

TDK DOLGOZAT

Csomor Tibor Áron, Miklós Rita

Miskolci Egyetem – Műszaki Földtudományi Kar
Ásványtani - Földtani Intézet
Ásvány- és Kőzettani Intézeti Tanszék

Jarosit homokkőben - egy csereháti speciális kőzetfajta ásványtani vizsgálata
TDK Dolgozat



Konzulens : Móricz Ferenc

Miskolc, 2012

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés	1
2. Elméleti háttér és általános geológia	2
2.1. Elhelyezkedés	2
2.2. Kutatástörténeti áttekintés	2
2.3. Rétegtani leírás	7
2.4. A jarosit általános ásvány- és kőzettani jellemzése.....	9
3. Gyűjtött minták.....	11
4. Alkalmazott vizsgálati módszerek és eredmények.....	12
4.1. Paste pH mérés	12
4.2. Optikai mikroszkópos vizsgálat	13
4.3. Röntgen-pordiffrakciós módszer	16
4.4. Elektron mikroszondás vizsgálat	18
5. Konklúzió.....	24
6. Összefoglalás.....	27
Irodalomjegyzék.....	28
Köszönetnyilvánítás	29

Eredetiségi nyilatkozat

"Alulírott Csomor Tibor Áron, Miklós Rita, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának hallgatói büntetőjogi és fegyelmi felelősségünk tudatában kijelentjük és aláírásunkkal igazoljuk, hogy ezt a dolgozatot saját magunk készítettük, a benne leírt vizsgálatokat – ha ezt külön nem jelezzük – magunk végeztük el, és az ismertetett eredményeket magunk értük el. Adatokat, információkat csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokból használtuk fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettünk, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltünk."

Miskolc, 2012.10.29.

.

.....

.....

a hallgatók aláírásai

A konzulens nyilatkozata

Konzulensi nyilatkozat

"Alulírott Móricz Ferenc, a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Intézetének doktorandusza, a TDK dolgozatot beadásra alkalmasnak ítélem."

Egyéb megjegyzések, ajánlás:

Miskolc, 2012.10.29

.

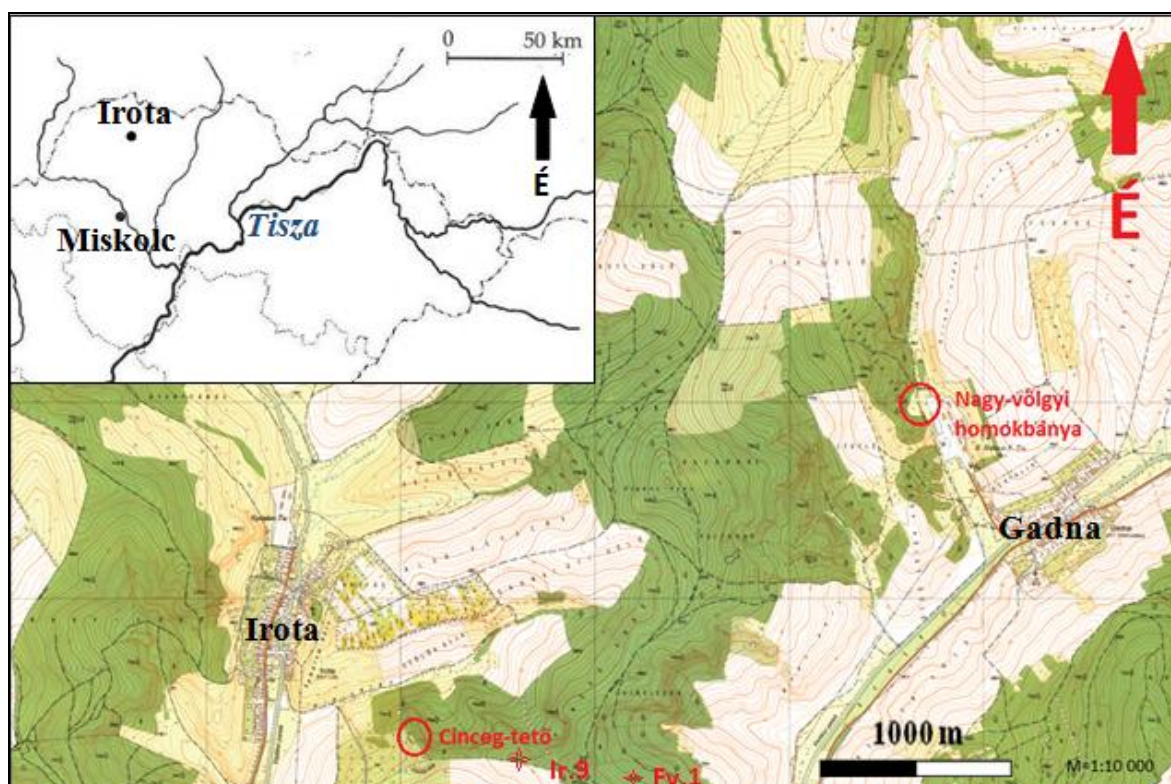
.....

