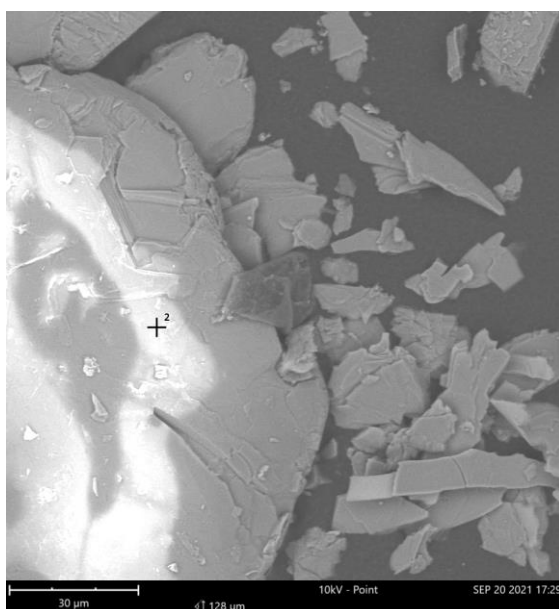


Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
16	S	Sulfur	29.48	34.96
8	O	Oxygen	41.13	24.34
26	Fe	Iron	10.90	22.52
14	Si	Silicon	10.27	10.67
12	Mg	Magnesium	8.04	7.23
20	Ca	Calcium	0.18	0.27

FOV: 283 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:51

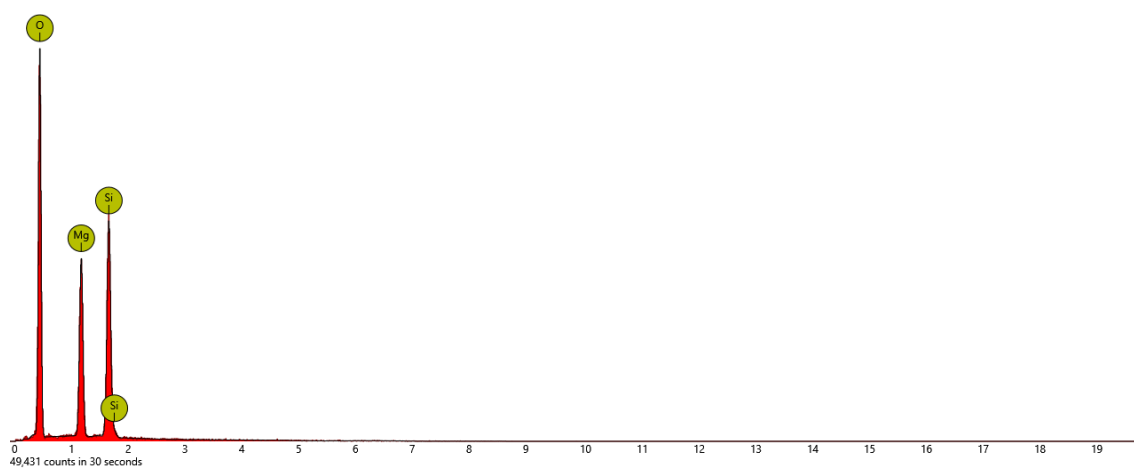


2. kimutatás: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék



Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	61.36	48.97
14	Si	Silicon	22.23	31.14
12	Mg	Magnesium	16.41	19.89

FOV: 128 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:29



Disabled elements: Te, V

További kimutatások a Mellékletekben láthatóak.

4. Kísérleti eredmények

Az első flotálási kísérleti sorozat tömegkihozatali eredményei a 10 percig őrölt talkum mintával az alábbi táblázatban láthatóak. Mint az eredményekből is látszik, nem volt megfelelő a végtermékek tömegkihozatala a széleskörű elemzéshez, emiatt változtatnunk kellett a flotálási időtartamokon, a reagens mennyiségén.

6. táblázat: Tömegkihozatalok az első flotálási kísérleti sorozat után a 10 percig őrölt talkum mintával (Forrás: saját szerkesztés)

Minta		Tömeg [g]	Tömegkihozatal [%]	Minta		Tömeg [g]	Tömegkihozatal [%]
01G	cpr	239,50	78,20	01R	cpr	241,82	78,53
02G	cp1	40,06	13,08	02R	cp1	42,41	13,77
03G	cp2	11,74	3,83	03R	cp2	12,02	3,90
04G	fp2	14,96	4,88	04R	fp2	11,70	3,80
Σ		306,26	100,00	Σ		307,95	100,00
05G	cpr	249,62	81,14	05R	cpr	248,63	80,64
06G	cp1	35,27	11,47	06R	cp1	36,73	11,91
07G	cp2	11,56	3,76	07R	cp2	11,15	3,62
08G	fp2	11,18	3,63	08R	fp2	11,81	3,83
Σ		307,63	100,00	Σ		308,32	100,00
09G	cpr	598,40	65,14	09R	cpr	719,80	77,59
10G	cp1	148,97	16,22	10R	cp1	154,90	16,70
11G	cp2	120,74	13,14	11R	cp2	38,95	4,20
12G	fp2	50,52	5,50	12R	fp2	14,10	1,52
Σ		918,63	100,00	Σ		927,75	100,00

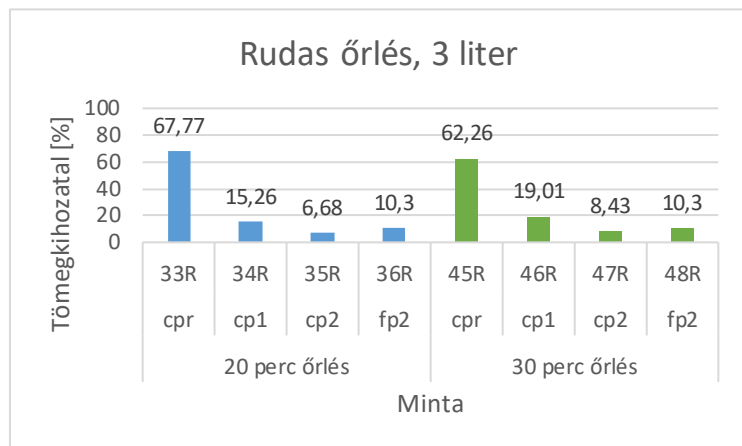
A 20, illetve 30 percig őrölt talkkal végzett második flotálási kísérleti sorozat után már elég termék keletkezett ahhoz, hogy Szlovákiában átfogó vizsgálatokat tudjanak végezni. Számítások után az alábbi értékeket kaptuk.

7. táblázat: Tömegkihozatal, talktartalom és talkkihozatal a második flotálási kísérleti sorozat után (Forrás: saját szerkesztés)

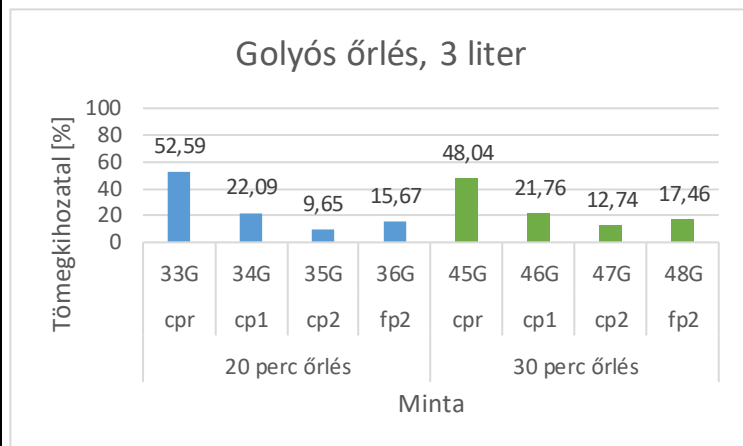
		Minta neve	Tömegkihozatal [%]	Talktartalom [%]	Talkkihozatal [%]
3R 3l	cpr	33R	67,77	36,53	46,67
	cp1	34R	15,26	79,32	22,82
	cp2	35R	6,68	93,07	11,72
	fp2	36R	10,30	96,78	18,79
4R 3l	cpr	45R	62,26	28,64	34,70
	cp1	46R	19,01	83,16	30,76
	cp2	47R	8,43	92,50	15,18
	fp2	48R	10,30	96,56	19,36
3G 3l	cpr	33G	52,59	26,92	26,39
	cp1	34G	22,09	70,49	29,03
	cp2	35G	9,65	90,65	16,32
	fp2	36G	15,67	96,74	28,26
4G 3l	cpr	45G	48,04	39,34	29,11
	cp1	46G	21,76	80,49	26,98
	cp2	47G	12,74	91,31	17,91
	fp2	48G	17,46	96,67	26,00
3R 1l	cpr	2529R	63,53	38,94	42,85
	cp1	2630R	18,97	86,51	28,43
	cp2	2731R	7,65	92,87	12,30
	fp2	2832R	9,85	96,22	16,42
4R 1l	cpr	3741R	53,79	36,91	32,92
	cp1	3842R	22,37	81,75	30,32
	cp2	3943R	10,38	92,08	15,85
	fp2	4044R	13,46	93,70	20,91
3G 1l	cpr	2529G	56,86	22,10	24,51
	cp1	2630G	23,17	86,05	38,90
	cp2	2731G	9,12	92,2	16,40
	fp2	2832G	10,85	95,43	20,19
4G 1l	cpr	3741G	54,55	28,59	27,96
	cp1	3842G	21,66	83,23	32,31
	cp2	3943G	10,84	90,99	17,68
	fp2	4044G	12,95	94,96	22,04

