



Miskolci Egyetem
Műszaki Földtudományi Kar
Nyersanyagelőkészítési és Környezeti
Eljárástechnikai Intézet



Talk feltártságának és flotálhatóságának kísérleti vizsgálata
MineTALC Nemzetközi Projekt keretén belül
SZAKDOLGOZAT

Készítette:

Pap Andrea,
környezettechnika szakirányos hallgató

Konzulensek:

Dr. Bokányi Ljudmilla,
egyetemi docens

Beadás dátuma:

2021.11.29.

Miskolc, 2021



MISKOLCI
EGYETEM

NYERSANYAGELŐKÉSZÍTÉSI ÉS KÖRNYEZETI
ELJÁRÁSTECHNIKAI INTÉZET

SZAKDOLGOZAT FELADATKIÍRÁS

PAP ANDREA

Szigorló környezetmérnöki alapszakos (BSc) hallgató részére

Feladat: **TALK feltártságának és flotálhatóságának kísérleti vizsgálata MineTalc Nemzetközi Projekt keretén belül**

A MineTalc K+F Projekthez csatlakozva, vizsgálja meg a talk feltártságát, valamint flotálhatóságát rudas és golyós malomban való őrlés után. Hasonlítsa össze a koncentrátumok talk-tartalmát, valamint talk-kihozatalát. A laboratóriumi kísérleteket 1L-es és 3L-es önbeszívó flotáló cellában végezze el, vesse össze a kapott flotációs eredményeket. A kísérleti adatok alapján tegye meg az azokból következő megállapításokat.

Beadási határidő: **2021. november 22.**

Konzulensek:

Dr. Bokányi Ljudmilla, egyetemi docens, a műszaki tudomány kandidátusa ME NyKE Int.
dr. Mádainé Üveges Valéria, tanársegéd ME NyKE Int.

Miskolc, 2021.április 03.


Dr. Nagy Sándor
egyetemi docens, intézetigazgató





Intézeti igazoló lap diplomamunka és szakdolgozat benyújtásához

MISKOLCI EGYETEM

Műszaki Földtudományi Kar

Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

A hallgató neve: Pap Andrea

Neptun-kódja: F2RUTR

Első konzultáció, az utolsó előtti tanulmányi félév szorgalmi időszakában a második hónap utolsó munkanapjáig: a téma elfogadása, tájékoztatás a rendelkezésre álló forrásokról.

A diplomamunka/szakdolgozat témája: Talkum flotálásának optimalizálása, feltártságának kísérleti vizsgálata

Az egyetemi konzulens(ek) neve, beosztása, intézete, tanszéke:

Dr. Bokányi Ljudmilla, intézeti tanszékvezető, egyetemi docens. Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet, Bioeljárástechnikai és Reakciótechnikai Intézeti Tanszék

dr. Mádainé Üveges Valéria tanársegéd, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

A jelölt köteles a témát az első konzultáció határidejéig az intézeti adminisztrációban nyilvántartásba vétetni.

A jelölt által javasolt témát elfogadom:

Miskolc, 2021. március 23.

..... konzulens aláírása

A jelölt által javasolt témát jóváhagyom:

Miskolc, 2021. március 23.

..... intézetigazgató aláírása

Második konzultáció, az utolsó előtti tanulmányi félév szorgalmi időszakában a harmadik hónap utolsó munkanapjáig: a feldolgozott források, valamint a diplomamunka/szakdolgozat vázlatának bemutatása, címének véglegesítése.

A diplomamunka/szakdolgozat címe:

Talk feltártságának és flotálhatóságának kísérleti vizsgálata MineTALC nemzetközi projekt keretén belül

Miskolc, 2021. április 20.

..... konzulens aláírása

Harmadik konzultáció, az utolsó előtti tanulmányi félév vizsgaidőszakának utolsó napjáig: a forrásokat feldolgozó fejezet kéziratának beadása:

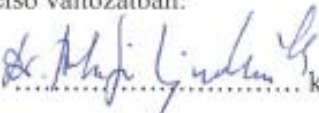
Miskolc, 2021. június 8.

 konzulens aláírása

Negyedik konzultáció, az utolsó tanulmányi félév szorgalmi időszak második hónap utolsó munkanapjáig:

a kész szöveg kéziratának beadása első változatban:

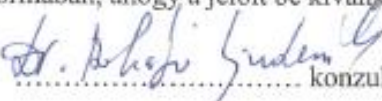
Miskolc, 2021. október 27.

 konzulens aláírása

Ötödik konzultáció, a beadási határidő előtt legalább tíz munkanappal:

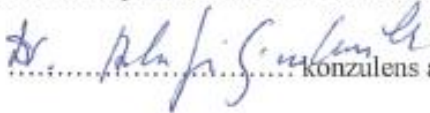
a kész munka bemutatása abban a formában, ahogy a jelölt be kívánja adni:

Miskolc, 2021. november 18.

 konzulens aláírása

A diplomamunkát/szakdolgozatot formai szempontból beadhatónak ítélem:

Miskolc, 2021. november 26.

 konzulens aláírása

Eredetiségi nyilatkozat

Alulírott Pap Andrea, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának hallgatója büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírásommal igazolom, hogy a „Talk feltártságának és flotálhatóságának kísérleti vizsgálata MineTALC Nemzetközi Projekt keretén belül” című diplomamunka/szakdolgozat (a továbbiakban: dolgozat) önálló munkám, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait, valamint az Egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat.

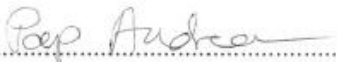
A dolgozatban csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem."

Kijelentem, hogy az elektronikusan feltöltött és a papír alapú dokumentum mindenben megegyezik.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot nem magam készítettem vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Miskolci Egyetem megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Miskolc, 2021. november 29.


.....
a hallgató aláírása

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 Összenövési és feltártsági fok meghatározása	7
2.3. Ásvány előkészítése és feldolgozása	9
2.4. Flotálás.....	11
2.4.1. Flotálási eljárás alapjai és a technológia	11
2.4.2. A flotálást befolyásoló tényezők	12
2.4.3. A flotáló berendezések.....	12
2.4.4. Reagensek.....	13
2.4.5. Alkalmazási lehetőségek	14
2.4.6. Talk flotálása.....	14
2.5. Talk őrlési körülményei és azok eredményei	17
3. Talkum flotálás kísérleti vizsgálata, kísérleti anyagok és módszerek	20
3.1. A feladási minták és vizsgálatuk.....	20
3.1.1. A talk kémiai elemzése	20
3.1.2. Sűrűségmérés	20
3.1.3. Szemcseeloszlások.....	21
3.1.4. Mikroszkópos vizsgálatok	22
3.1.6. Feltártsági és összenövési fok számítás	23
3.2. Alkalmazott flotáló berendezések	31
3.3. Flotálási körülmények.....	32
3.4. Flotálási kísérletek.....	33
3.5. Flotációs termékek vizsgálata.....	37
3.5.1. Kémiai elemzés	37
3.5.2. Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat	38
3.5.3. Zéta-potenciál mérés.....	40
4. Kísérleti eredmények	41
5. Konklúziók	48
6. Összefoglalás.....	49

7. Köszönetnyilvánítás	51
8. Irodalomjegyzék	52
Mellékletek.....	54

1. Bevezetés

A szakdolgozatomban a Gemerská Poloma-i EuroTalc üzemben bányászott talk flotálásának optimalizálásával foglalkozok, a *19007 - MineTALC. Backfill Mining Optimisation for Low- and Medium- Strength Deposits* kutatás-fejlesztési projekt keretein belül, melynek projektvezetője dr. Bokányi Ljudmilla. Ezen a projekten belül, már elkészítettem egy TDK dolgozatot Békési Zita Brigittával közösen (Pap és Békési, 2021).

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 alakul a talk feltártsága a különböző idejű golyós- és rudas malmi őrlés után;
- 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;

Az utóbbi két feladatot Békési Zita Brigittával együtt végeztem el a TDK kutatás keretén belül (Pap és Békési, 2021).

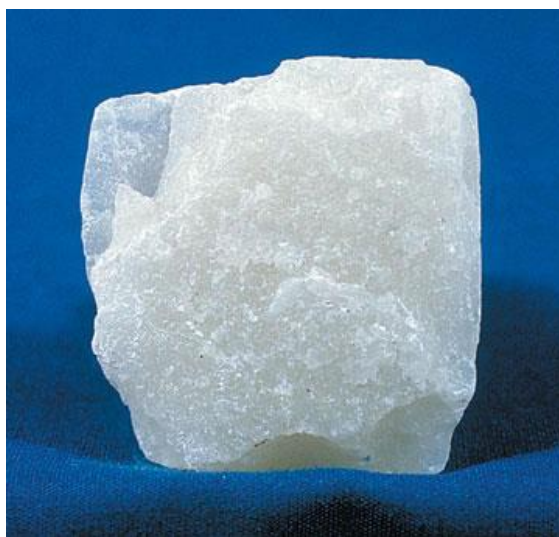
A vizsgálathoz szükséges talk mintákat az EuroTalc társaság biztosította számunkra. A különböző mechanikai előkészítésen átesett mintákon eljárástechnikai alapvizsgálatokat (sűrűségmérés, mikroszkópos vizsgálatok), majd flotálási kísérleteket végeztünk. Az eredményeket összefoglaltuk, majd a szükséges 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 $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, 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 $[(\text{SiO}_4)^{4-}]$, melynek központi kationjához tetraédes 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 is 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 oktaédes pozíciókban. A tetraédes 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 réteggkomplexumok mentén, hasadási lapon gyöngyházfényű. Lemezei hajlékonyak, de nem rugalmasak (Szakáll, 2007; Pápay, 1998). A talk a kémiai szerkezetének köszönheti, hogy a legpuhább ásvány a Földön. A magnézium alapú oktaéderes réteg a szilícium-dioxid gyűrűk között található, a közös oxigénatomok között. Ez olyan oxid felületeket tár fel, amelyek miatt a talkumot csak gyenge van der Waals erők tartják össze. Továbbá ezek az oxid felületek teszik természetes módon hidrofóbbá a talkumot. Vízrel hidrolizálva a magnézium élek némi hidrofilitást mutatnak. A talkumnak két oldala van: a hidrofób alapfelület és a hidrofil peremfelület. A teljes felület nagy része, körülbelül 90%-a alapfelület, amely miatt a talkum természetesen hidrofób, vagyis flotálható (Ann Bazar és társai, 2021).

A relatív páratartalom is lényeges tényezőnek tekinthető a talkum felületének hidrofóbitásának méréséhez. A talkum felületén található erős kötési helyek alacsony relatív páratartalomnál adszorpcióhoz vezetnek. Abban az esetben, ha telítődnek, akkor a talkum felületét a víz és a víz kölcsönhatása (kohéziós kölcsönhatás) uralja, ami következtésképpen csökkenti a víz és az erős kötőhelyek kölcsönhatását (adhéziós kölcsönhatás), így a felület hidrofóbbá teszi. Másrészt, magas relatív páratartalom mellett a Si-O-Si csoportokból álló hidrofób felületek alacsony kölcsönhatást mutatnak a vízzel (kohéziós kölcsönhatás > 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 vagy zeta-potenciál (ZP) nagysága széles pH-tartományban (pH 2–12) negatív. A különböző reagensek különböző hatással

vannak a talkum elektromos felületi töltésére. Azt találták, hogy a felületaktív anyagok, például tragantmészga, guargumi és karragén hozzáadása kissé csökkenti a talkum potenciáljának abszolútértékét egy adott pH-tartományban. A felületaktív anyagok adszorpciója ezért a hasadásfelület elektromos kettős rétegét kifelé tolhatja, és okozhatja ezt a csökkenést. 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. Ez annak köszönhető, hogy például a karboxilcsoportok protonálódnak, ami csökkenti a felületi töltést, így a talkum zeta-potenciálja kevésbé érintett. A klorid-alapú fém sók, 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 felülete 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 adszorbeálódnak a nagyobb szemcsék felületére, így csökken a határszög és nő a hidrofóbitás. Csökkentheti a talkum határszögét az alumínium helyettesítés vagy szennyeződés a tetraéderez 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 kiskók metamorfózisa, illetve az ultrabázisos kőzetek hidrotermás átalakulása. Elsősorban kiskók 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 szintelen 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, lehülési sebessége, a könnyen illók 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 elem kicserélődés történik. A kiindulási és az átalakult kőzet kémiai összetétele különbözik, új anyagok is adódhatnak az utóbbihoz, illetve más anyagok el is távoznak. 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), díszítőkö 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 élelmiszercsomagolásokban. 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 alkalmazzák. 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 Összenövési és feltártsági fok meghatározása

A diszperz rendszerek, mint például érctartalmú közetszemcsék vagy feldolgozni kívánt hulladékszemcsék előkészítési, kezelési és hasznosítási eljárásainak tervezése és a várható eredmények becslése érdekében meg kell ismerni a rendszert, a diszperz és a folytonos fázis tulajdonságait. A hulladék- és ércelőkészítés szempontjából kitüntetett szerepe van a szilárd rendszereknek, amikor is a diszperz fázis szilárd anyag. Minden esetben, amikor az egyes komponensek kinyerése, szétválasztása a feladat, elsőként rendszerint azt vizsgáljuk meg, hogy milyen szoros a kapcsolat a komponensek között: egymástól már elkülönültek-e, azaz feltártak-e, vagy még fizikai, kémiai vagy felületi erők révén egymáshoz kapcsolódnak, azaz összenőttek (Faitli és társai, 2017).

Egy többkomponensű rendszerben, amelynek alkotói kezdetben egymáshoz szorosan kapcsolódtak (gondoljunk például a közetdarabokra, amelyben az ásványok erősen – gyakran kémiai kötőerők révén – kapcsolódnak egymáshoz, vagy éppen az elektronikai eszközökre, ill. részegységeikre, alkatrészeik alkotóira), a fizikai feltárás rendszerint nem tökéletesen valósul meg. A szemcsék, darabok egy részében egy vagy több komponens továbbra is kontinuitásban (összenőve) fordul elő. Az összenövés jellege és mértéke az egyes szemcsékben véletlenszerű, ily módon a fizikai sajátságok is véletlenszerűen szemcséről szemcsére változnak (Faitli és társai, 2017).

A komponensek feltárása (kontinuitás megszüntetése) fizikai igénybevétellel, aprítással történik. Ennek jelentősége, hogy a fizikai feltárás nélkül az egyes komponensek szétválasztása lehetetlen, nem megvalósítható művelet. Az anyagot ennek érdekében az ún. nevezett behintési szemnagyságra, a legkisebb méretű komponens méretére törjük vagy őröljük le. Így a szemcsék zöme ($\geq 80\%$) már feltárt lesz. Annak megállapítása, hogy mely szemcseméret-tartományban érjük el a kívánt feltárás mértékét, alapvető fontosságú mind tervezési és gazdasági szempontból. Az egyes szemcsék a szükséges mértéknél kisebb méretűre történő aprítása, őrlése jelentős és felesleges kiadást jelent, ezért mindenképpen kerülendő. Ismerve a cél szemcseméret-tartományt, a szükséges és alkalmas berendezések kiválaszthatók (Faitli és társai, 2017).

Minőségi szempontból az összenövés négy típusba sorolható.

Az 1. típusban a két fázis egy sík vagy enyhén ívelt határfelület mentén nő egymásba. Az ilyen szemcsék tömegaránya nagyjából megfelel a felületi arálynak. Ezért az ilyen szemcsék flotálás alatt is az összetevők tömegarányának megfelelően viselkednek. A fázisok további őrléssel könnyen szétválaszthatók (Tarján, 1981).

A 2. típusban, amely sokkal ritkább, mint az 1. típus, az egyik fázis a másikban érhalózatot képez. A két fázis tömegaránya nem befolyásolja túlságosan az ilyen szemcsék flotációs viselkedését. A feltárás is sokkal nehezebb, mint az 1. típusnál (G. Tarján, 1981).

A 3. típusban az egyik fázis héjat képez a másik körül. A teljesen zárt héjak ritkák, de elég gyakoriak a szemcsék, amelyeket valamilyen idegen ásvány többé-kevésbé teljes határa vesz körül. Flotáláskor pl. ezek a szemcsék sem a két fázis tömegaránya szerint viselkednek, hanem inkább a kitett-felületük aránya szerint. Az ilyen típusú közbülső szemcsék mindenütt számosak, ahol egy ércben kemény ércásvány kombinálódik lágy ércásványokkal. Atipikus eset a bornit- vagy galenitburokkal körülvett piritmagok. Az ilyen részecskék sok értéktelen piritet juttatnak a réz vagy ólom flotációs koncentrátumba. A megfelelő feltárás és tisztítás megköveteli az előkoncentrátum újbóli őrlését, hogy a burokásvány nagyon finom szemcséit, valamivel durvább, fel nem oldott szemcséket és a kemény magásvány még durvább, feltárt szemcséit kapjuk. Ez a kedvező hatás úgy hasznosítható, ha az újraőrlést ismételt tisztítással, tisztító flotálással kombináljuk (Tarján, 1981).

A 4. típusú összenövésben az egyik fázis szemcséi egy másik fázisban diszpergálódnak. Az ilyen szemcsék gyakran felelősek a fémvesztésért a végtermékben, vagy pl. egyes komplex szulfidok flotálásakor a réz a cinkkoncentrátumba kerüléséért. Az ilyen típusú összenövés a flotálásban és bármely más dúsítási folyamatban úgy viselkedik, mint egy tiszta gazdafázisú szemcse, mivel a hintett fázis általában meglehetősen kevés (általában a teljes szemcse kevesebb, mint 5%-a). Gyakori példák: kalkopirit vagy fahlorit a szuklással, arany a szilikátban vagy piritben, kalkopirit a szfaleritben, pentlandit a pirrotinban stb. A szórt fázis átlagos szemcsemérete gyakran kevesebb, mint 5 μm . Az ilyen szemcsék feltárása természetesen kivitelezhetetlen. A 4. típus elég gyakori változatában (pl. különböző rézszulfidok egymásba ágyazódásával) elfogadható lehet, ha mindkét egymásba ágyazódott fázist ugyanabba a koncentrátumba vezetjük. Ebben az esetben természetesen az egymásba nőtt fázisok ugyanabba a koncentrátumba kerülnek (Tarján, 1981).

A feltárási fok az ásvány feltárt szemcséiben lévő tömegek aránya a feltárt és összenőtt teljes tömeghez képest. Az összenövési fok az összenövésben lévő szemek tömegének aránya az összenövésben és feltárásban lévő teljes tömeghez képest (Faitli és társai, 2017).

Gyakorlati szempontból a feltártsági és összenövési fok meghatározására azért van szükség, hogy ez alapján megállapíthassuk, mekkora szemcseméretre kell aprítanunk az anyagot, hogy az kellően feltárt legyen a gazdaságos és hatékony dúsításhoz.

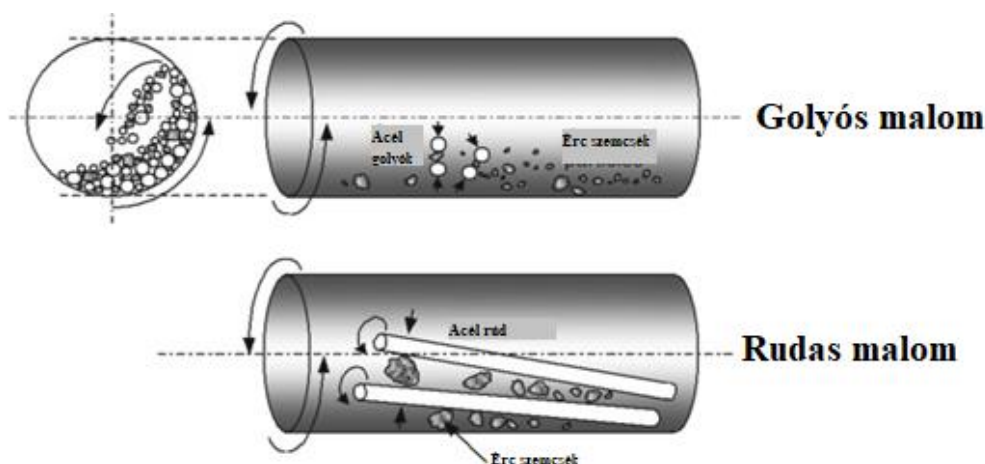
2.3. Ásvány előkészítése és feldolgozása

Az ásványi ércek aprítása általában a következő feldolgozási szakaszok előkészítő lépése. Az őrlés leggyakrabban forgó dobmalomokban történik, ahol a dob forgása által felemelt laza őrlőanyagot használnak az ércek ütés, dörzsölés és koptatás különböző kombinációi révén történő törésére a meghatározott termék előállítása érdekében (Yekeler és társai, 2003).

A dobmalomok közé tartoznak a rúd-, golyós- és csőmalomok, nagy kapacitású gépek, amelyek alkalmasak kemény és lágy anyagok száraz vagy nedves őrlésére egyaránt. A páncélozott forgó dobok részben megtöltik az őrlőtestekkel (rudakkal, golyókkal, esetleg autógen közeggel), amelyek aprítják a betáplált anyagot ütés, kopás, nyomás és ütközés útján. A rudas malomokat finom durva őrlésre használják, míg a golyósmalomok, pebble malomok, autógen malomok és csőmalomok őrlésre korlátozódnak (Tarján, 1981).