a konzulens aláírása

1. Bevezetés és célkitűzés

Dolgozatunk célja a Szendrői-hegység DK-i peremén, Irota-Gadna között megtalálható pannon üledéksor egyes rétegeiben feltárt jarositos kötőanyagú homokkő kémiai összetételének meghatározása, valamint a homokkő genetikájának értelmezése. Mivel általában a jarosit képződése vas tartalmú szulfidos érctelepek mállási zónájához köthető, így munkánk célja az is, hogy vizsgáljuk a Cinceg-tetői jarositos homokkő képződési körülményeit. A homokkő különlegessége nem a jarosit jelenlétében rejlik, hanem abban, hogy a jarosit, mint a kvarc homok és egyéb üledékes szemcséket összecementáló kötőanyag szerepében jelenik meg a kőzetben.

Vizsgálatainkhoz a homokkő két felszíni kibúvásából szereztük be a mintákat. Az egyik feltárás Irotától DK-re (Cinceg-tető), a másik Gadnától ÉNy-ra (Nagy-völgy) található, egymástól 2700 m-re (1. ábra). Mindkét területről vannak mintáink, ám jelen dolgozat témája csak az Irota melletti Cinceg-tetői homokkő részletes ásványtani vizsgálatát öleli fel. Jövőbeni terveink között szerepel a Nagy-völgyi homokbányából származó minták ásványtani elemzése is.



1. ábra: Irota és Gadna vidéke (M=1:10 000)

2. Elméleti háttér és általános geológia

2.1. Elhelyezkedés

A vizsgált terület (1. ábra) Magyarország ÉK-i határvidékén húzódik. Leginkább dombos vidék, melyet a Bódva, Hernád és Sajó folyók határolnak. Felszínét legnagyobb részt agyag és homok borítja, mely rétegeket esetenként a terület aljzatát alkotó kőzetkibúvások törik át. Irota és Gadna a Szendrői-hegység DK-i határán fekszik.

2.2. Kutatástörténeti áttekintés

Dolgozatunk témája a Cserehát tájegység területén fekvő Szendrői-hegységben található devon korú Irotai Formáció részét alkotó jarositos homokkő vizsgálatát öleli fel, melynek előfordulását először Jámbor Áron figyelte meg és írta le 1960-ban.

A területet Jámbor Áron előtt először a bécsi földtani intézet geológusai kezdték el megfigyelni, valamint tőlük származnak az első feljegyzések (Fülöp, 1994).

A magyar geológusok közül Schréter Zoltán volt az első (1929), aki megkezdte a Szendrői-hegység területén fekvő Cserehát tájegység földtani felépítésének vizsgálatát. A terület legidősebb kőzetének az akkor alsó-karbon korúnak ítélt kristályos mészkövet tartotta, amely ma Szendrőládi Mészkő Formációként ismert. Földvári Aladár (1942) három különböző sorozatot határozott meg, amelyeket egymásra tolódott pikkelyekként értelmezett. Balogh Kálmán (1949) ezen három sorozaton felül egy negyediket is megkülönböztetett.