8. táblázat: A tömegkihozatalok ábrázolása diagramon a második flotálási kísérleti sorozat után

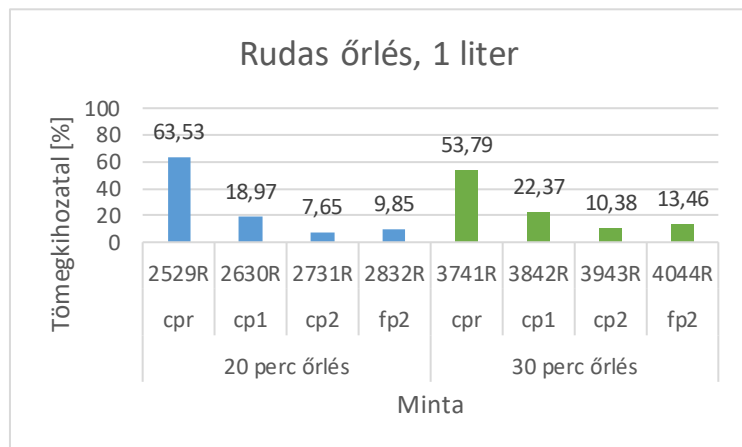
8.1. diagram: Rudas őrlés mintájával, 3 literes cellával végzett flotálások tömegkihozatala



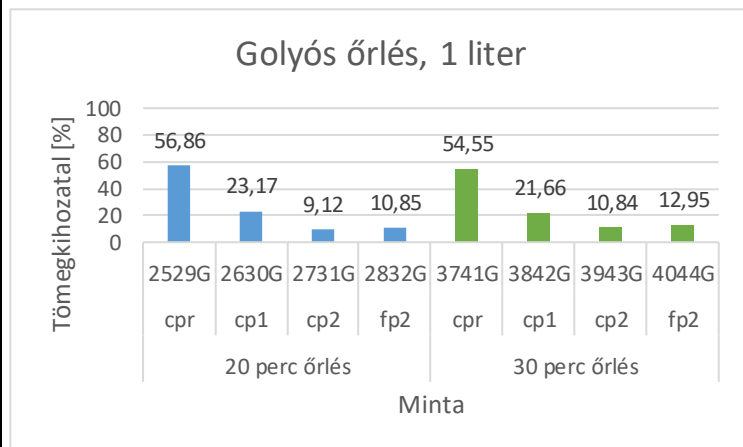
8.2. diagram: Golyós őrlés mintájával, 3 literes cellával végzett flotálások tömegkihozatala



8.3. diagram: Rudas őrlés mintájával, 1 literes cellával végzett flotálások tömegkihozatala

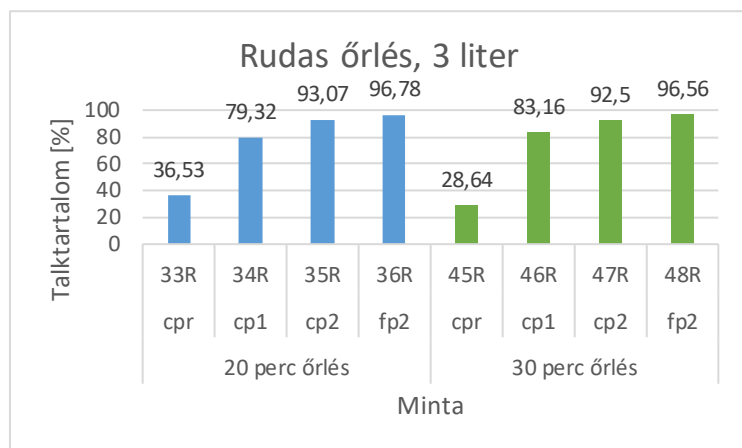


8.4. diagram: Golyós őrlés mintájával, 1 literes cellával végzett flotálások tömegkihozatala

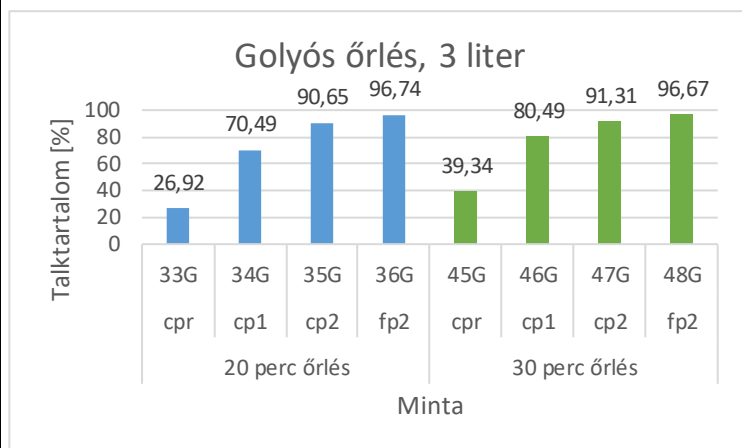


9. táblázat: A talktartalmak ábrázolása diagramon a második flotálási kísérleti sorozat után

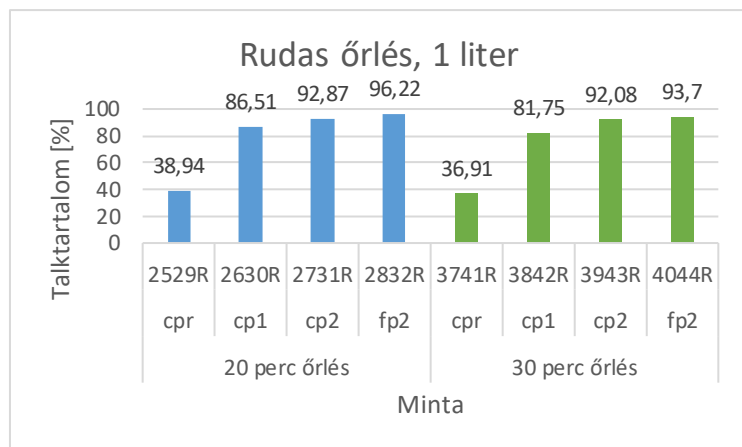
9.1. diagram: Rudas őrlés mintájával, 3 literes cellával végzett flotálások talktartalma



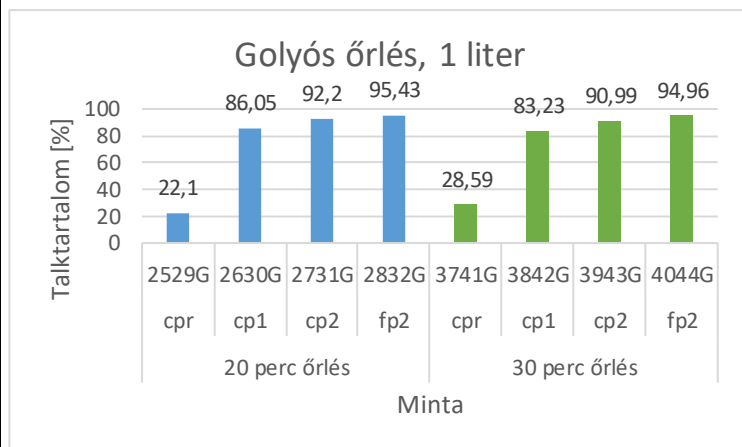
9.2. diagram: Golyós őrlés mintájával, 3 literes cellával végzett flotálások talktartalma



9.3. diagram: Rudas őrlés mintájával, 1 literes cellával végzett flotálások talktartalma

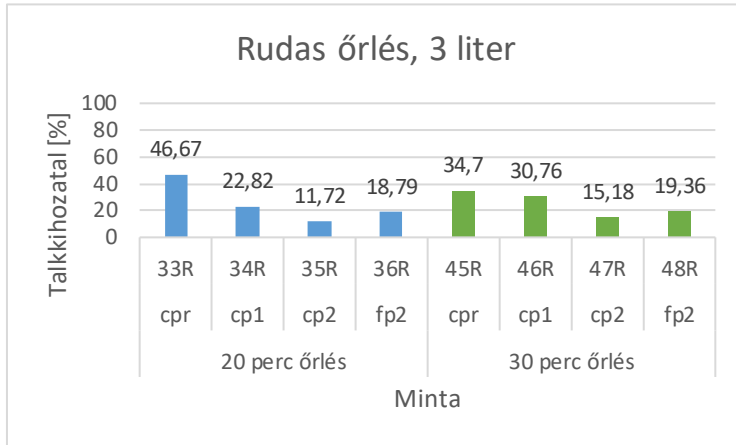


9.4. diagram: Golyós őrlés mintájával, 1 literes cellával végzett flotálások talktartalma

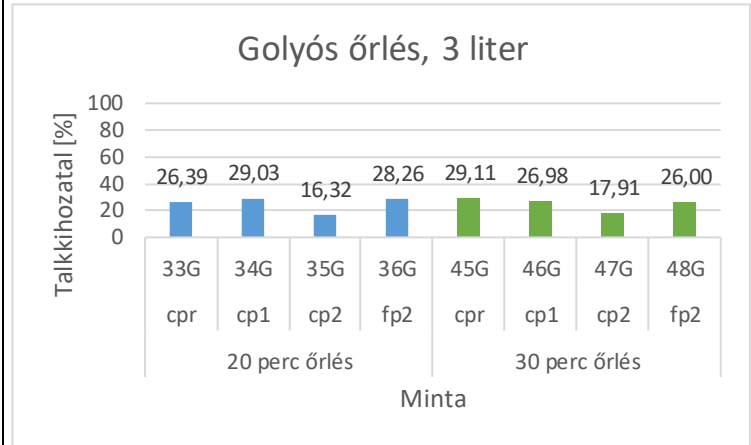


10. táblázat: A talkkihozatalok ábrázolása diagramon a második flotálási kísérleti sorozat után