A feladást egy adagolón keresztül vezetik be a malomba, és egy kihordón keresztül pedig elvezetik. Az elvezető nyílásoknál általában egy adott méretű rács van, amely megakadályozza, hogy az őrlőtestek távozzanak az őrlés végtermékével. Az aprítási folyamatot osztályozó folyamatok követik, ahol szemcseméret szerint szétválasztjuk az anyagot. A durva terméket visszavezetjük az őrlési folyamatba, hogy az is elérje a kívánt szemcseméretet. Ezáltal létrehozunk egy zárt körfolyamatot. A körfolyamatok lényege, hogy azokat a hasznos vagy szennyező anyagokat, amelyeket még nem sikerült kellőképpen feldolgozni, megpróbáljuk újra végig vezetni a folyamatokon, ezáltal csökkentjük az anyag veszteséget és a pénz veszteséget is. A kísérletünkben felhasznált anyag osztályozására szitákat és hidrociklont használtak, majd Humphrey-féle dúsító készülékkel választották le a szennyező piritet (Tarján, 1981).

A malomok méreteire elmondható, hogy a malom hossza a golyósmalomoknál az átmérő 0,6-1,4 szerese, a rudas malomoknál pedig az átmérő 1-1,6 szorososa. Fontos megemlíteni, hogy a rudak hosszúságának akkorának kell lennie, mint a malom hossza, vagy attól valamivel kisebbnek. Amennyiben jóval kisebb ettől, akkor azt kockáztathatjuk, hogy őrlés közben egy rúd keresztbe álljon dobmalom belsőjében, ami azt eredményezné, hogy le kell állítani a folyamatot, ami idő és pénz kieséssel jár (Tarján, 1981).



2 ábra: Golyós malom és rudas malom (Forrás: <https://neumannmachinery.com/how-grinding-mills-work/>)

Általánosságban elmondható, hogy a különböző őrlési módszerek szemcseformája között egyértelmű különbség van. Ismert, hogy az anyag jellege és az alkalmazott malom típusa határozza meg a keletkező szemcsék alakját. A részecskék viselkedését meghatározó fontos paraméterek a méret, a sűrűség, a felületi tulajdonságok és az alak (Yekeler és társai, 2003).

Mivel az alak hatással van a részecskék kémiai, fizikai és felületi tulajdonságaira, az aprított termék rendeltetésszerű felhasználhatósága és a további feldolgozás sikerének mértéke a termék alakjának keverékétől függ. Mivel az alak a porok viselkedését befolyásoló tényező, a különböző malmok termékei közötti alakbéli különbség különösen fontos az ásványfeldolgozó visszanyerési rendszerek, vagy bármely olyan iparág számára, ahol részecskékről van szó. A feldolgozás során az ásványi részecskék egyre kisebbek, ebből következik, hogy felületük egyre nagyobb jelentőséget kap, ezért a felületi jellemzők és tulajdonságok egyértelműen befolyásolják a finom részecskék feldolgozását (Yekeler és társai, 2003).

Az alaki tulajdonságok, a felületi érdesség értékei és a nedvesíthetőségi jellemzők között bizonyos összefüggéseket állapítottak meg. Az eredmények azt mutatták, hogy a lapítottság és a simaság hozzájárult a hidrofóbia növeléséhez, míg a gömbölyűség és az érdesség a hidrofobicitás vagy flotálhatóság csökkenését okozta a vizsgált talkumásványoknál (Yekeler és társai, 2003).

Egy kutatás során kimutatták, rudas malommal őrlött terméknek a nyúlási és lapossági értékei magasabb, míg a golyómalommal őrlött terméknek a gömbölyűség és a relatív

szélesség értékei a magasabbak. Ez annyit jelent, hogy golyósmalom termékei kerekesebbek, míg a rudas malom termékei hosszúkásabb alakúak (Yekeler és társai, 2003).

A nedvesíthetőség növekedik, a részecskék gömbölyűségének, relatív szélességének és felületi érdességének növekedésével együtt. A nedvesíthetőséget csökkenteni lehet talkumrészecskék nyúlásának és laposságának növelésével. A hosszúkásabb és simább részecskék alacsonyabb kritikus nedvesedési felületi feszültség értékkel rendelkező részecskék, nagyobb hidrofobicitást jeleztek a malom típusától függetlenül, míg a kerekesebb és durvább felületű részecskék nagyobb nedvesíthetőséget vagy kisebb hidrofobicitást eredményezhetnek (Yekeler és társai, 2003).

2.4. Flotálás

Flotálás a mechanikai eljárás technika 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).

2.4.1. Flotálási eljárás alapjai és a technológia

A flotálásnak alapvetően két különösen fontos technikai lépcsője 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. Az újbóli flotálás során ez a szemcse a habtermékbe kerülhet (Bokányi, 2011).

2.4.2. A flotálást befolyásoló tényezők

A flotálási műveletet nagyon sok féle 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.

2.4.3. A flotáló berendezések

A flotáló készülékek olyan tartályok, amelyekben a zagynak a levegőbuborékokkal való telítése, valamint a levegőhöz és vízhez tapadó szemcsék egymástól való elkülönítése végbemegy. A flotáló készülékek egyedülálló cellák lehetnek, vagy több, azonos cella sorba kapcsolásával jöhetnek létre. A gázbuborékoknak a zagyban való létrehozására 8 lehetséges módszer van (Bokányi, 2011):

- kémiai reakcióval való gázképzés,
- forralással történő gázképzés,
- kaszkád módszer (ahol szabadon eső zagysugár 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 zagyt szuszpenzióban tartó keverőlapát közelében kerül a levegő a zagyba).

2.4.4. 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, 2011).

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 reagensek a vízben gyengén oldódó heteropoláros szénhidrogének (Bokányi, 2011).

Gyűjtőreagensek

Feladatuk a kiflotálandó anyagokat megfelelő nagyságú határszöggel ellátni. A gyűjtőreagensek olyan heteropoláros szénhidrogének, amelyek a kiflotálandó anyagok felületén szénhidrogén-bevonatot létesítenek, ezáltal azok határszöge megnő, és a levegőbuborékokhoz tapadnak. A gyűjtőreagensek 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, 2011).

Módosító reagensek

A módosító reagensek nagyrészt anorganikus vegyületek, melyekkel a gyűjtőreagensek 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, 2011).

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 reagensek az ásványok felületét a gyűjtőreagens adszorpciójára teszik alkalmassá. Az atomos oxigén szulfidos és számos nemsulfidos ásvány aktiváló reagensének tekinthető (Bokányi, 2011).

A nyomás és aktiválás mellett a pH szabályozása is a módosító reagenseknek feladata közé sorolható, ezt gyakorlatban mész (CaO), szóda (Na_2CO_3), kénsav (H_2SO_4) vagy kénessav (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, 2011).

2.4.5. 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, 2011):

- 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)

2.4.6. 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 kihozatalt. A kationaktív gyűjtőreagensek javíthatják a talk kihozatalt (Ann Bazar és társai, 2021).

Megállapítható tehát, hogy az adszorbeált reagens mennyisége befolyásolja a talkum kihozatalát, különösen azokban az esetekben, ahol hidrofóbbá 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 reagensok

A habképző reagensok 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 reagensok (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, mind 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 nyomóreagenssekkel 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).

2.5. Talk őrlési körülményei és azok eredményei

Rácz Ádám és társai ezen projekt keretein belül végezték az alábbi kísérletet. Erre azért volt szükség, hogy megállapítsák, hogy milyen hatással van a talk szemcsék őrlésére, ha rudasmalomról golyósmalomra állnak át a Gemerska Poloma előkészítőműben. Az őrlési technológia váltására azért van szükség, mert a rudasmalomban, amikor a rúd töltetek elkopnak és szükséges a cseréjük, akkor le kell állítani az őrlési üzemegységet, amely idő és pénz veszteséggel jár. Ezzel szemben a golyósmalommal való őrlésnél az elkopott őrlőttesteket pótolni lehet a feladással együtt működés közben.

A golyós- és rudas malom őrlés összehasonlítását a tanszéken laboratóriumi őrlési kísérletek alapján végezték Rácz Ádám és társai. Az őrlési kísérleteket egy 300 mm átmérőjű, 600 mm hosszúságú dobmalomban végezték (3. ábra). A malom bélése sima. A kísérletek során golyós és rúdtöltetet alkalmaztak ugyanabban a malomban, ahol a töltet súlya azonos volt. A rúdtöltet átmérője és tömege a 1. táblázatban látható. A golyós töltet átmérője és tömege a 2. táblázatban látható. A kísérletek során a malmot 46 fordulat/perc fordulatszámra működtették. Az $e=0,6$ értéket azért alkalmaztuk, mert az ipari rudas malom ezzel az e értékkel működött. Az őrlési kísérleteket nedves üzemmódban végezték, a szuszpenzió koncentrációja 0,408 m/m% volt. Az őrlés után a szuszpenziót 315 μm -nél szitálták, a 315 μm -nél nagyobb frakciót szárították és tovább szitálták a durva frakció kumulatív alsó méretének meghatározásához. A 315 μm -nél kisebb frakció szemcseméret-eloszlását statikus lézerdiffrakciós méréssel határozták meg egy Horiba-LA950v2 berendezésben. (Mucsi és Rácz, 2021)



3. ábra. Laboratóriumi dobmalom (Forrás: Mucsi és Rácz, 2021)

1. táblázat Golyós töltet paraméterei (Forrás: Mucsi és Rácz, 2021)

Golyók átmérője (mm)	Golyók tömege (g)
45	6563,4
38	18429,7
35	2326,3
30	9469
26	1302,5
24	671
15	3239,7
Σ 42001,6	

2. táblázat Rudas töltet paraméterei (Forrás: Mucsi és Rácz, 2021)

Rúd méretek	Rudas tömege (g)
38,1 mm*530 mm	6*4800
44,5 mm *530 mm	2*6600
Σ 42000	

A golyós és rudas őrlésű minták jellemző szemcseméretei, 5, 10, 20 és 30 perces őrlés után a 3. táblázatban láthatóak. Az x_{10} -es értékek alapján a rúdmalom durvább terméket állított elő az 5, 10, 20 perces őrlés során, a 30 perces őrlés utáni eredmények megegyeznek. Az x_{50} , x_{80} és x_{90} értékek alapján jelentős különbség mutatható ki a golyós és a rúdőrlés termékei között (Mucsi és Rácz, 2021).

3. táblázat. Jellemző szemcseméretetek összehasonlítása (Forrás: Mucsi és Rácz, 2021)

Örlési idő (perc)		Jellemző szemcseméretetek			
		x ₁₀ (μm)	x ₅₀ (μm)	x ₈₀ (μm)	x ₉₀ (μm)
5	golyósmalom	12	200	6000	9000
	rudas malom	15	315	1000	3000
10	golyósmalom	9	63	3150	7000
	rudas malom	10	150	1400	5000
20	golyósmalom	8	23	140	6300
	rudas malom	8.5	28	120	400
30	golyósmalom	7	18	85	6000
	rudas malom	7	18	60	200

Az eredmények alapján a golyósmalom lényegesen finomabb terméket állított elő, mint a rudas malom, különösen rövidebb (5, 10, 20 perc) örlési idők mellett.

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.

3.1.1. A talk kémiai elemzése

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.

4. táblázat: Különböző őrlőtestekkel őrlött talk kémiai elemzése (Forrás: szerző saját szerkesztése)

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	2,75	0,31	2,72	0,45	19,21	59,25	99,3
1R	rudas	10	43,17	29,6	2,97	0,31	2,76	0,40	12,62	78,75	91,8
3G	golyós	20	40,51	29,71	3,05	0,34	2,91	0,86	19,86	61,32	97,3
3R	rudas	20	39,25	27,62	3,19	0,34	2,89	0,45	21,64	50,31	95,4
4G	golyós	30	37,67	29,91	3,13	0,30	3,08	0,74	20,68	62,31	95,5
4R	rudas	30	39,25	28,1	3,39	0,32	3,07	0,59	22,13	48,65	96,9

3.1.2. Sűrűségmérés

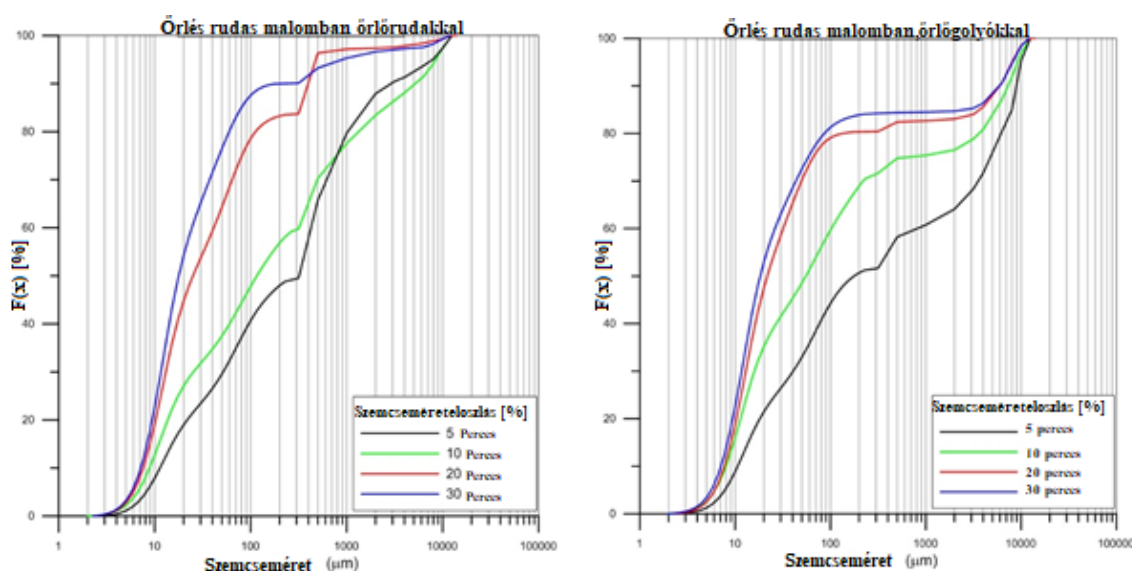
Elsőként az eredetileg kapott minták sűrűségét mértük meg piknométer segítségével, és az alábbi táblázatban látható eredményeket kaptuk.

5. táblázat: Piknométeres sűrűségmérés eredménye (Forrás: szerző saját szerkesztése)

Sűrűség	1G	1R	2G	2R	3G	3R	4G	4R
ρ [g/cm ³]	2,83	2,79	2,73	2,83	2,81	2,85	2,78	2,77

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

3.1.3. Szemcseeloszlások



4. ábra: Az őrlési időtartam hatása a szemcseeloszlásra (Forrás: Mucsi és Rácz, 2021)

A szemcseeloszlás diagramokról leolvasható, hogy a rudas és golyós malmi 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 malmi 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

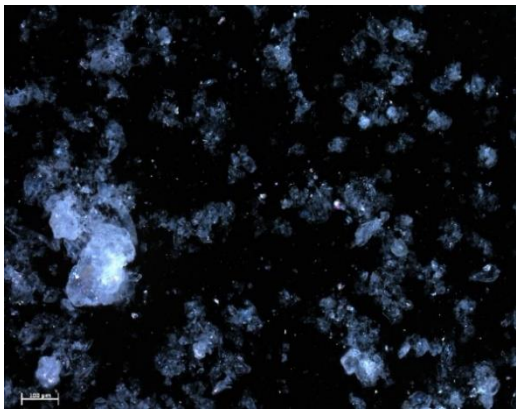
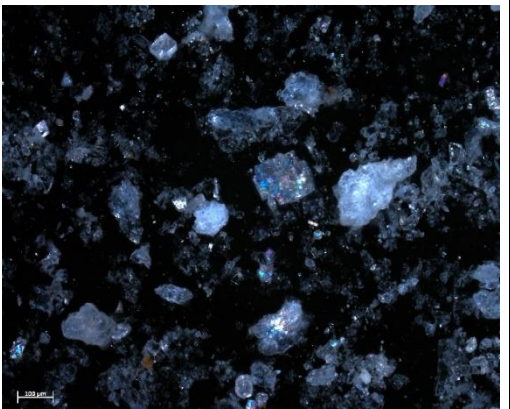
örlés esetén van különbség a rudas és golyós őrlésnél, a többi őrlés esetén minimálisnak mondható.

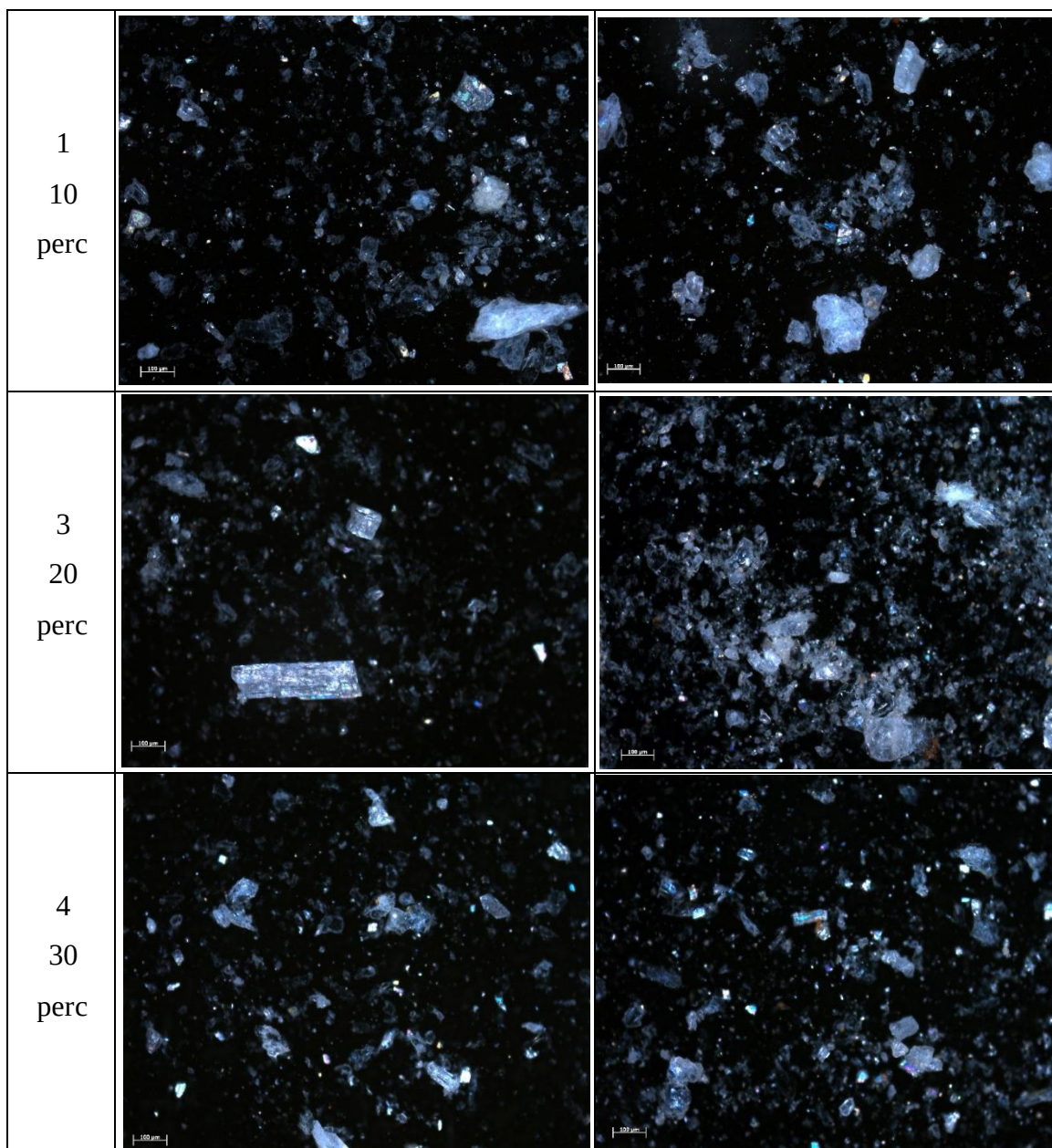
A 100 μm feletti szemcséket tekintve kiderül, hogy sokkal több rudakkal őrlött szemcse tartozik ebbe a tartományba, azaz a rudas őrlés végterméke „durvább”, mint a golyós őrlésé.

3.1.4. 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.

6. táblázat: Mikroszkópos képek a flotációs feladási anyagokról (Forrás: szerző saját szerkesztése)

Őrlés minta száma/ ideje	Rudas őrlés	Golyós őrlés
2 5 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 illesztettem.

3.1.6. Feltártsági és összenövési fok számítás

A vizsgálatot alapvetően mikroszkóppal végzik, úgyhogy végig pásztázzuk a felületet, meghatároztuk, hogy az egyes szemcsék hány százalékban tartalmaznak ércet, majd ezeket egy táblázatban feljegyeztük.

Ebben az esetben ilyen módon nem lehetett egyértelműen meghatározni egy-egy szemcsék az anyag finomsága miatt. Az anyag finomsága miatt a szemcséket nem lehetett szétválasztani egymástól, így nem lehetet megállapítani, hogy egy nagy szemcsét látunk a mikroszkópba vagy több egymáson elhelyezkedő, összetapadt szemcsét. Annak érdekében, hogy egyértelműen kijelenthető legyen, hogy az anyag kellőképpen feltárt, szabad szemmel megvizsgáltam az 1 mm-nél nagyobb frakciókat. A vizsgálat során megállapítottam, hogy egyes szemcsék hány százaléka tartalmaz talkot és hogy milyen arányban található bennük pirit szemcse. A Mechanikai Eljárástechnikai Praktikumban (Faitli és társai, 2017) található számítási módszert használva elkészítettem az alábbi táblázatot és kiszámoltam az összenövési fokot, valamint a feltártsági fokot. A vizsgálatokat 12,5-1 mm közötti szemcseméret tartományban végeztem el. Számításaim során vannak olyan frakciók, amelyekben nem volt önállóan feltárt pirit szemcse, emiatt a számítások során torz értékek is születtek, amelyeket a mellékletben látható táblázatokban megfigyelhetők.