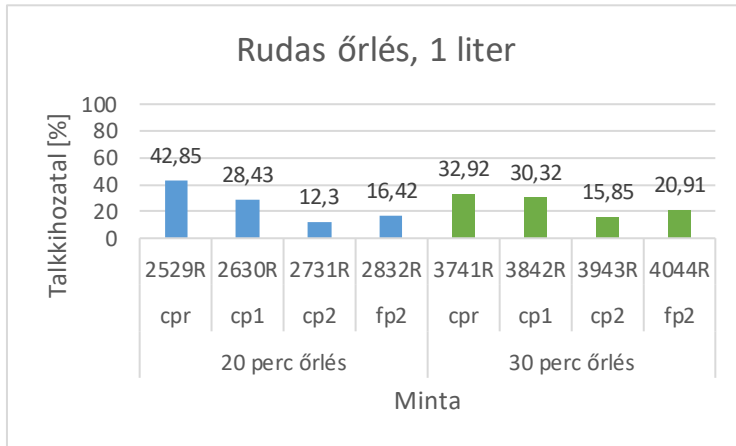
10.1. diagram: Rudas őrlés mintájával, 3 literes cellával végzett flotálások talkkihozatala



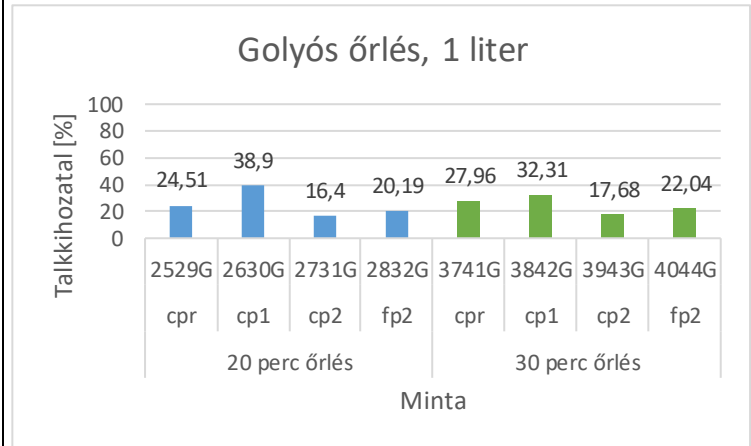
10.2. diagram: Golyós őrlés mintájával, 3 literes cellával végzett flotálások talkkihozatala



10.3. diagram: Rudas őrlés mintájával, 1 literes cellával végzett flotálások talkkihozatala

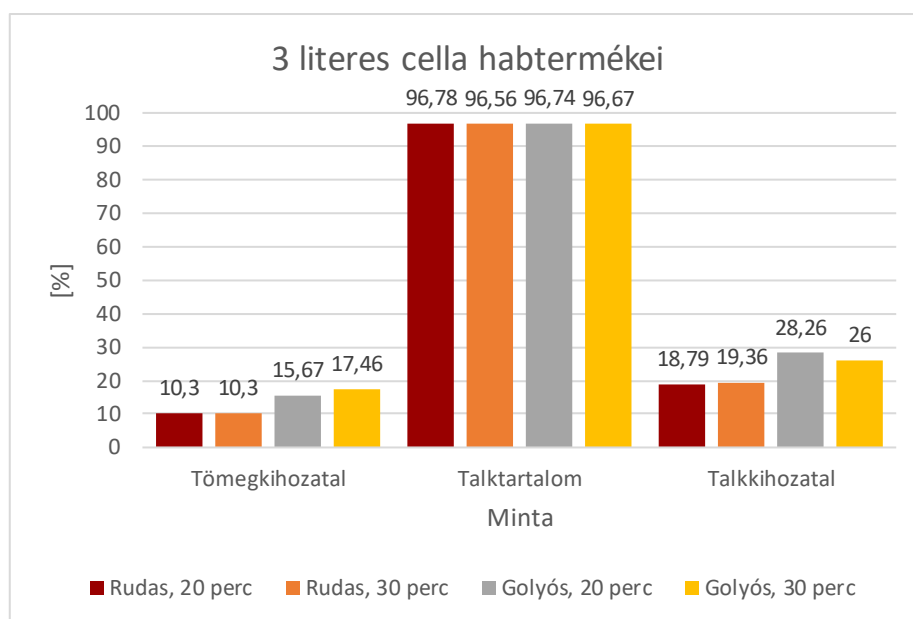


10.4. diagram: Golyós őrlés mintájával, 1 literes cellával végzett flotálások talkkihozatala

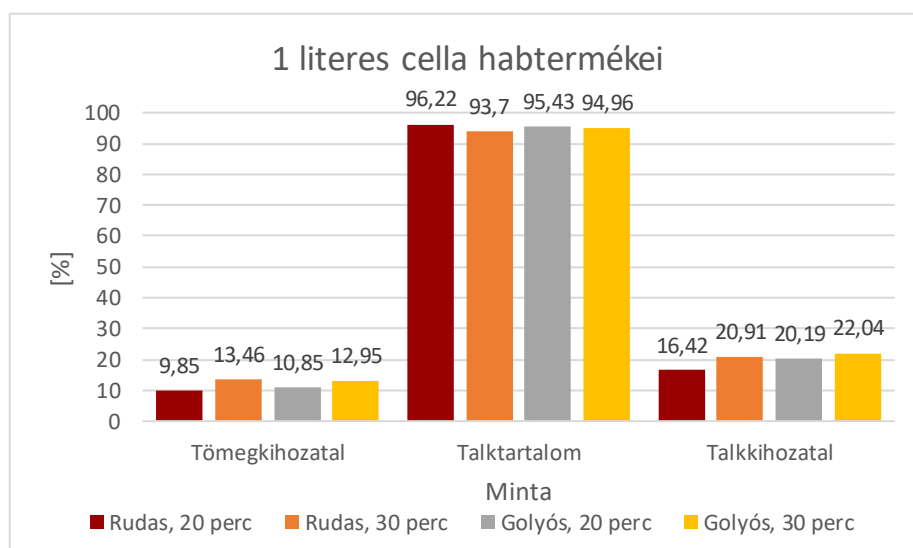


11. táblázat: A habtermékek (végtermékek) összehasonlítása több szempontból

11.1. diagram: 3 literes cellával végzett flotálások habtermékeinek összehasonlítása

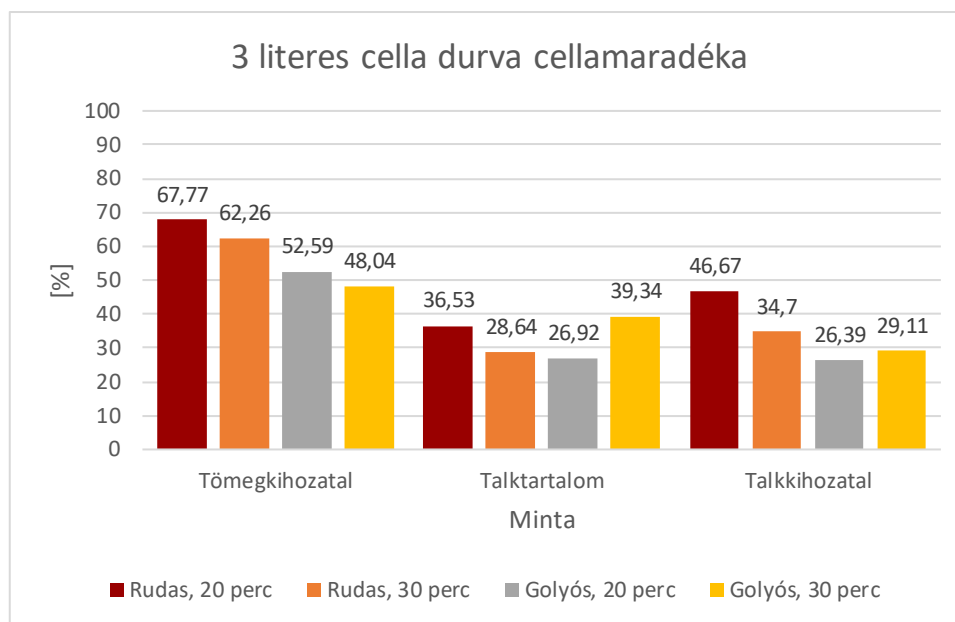


11.2. diagram: 1 literes cellával végzett flotálások habtermékeinek összehasonlítása

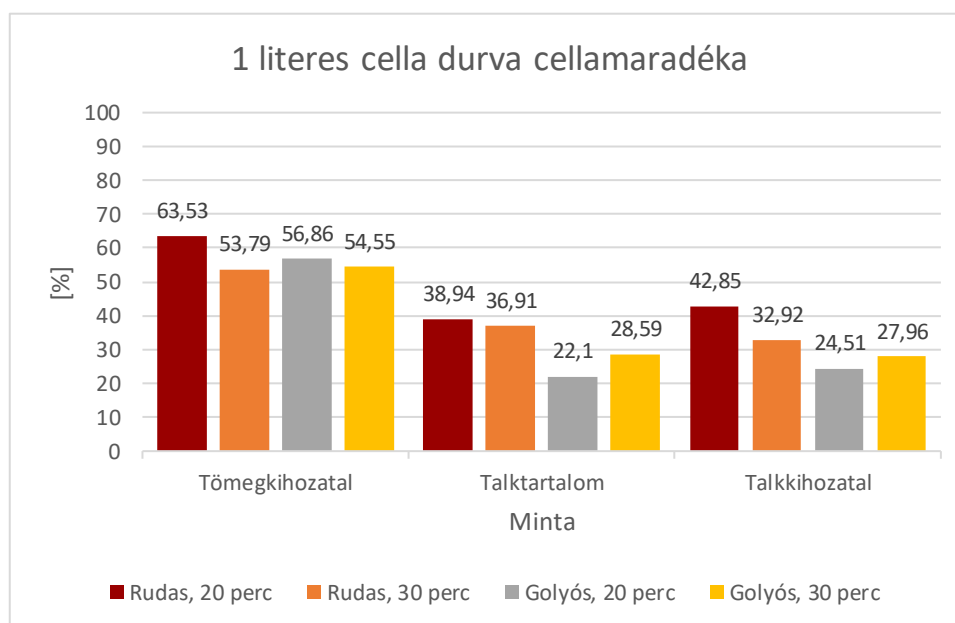


12. táblázat: A durva cellamaradékok (cpr) összehasonlítása több szempontból

12.1. diagram: 3 literes cellával végzett flotálások durva cellamaradékainak összehasonlítása



12.2. diagram: 1 literes cellával végzett flotálások durva cellamaradékainak összehasonlítása



5. Konklúzió

A nyersanyag-feldolgozás során fontos figyelembe venni az erőforrások korlátolt mennyiségét, és azok legoptimálisabb felhasználását a lehető legkisebb környezetterhelés és a fenntartható fejlődés elérése érdekében. Ezt alapul véve jött létre a 19007 - *MineTALC. Backfill Mining Optimisation for Low- and Medium-Strength Deposits* kutatás-fejlesztési projekt Dr. Bokányi Ljudmilla projektvezető vezetésével, melynek során a Gemerská Poloma-i EuroTalc üzemben bányászott talk flotálásának optimalizálása volt a kitűzött cél. A TDK dolgozatban azt vizsgáltuk, hogy van-e szignifikáns különbség a golyós malomban és a rudas malomban őrlött talkum flotálhatósága között, továbbá, hogy jelentős-e a különbség a két laboratóriumi flotáló (1 literes, illetve 3 literes) cella flotációs eredmények között, vagyis 1 L-ről 3 L-re való léptéknövelés szignifikáns-e. E feladat megoldása fontos a laboratóriumi munka racionalizálása érdekében.

A kísérletek során három lépcsős flotálást alkalmaztunk, minden lépcsőt külön számítva összesen 54 flotálási kísérletet végeztünk. A termékek minőségét kémiai elemzéssel vizsgáltuk, megállapításokat tettünk, amelyeket más műszeres elemzéssel alátámasztottunk (pl. optikai mikroszkóp, Scanning Electron Microscope). A kapott talkum-kihozatali eredményeket elemeztük, melyek alapján az alábbi következtetéseket vontuk le.

Rudas és golyós őrléssel nagyon hasonlóak voltak a talktartalom eredmények a flotálást követően a habtermékben. Tömegkihozatalt és talkkihozatalt tekintve jobbnak bizonyult a golyós őrlés minimális mértékben. Ez alapján megállapítható, hogy áttérhetnek golyós malomra a szlovákiai üzemben, mert a flotálásra nem lesz negatív hatással az őrlés típusának változtatása.

A laboratóriumi cella mérete alapján nem észleltünk számottevő különbséget a flotálási eredmények között, a tömegkihozatalok hasonlóak voltak 3 literes és 1 literes cella esetében is, tehát elegendő a laboratóriumban 1 literes cellával dolgoznunk. Ez költségmegtakarítást és a munkaidő jobb kihasználását jelenti.

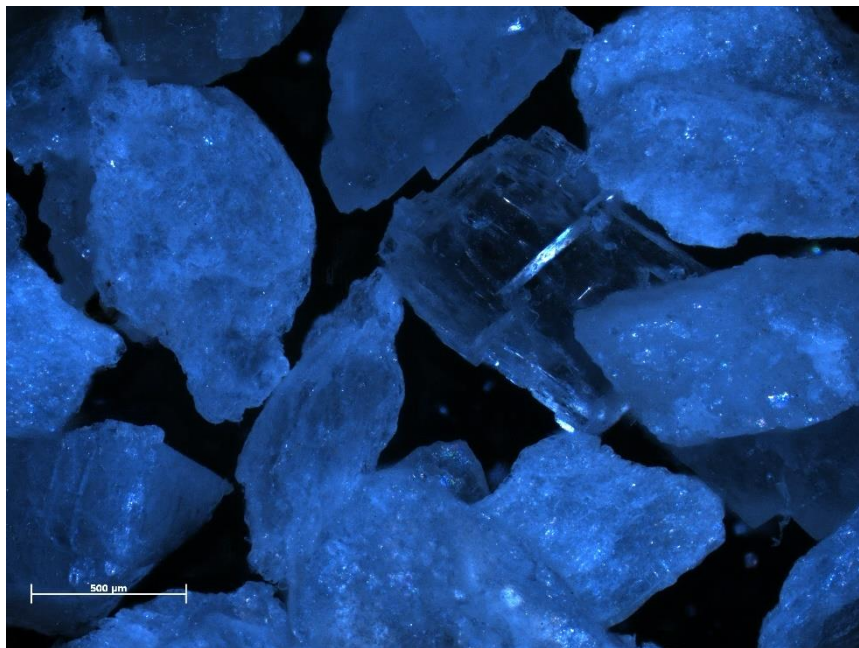
Irodalomjegyzék

- Abdale L., Moon J. W. (2021): The Mineral Industry of Slovakia (2017–2018 Minerals Yearbook, SLOVAKIA) <https://prd-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/myb3-2017-18-lo.pdf> (Letöltés időpontja: 2021.09.25.)
- Ann Bazar, J.; Rahimi, M.; Fathinia, S.; Jafari, M.; Chipakwe, V.; Chehreh Chelgani, S. (2021): Talc Flotation – An Overview, Minerals 2021, 11, 662. <https://doi.org/10.3390/min11070662> (Letöltés időpontja: 2021.08.22.)
- Barótfi I. (2000): Környezettechnika. (Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2000.) <https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/kornyezettechnika-eloszo/index.html> (Letöltés dátuma: 2021.01.24.)
- Bokányi L. (2017): Kétparaméteres flotáláskinetikai modell szemcsék kölcsönhatásával (Műszaki Földtudományi Közlemények, 86. kötet, 1. szám (2017), 206–222.) <http://midra.uni-miskolc.hu/document/31389/27469.pdf> (Letöltés dátuma: 2021. 01.24.)
- Bokányi L. (2021): A flotálás <http://hulladekonline.hu/files/176/> (Letöltés időpontja: 2021.08.25.)
- Fonyó Zs., Fábry Gy. (1998): Vegyipari művelettani alapismeretek. (Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.) https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_519_44580_Vegyipari_Muvelettan/index.html (Letöltés dátuma: 2021.05.10.)
- Koch S., Sztrókay K. (1986): Ásványtan I-II. (Tankönyvkiadó, Budapest, 1986.) 725-29.
- Koch S. (1966): Magyarország ásványai (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1966) 387. elérhető online: <http://mek.oszk.hu/04700/04793/04793.pdf> (Letöltés dátuma: 2021.01.29.)
- Mucsi G., Rácz Á. (2021): Optimization of existing grinding circuit – Conversion of an existing Rod Mill for obtaining a Ball Mill (Research report, Minetalc WP5.3, 2021)
- Pápay L. (1998): Kristályok, ásványok, kőzetek. (JATEPress, Szeged, 1998.) 158, 313-315, 333.
- Szakáll S. (2007): Ásványrendszertan. (Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2007) 204-206. 259-264.
- Wikipédia: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Zs%C3%ADrk%C5%91> (Megtekintés dátuma: 2021.09.06.)
- Aerofroth 70 <https://www.redalyc.org/journal/496/49668129002/49668129002.pdf> (Letöltés időpontja: 2021.09.22.)

https://books.google.hu/books?id=5U0bDQAAQBAJ&pg=PA120&lpg=PA120&dq=aerofroth+70+reagens&source=bl&ots=a_MkwY7MNI&sig=ACfU3U0DQwvoLC6oHXO8dqZv9ncP9OrJ6w&hl=hu&sa=X&ved=2ahUKEwjH_fvP7ZXzAhWWr4sKHVcOCTAQ6AF6BAGVEAM#v=onepage&q=aerofroth%2070%20reagens&f=false (Letöltés időpontja: 2021.09.22.)