7. táblázat: Feltártsági fok számítás segédtáblázat (30 perces rudas őrlés 1-2 mm közötti szemcseméret) (Forrás: szerző saját szerkesztése)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_δ -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_δ összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_δ	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		94							2,16	91,84	247,97	88,74	3,92	92,66	4,23	95,77
	Pirit		4							0,11	3,89	19,43	6,95	0,38	7,34	5,21	94,79
	Összesen		98								95,73		95,70		100,00		
Összenőtt	Talk	95	2	1,9	95	2,14	4,27	4,06	2,16			10,96	3,92				
	Pirit							0,21	0,11			1,07	0,38				
	össz. (n_δ):		2														
Σ			100					4,27				279,43	100,00				

További táblázatok a mellékletben találhatóak.

A táblázat kitöltésének lépései:

1. Külön csoportosítva feljegyeztem a feltárt (n_f) és összesített (n_{δ}) szemcsék számát (1. oszlop) ásvány fajtánként (2. oszlop).
2. Feltárt szemcséknél a darabszám, összesítésben lévőknél az egyik (hasznos) ásvány területhányada (3. oszlop) (feljegyeztem hány darab van x % területhányadból, hány db y % területhányadból).
3. A szemcsék teljes vizsgálata után összegzem a feltárt (n_f) és összesített (n_{δ}) szemcsék számát (4. oszlop).
4. Az összesített szemcsékből kiszámítottam az egyenértékű szemcsék számát (n_e) a területhányadok összegzése alapján (5. oszlop) (azaz hány db 100%-os szemcsét tudnánk összeállítani a különböző területhányadokból).
5. Hasznos ásvány %-os területaránya az összesítésben (u) (6. oszlop):

$$u = \frac{n_e}{n_{\delta}} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

6. Az összesített szemcsék számát a „láthatatlan” összesítések miatt „k” korrekciós tényezővel növeltem meg. Értéke (7. oszlop) a hasznos ásvány %-os területhányadának (u) függvényében diagramról leolvasható, vagy számolható:

$$k = \frac{100}{6 \cdot \sqrt[3]{u \cdot (100 - u)}} \quad (2)$$

7. A korrigált összesített szemcsék száma (n_k) (8. oszlop):

$$n_k = k \cdot n_{\delta} \quad (3)$$

8. Ásványonként is szétbontható az összesítés %-os értékének (u) megfelelően:
Két ásvány esetén itt az (9. oszlop):

1. ásványra: n_{k1} = korrigált összesített talk szemcsék száma

$$n_{k1} = n_k \cdot u \quad (4)$$

2. ásványra: n_{k2} = korrigált összesített pirit szemcsék száma

$$n_{k2} = n_k \cdot (100 - u) \quad (5)$$

9. Így növekmény képződik az összesített szemcsékben ($\Delta n_{n\delta}$) (10. oszlop), mely az 1. és 2. ásványra:

$$\Delta n_{n\delta 1} = n_{k1} - n_e \quad (6)$$

$$\Delta n_{n\delta 2} = n_{k2} - (n_{\delta} - n_e) \quad (7)$$

10. A 10. oszlopból ásványonként összeadom, a feltártakhoz írom ásvány fajtánkként az összeget (11. oszlop: több ásványnak megfelelően, ásvány fajtánkként összegzett növekmények).

11. A növekményeket levontam a feltárt szemcsékből, és megkaptam a feltárt szemcsék helyesbített számát (n'_f) (12. oszlop):

$$n'_{f1} = n_{f1} - \Delta n_1 \quad (8)$$

$$n'_{f2} = n_{f2} - \Delta n_2 \quad (9)$$

Így az értékelt szemcsék száma ugyanaz, csak a feltárt szemcséké csökkent az összesítőtekéhez képest.

12. A szemcsék számának a megfelelő sűrűségekkel való szorzatait képezzük (13. oszlop), mind a helyesbített feltárt.

$$n'_{f1} \cdot \rho_1 \text{ és } n'_{f2} \cdot \rho_2 \quad (10)$$

13. A szemcsék számának a megfelelő sűrűségekkel való szorzatait ásványonként helyesbített számú összesített szemcsékre vonatkozólag is elvégeztem.

$$n_{k1} \cdot \rho_1 \text{ és } n_{k2} \cdot \rho_2 \quad (11)$$

14. Meghatároztam a tömegszázalékokat (14. oszlop) a feltárt és összesített szemcsékre (m_f) (adott ásványi rész tömege/összes szemcsetömeg $\cdot 100$).

Feltárt szemcsékben 1. ásvány (érc) tömeg %-a (m_{f1}):

$$m_{f1} = \frac{n'_{f1} \cdot \rho_1}{n'_{f1} \cdot \rho_1 + n_{k1} \cdot \rho_1} \cdot 100 [\%] \quad (12)$$

2. ásvány (meddő) tömeg %-a (m_{f2}):

$$m_{f2} = \frac{n'_{f2} \cdot \rho_2}{n'_{f2} \cdot \rho_2 + n_{k2} \cdot \rho_2} \cdot 100 [\%] \quad (13)$$

(A nevezőben lévő érték az összes, táblázatban 13. oszlop alul szummázott értéke.)

Összesített szemcsékben 1. ásvány tömeg %-a ($m_{\delta 1}$):

$$m_{\delta 1} = \frac{n_{k1} \cdot \rho_1}{n'_{f1} \cdot \rho_1 + n_{k1} \cdot \rho_1} \cdot 100 [\%] \quad (14)$$

2. ásvány (meddő) tömeg %-a ($m_{\delta 2}$):

$$m_{\delta 2} = \frac{n_{k2} \cdot \rho_2}{n'_{f2} \cdot \rho_2 + n_{k2} \cdot \rho_2} \cdot 100 [\%] \quad (15)$$

Ha ugyanaz az ásvány több összesítésben fordul elő, ásványfajtánként összegezzük csak az összesítésben előforduló ásványok tömegszázalékait ($\sum m_{\delta i}$).

15. Összenövési fok (Ö) (17. oszlop):

$$\ddot{O}_1 = \frac{m_{\ddot{o}1}}{m_{f1} + \sum m_{\ddot{o}1}} \cdot 100 [\%] \quad (16)$$

$$\ddot{O}_2 = \frac{m_{\ddot{o}2}}{m_{f2} + \sum m_{\ddot{o}2}} \cdot 100 [\%] \quad (17)$$

16. Feltártsági fok (F) (18. oszlop) 1. ásványra:

$$F_1 = \frac{m_{f1}}{m_{f1} + \sum m_{\ddot{o}1}} \cdot 100 [\%] \quad (18)$$

$$F_2 = \frac{m_{f2}}{m_{f2} + \sum m_{\ddot{o}2}} \cdot 100 [\%] \quad (19)$$

A két érték összege 100 %, mert a szemcsék vagy feltárásban vagy összenövésben vannak.

$$F_1 + \ddot{O}_1 = 100 [\%] \text{ (érc)} \quad (20)$$

$$F_2 + \ddot{O}_2 = 100 [\%] \text{ (meddő)} \quad (21)$$

Talk sűrűsége: $\rho_1 = \text{kb. } 2,74 \text{ kg/dm}^3$

Pirit sűrűsége: $\rho_2 = \text{kb. } 5 \text{ kg/dm}^3$

A táblázat oszlopai közötti összefüggések:

9. oszlop összenőtt összegzés + 12. oszlop feltárt összegzés = 12. oszlop legalsó összegzés.

11. oszlopba a 10. oszlop összenőtt értékei ugyanaz.

13. oszlop legalsó összegzés / 13. oszlop egyes komponensek = 14. oszlop egyes komponensek.

15. oszlop értékei a 14. oszlop egyes komponensei kicsoportosítva, ennek összege = 15. oszlop összenőtt összegzése.

16. oszlop értékei a 13. és 14. oszlopok értékeinek összege komponensenként.

17. oszlop értékei egyenlő 15. oszlop és 16. oszlop értékeinek hányadosai komponensenként.

18. oszlop értékei egyenlő 100-ból kivonjuk a 15. oszlop értékeit, vagy 14. oszlop és a 16. oszlop hányadosa komponensenként.

A számítások alapján megkapott feltártsági fokokat összegeztem táblázatokban, majd azokat diagrammokon ábrázoltam.

8. táblázat 30 perces őrlés feltártsági fokának ábrázolása

(Forrás: szerző saját szerkesztése)

30 perces őrlés feltártsági értékei		
Szemcseméret tartomány	Golyós	Rudas
1-2	96,40	95,77
2-3,15	93,88	83,33
3,15-4	70,18	67,68
4-6,3	68,81	59,10
6,3-8	53,97	62,46
8-10	40,92	48,36
10-12,5	21,96	0,60

9. táblázat 20 perces őrlés feltártsági fokának ábrázolása

(Forrás: szerző saját szerkesztése)

20 perces őrlés feltártsági értékei		
Szemcseméret tartomány	Golyós	Rudas
1-2	87,32	89,63
2-3,15	82,81	66,99
3,15-4	67,52	63,67
4-6,3	51,21	72,92
6,3-8	45,61	36,78
8-10	21,89	-18,71
10-12,5	34,84	41,42

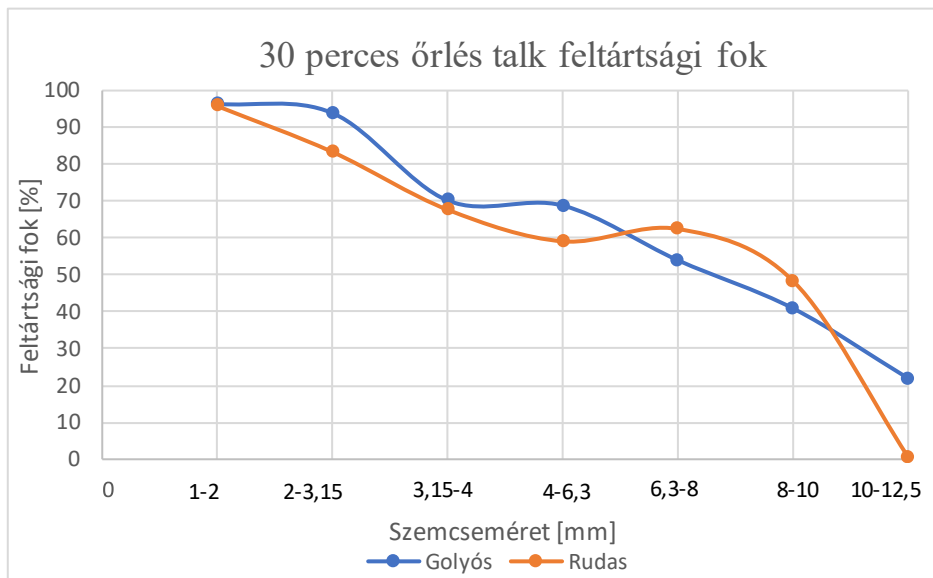
10. táblázat 10 perces őrlés feltártsági fokának ábrázolása

(Forrás: szerző saját szerkesztése)

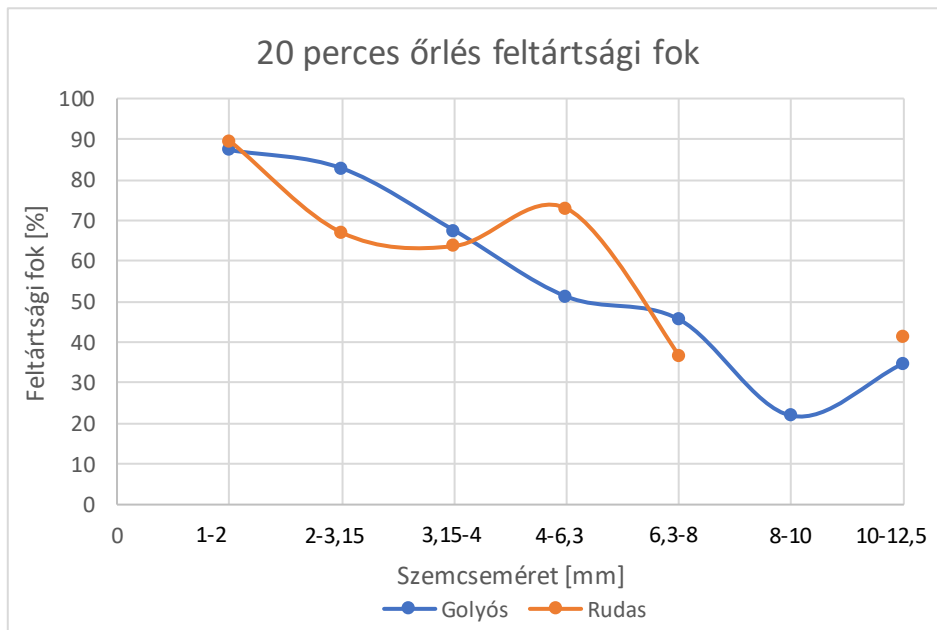
10 perces őrlés feltártsági értékei		
Szemcseméret tartomány	Golyós	Rudas
1-2	86,98	87,08
2-3,15	66,38	63,17
3,15-4	67,71	63,43
4-6,3	58,71	62,71
6,3-8	50,90	45,88
8-10	37,60	44,61
10-12,5	53,97	34,24

11. táblázat: A feltártsági fokok ábrázolása különböző őrlési idők függvényében
(Forrás: szerző saját szerkesztése)

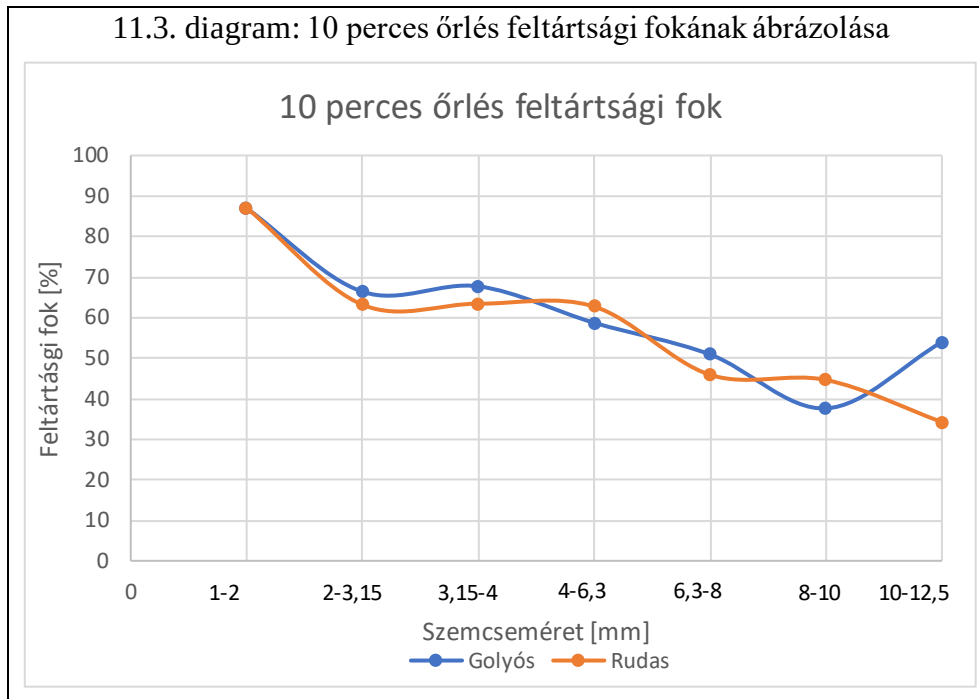
11.1. diagram: 30 perces őrlés talk feltártsági fokának ábrázolása



11.2. diagram: 20 perces őrlés feltártsági fokának ábrázolása



11.3. diagram: 10 perces őrlés feltártsági fokának ábrázolása



A fenti diagrammokon látszik, hogy a szemcseméret és a feltártsági fok között fordított arányosság van és a szemcseméret csökkenésével a feltártsági fok értéke növekszik. A kapott kísérleti adatokból szépen leolvasható, hogy a rudas és a golyós malmi őrlés között a legfinomabb szemcsetartományban elhanyagolható a különbség. A különböző őrlési idők esetén látszik, hogy a 30 perces őrlés esetén a legnagyobb a talk feltártsági foka, 95% feletti értékekkel. Ezeken kívül általánosságban elmondható, hogy a 30 és a 20 perces őrlés esetén a golyós malmi őrlés nagyobb összfeltártságot tud biztosítani durvább szemcseméret tartományokban. A 10 perces őrlés esetén pedig nincs számottevő különbség a két különböző őrlés között.

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.



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



6. 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.



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

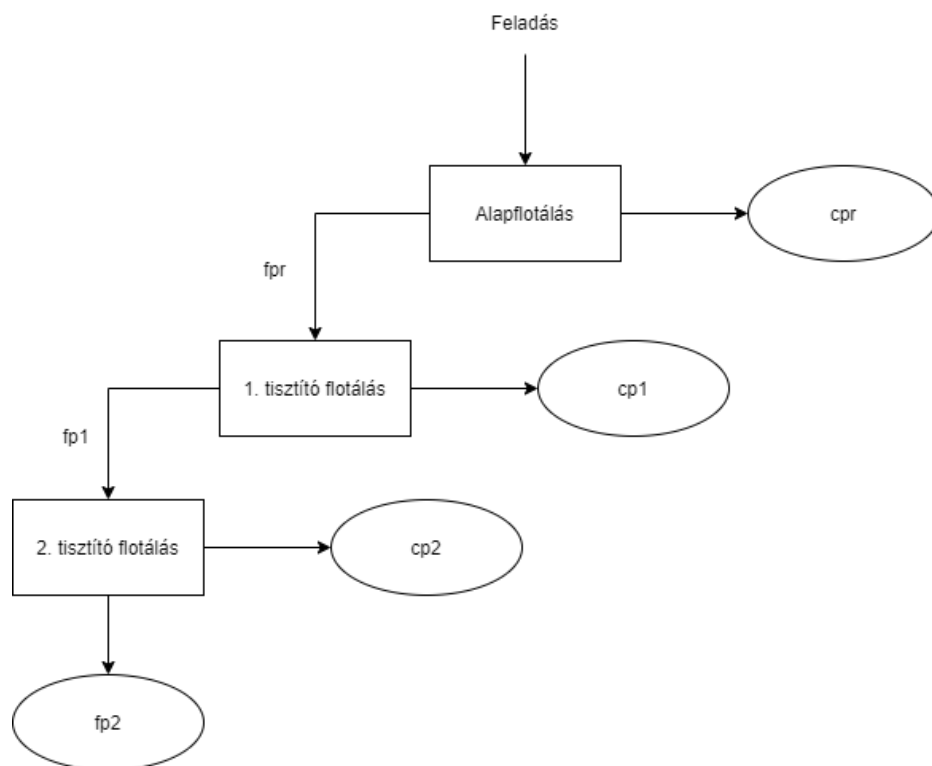


8. ábra: A 3 literes flotáló berendezés reagens adagolása, azaz kondicionálás közben (Forrás: saját fénykép)

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 feltártsága 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.



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

12. táblázat: Jelmagyarázat a 9. ábra rövidítéseire (Forrás: szerző saját szerkesztése)

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

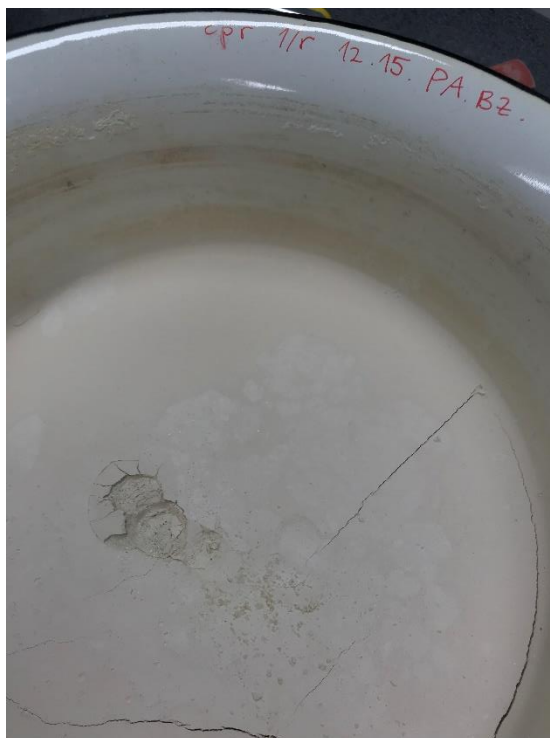
tisztító flotáláshoz 1,5 mL került. A kondicionálás időtartamán nem változtattunk. A kihozatali eredmények alapján látszott, hogy ezeken a paramétereken változtatnunk kell.

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.