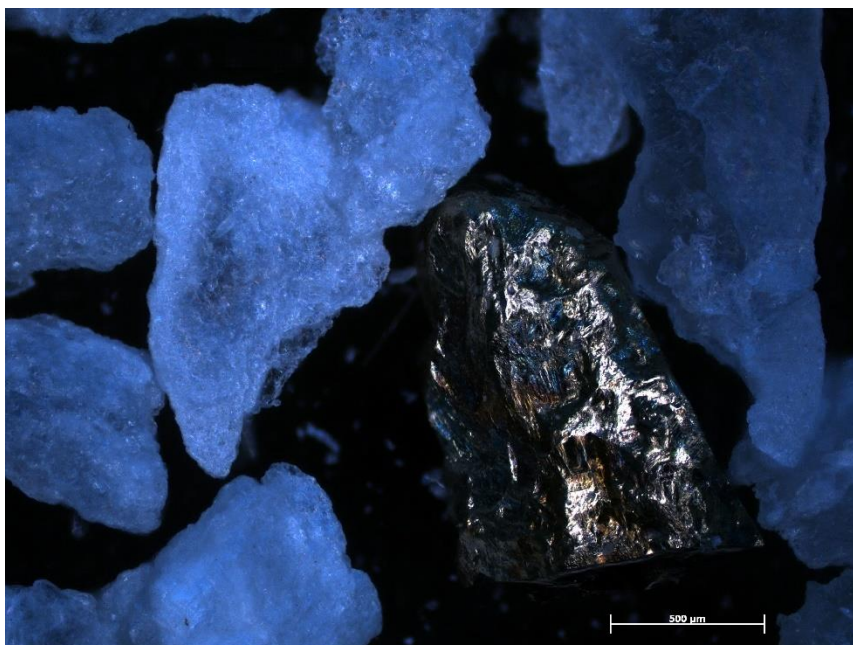
Mellékletek

További mikroszkóppal készült képek:

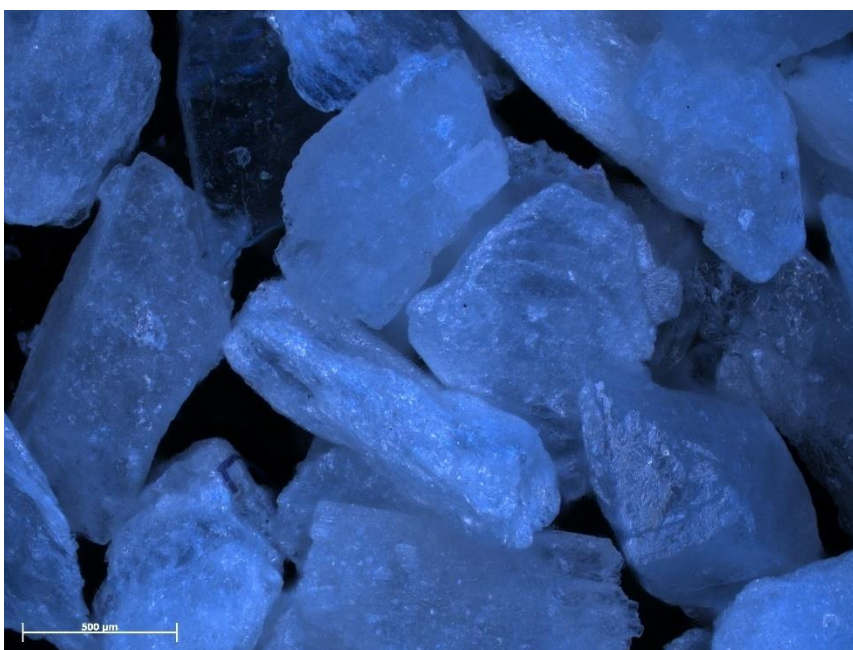


11. ábra: 5 perces golyós őrlés 0,5-1 mm frakciója, ötszörös nagyítás (Forrás: saját felvétel)

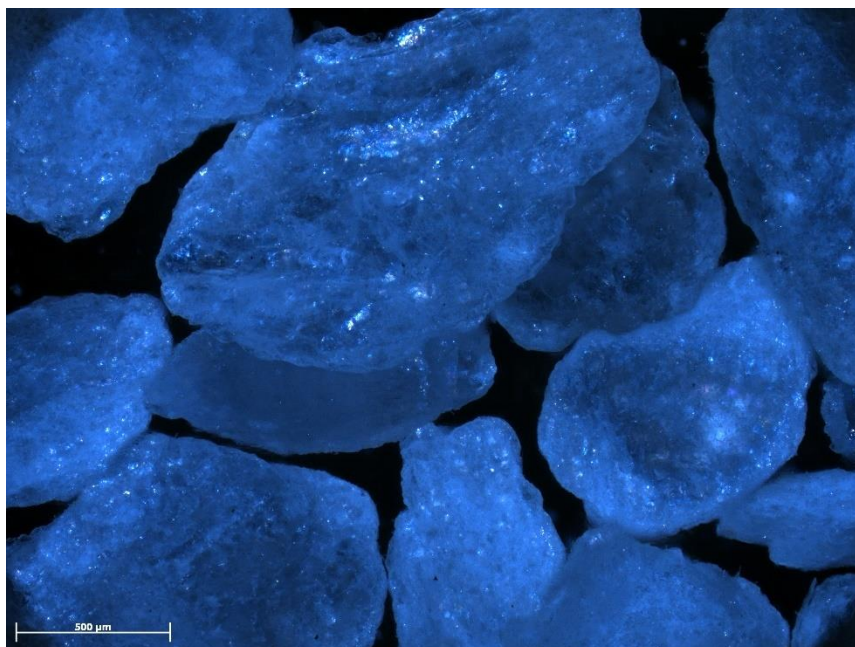
A képen feltárt, tiszta talk szemcsék láthatóak.



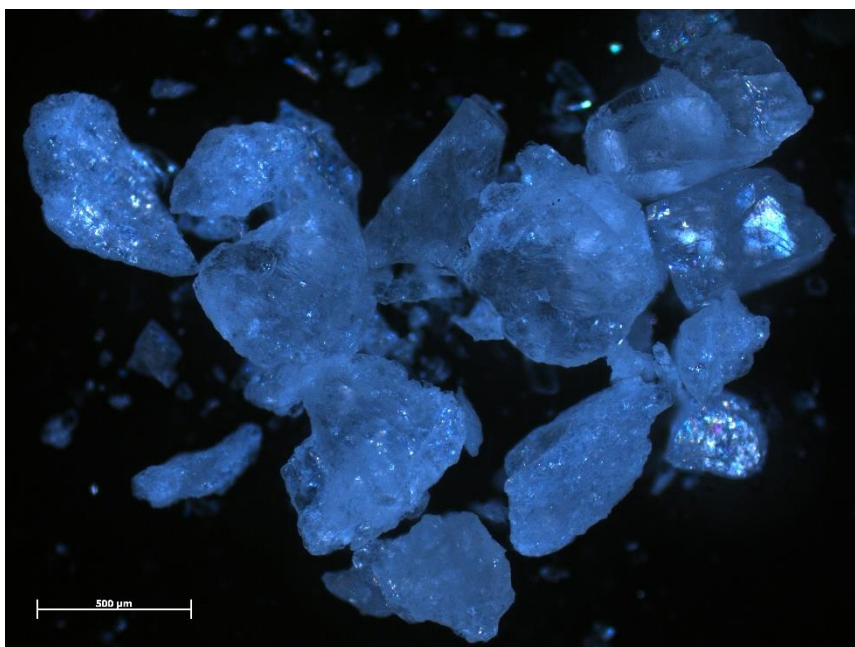
12. ábra: 5 perces golyós őrlés 0,5-1 mm frakciója, ötszörös nagyítás (Forrás: saját felvétel)
Jól látható a talk szemcséken kívül egy feltárt pirit szemcse.



13. ábra: 5 perces golyós őrlés 0,5-1mm frakciója, ötszörös nagyítás (Forrás: saját felvétel)



9. ábra: 5 perces rudas őrlés 0,5-1mm frakciója, ötszörös nagyítás (Forrás: saját felvétel)



10. ábra: 5 perces rudas őrlés 0,315-0,5 mm frakciója, ötszörös nagyítás (Forrás: saját felvétel)



11. ábra: Flotálási termékek infralámpa alatt (Forrás: saját fénykép)



12. ábra: Flotálási termékek szárítás utáni állapotban (Forrás: saját fénykép)



13. ábra: Első cellamaradék szárítás után (Forrás: saját fénykép)



14. ábra: Habtermék szárítás után (Forrás: saját fénykép)