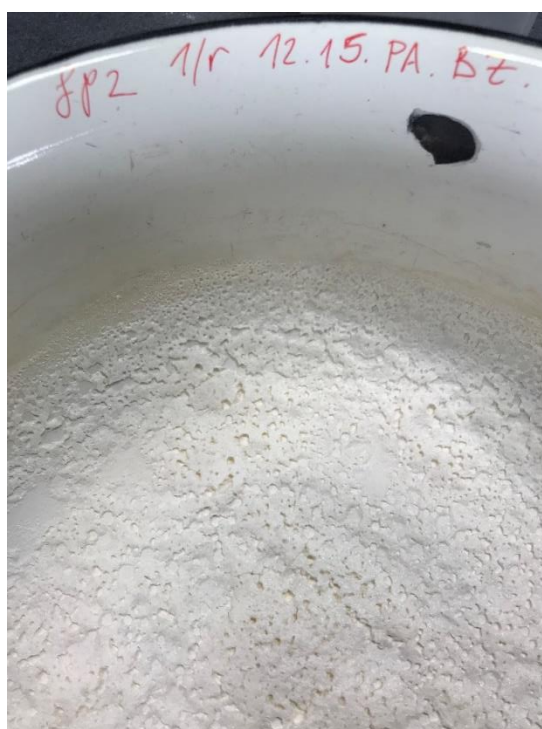
Az alapflotálás során 2 percig kevertük a talkot a vízzel, majd 4,65 mL reagens hozzáadása után 2 perc kondicionálás következett. Ezt követte a 10 perces flotálás, amikor a negyedik percben újabb 4,65 mL reagenst adtunk a rendszerbe. Az első tisztító flotálás 2 perc keverésből és 5 perc flotálásból állt, 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.



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



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



12. 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

3.5.1. Kémiai elemzés

Szlovákiában különböző kémiai vizsgálatokat végeztek el a flotálás termékeinek mintáin, melynek eredményeképpen megkaptuk a flotálási termékek SiO₂, MgO, CaO, Al₂O₃, Fe₂O₃, S százalékos tartalmát, az izzítási veszteséget 1050°C-on (LOI 1050°C), illetve a mért talktartalmat is.

13. táblázat: Flotációs termékek kémiai elemzési adatai (Forrás: szerző saját szerkesztése)

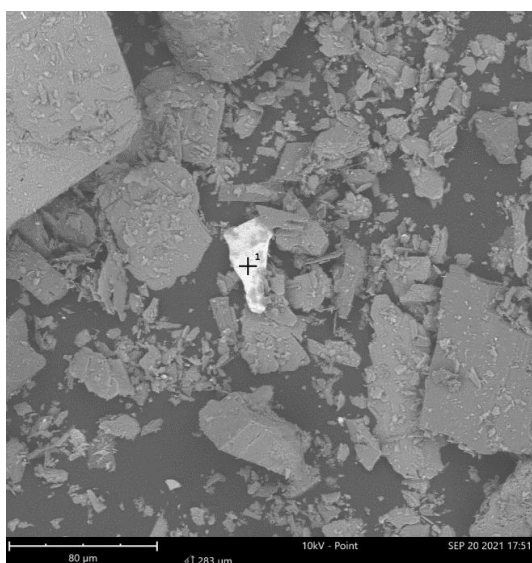
			SiO ₂ [%]	MgO [%]	CaO [%]	Al ₂ O ₃ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	S [%]	LECO	LOI 1050 [°C]	Talc [%]
33R	20 perces rudas őrlés (3l)	cpr	29,15	26,40	4,87	0,43	3,84	1,04	7,42	27,40	36,53
34R		cp1	49,79	29,46	1,86	0,28	2,07	0,31	2,54	12,77	79,32
35R		cp2	55,26	33,13	0,78	0,21	1,55	0,13	0,63	6,83	93,07
36R		fp2	57,63	33,38	0,31	0,18	1,26	0,03	0,17	5,29	96,78
45R	30 perces rudas őrlés (3l)	cpr	26,57	27,45	5,33	0,55	4,38	1,24	8,08	30,26	28,64
46R		cp1	51,05	30,16	1,52	0,28	1,98	0,20	2,22	11,77	83,16
47R		cp2	54,52	33,19	0,80	0,21	1,66	0,20	0,68	7,02	92,50
48R		fp2	57,33	33,95	0,29	0,16	1,35	0,03	0,18	5,39	96,56
33G	20 perces golyós őrlés (3l)	cpr	22,34	28,51	5,29	0,43	4,67	0,77	8,12	32,40	26,92
34G		cp1	49,49	30,57	1,69	0,34	2,09	0,36	2,22	15,02	70,49
35G		cp2	53,69	33,45	0,81	0,24	1,77	0,16	0,81	8,12	90,65
36G		fp2	57,14	33,58	0,27	0,17	1,33	0,05	0,17	5,51	96,74
45G	30 perces golyós őrlés (3l)	cpr	19,49	28,71	5,59	0,40	5,11	1,29	8,87	30,47	39,34
46G		cp1	44,38	29,71	2,24	0,30	2,49	0,56	3,27	12,04	80,49
47G		cp2	52,13	32,64	0,90	0,21	1,97	0,21	1,05	7,52	91,31
48G		fp2	56,41	32,90	0,31	0,16	1,45	0,07	0,20	5,45	96,67
2529G	20 perces golyós őrlés (1l)	cpr	30,33	28,75	4,73	0,53	4,07	0,84	7,13	27,29	38,94
2630G		cp1	51,38	30,12	1,42	0,26	1,83	0,25	1,59	10,06	86,51
2731G		cp2	54,43	32,53	0,99	0,18	1,57	0,11	0,66	6,85	92,87
2832G		fp2	56,46	31,43	0,39	0,15	1,32	0,05	0,26	5,54	96,22
3741G	30 perces golyós őrlés (1l)	cpr	24,12	28,54	5,19	0,41	4,60	1,32	7,99	30,06	36,91
3842G		cp1	48,25	30,27	1,83	0,27	2,18	0,49	2,22	12,17	81,75
3943G		cp2	56,17	31,82	0,42	0,16	1,47	0,10	0,93	7,82	92,08
4044G		fp2	52,53	32,17	1,03	0,23	1,86	0,19	0,31	5,87	93,70
2529R	20 perces rudas őrlés (1l)	cpr	25,61	26,51	5,60	0,42	4,56	0,61	8,56	31,50	22,10
2630R		cp1	51,18	29,29	1,39	0,30	1,73	0,15	1,71	9,93	86,05
2731R		cp2	53,95	29,95	1,05	0,19	1,53	0,12	0,81	7,20	92,20
2832R		fp2	56,16	30,44	0,40	0,18	1,33	0,06	0,38	5,87	95,43
3741R	30 perces rudas őrlés (1l)	cpr	21,04	28,04	5,78	0,45	4,96	1,79	8,89	32,77	28,59
3842R		cp1	49,63	29,55	1,72	0,36	1,96	0,27	2,02	11,31	83,23
3943R		cp2	53,05	30,04	1,00	0,20	1,69	0,13	0,94	7,71	90,99
4044R		fp2	55,72	30,39	0,43	0,15	1,42	0,06	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.

3.5.2. Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálat

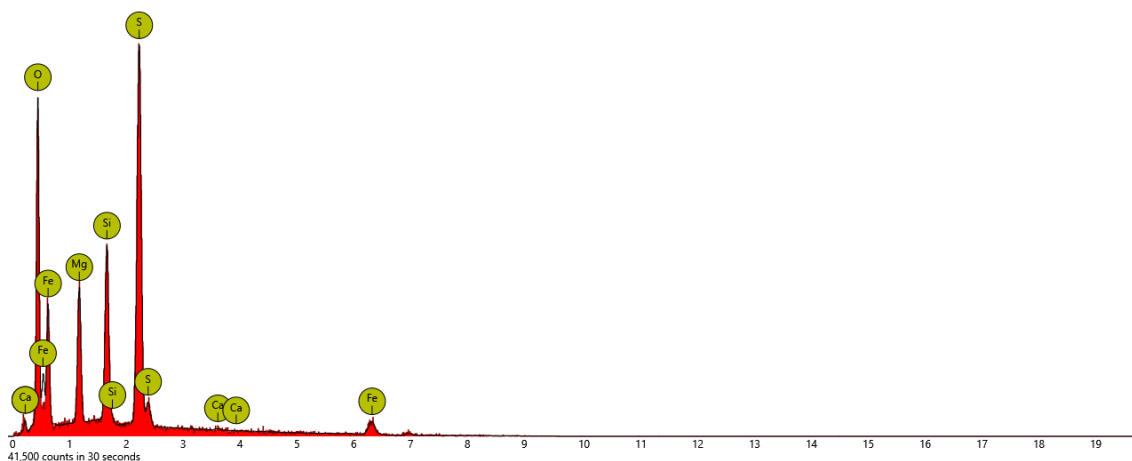
Pásztázó elektronmikroszkóp (Scanning Electron Microscope, röviden SEM) használatához is kaptunk segítséget, a műszer arra szolgált, hogy megismerjük az anyagot alkotó elemeket. A következő oldalakon található két ilyen kimutatás, melyek ugyanannak a flotálásnak az első cellamaradékáról és a végső habtermékéről 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 cellamaradékokban voltak érzékelhetőek. Ebből azt a következtetést tudjuk levonni, hogy sikeres volt a flotálás.

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

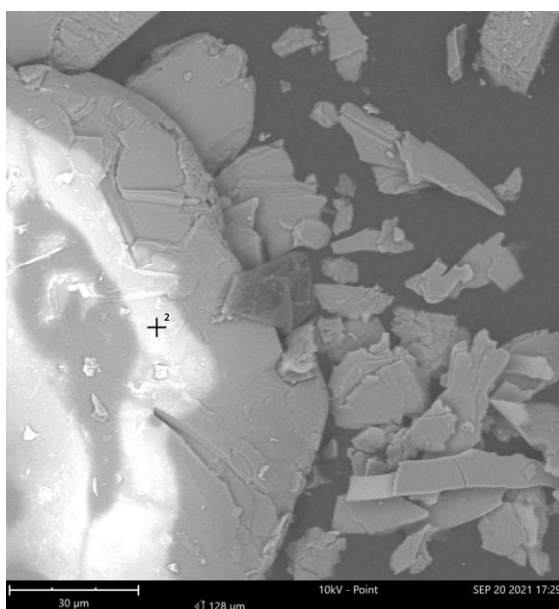


Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
16	S	Sulfur	29.48	34.96
8	O	Oxygen	41.13	24.34
26	Fe	Iron	10.90	22.52
14	Si	Silicon	10.27	10.67
12	Mg	Magnesium	8.04	7.23
20	Ca	Calcium	0.18	0.27

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

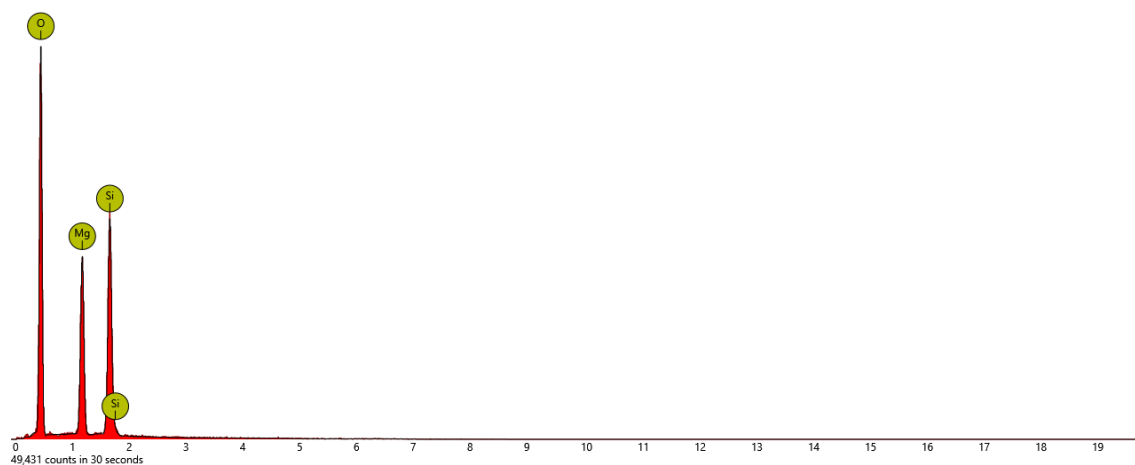


2. kimutatás: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék



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



További kimutatások a Mellékletekben láthatóak.

3.5.3. Zéta-potenciál mérés

14. táblázat: A talk zéta-potenciáljának változása, rudas és golyós malmi őrlés után, Aerofroth 70 jelenlétében és nélküle (Forrás: Békési, 2021)

	pH	Vezetőképesség, μS	zéta-potenciál, mV
Rudas őrlés utána a talk	8,77	8	-15,94
Rudas őrlés utána a talk + Aerofroth70	8,27	7	-23,34
Golyós őrlés utána a talk	8,37	12	-12,50
Golyós őrlés utána a talk + Aerofroth70	7,92	14	-23,59

A táblázat alapján megállapítható, hogy van különbség a talkum zéta-potenciáljában a rúd- és golyós őrlés függvényében. A rúdőrés után negatívabb lesz a szemcsék felülete. Korábbi megállapítások alapján látszik, hogy nincs különbség a rudas és golyós őrlés között az összfeltártság viszonylatában. Tehát a zéta-potenciál különbség a két különböző őrlés között a lap/él arány eltérése miatt adódik. Azonban, amikor a talkhoz Aerofroth 70 adunk, a szemcsék zéta-potenciál jelentősen megváltozik a reagens nélküli zéta-potenciálhoz képest mindkét őrlőközeg esetében. Ez azt jelenti, hogy a reagens adszorbeál a talkum felületén, és ezáltal a két őrlőközeggel előállított szemcsék zéta-potenciálja egyenlővé válik (Békési, 2021).

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.

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

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

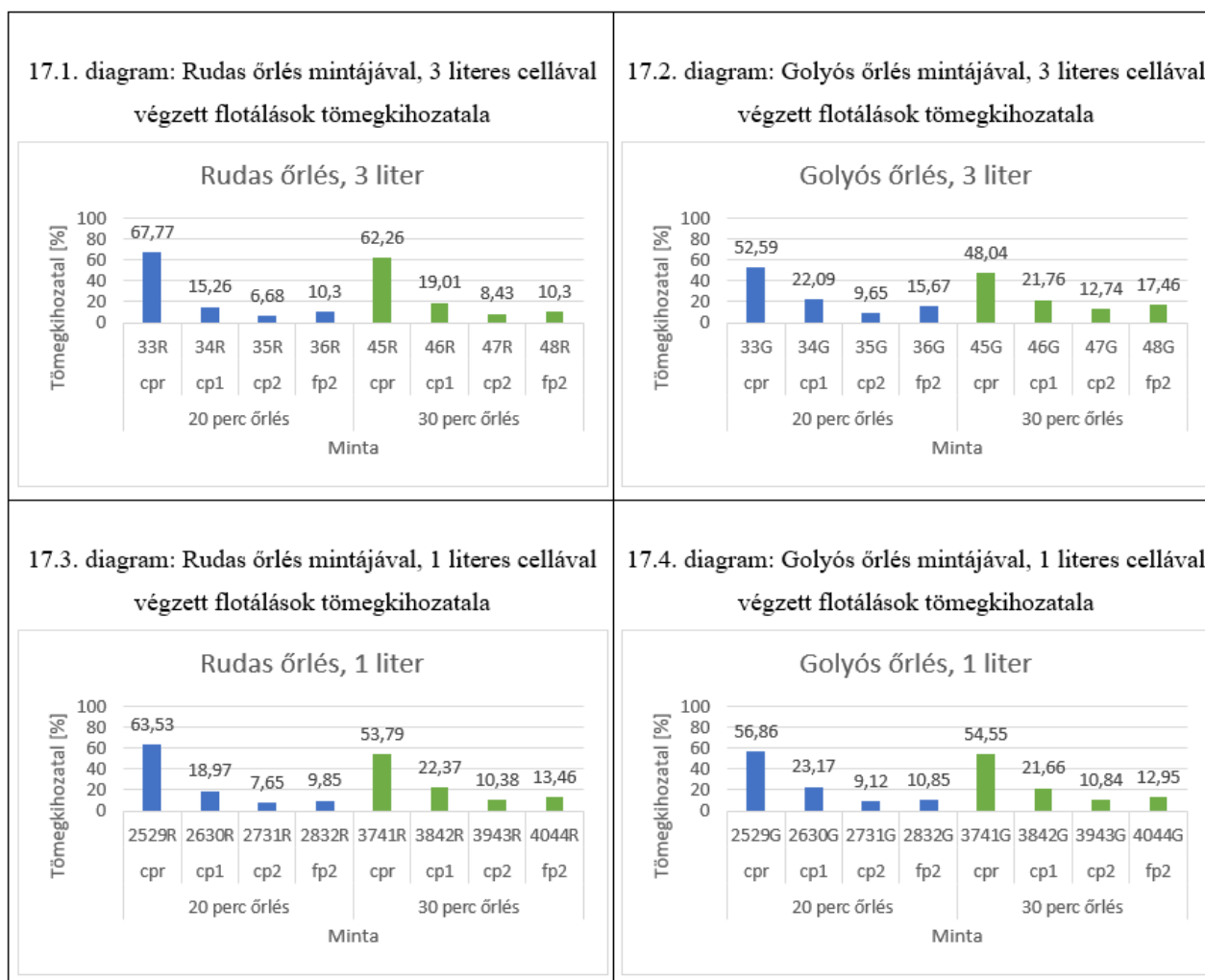
A 20, illetve 30 percig őrölt talkkal végzett második flotálási kísérleti sorozat után már elég termék keletkezett ahhoz, hogy Szlovákiában átfogó kémiai vizsgálatokat tudjanak végezni. Számítások után az alábbi értékeket kaptuk.

16. táblázat: Tömegkihozatal, talktartalom és talkkihozatal a második flotálási kísérleti sorozat után (Forrás: szerző saját szerkesztése)

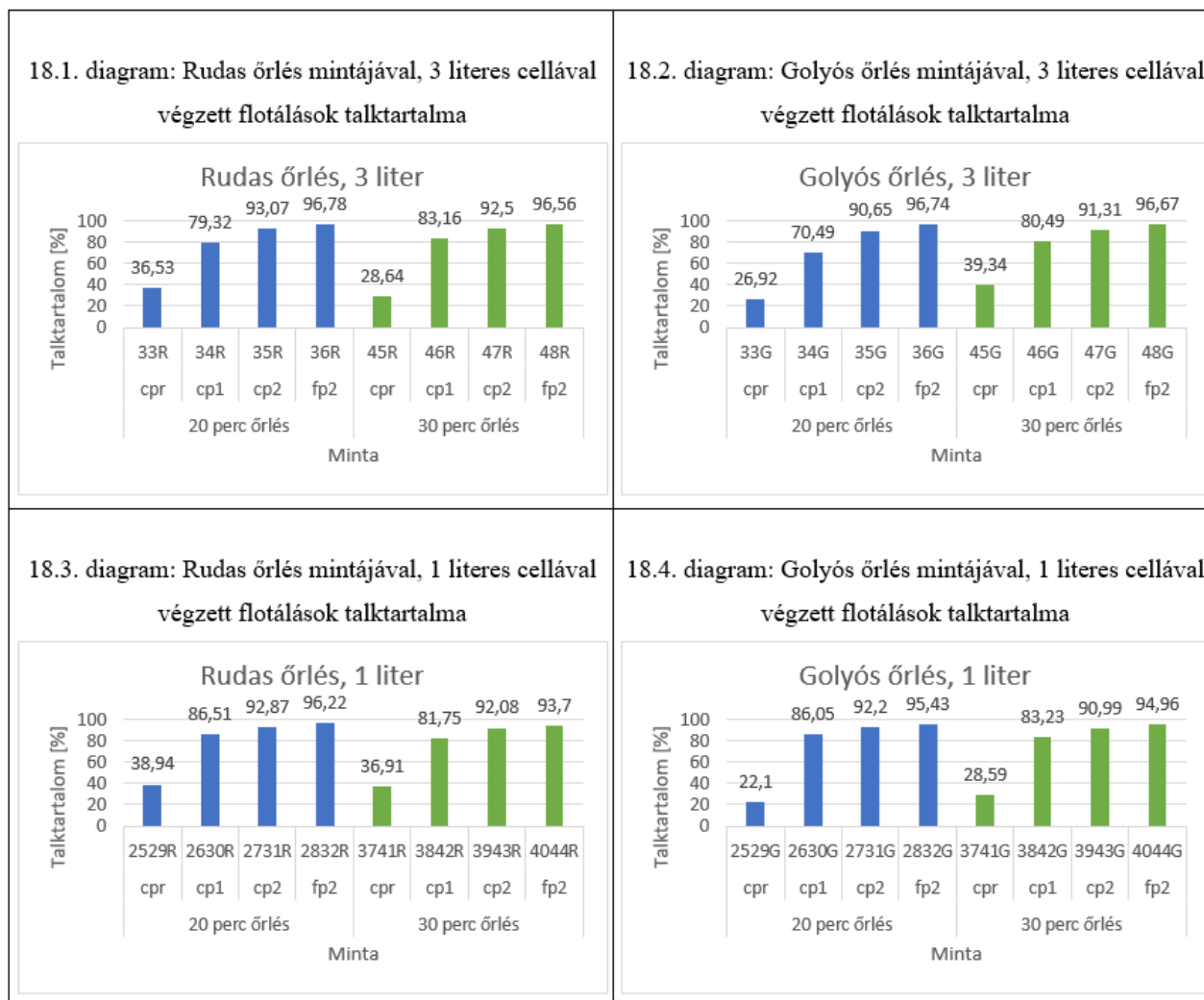
		Minta neve	Tömegkihozatal [%]	Talktartalom [%]	Talkkihozatal [%]
3R 3L	cpr	33R	67,77	36,53	46,67
	cp1	34R	15,26	79,32	22,82
	cp2	35R	6,68	93,07	11,72
	fp2	36R	10,30	96,78	18,79
Σ			100,0	53,04	100,0
4R 3L	cpr	45R	62,26	28,64	34,70
	cp1	46R	19,01	83,16	30,76
	cp2	47R	8,43	92,50	15,18
	fp2	48R	10,30	96,56	19,36
Σ			100,0	51,39	100,0
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
Σ			100,0	53,64	100,0
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
Σ			100,0	64,93	100,0
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
Σ			100,0	57,73	100,0
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
Σ			100,0	60,31	100,0
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
Σ			100,0	51,27	100,0