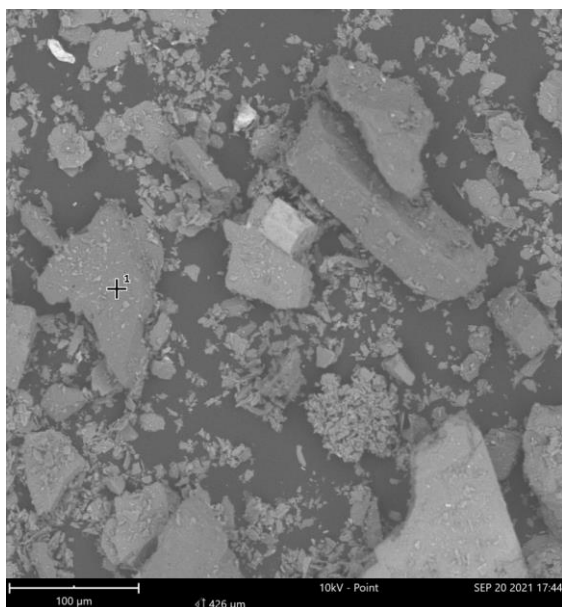
13. táblázat: Számítási segéd táblázat a 7. táblázathoz

			m	a, c	k, r	a, c	k, r
	Minta	Tömeg [g]	Tömeg- kihozatal [%]	Mért talk- tartalom [%]	Talkkihozatal mért feladási koncentrációra [%]	Feladás talk koncentrációján ak számítása [%]	Talkkihozatal a számított feladási koncentrációra vonatkoztatva [%]
3R	33R	626,95	67,77	36,53	49,21	24,76	46,67
	34R	141,15	15,26	79,32	24,05	12,10	22,82
	35R	61,81	6,68	93,07	12,36	6,22	11,72
	36R	95,25	10,30	96,78	19,81	9,96	18,79
	Σ	925,16	100,00	50,31		53,04	100,00
4R	45R	576,8	62,26	28,64	36,65	17,83	34,70
	46R	176,13	19,01	83,16	32,50	15,81	30,76
	47R	78,12	8,43	92,5	16,03	7,80	15,18
	48R	95,45	10,30	96,56	20,45	9,95	19,36
	Σ	926,5	100,00	48,65		51,39	100,00
3G	33G	487,1	52,59	26,92	23,09	14,16	26,39
	34G	204,64	22,09	70,49	25,40	15,57	29,03
	35G	89,42	9,65	90,65	14,27	8,75	16,32
	36G	145,12	15,67	96,74	24,72	15,16	28,26
	Σ	926,28	100,00	61,32		53,64	100,00
4G	45G	445,11	48,04	39,34	30,33	18,90	29,11
	46G	201,65	21,76	80,49	28,11	17,52	26,98
	47G	118,03	12,74	91,31	18,67	11,63	17,91
	48G	161,82	17,46	96,67	27,09	16,88	26,00
	Σ	926,61	100,00	62,31		64,93	100,00
3G	2529G	392,2	63,53	38,94	40,34	24,74	42,85
	2630G	117,13	18,97	86,51	26,77	16,41	28,43
	2731G	47,22	7,65	92,87	11,58	7,10	12,30
	2832G	60,83	9,85	96,22	15,46	9,48	16,42
	Σ	617,38	100,00	61,32		57,73	100,00
4G	3741G	332,7	53,79	36,91	31,86	19,85	32,92
	3842G	138,36	22,37	81,75	29,35	18,29	30,32
	3943G	64,23	10,38	92,08	15,35	9,56	15,85
	4044G	83,25	13,46	93,7	20,24	12,61	20,91
	Σ	618,54	100,00	62,31		60,31	100,00

3R	2529R	351,81	56,86	22,1	24,98	12,57	24,51
	2630R	143,4	23,17	86,05	39,64	19,94	38,90
	2731R	56,44	9,12	92,2	16,72	8,41	16,40
	2832R	67,13	10,85	95,43	20,58	10,35	20,19
	Σ	618,78	100,00	50,31		51,27	100,00
4R	3741R	337,65	54,55	28,59	32,06	15,60	27,96
	3842R	134,04	21,66	83,23	37,05	18,02	32,31
	3943R	67,09	10,84	90,99	20,27	9,86	17,68
	4044R	80,15	12,95	94,96	25,28	12,30	22,04
	Σ	618,93	100,00	48,65		55,78	100,00

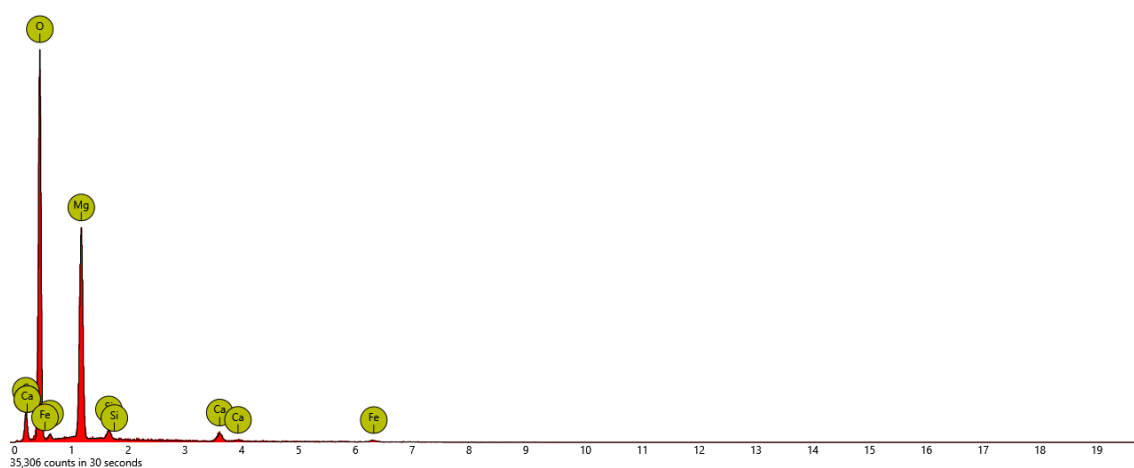
SEM kimutatások

3. kimutatás: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, 1. cellamaradék 1. spot



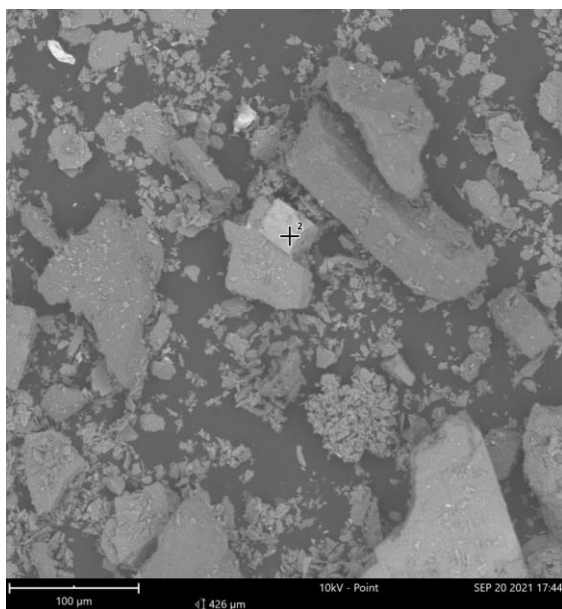
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	59.29	51.48
12	Mg	Magnesium	19.94	26.29
6	C	Carbon	15.89	10.36
26	Fe	Iron	2.14	6.50
20	Ca	Calcium	1.84	4.00
14	Si	Silicon	0.90	1.37

FOV: 426 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:44



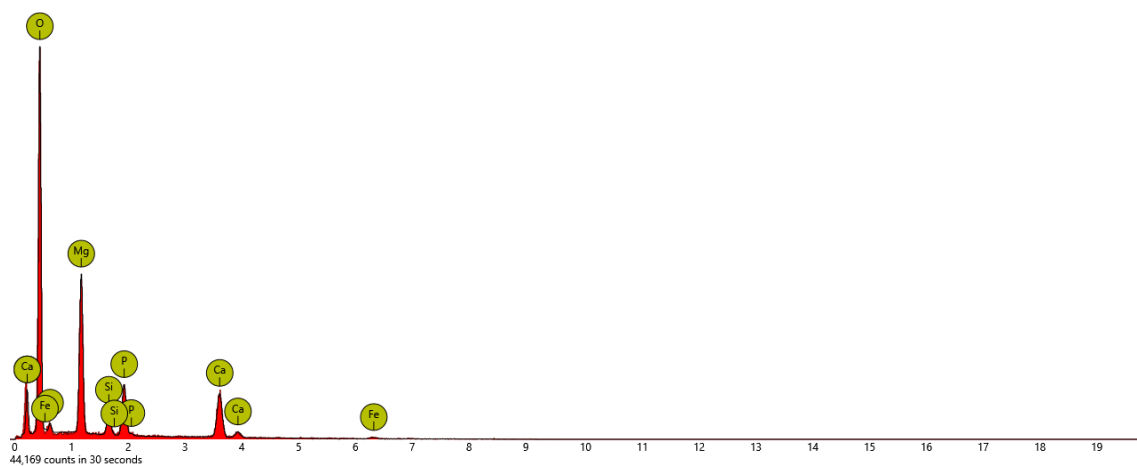
Disabled elements: Te

4. kimutatás: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, 1. cellamaradék 2. spot



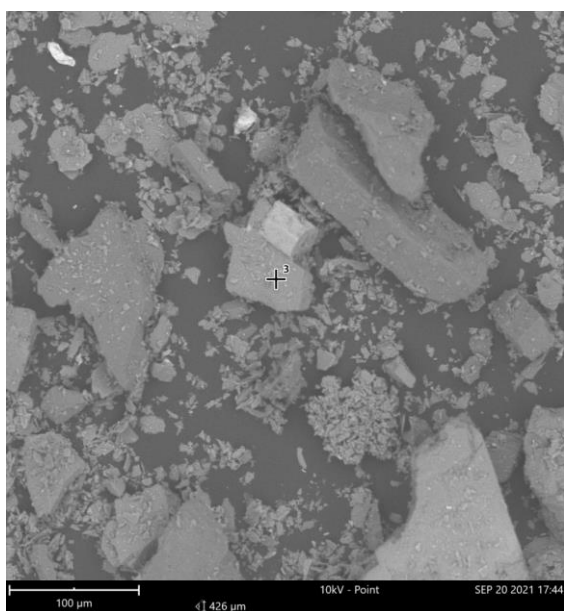
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	67.80	51.53
20	Ca	Calcium	8.93	17.01
12	Mg	Magnesium	14.13	16.31
15	P	Phosphorus	5.20	7.65
26	Fe	Iron	1.71	4.53
14	Si	Silicon	2.23	2.97