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
Σ			100,0	55,78	100,0

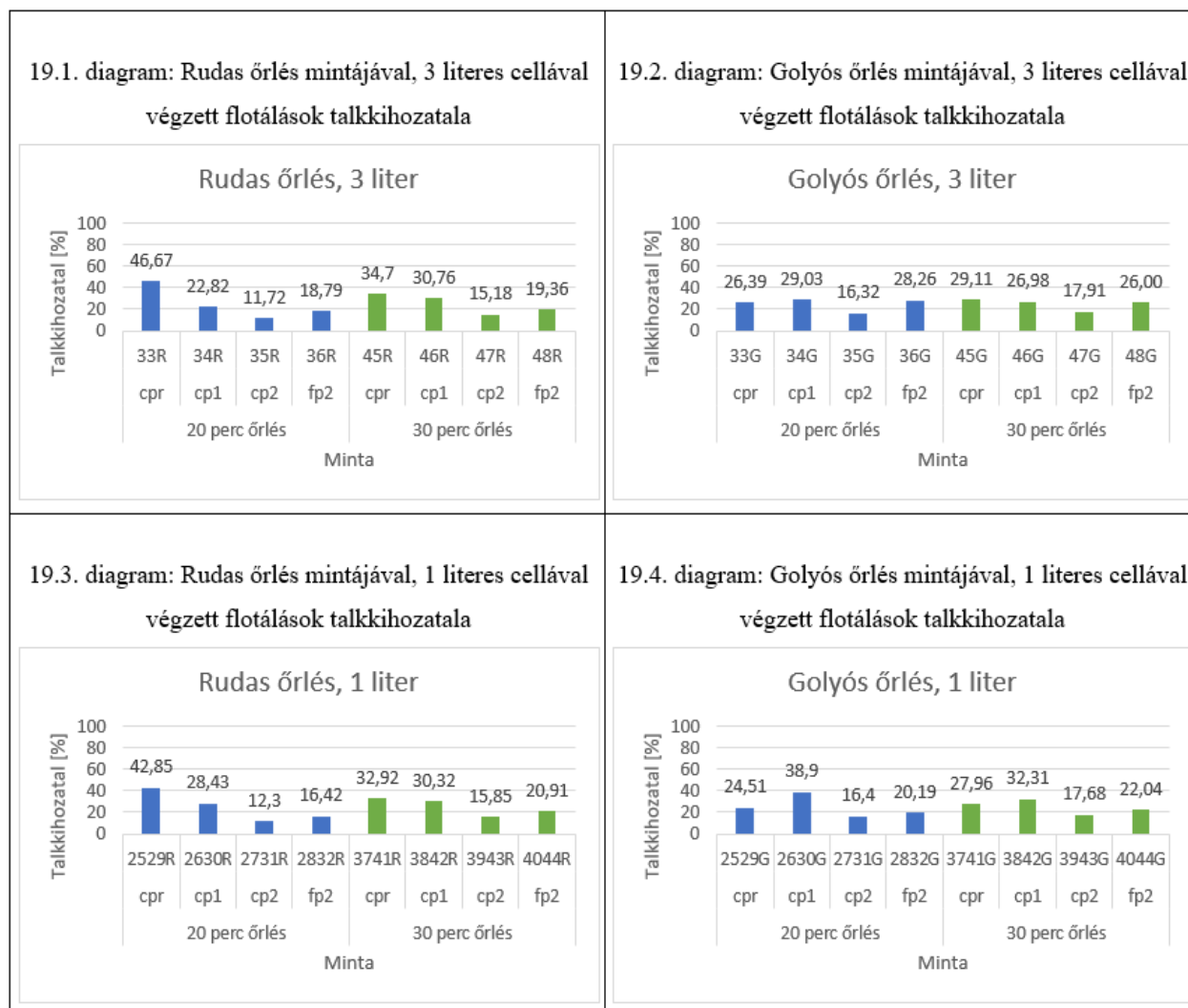
17. táblázat: A tömegkihozatalok ábrázolása diagramon a második flotálási kísérleti sorozat után (Forrás: szerző saját szerkesztése)



18. táblázat: A talktartalmak ábrázolása diagramon a második flotálási kísérleti sorozat után (Forrás: szerző saját szerkesztése)

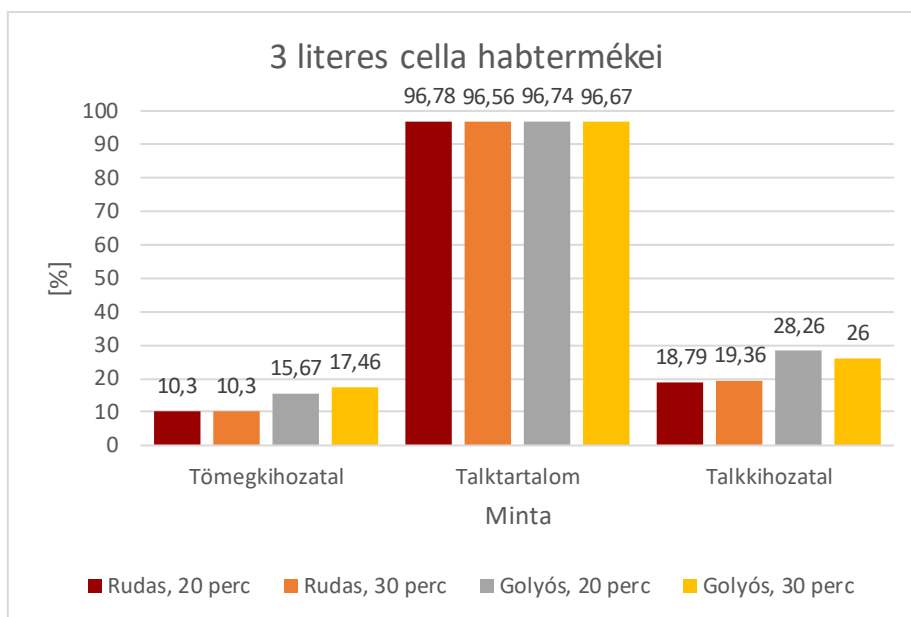


19. táblázat: A talkkihozatalok ábrázolása diagramon a második flotálási kísérleti sorozat után (Forrás: szerző saját szerkesztése)

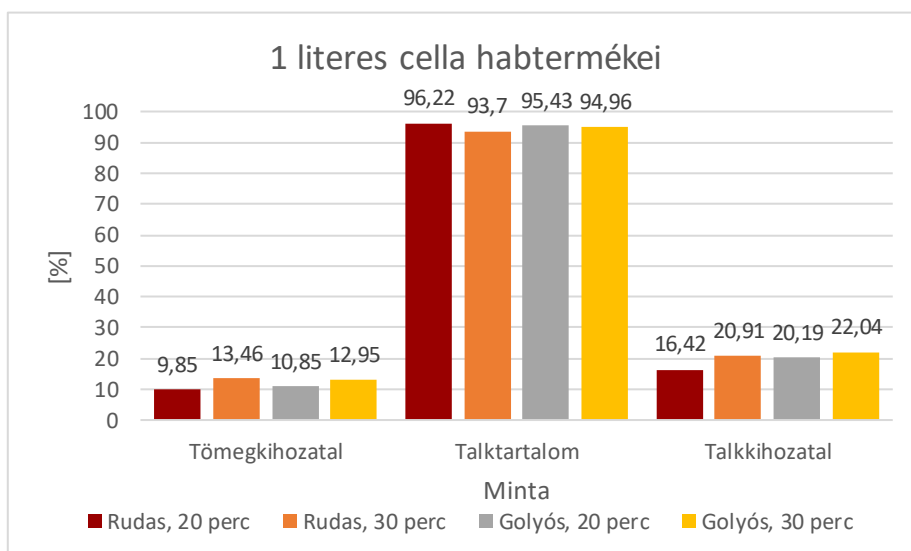


20. táblázat: A habtermékek (végtermékek) összehasonlítása több szempontból
(Forrás: szerző saját szerkesztése)

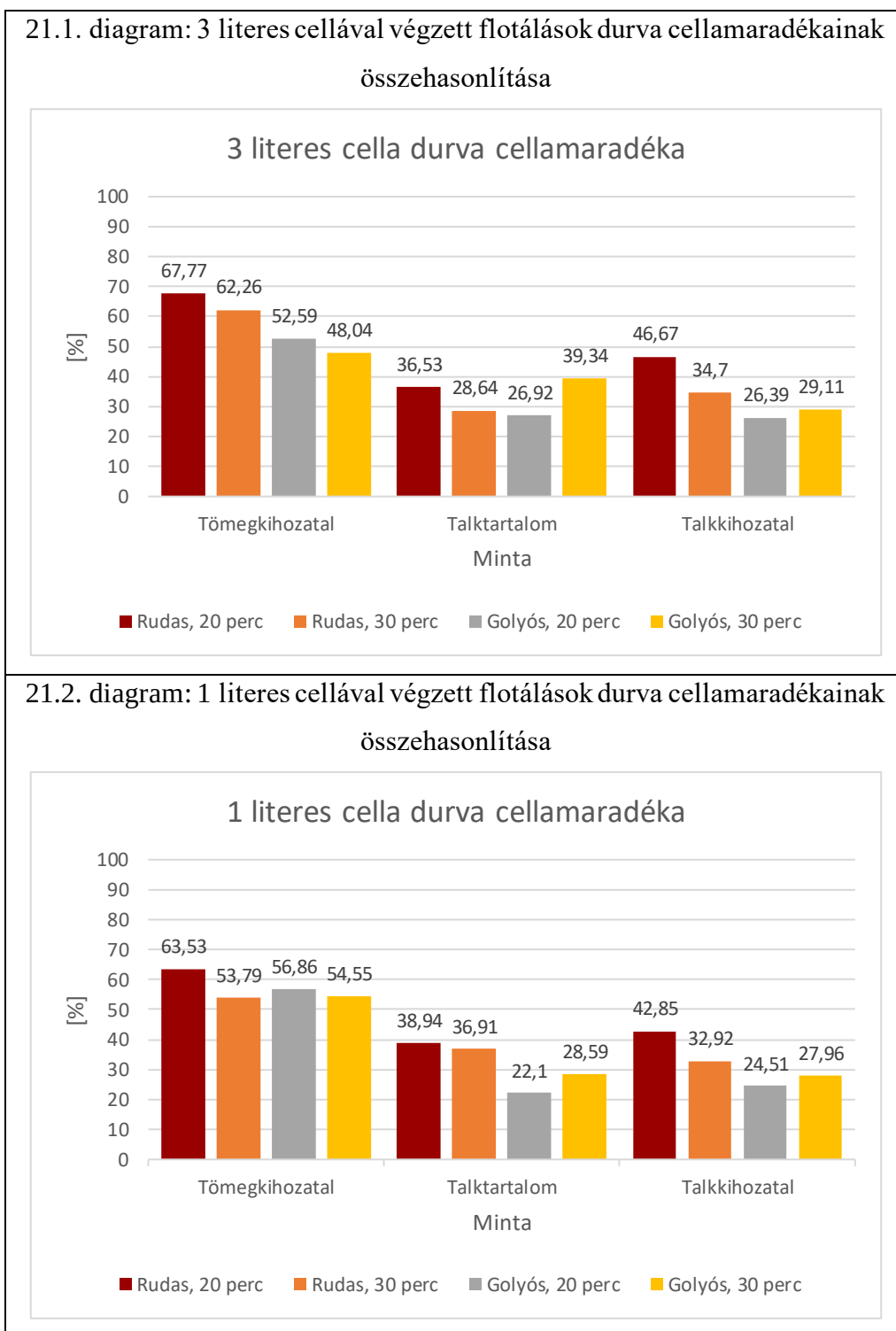
20.1. diagram: 3 literes cellával végzett flotálások habtermékeinek összehasonlítása



20.2. diagram: 1 literes cellával végzett flotálások habtermékeinek összehasonlítása



21. táblázat: A durva cellamaradékok (cpr) összehasonlítása több szempontból
(Forrás: szerző saját szerkesztése)



5. Konklúziók

A Bevezetésben megfogalmazott kérdések a talk flotálhatóságának kísérleti vizsgálatával kapcsolatban tehát a következők voltak. Hogyan alakul a talk feltártsága a különböző idejű golyós- és rudas malmi őrlés után? 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 flotálási habtermékek vizsgálata során megállapítható, hogy a talkkihozatal és a tömegkihozatala között nincs számottevő különbség a különböző őrlési módok és a különböző őrlési idők között.

A kísérleteim során megállapítható, hogy a szemcseméret és a feltártsági fok között fordított arányosság van és a szemcseméret csökkenésével a feltártsági fok értéke növekszik. A kapott kísérleti adatokból szépen leolvasható, hogy a rudas és a golyós malmi őrlés között a legfinomabb szemcsetartományban elhanyagolható a különbség. A különböző őrlési idők esetén látszik, hogy a 30 perces őrlés esetén a legnagyobb a talk feltártsági foka, 95% feletti értékekkel. Ezeken kívül általánosságban elmondható, hogy a 30 és a 20 perces őrlés esetén a golyós malmi őrlés nagyobb összfeltártságot tud biztosítani durvább szemcseméret tartományokban. A 10 perces őrlés esetén pedig nincs számottevő különbség a két különböző őrlés között

Rudas és golyós őrlés, illetve őrlési idő tekintetében nem tapasztaltunk releváns különbséget a szemcsék összfeltártsága szempontjából. Azonban a szemcsék él/lap aránya között különbség van az őrlési típusoknak megfelelően, viszont ezt a különbséget a habképző reagens hozzáadásával kiegyenlítjük.

Ezek alapján megállapítható, hogy áttérhetnek golyósmalomra az 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 laboratóriumi munkaidő jobb kihasználását jelenti.

6. Összefoglalás

A nyersanyag feldolgozás során fontos figyelembe venni az erőforrás-hatékony szemlélet, mivel az erőforrások nem állnak rendelkezésünkre korlátlan mennyiségben. Emiatt fontos azok legoptimálisabb felhasználása a lehető legkisebb környezetterhelés és a fenntartható fejlődés elérése érdekében. Ennek megfelelően jött létre a 19007 - *MineTALC. Backfill Mining Optimisation for Low- and Medium- Strength Deposits* kutatás-fejlesztési projekt, melyben a Műszaki Földtudományi Kar célja a kutatások segítségével hozzájárulni a szlovákiai EuroTalc üzem talkflotálási folyamatainak optimalizálásához. A vizsgálat fő kérdése, hogy a rudas őrlésről golyós őrlésre való áttérésnek milyen hatásai vannak a talk flotálhatóságára.

A talk napjaink fontos nyersanyaga, kozmetikumokban használják leginkább (hintőporok, púder alapanyaga). Sokféle ipari felhasználása van, többek között a kerámia-, festék-, papír-, műanyag- és gumiiparban. A gyógyszeripar szűrőanyagként és adszorbensként használja fel, illetve alkalmazzák bevonatokban, állati takarmányokban, műtrágyákban, polimerekben, mosószerekben is.

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-tartalom és kihozatali eredményeket elemeztük.

Szakdolgozatomban a TDK dolgozatunk kutatásait egészítettem ki, mely során azt vizsgáltuk, hogy hogyan befolyásolja a talk flotálhatóságát az őrlési idők változtatása, összehasonlítottuk a golyós és rudas őrlés hatásait a flotálhatóságra, illetve megvizsgáltuk, hogy laboratóriumi körülmények között lépték növeléskor van-e különbség az 1 literes és a 3 literes cellával végzett flotálás eredményeiben. Továbbá kutattam a talk feltártságát annak függvényében, hogy golyós vagy rudas malommal őrlöm, valamint azt, hogy mennyire befolyásolja azt az őrlési idő.

Summary

When processing raw materials, it is important to take a resource-efficient approach, as resources are not available in unlimited quantities. Therefore, it is important to use them in the most optimal way in order to minimise the environmental impact and achieve sustainable development. In this context, the 19007 - MineTALC. Backfill Mining Optimisation for Low- and Medium- Strength Deposits R&D project was set up, in which the Faculty of Earth Sciences aims to contribute to the optimisation of talc flotation processes at the EuroTalc plant in Slovakia through research. The main question of the study is the impact of the change from grinding with rod mill to ball mill on the flotability of talc.

Talc is an important raw material nowadays, mainly used in cosmetics (talcum powder, powder base). It has a wide range of industrial uses, including in the ceramics, paint, paper, plastics and rubber industries. The pharmaceutical industry uses it as a filtering agent and adsorbent, and it is also used in coatings, animal feed, fertilisers, polymers, detergents.

The experiments were carried out using three-step flotation, with a total of 54 flotation experiments for each step separately. The quality of the products was assessed by chemical analysis, findings were drawn and supported by other instrumental analyses (e.g. optical microscope, Scanning Electron Microscope). The obtained talc grade and recovery results were analysed.

In my thesis I completed the research of our TDK thesis, where we investigated how the flotability of talc is affected by varying grinding times, compared the effects of ball and rod grinding on flotability, and examined whether there is a difference in flotation results between 1 litre and 3 litre cells when increasing scale under laboratory conditions. Furthermore, I have investigated the liberation of talc as a function of whether it is ground with a ball or rod mill and how it is influenced by the grinding time.

7. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Dr. Bokányi Ljudmilla egyetemi docensnek, a konzulensemnek, amiért szakmai meglátásaival, tapasztalatával és rendszeres konzultálási lehetőség biztosításával nagyban elősegítette a szakdolgozatom és Békési Zita Brigittával közösen elkészített TDK dolgozatunk megszületését és megfelelő formába való öltését.

Továbbá köszönöm dr. Mádainé Üveges Valéria tanársegédnek a segítségét a kísérletek elvégzése során, valamint a hasznos tanácsokat, amelyek segítettek kutatásunkat és a szakdolgozatom elkészítését.

Köszönettel tartozok Békési Zitának a sok munkájáért, amelyet a közösen elkészített TDK dolgozatunkba fektetett.

Szeretném megköszönni továbbá a tanszék összes dolgozójának, akik segítséget nyújtottak dolgozatom elkészítése során.

Köszönöm az engem tanító összes egyetemi tanárnak, kiváltképen a Eljárástechnikai Intézet munkatársainak tartozom még köszönöttel, hogy szakmai alapot biztosítottak számomra a szakdolgozatom megírásához.

Végül de nem utolsó sorban köszönöm a családomnak, a barátaimnak és diáktársaimnak, hogy segítettek legyőzni minden akadályt.

8. Irodalomjegyzék

- Abdale L., J. W. Moon (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>
- 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>
- Barótfi I. (2000): Környezettechnika. (Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2000.)
<https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/kornyezettechnika-eloszo/index.html>
(Letöltés dátuma: 2021.01.24.)
- Békési Z.B. (2021): A flotációs cellaméret és a zeta-potenciál hatásának kísérleti vizsgálata a talkumflotálás eredményeire (MineTalc K+F Projekt) (Szakdolgozat, Miskolci Egyetem, 2021)
- Bokányi L. (2011): A flotálás <http://hulladekonline.hu/files/176/> (Letöltés időpontja: 2021.08.25.)
- 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.)
- 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., Sztrókey K. (1986): Ásványtan I-II., Tankönyvkiadó, Budapest, 725-29.
- Koch S. (1966): Magyarország ásványai, Akadémiai Kiadó, Budapest, 387.
elérhető online: <http://mek.oszk.hu/04700/04793/04793.pdf> (Letöltés dátuma: 2021.01.29.)
- Mucsi G. és Rácz Á. (2021): Optimization of existing grinding circuit - Conversion of an existing Rod Mill for obtaining a Ball Mill, Research report, Minetalc WP5.3.