FOV: 426 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:44



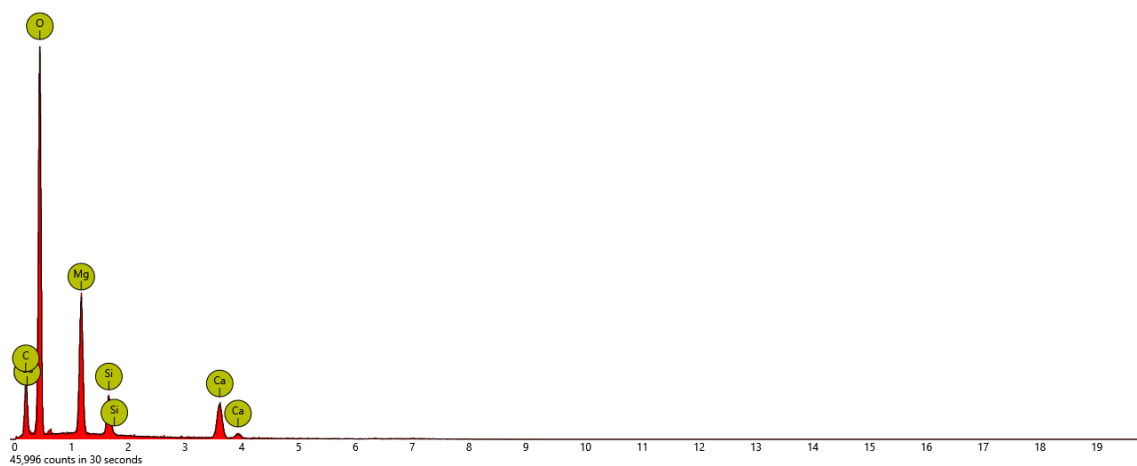
Disabled elements: C, I

5. kimutatás: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, 1. cellamaradék 3. spot

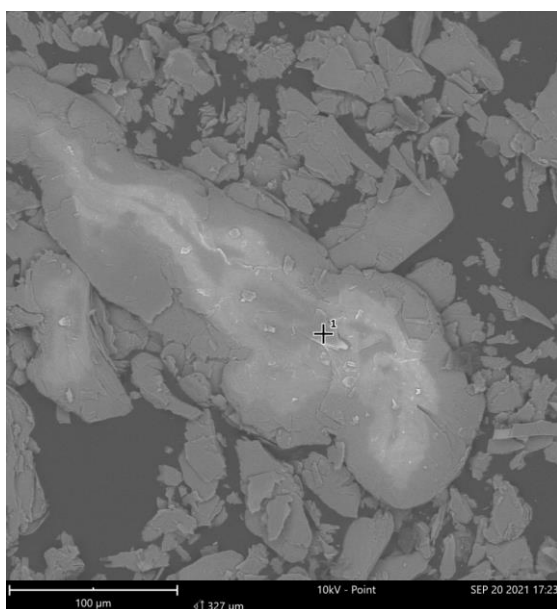


Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	60.52	54.27
12	Mg	Magnesium	10.25	13.97
6	C	Carbon	20.31	13.67
20	Ca	Calcium	6.03	13.54
14	Si	Silicon	2.90	4.56

FOV: 426 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:44

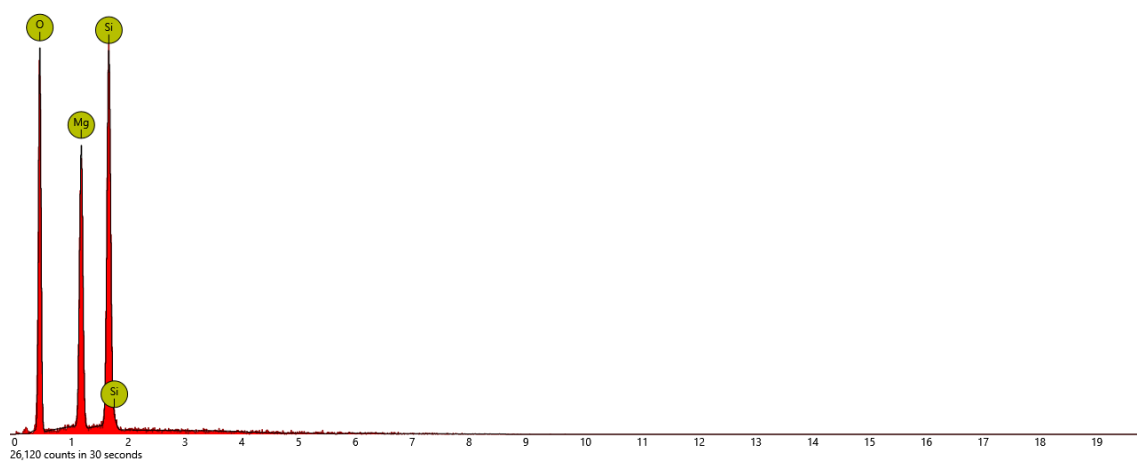


6. kimutatás: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 1. spot



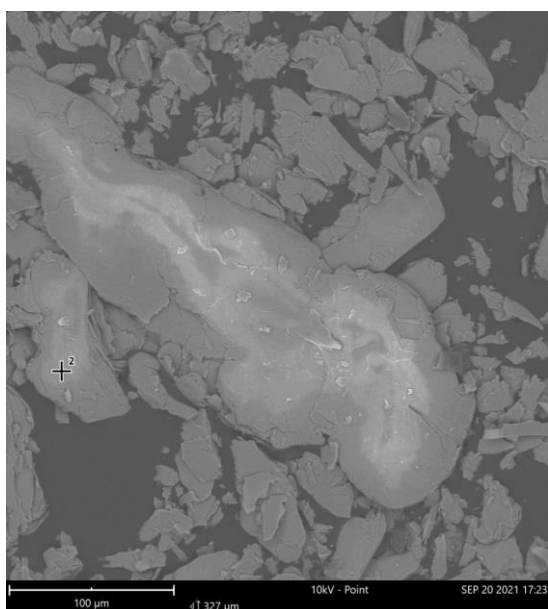
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
14	Si	Silicon	29.61	39.28
8	O	Oxygen	51.23	38.71
12	Mg	Magnesium	19.17	22.01

FOV: 327 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:23



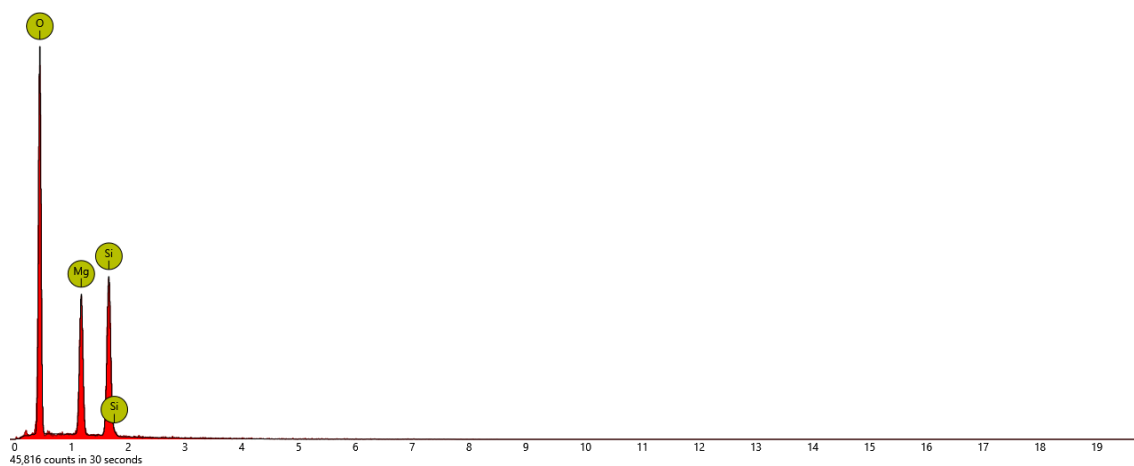
Disabled elements: Gd, V

7. kimutatás: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 2. spot



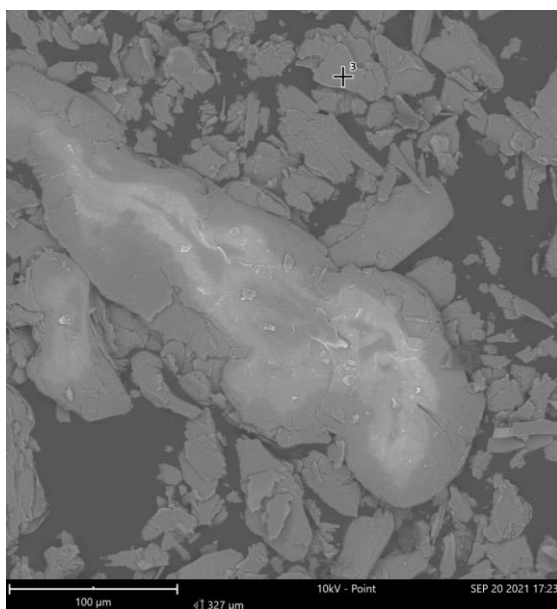
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	66.26	54.34
14	Si	Silicon	18.70	26.91
12	Mg	Magnesium	15.05	18.75