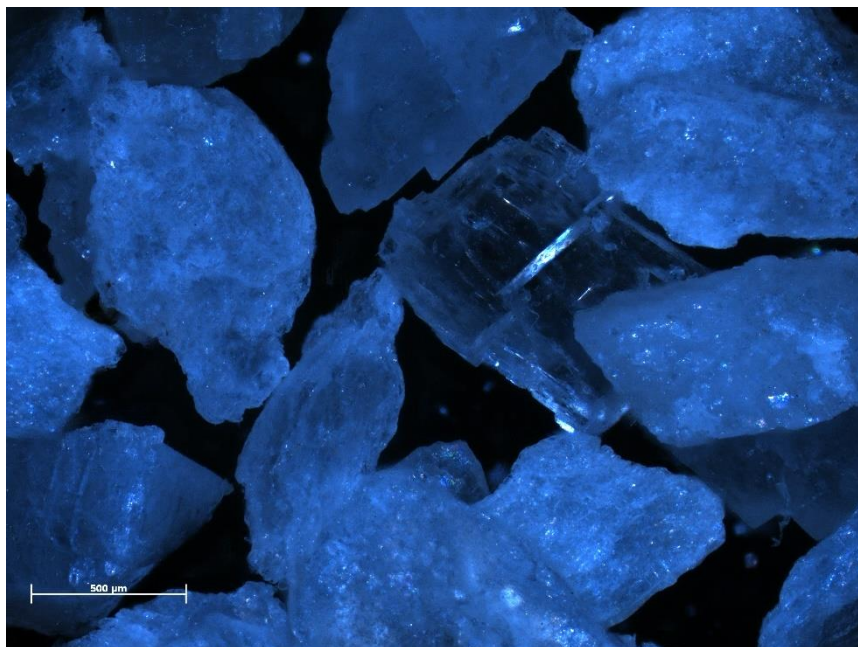
- Yekeler M., Ulusoy U., Hiçyılmaz C. (2003): Effect of particle shape and roughness of talc mineral ground by different mills on the wettability and floatability, Powder Technology 140, 68– 78
- Szakáll S. (2007): Ásványrendszertan. (Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2007) 204-206. 259-264.
- Pápay L. (1998): Kristályok, ásványok, kőzetek. (JATEPress, Szeged, 1998.) 158, 313-315, 333.
- Taján G. (1981): Mineral Processing Volume 1, Akadémiai Kiadó, Budapest, szám.
- 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:

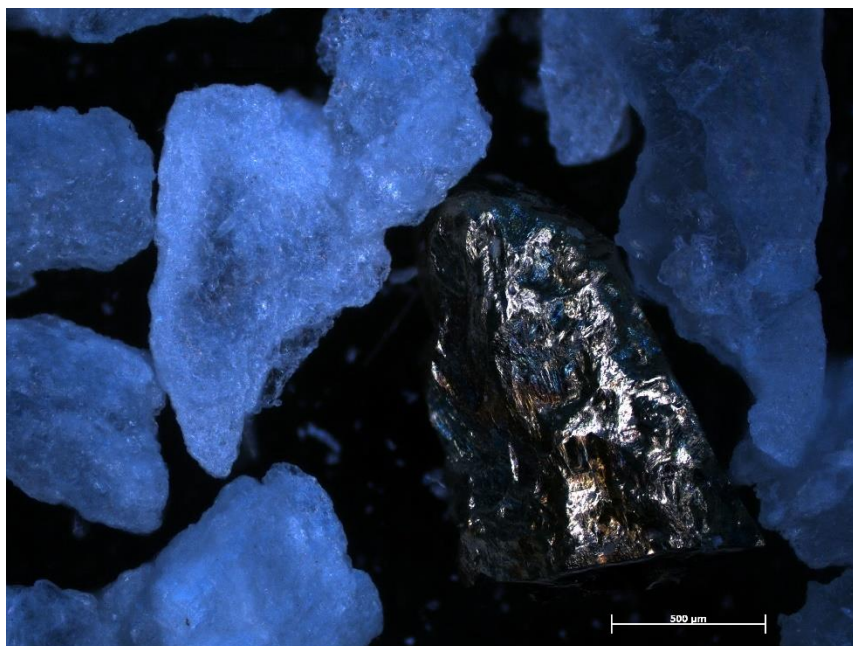
1 sz. melléklet: 5 perces golyós őrlés 0,5-1 mm frakciója, ötszörös nagyítás

(Forrás: saját felvétel)

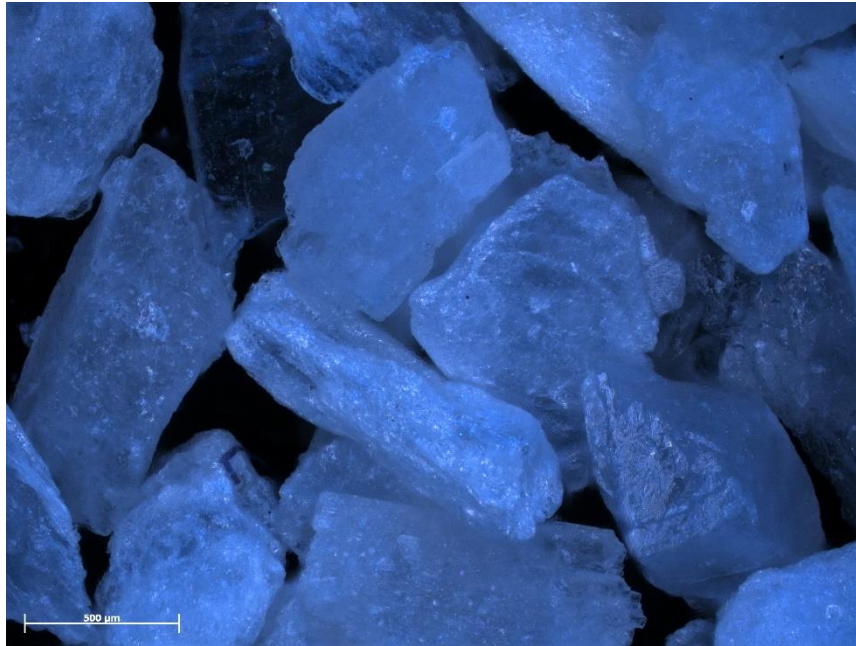


2 sz. melléklet: 5 perces golyós őrlés 0,5-1 mm frakciója, ötszörös nagyítás

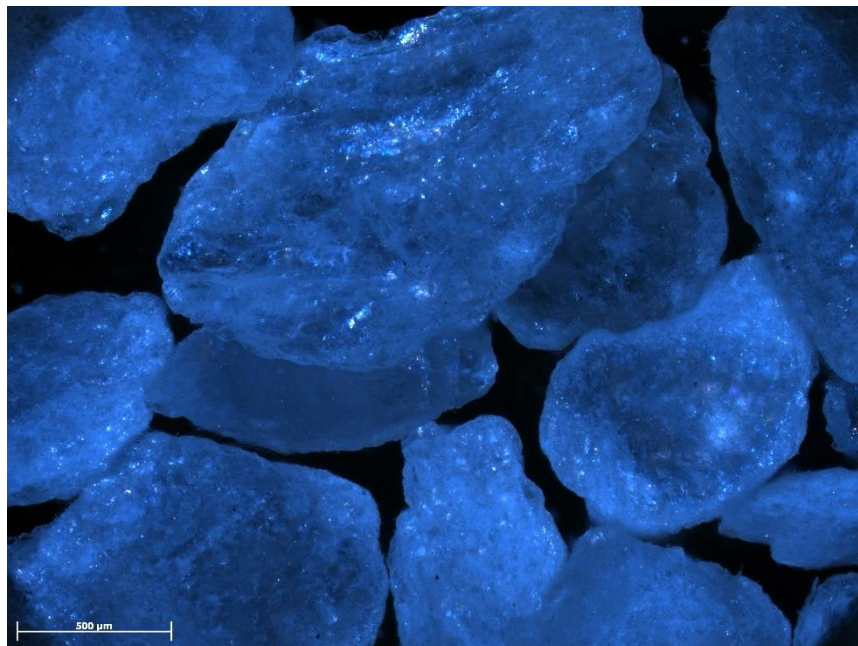
(Forrás: saját felvétel)



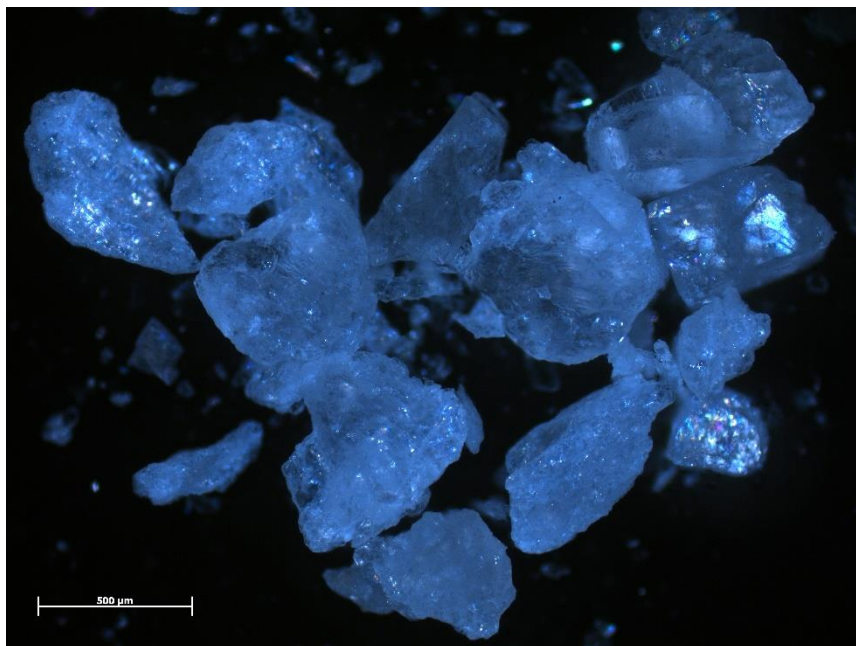
3 sz. melléklet: 5 perces golyós őrlés 0,5-1mm frakciója, ötszörös nagyítás
(Forrás: saját felvétel)



4 sz. melléklet: 5 perces rudas őrlés 0,5-1mm frakciója, ötszörös nagyítás (Forrás: saját felvétel)



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



6 sz. melléklet: Flotálási termékek infralámpa alatt (Forrás: saját fénykép)



7 sz. melléklet: Flotálási termékek szárítás utáni állapotban (Forrás: saját fénykép)



8 sz. melléklet: Első cellamaradék szárítás után (Forrás: saját fénykép)



9 sz. melléklet: Habtermék szárítás után (Forrás: saját fénykép)

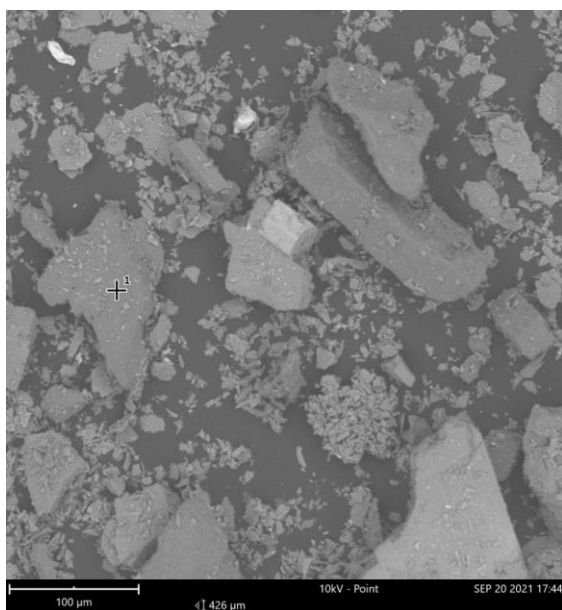


10 sz. melléklet: Számítási segéd táblázat a 7. táblázathoz

			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

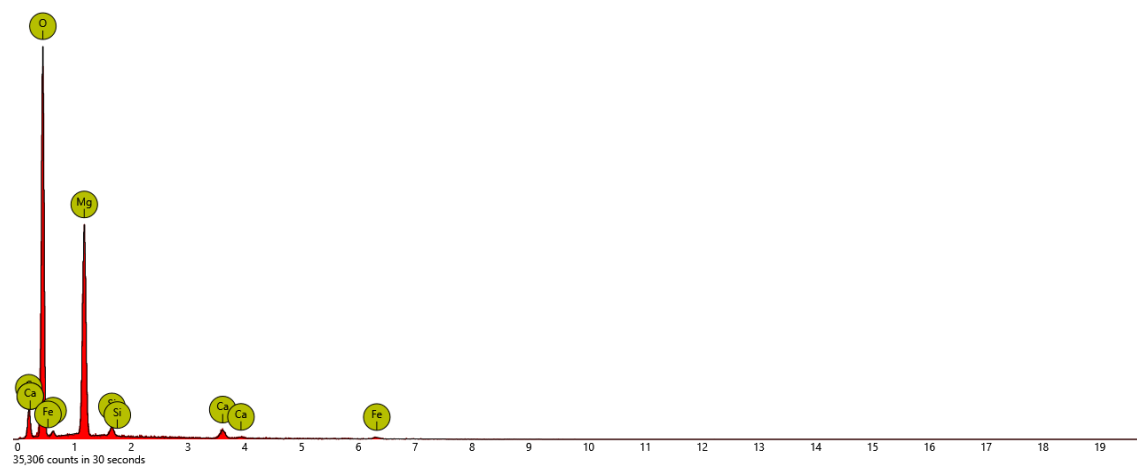
	35G	89,42	9,65	90,65	14,27	8,75	16,32
	36G	145,12	15,67	96,74	24,72	15,16	28,26
	Σ	926,28	100,00	61,32		53,64	100,00
4G	45G	445,11	48,04	39,34	30,33	18,90	29,11
	46G	201,65	21,76	80,49	28,11	17,52	26,98
	47G	118,03	12,74	91,31	18,67	11,63	17,91
	48G	161,82	17,46	96,67	27,09	16,88	26,00
	Σ	926,61	100,00	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

11. sz. melléklet: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, 1. cellamaradék 1. spot (SEM kimutatások)



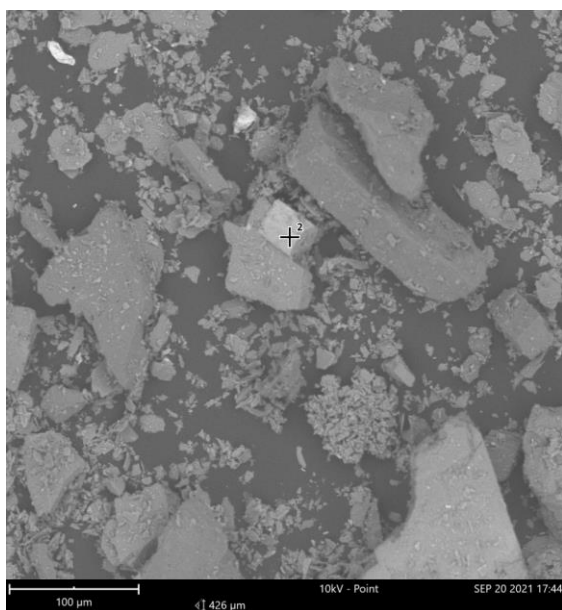
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	59.29	51.48
12	Mg	Magnesium	19.94	26.29
6	C	Carbon	15.89	10.36
26	Fe	Iron	2.14	6.50
20	Ca	Calcium	1.84	4.00
14	Si	Silicon	0.90	1.37

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



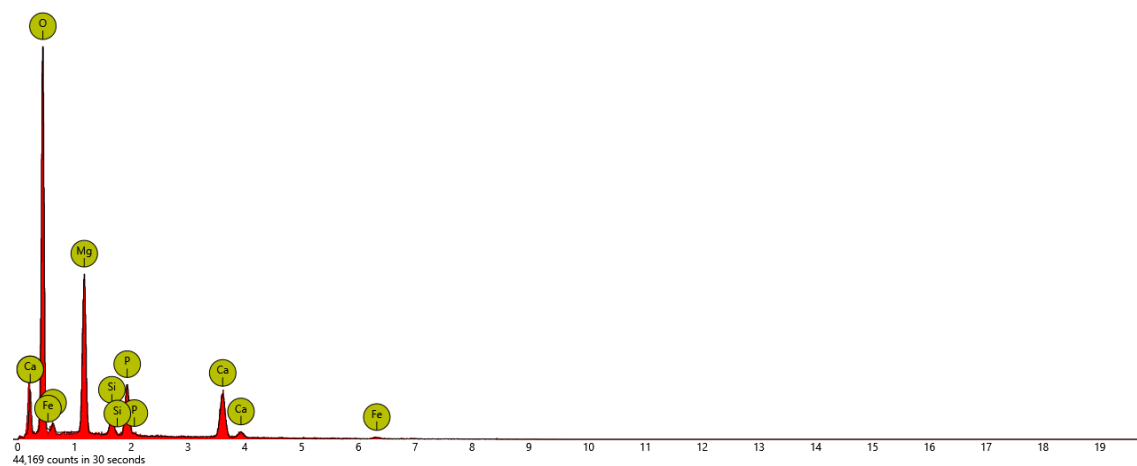
Disabled elements: Te

12. sz. melléklet: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, 1. cellamaradék 2. spot(SEM kimutatások)



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

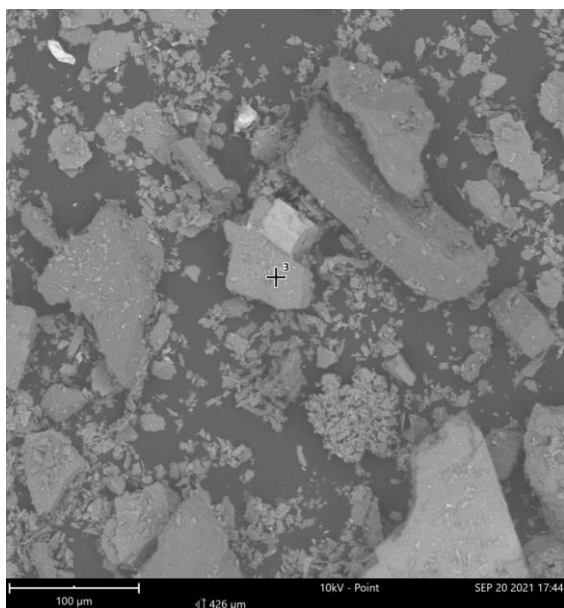
FOV: 426 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:44



Disabled elements: C, I

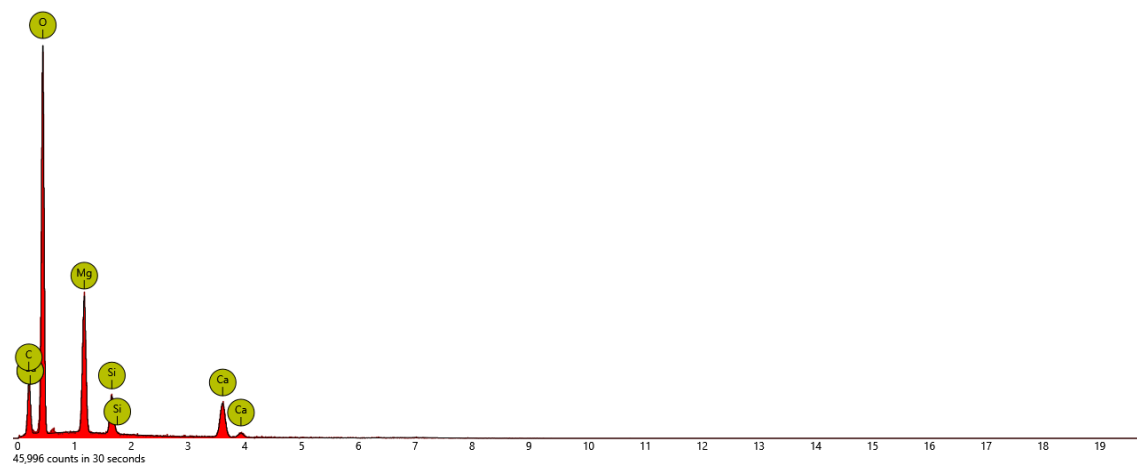
13. sz. melléklet: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, 1. cellamaradék 3. spot

(SEM kimutatások)

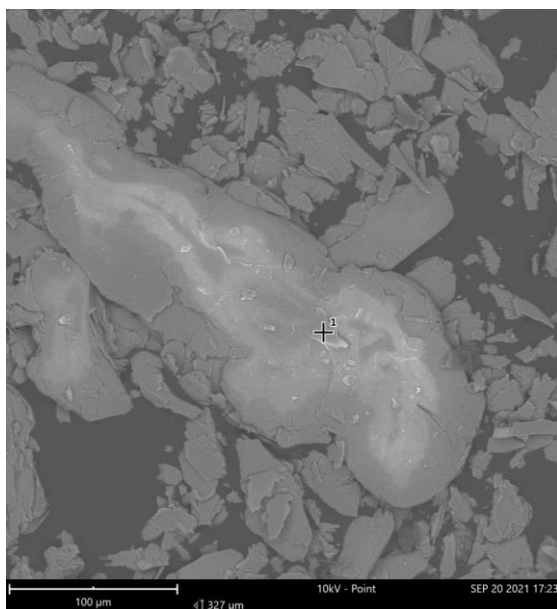


Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	60.52	54.27
12	Mg	Magnesium	10.25	13.97
6	C	Carbon	20.31	13.67
20	Ca	Calcium	6.03	13.54
14	Si	Silicon	2.90	4.56

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

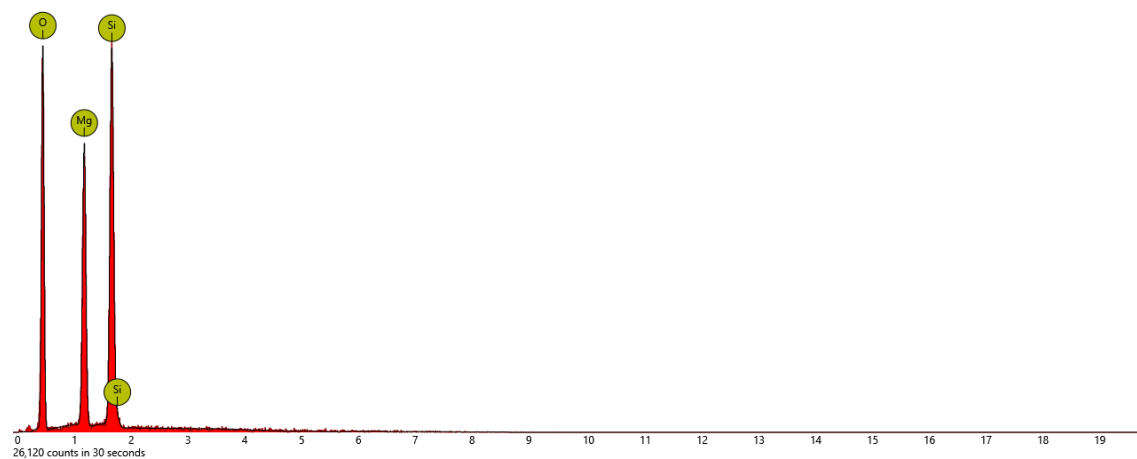


14. sz. melléklet: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 1. spot
(SEM kimutatások)