FOV: 327 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:23



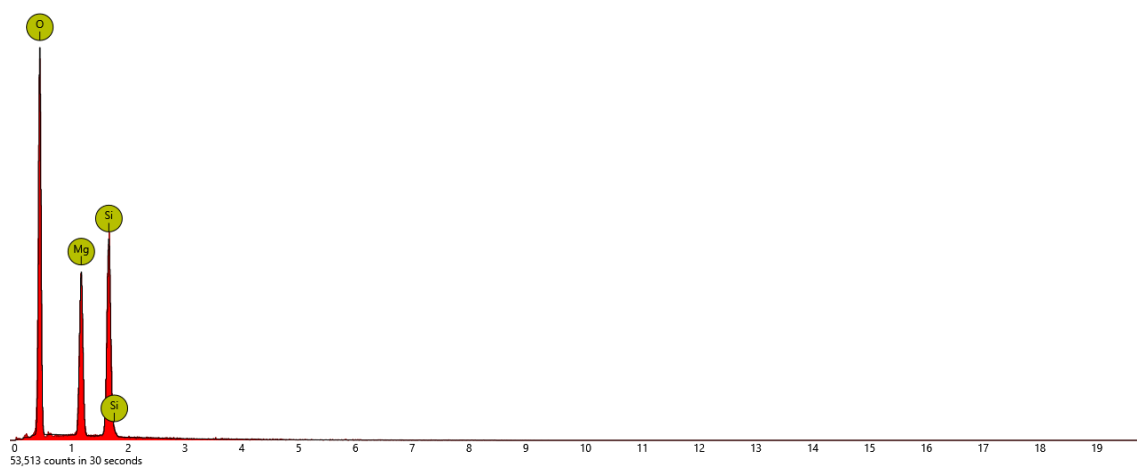
Disabled elements: V

8. kimutatás: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 3. spot

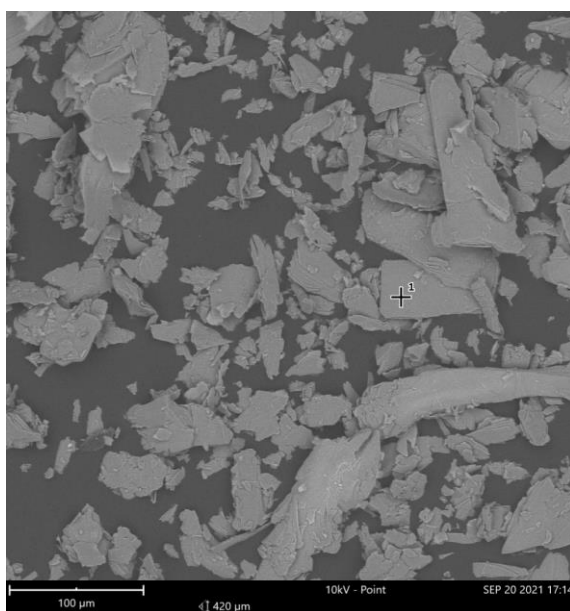


Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	62.99	50.71
14	Si	Silicon	21.18	29.93
12	Mg	Magnesium	15.83	19.36

FOV: 327 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:23

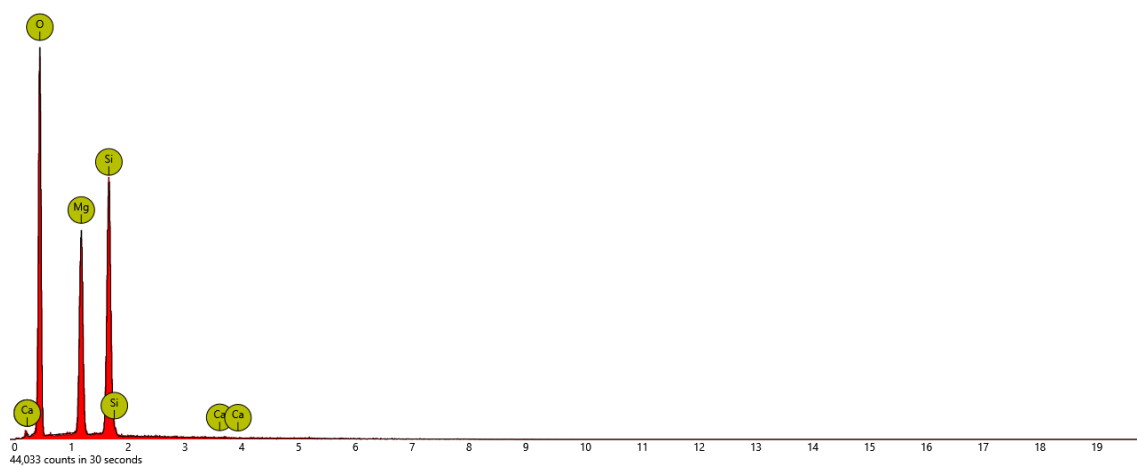


9. kimutatás: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 1.B spot

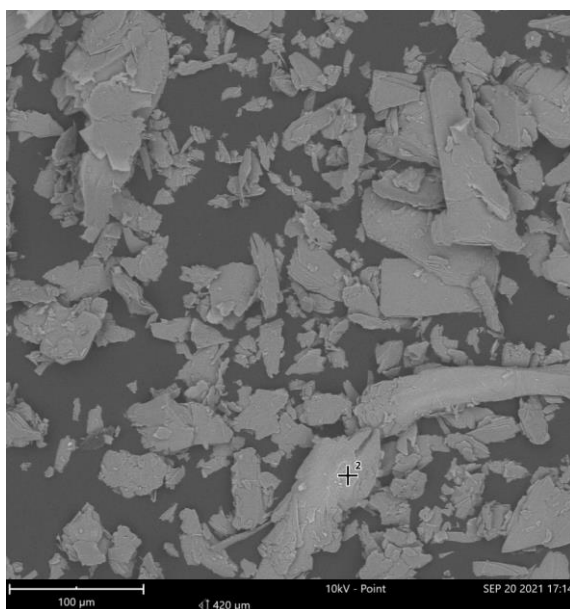


Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	58.59	46.06
14	Si	Silicon	24.16	33.35
12	Mg	Magnesium	17.24	20.59
20	Ca	Calcium	0.00	0.00

FOV: 420 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:14

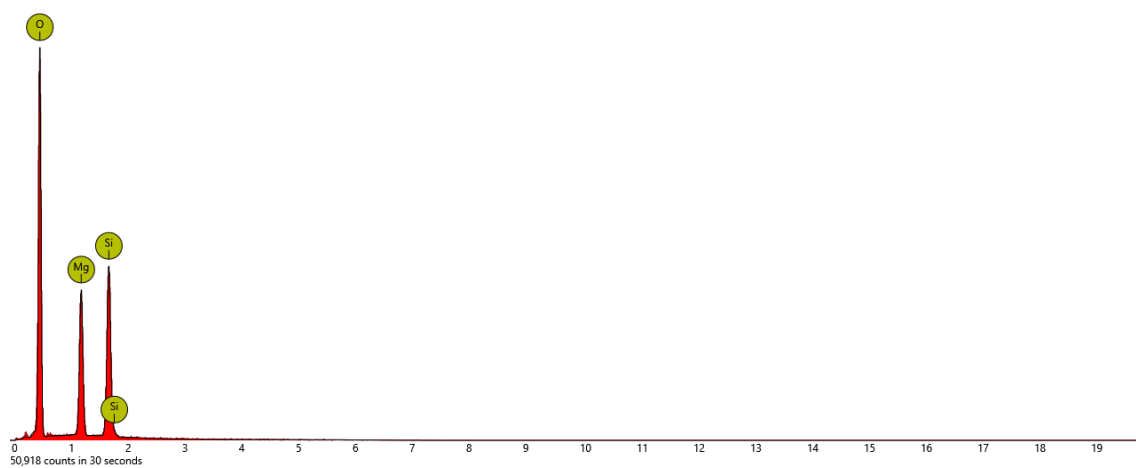


10. kimutató: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 2.B spot

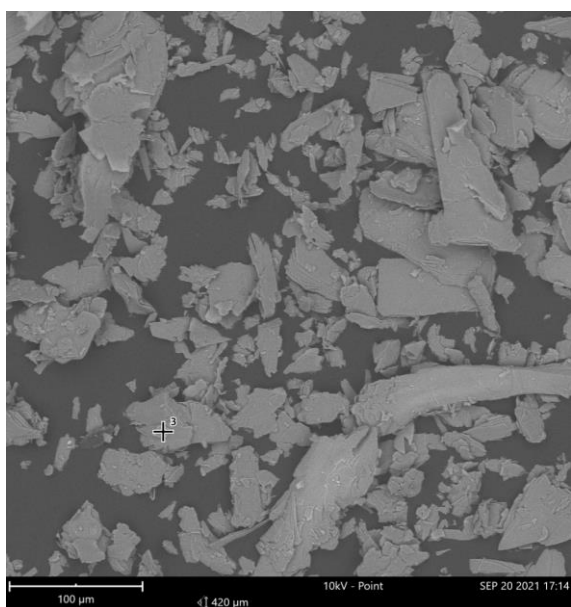


Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	65.36	53.32
14	Si	Silicon	19.48	27.89
12	Mg	Magnesium	15.16	18.79

FOV: 420 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:14



11. kimutatás: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 3.B spot



Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	62.46	50.14
14	Si	Silicon	21.49	30.28
12	Mg	Magnesium	16.06	19.58

FOV: 420 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:14