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

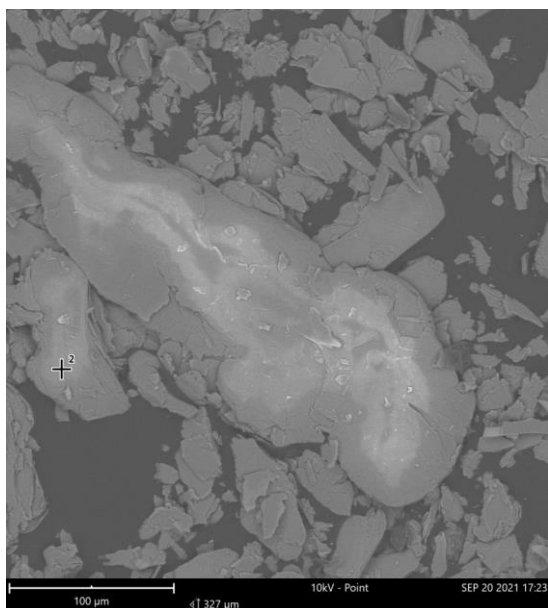
FOV: 327 μm, Mode: 10kV - Point, Detector: BSD Full, Time: SEP 20 2021 17:23



Disabled elements: Gd, V

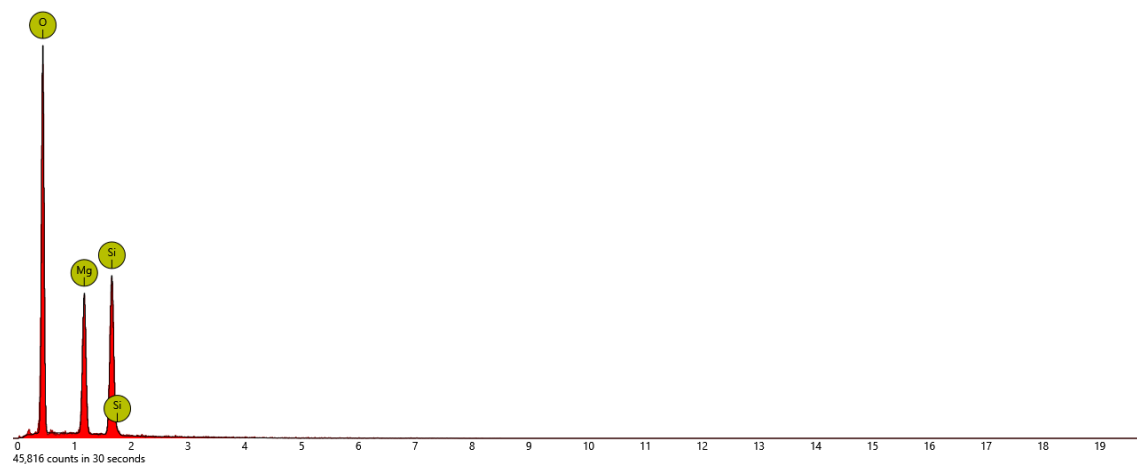
15. sz. melléklet: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 2. spot

(SEM kimutatások)



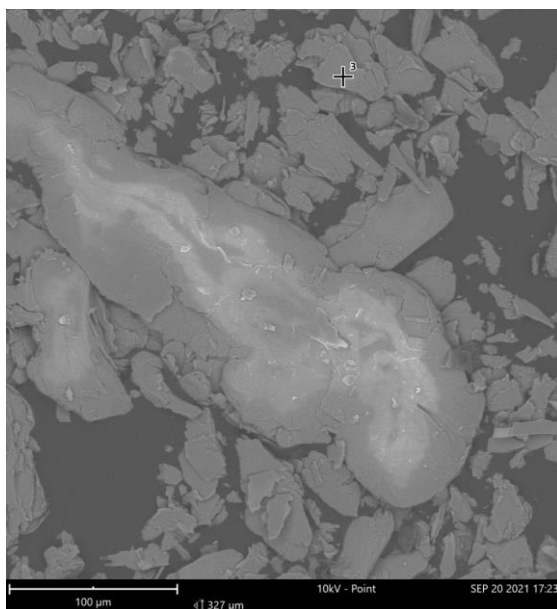
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	66.26	54.34
14	Si	Silicon	18.70	26.91
12	Mg	Magnesium	15.05	18.75

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



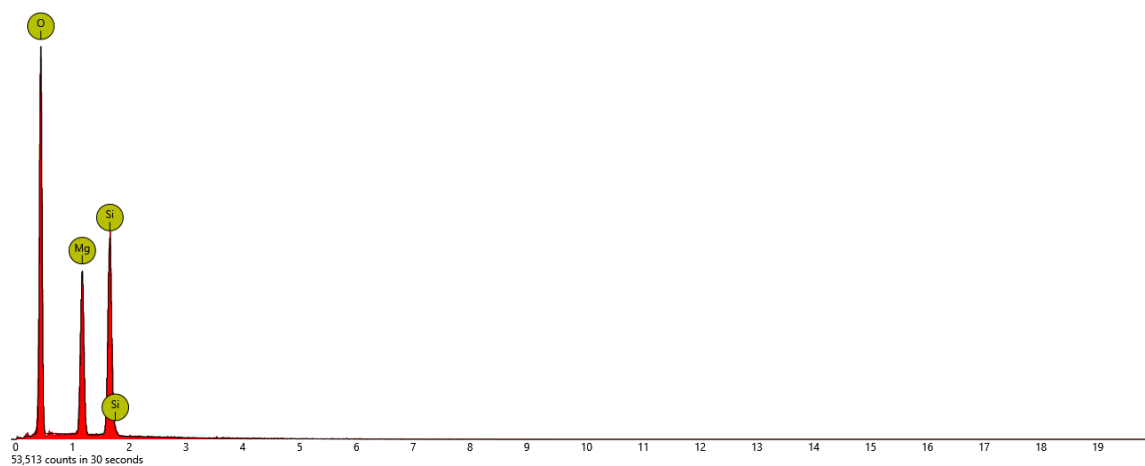
Disabled elements: V

16. sz. melléklet 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 3. spot (SEM kimutatások)



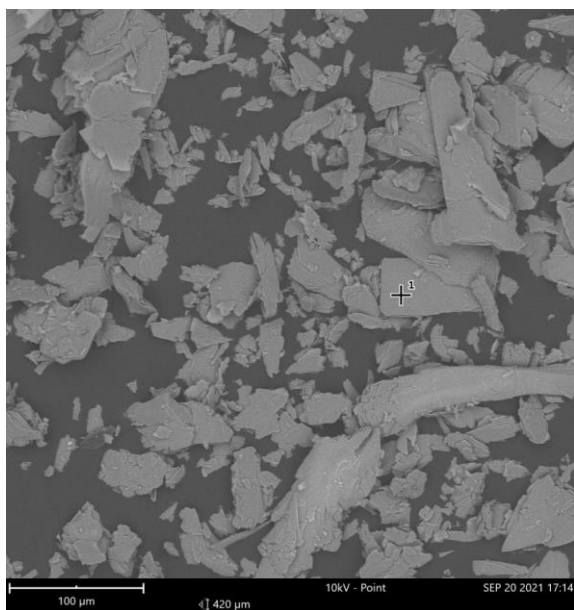
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	62.99	50.71
14	Si	Silicon	21.18	29.93
12	Mg	Magnesium	15.83	19.36

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



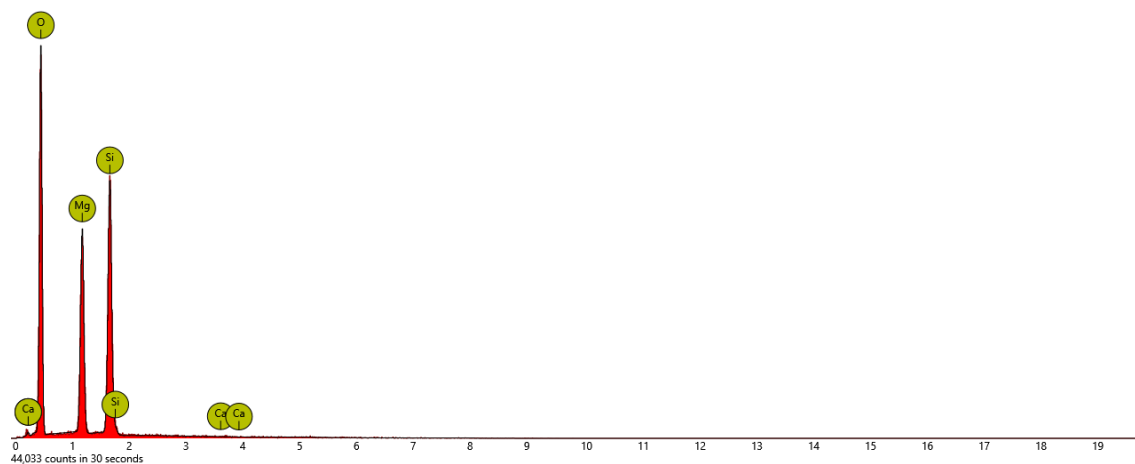
17. sz. melléklet: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 1.B spot

(SEM kimutatások)

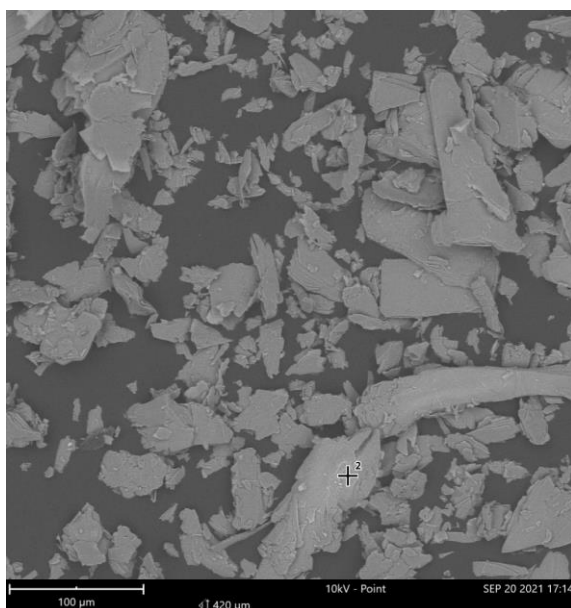


Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	58.59	46.06
14	Si	Silicon	24.16	33.35
12	Mg	Magnesium	17.24	20.59
20	Ca	Calcium	0.00	0.00

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

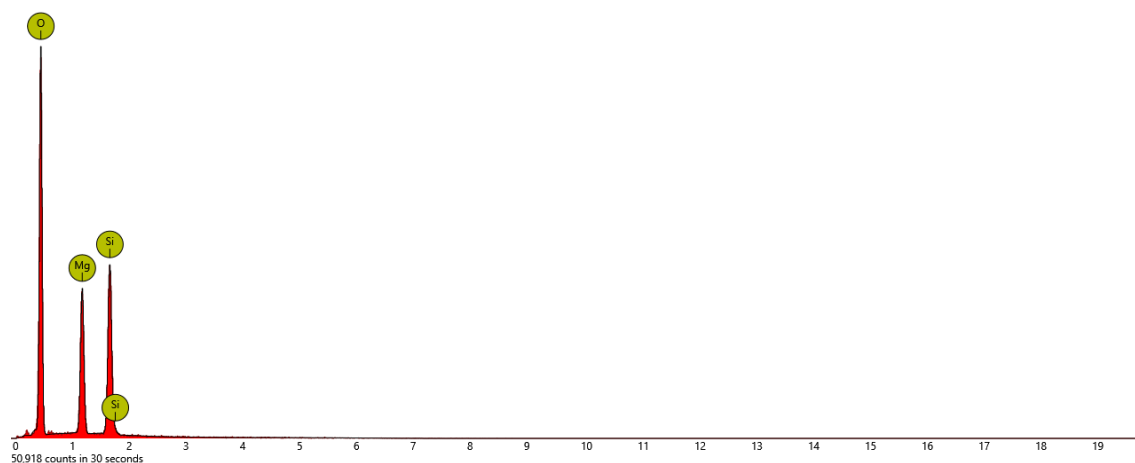


18. sz. melléklet: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 2.B spot
(SEM kimutatások)



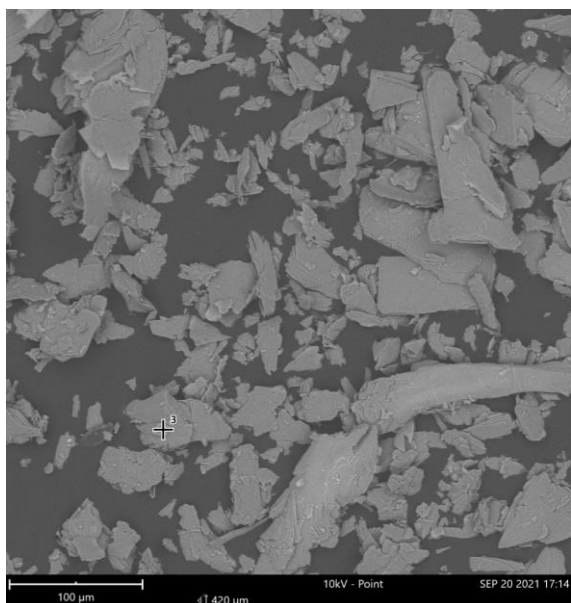
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	65.36	53.32
14	Si	Silicon	19.48	27.89
12	Mg	Magnesium	15.16	18.79

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



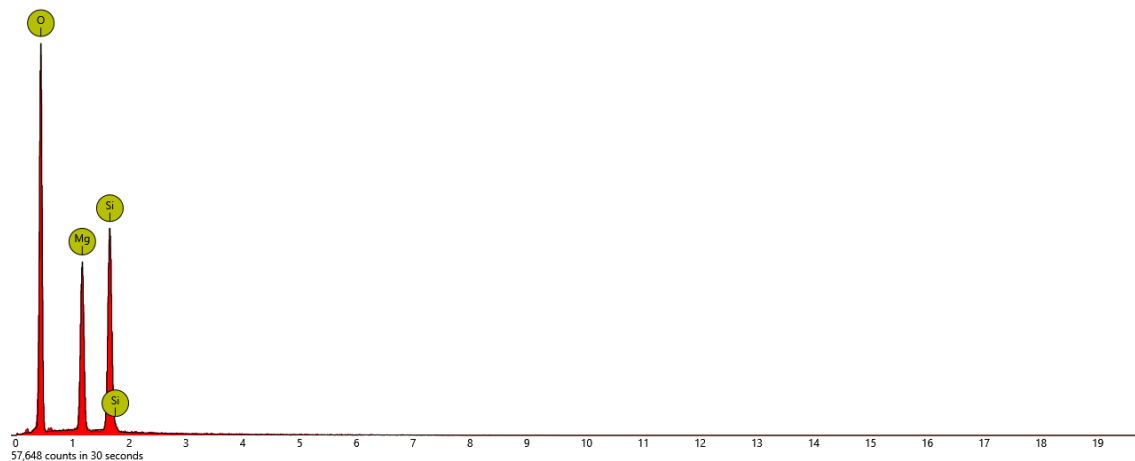
19. sz. melléklet: 30 perces rudas őrlés, 3 literes flotálás, habtermék 3.B spot

(SEM kimutatások)



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



20. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (30 perces rudas malmi őrlés, 2-3,15 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területehányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_ϕ -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_ϕ összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_ϕ	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		90							8,00	82,00	221,40	79,45	15,89	95,34	16,67	83,33
	Pirit		2							0,57	1,43	7,14	2,56	2,10	4,66	45,05	54,95
	Összesen		92								83,43		82,01		100,00		
Összenőtt	Talk	98	3	8,40	93,33	1,95	17,57	16,40	8,00			44,28	15,89				
		97	3														
		95	1														
		90	1														
		70	1														
	Pirit							1,17	0,57			5,86	2,10				
	össz. (n_ϕ):		9														
Σ			101					17,57				278,68	100,00				

21. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (30 perces rudas malmi őrlés, 3,15-4 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		78							13,51	64,49	174,12	65,50	31,28	96,78	32,32	67,68
	Pirit		0							1,34	-1,34	-6,68	-2,51	5,73	3,22	178,14	-78,14
	Összesen		78								63,15		62,99		100,00		
Összenőtt	Talk	98	5	17,29	91,00	1,78	33,85	30,80	13,51			83,16	31,28				
		97	2														
		95	5														
		90	4														
		80	2														
		50	1														
	Pirit							3,05	1,34			15,23	5,73				
	össz. (n_0):		19														
Σ			97					33,85				265,83	100,00				

22. sz. melléklet Feltártsági fok számítás segéd táblázat (30 perces rudas malmi őrlés, 4-6,3 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		48							13,91	34,09	92,03	58,48	40,47	98,95	40,90	59,10
	Pirit		0							0,47	-0,47	-2,37	-1,51	2,56	1,05	243,89	-143,89
	Összesen		48								33,61		56,98		100,00		
Összenőtt	Talk	98	6	9,67	96,70	2,44	24,39	23,58	13,91			63,68	40,47				
		97	1														
		95	2														
		92	1														
	Pirit							0,80	0,47			4,02	2,56				
	össz. (n_0):		10														
Σ			58					24,39				157,36	100,00				

23. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (30 perces rudas malmi őrlés, 6,3-8 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		29							10,81	18,19	49,12	47,47	50,69	98,16	51,64	48,36
	Pirit		0							0,48	-0,48	-2,38	-2,30	4,14	1,84	225,38	-125,38
	Összesen		29								17,72		45,17		100,00		
Összenőtt	Talk	99	2	8,62	95,78	2,25	20,28	19,43	10,81			52,45	50,69				
		98	1														
		97	3														
		95	1														
		90	2														
	Pirit							0,86	0,48			4,28	4,14				
	össz. (n_o):		9														
Σ			38					20,28				103,47	100,00				

24. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (30 perces rudas malmi őrlés, 8-10 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		36							9,30	26,70	72,09	61,79	37,14	98,93	37,54	62,46
	Pirit		0							0,34	-0,34	-1,72	-1,48	2,55	1,07	237,77	-137,77
	Összesen		36								26,36		60,31		100,00		
Összenőtt	Talk	98	1	6,75	96,43	2,38	16,64	16,05	9,30			43,33	37,14				
		97	3														
		96	1														
		95	2														
	Pirit							0,59	0,34			2,97	2,55				
	össz. (n_o):		7														
Σ			43					16,64				116,68	100,00				

25. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (30 perces rudas malmi őrlés, 10-12,5 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot p$ $n_k \cdot p$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		7							6,92	0,08	0,22	0,57	94,27	94,83	99,40	0,60
	Pirit		0							0,42	-0,42	-2,10	-5,41	10,58	5,17	204,82	-104,82
	Összesen		7								-0,34		-4,85		100,00		
Összenőtt	Talk	98	2	6,6	94,29	2,05	14,34	13,52	6,92			36,50	94,27				
		97	2														
		90	3														
	Pirit							0,82	0,42			4,10	10,58				
	össz. (n_0):		7														
Σ			14					14,34				38,72	100,00				

26. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (30 perces golyós malmi őrlés, 1-2 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		98							2,58	95,42	257,64	94,61	3,54	98,15	3,60	96,40
	Pirit		1							0,03	0,97	4,87	1,79	0,07	1,85	3,57	96,43
	Összesen		99								96,40		96,40		100,00		
Összenőtt	Talk	99	1	0,99	99,00	3,60	3,60	3,57	2,58			9,63	3,54				
	Pirit							0,04	0,03			0,18	0,07				
	össz. (n_0):		1														
Σ			100					3,60				272,32	100,00				

27. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (30 perces golyós malmi őrlés, 2-3,15 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		96							2,51	93,49	252,42	93,16	6,07	99,22	6,12	93,88
	Pirit		0							0,29	-0,29	-1,47	-0,54	1,32	0,78	170,15	-70,15
	Összesen		96								93,19		92,61		100,00		
Összenőtt	Talk	98	1	3,58	89,5	1,70	6,81	6,09	2,51			16,45	6,07				
		90	1														
		85	2														
	Pirit							0,71	0,29			3,57	1,32				
	össz. (n_o):		4														
Σ			100					6,81				270,97	100,00				

28. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (30 perces golyós malmi őrlés, 3,15-4 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		84							14,00	70,00	189,00	68,58	29,14	97,71	29,82	70,18
	Pirit		0							1,12	-1,12	-5,60	-2,03	4,32	2,29	188,95	-88,95
	Összesen		84								68,88		66,54		100,00		
Összenőtt	Talk	99	2	15,74	92,59	1,89	32,12	29,74	14,00			80,30	29,14				
		98	2														
		95	8														
		90	4														
		60	1														
	Pirit							2,38	1,12			11,90	4,32				
	össz. (n_0):		17														
Σ			101					32,12				275,60	100,00				

29. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (30 perces golyós malmi őrlés, 4-6,3 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		86							17,57	68,43	184,76	68,11	30,87	98,99	31,19	68,81
	Pirit		0							0,72	-0,72	-3,59	-1,32	2,34	1,01	230,62	-130,62
	Összesen		86								67,71		66,79		100,00		
Összenőtt	Talk	99	3	13,45	96,07	2,31	32,29	31,02	17,57			83,75	30,87				
		98	3														
		97	2														
		95	5														
		85	1														
	Pirit							1,27	0,72			6,34	2,34				
	össz. (n_o):		14														
Σ			100					32,29				271,27	100,00				

30. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (30 perces golyós malmi őrlés, 6,3-8 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		36							10,12	25,88	69,88	51,88	44,26	96,14	46,03	53,97
	Pirit		0							0,88	-0,88	-4,40	-3,27	7,13	3,86	184,60	-84,60
	Összesen		36								25,00		48,62		100,00		
Összenőtt	Talk	99	2	11,96	92	1,85	24,00	22,08	10,12			59,61	44,26				
		98	2														
		97	1														
		96	1														
		95	2														
		94	1														
	Pirit	90	1					1,92	0,88			9,60	7,13				
		80	2														
		75	1														
	össz. (n_o):		13														
Σ			49					24,00				134,69	100,00				

31. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (30 perces golyós malmi őrlés, 8-10 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		75							34,42	40,58	109,55	40,29	58,17	98,46	59,08	40,92
	Pirit		0							1,20	-1,20	-5,98	-2,20	3,75	1,54	242,48	-142,48
	Összesen		75								39,38		38,09		100,00		
Összenőtt	Talk	99	10	24,16	96,64	2,42	60,62	58,58	34,42			158,18	58,17				
		98	5														
		97	3														
		95	4														
		90	2														
		85	1														
	Pirit							2,04	1,20			10,18	3,75				
	össz. (n_0):		25														
Σ			100					60,62				271,93	100,00				

32. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (30 perces golyós malmi őrlés, 10-12,5 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		16							10,04	5,96	16,08	20,72	73,67	94,39	78,04	21,96
	Pirit		0							0,79	-0,79	-3,93	-5,06	10,66	5,61	190,24	-90,24
	Összesen		16								5,17		15,67		100,00		
Összenőtt	Talk	99	1	11,13	92,75	1,90	22,83	21,17	10,04			57,17	73,67				
		98	4														
		97	1														
		95	3														
		90	1														
		80	1														
	Pirit	70	1					1,66	0,79			8,28	10,66				
	össz. (n_0):		12														
Σ			28					22,83				77,60	100,00				

33. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (20 perces rudas malmi őrlés 1-2 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		93							4,09	88,91	240,05	88,31	10,22	98,53	10,37	89,63
	Pirit		0							0,53	-0,53	-2,64	-0,97	2,44	1,47	165,99	-65,99
	Összesen		93								88,38		87,34		100,00		
Összenőtt	Talk	95	3	6,2	88,57	1,66	11,62	10,29	4,09			27,79	10,22				
		90	2														
		80	1														
		75	1														
	Pirit							1,33	0,53			6,64	2,44				
	össz. (n_o):		7														
Σ			100					11,62				271,84	100,00				

34. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (20 perces rudas malmi őrlés 2-3,15 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot p$ $n_k \cdot p$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		81							15,01	65,99	178,17	65,16	32,11	97,28	33,01	66,99
	Pirit		0							1,28	-1,28	-6,39	-2,34	5,06	2,72	185,72	-85,72
	Összesen		81								64,71		62,83		100,00		
Összenőtt	Talk	99	2	17,51	92,16	1,86	35,29	32,52	15,01			87,80	32,11				
		98	6														
		97	2														
		96	1														
		95	3														
		90	3														
	Pirit	80	1					2,77	1,28			13,84	5,06				
		40	1														
	össz. (n_0):		19														
Σ			100					35,29				273,43	100,00				

35. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (20 perces rudas malmi őrlés 3,15-4 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot p$ $n_k \cdot p$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		81							18,06	62,94	169,94	62,33	35,56	97,89	36,33	63,67
	Pirit		0							1,16	-1,16	-5,82	-2,13	4,24	2,11	201,17	-101,17
	Összesen		81								61,78		60,20		100,00		
Összenőtt	Talk	99	1	17,85	93,95	2,01	38,22	35,91	18,06			96,96	35,56				
		98	5														
		97	5														
		96	1														
		95	2														
		90	2														
	Pirit	85	1					2,31	1,16			11,57	4,24				
		80	2														
	össz. (n_0):		19														
Σ			100					38,22				272,65	100,00				

36. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (20 perces rudas malmi őrlés 4-6,3 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		78							12,81	65,19	176,00	72,01	26,74	98,75	27,08	72,92
	Pirit		0							0,69	-0,69	-3,43	-1,40	2,65	1,25	212,50	-112,50
	Összesen		78								64,50		70,61		100,00		
Összenőtt	Talk	99	2	11,39	94,92	2,12	25,50	24,20	12,81			65,35	26,74				
		98	3														
		96	2														
		95	3														
		90	1														
		80	1														
	Pirit							1,30	0,69			6,48	2,65				
	össz. (n_o):		12														
Σ			90					25,50				244,40	100,00				

37. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (20 perces rudas malmi őrlés 6,3-8 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területaránya	Szemcsék száma (n_f feltárt, n_δ összesített)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_δ összesített	Ásvány növekvény (delta) n összesített	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_δ	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		26							13,23	12,77	34,49	36,26	62,32	98,58	63,22	36,78
	Pirit		0							0,41	-0,41	-2,05	-2,15	3,57	1,42	251,51	-151,51
	Összesen		26								12,36		34,11		100,00		
Összenőtt	Talk	98	3	8,73	97	2,52	22,64	21,96	13,23			59,28	62,32				
		97	4														
		96	1														
		95	1														
	Pirit							0,68	0,41			3,40	3,57				
	össz. (n_δ):		9														
Σ			35					22,64				95,12	100,00				

38. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (20 perces rudas malmi őrlés 8-10 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		5							7,34	-2,34	-6,31	-17,39	110,36	92,97	118,71	-18,71
	Pirit		0							0,50	-0,50	-2,50	-6,89	13,92	7,03	197,95	-97,95
	Összesen		5								-2,84		-24,28		100,00		
Összenőtt	Talk	98	1	7,49	93,63	1,98	15,84	14,83	7,34			40,03	110,36				
		97	2														
		96	1														
		92	1														
		94	1														
		90	1														
	Pirit	85	1					1,01	0,50			5,05	13,92				
	össz. (n_0):		8														
Σ			13					15,84				36,27	100,00				

39. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (20 perces rudas malmi őrlés 10-12,5 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		9							3,72	5,28	14,26	39,97	56,53	96,50	58,58	41,42
	Pirit		0							0,25	-0,25	-1,24	-3,47	6,98	3,50	199,17	-99,17
	Összesen		9								5,03		36,49		100,00		
Összenőtt	Talk	98	1	3,75	93,75	1,99	7,97	7,47	3,72			20,17	56,53				
		96	2														
		85	1														
	Pirit							0,50	0,25			2,49	6,98				
	össz. (n_o):		4														
Σ			13					7,97				35,68	100,00				

40. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (20 perces golyós malmi őrlés 1-2 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		94							8,48	85,52	230,90	87,22	12,67	99,89	12,68	87,32
	Pirit									0,13	-0,13	-0,65	-0,24	0,36	0,11	315,26	-215,26
	Összesen		94								85,39		86,97		100,00		
Összenőtt	Talk	99	3	3,94	98,5	3,15	12,61	12,42	8,48			33,54	12,67				
		97	1														
	Pirit							0,19	0,13			0,95	0,36				
	össz. (n_o):		4														
Σ			98					12,61				264,74	100,00				

41. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (20 perces golyós malmi őrlés 2-3,15 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os terülehányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		88							9,53	78,47	211,88	76,48	15,87	92,35	17,19	82,81
	Pirit		4							0,34	3,66	18,31	6,61	1,04	7,65	13,64	86,36
	Összesen		92								82,14		83,09		100,00		
Összenőtt	Talk	99	2	6,76	96,57143	2,41	16,86	16,29	9,53			43,97	15,87				
		98	2														
		97	1														
		95	1														
		90	1														
	Pirit							0,58	0,34			2,89	1,04				
	össz. (n_0):		7														
Σ			99					16,86				277,05	100,00				

42. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (20 perces golyós malmi őrlés 3,15-4 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		88							20,66	67,34	181,82	67,19	32,31	99,50	32,48	67,52
	Pirit		0							0,48	-0,48	-2,38	-0,88	1,38	0,50	276,11	-176,11
	Összesen		88								66,87		66,31		100,00		
Összenőtt	Talk	99	5	11,73	97,75	2,76	33,13	32,39	20,66			87,45	32,31				
		98	3														
		97	2														
		95	2														
	Pirit							0,75	0,48			3,73	1,38				
	össz. (n_0):		12														
Σ			100					33,13				270,62	100,00				

43. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtáblázat (20 perces golyós malmi őrlés 4-6,3 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_δ -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_δ összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_δ	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		81							30,04	50,96	137,58	50,74	48,34	99,08	48,79	51,21
	Pirit		0							0,81	-0,81	-4,06	-1,50	2,42	0,92	262,40	-162,40
	Összesen		81								50,14		49,24		100,00		
Összenőtt	Talk	99	9	18,5	97,37	2,62	49,86	48,54	30,04			131,07	48,34				
		98	5														
		97	2														
		95	2														
		85	1														
	Pirit							1,31	0,81			6,56	2,42				
	össz. (n_δ):		19														
Σ			100					49,86				271,15	100,00				

44. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (20 perces golyós malmi őrlés 6,3-8 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		79							33,63	45,37	122,49	45,16	53,84	99,00	54,39	45,61
	Pirit		0							0,89	-0,89	-4,44	-1,64	2,63	1,00	264,38	-164,38
	Összesen		79								44,48		43,52		100,00		
Összenőtt	Talk	99	5	20,46	97,43	2,64	55,52	54,09	33,63			146,05	53,84				
		98	7														
		97	5														
		95	4														
	Pirit							1,43	0,89			7,14	2,63				
	össz. (n_o):																
	össz. (n_o):		21														
Σ			100					55,52			100,00	271,24	100,00				

45. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (20 perces golyós malmi őrlés 8-10 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot p$ $n_k \cdot p$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		69							47,30	21,70	58,59	21,54	76,86	98,40	78,11	21,89
	Pirit		0							1,37	-1,37	-6,83	-2,51	4,11	1,60	256,99	-156,99
	Összesen		69								20,33		19,03		100,00		
Összenőtt	Talk	99	12	30,13	97,19	2,57	79,67	77,43	47,30			209,06	76,86				
		98	8														
		97	2														
		96	2														
		95	5														
		90	2														
	Pirit							2,24	1,37			11,18	4,11				
	össz. (n_0):		31														
Σ			100					79,67				272,00	100,00				

46. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (20 perces golyós malmi őrlés 10-12,5 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		19							10,02	8,98	24,25	34,30	64,15	98,44	65,16	34,84
	Pirit		0							0,33	-0,33	-1,63	-2,30	3,85	1,56	247,76	-147,76
	Összesen		19								8,66		32,00		100,00		
Összenőtt	Talk	99	4	6,78	96,86	2,48	17,34	16,80	10,02			45,35	64,15				
		97	1														
		95	1														
		90	1														
	Pirit							0,55	0,33			2,73	3,85				
	össz. (n_o):		7														
Σ			26					17,34				70,71	100,00				

47. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (10 perces rudas malmi őrlés 1-2 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		89							5,23	83,77	226,18	81,14	12,04	93,18	12,92	87,08
	Pirit		3							0,58	2,42	12,10	4,34	2,48	6,82	36,34	63,66
	Összesen		92								86,19		85,48		100,00		
Összenőtt	Talk	95	3	7,2	90	1,73	13,81	12,43	5,23			33,56	12,04				
		90	3														
		85	1														
		80	1														
	Pirit							1,38	0,58			6,90	2,48				
	össz. (n_o):																
	össz. (n_o):		8														
Σ			100					13,81				278,74	100,00				

48. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (10 perces rudas malmi őrlés 2-3,15 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		77							15,71	61,29	165,50	59,78	34,85	94,64	36,83	63,17
	Pirit		1							1,54	-0,54	-2,72	-0,98	6,35	5,36	118,34	-18,34
	Összesen		78								60,75		58,80		100,00		
Összenőtt	Talk	99	2	20,03	91,05	1,78	39,25	35,74	15,71			96,48	34,85				
		98	5														
		97	2														
		96	1														
		95	7														
		90	1														
	Pirit	80	1					3,51	1,54			17,57	6,35				
		70	1														
		60	2														
	össz. (n_0):		22														
Σ			100					39,25				276,83	100,00				

49. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (10 perces rudas malmi őrlés 3,15-4 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		82							19,15	62,85	169,69	62,36	35,95	98,31	36,57	63,43
	Pirit		0							1,03	-1,03	-5,16	-1,90	3,59	1,69	212,13	-112,13
	Összesen		82								61,82		60,46		100,00		
Összenőtt	Talk	99	1	17,08	94,89	2,12	38,18	36,23	19,15			97,83	35,95				
		98	7														
		97	1														
		96	1														
		95	4														
		90	3														
	Pirit	80	1					1,95	1,03			9,76	3,59				
	össz. (n_o):		18														
Σ			100					38,18				272,12	100,00				

50. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (10 perces rudas malmi őrlés 4-6,3 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		81							18,96	62,04	167,50	61,48	36,56	98,04	37,29	62,71
	Pirit		0							1,13	-1,13	-5,66	-2,08	4,04	1,96	205,76	-105,76
	Összesen		81								60,91		59,40		100,00		
Összenőtt	Talk	98	7	17,93	94,37	2,06	39,09	36,89	18,96			99,61	36,56				
		95	7														
		92	1														
		90	3														
		80	1														
	Pirit							2,20	1,13			11,01	4,04				
	össz. (n_o):		19														
Σ			100					39,09				272,46	100,00				

51. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (10 perces rudas malmi őrlés 6,3-8 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		81							35,29	45,71	123,41	45,57	53,75	99,32	54,12	45,88
	Pirit		0							0,70	-0,70	-3,50	-1,29	1,98	0,68	289,43	-189,43
	Összesen		81								45,01		44,27		100,00		
Összenőtt	Talk	99	8	18,63	98,05	2,89	54,99	53,92	35,29			145,59	53,75				
		98	6														
		97	4														
		95	1														
	Pirit							1,07	0,70			5,35	1,98				
	össz. (n_0):		19														
Σ			100					54,99				270,85	100,00				

52. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (10 perces rudas malmi őrlés 8-10 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területaránya	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_δ -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_δ összes	Ásvány növekvény (delta) n összes	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_δ	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		80							34,75	45,25	122,16	44,15	54,81	98,95	55,39	44,61
	Pirit		0							0,94	-0,94	-4,71	-1,70	2,75	1,05	262,25	-162,25
	Összesen		80								44,31		42,44		100,00		
Összenőtt	Talk	99	6	21,42	97,36	2,62	57,69	56,17	34,75			151,67	54,81				
		98	7														
		97	2														
		96	3														
		95	4														
	Pirit							1,52	0,94			7,61	2,75				
	össz. (n_δ):		22														
Σ			102					57,69				276,73	100,00				

53. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (10 perces rudas malmi őrlés 10-12,5 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot p$ $n_k \cdot p$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		32							17,38	14,62	39,48	33,81	64,95	98,76	65,76	34,24
	Pirit		0							0,47	-0,47	-2,35	-2,01	3,26	1,24	262,25	-162,25
	Összesen		32								14,15		31,80		100,00		
Összenőtt	Talk	99	3	10,71	97,36	2,62	28,85	28,09	17,38			75,83	64,95				
		98	5														
		97	1														
		92	1														
		95	1														
	Pirit							0,76	0,47			3,80	3,26				
	össz. (n_0):		11														
Σ			43					28,85				116,77	100,00				

54. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (10 perces golyós malmi őrlés 1-2 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		89							4,29	84,71	228,73	82,88	12,41	95,29	13,02	86,98
	Pirit		1							0,82	0,18	0,92	0,33	4,38	4,71	92,94	7,06
	Összesen		90								84,90		83,21		100,00		
Összenőtt	Talk	95	3	8,4	84	1,51	15,10	12,69	4,29			34,25	12,41				
		90	2														
		85	1														
		80	1														
		70	3														
	Pirit							2,42	0,82			12,08	4,38				
	össz. (n_o):		10														
Σ			100					15,10				275,98	100,00				

55. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (10 perces golyós malmi őrlés 2-3,15 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		85							19,01	65,99	178,19	65,67	33,26	98,93	33,62	66,38
	Pirit		0							0,76	-0,76	-3,82	-1,41	2,48	1,07	231,80	-131,80
	Összesen		85								65,23		64,26		100,00		
Összenőtt	Talk	99	5	14,42	96,13	2,32	34,77	33,43	19,01			90,25	33,26				
		98	5														
		97	1														
		95	2														
		90	1														
		80	1														
	Pirit							1,34	0,76			6,72	2,48				
	össz. (n_o):		15														
Σ			100					34,77				271,33	100,00				

56. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (10 perces golyós malmi őrlés 3,15-4 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		85							17,73	67,27	181,64	66,90	31,90	98,80	32,29	67,71
	Pirit		0							0,80	-0,80	-4,01	-1,48	2,68	1,20	223,52	-123,52
	Összesen		85								66,47		65,43		100,00		
Összenőtt	Talk	98	2	14,35	95,67	2,24	33,53	32,08	17,73			86,60	31,90				
		97	4														
		95	7														
		94	1														
		92	1														
	Pirit							1,45	0,80			7,26	2,68				
	össz. (n_o):		15														
Σ			100					33,53				271,50	100,00				

57. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (10 perces golyós malmi őrlés 4-6,3 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		80							21,87	58,13	156,96	57,65	40,55	98,20	41,29	58,71
	Pirit		0							1,13	-1,13	-5,63	-2,07	3,87	1,80	214,98	-114,98
	Összesen		80								57,00		55,58		100,00		
Összenőtt	Talk	99	5	19,02	95,1	2,15	43,00	40,89	21,87			110,40	40,55				
		98	5														
		97	1														
		95	4														
		90	4														
		80	1														
	Pirit							2,11	1,13			10,53	3,87				
	össz. (n_o):		20														
Σ			100					43,00				272,25	100,00				

58. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (10 perces golyós malmi őrlés 6,3-8 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_0 -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_0 összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_0	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		74							23,53	50,47	136,26	49,20	47,46	96,66	49,10	50,90
	Pirit		0							1,73	-1,73	-8,66	-3,13	6,47	3,34	193,58	-93,58
	Összesen		74								48,73		46,07		100,00		
Összenőtt	Talk	98	5	25,15	93,15	1,94	52,27	48,68	23,53			131,45	47,46				
		97	5														
		95	7														
		90	7														
		85	2														
		75	1														
	Pirit							3,58	1,73			17,91	6,47				
	össz. (n_0):		27														
Σ			101					52,27				276,96	100,00				

59. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segédtablázat (10 perces golyós malmi őrlés 8-10 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összesítten	Ásvány növekvény (delta) n összesítten	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		70							32,95	37,05	100,04	36,60	60,73	97,33	62,40	37,60
	Pirit		0							1,69	-1,69	-8,43	-3,08	5,75	2,67	215,44	-115,44
	Összesen		70								35,37		33,52		100,00		
Összenőtt	Talk	99	5	28,54	95,13	2,15	64,63	61,49	32,95			166,01	60,73				
		98	6														
		97	4														
		95	9														
		93	1														
		90	2														
	Pirit	85	3					3,15	1,69			15,73	5,75				
	össz. (n_o):		30														
Σ			100					64,63				273,36	100,00				

60. sz. melléklet: Feltártsági fok számítás segéd táblázat (10 perces golyós malmi őrlés 10-12,5 mm közötti szemcseméret)

Mód	Fajtája	Értékelt ásvány szemcsék %-os területhányada	Szemcsék száma (n_f -feltárt, n_o -összenőtt)	Egyenértékű szemcsék		k	Megnövekedett szemcsék száma		Ásvány növekvény (delta) n_o összenőtt	Ásvány növekvény (delta) n összenőtt	Korrigált feltárt szemcsék n'_f	$n_f \cdot \rho$ $n_k \cdot \rho$	Tömeg % m_f , m_o	Összegzett %		Összenövési fok	Feltártsági fok
				n_e száma	u %-a		n_k összes	Ásványok						Ásványonként	Összes		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
Feltárt	Talk		36							10,12	25,88	69,88	51,88	44,26	96,14	46,03	53,97
	Pirit		0							0,88	-0,88	-4,40	-3,27	7,13	3,86	184,60	-84,60
	Összesen		36								25,00		48,62		100,00		
Összenőtt	Talk	99	2	11,96	92	1,85	24,00	22,08	10,12			59,61	44,26				
		98	2														
		97	1														
		96	1														
		95	2														
		94	1														
	Pirit	90	1					1,92	0,88			9,60	7,13				
		80	2														
		75	1														
	össz. (n_o):		13														
Σ			49					24,00				134,69	100,00				