A sorozatok vázlatos felépítése a következő:

- I. sorozat – muszkovitos, szericites rétegzett, kristályos mészkő
- II. sorozat – sötétszürke-fekete agyagpala, homokkő
- III. sorozat – sötétszürke-fekete rétegzett mészkő
- IV. sorozat – szericites agyagpala és mészkő váltakozása (Csáki, 1976).

A hegység Jámbor Áron, Földvári Aladár, Balogh Kálmán, Schréter Zoltán és Reich Gyula megfigyelései alapján szerkesztett 1:25 000 méretarányú térkép minden paleozóos

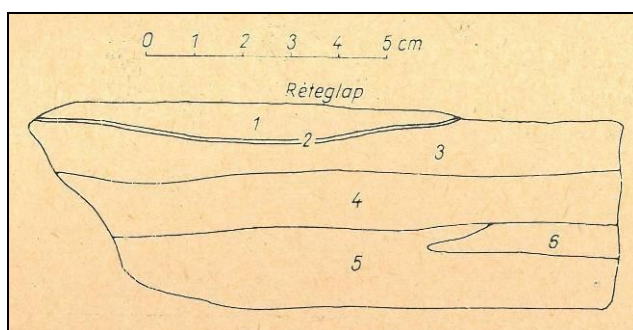
képződményt devon korúként tüntet fel, mivel a III. sorozatból származó faunaegyüttes korának meghatározását elvégezték a Szovjetunióban, ahol devon korba sorolták a kőületeket (Fülöp, 1994).

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1951-ben és 1960-61-ben földmágneses méréseket, illetve 1964-ben komplex geofizikai kutatást végzett a Csereháton, mely mérések a Szendrői-hegység területére is kiterjedtek (Csáki, 1976). Az Alsóvadász környéki Av-1 jelzésű fúrás igazolta, hogy az alaphegység kőzetei sötétszürke agyagpala és kovapala (Radócz, 1967). Radócz Gyula (1964, 1967, 1971) a területen mélyült kutatófúrásokból származó földtani-, valamint a rendelkezésére álló geofizikai adatok figyelembe vételével szerkesztette meg a terület medencealjazat térképét (Fülöp, 1994).

Az 1960-as évek végén a Mecseki Ércbánya Vállalat radiometrikus és geoelektromos méréseket végzett, valamint kutatófúrásokat mélyített a területen. A vállalat megbízásából 1967-69 között a Szendrői-hegységben dolgozó Csáki Ferenc rámutatott a nagy mágneses anomáliát mutató hatóra. Nyomelemvizsgálatok eredményeként elszórt, és helyenként feldúsuló pirrhotin tartalmú metalloidos övet jelölt meg, amely az anomália okozója (Csáki, 1976).

Mint már említettük, szintén az 1960-as években végezte Jámbor Áron is azt a kutatást, ami az Irotai Formáció részét alkotó jarositos homokkő vizsgálatát öleli fel. Vizsgálatai során több feltárás pannon korú homokkőmintáit is elemezte, mely rétegek a devon korú agyagpala alapkőzetre települtek. Dolgozatunk elkészítése során ezek közül is az Irota mellett található Cinceg-tetőn végzett kutatása volt az, amit legrészletesebben tanulmányoztunk. A következő bekezdések ezt a munkát foglalják össze röviden.

Jámbor Áron az irotai feltáráson belül erősen különböző jarosittartalmú szinteket különböztetett meg, ezek közül is, inkább a feltárás rétegeinek felső részén a jarosit utólagos kioldódását állapította meg a homokkő jellegéből (2. ábra) (Jámbor, 1960).



2. ábra: A jarositos homokkő kioldásos szövete

Magyarázat: 1. Laza, fehér hk; 2. limonitos hk; 3. Jarositos hk; 4. Laza, fehér hk; 5. Gyér jarositos hk; 6. Dús jarositos hk (hk-homokkő)

Munkája során a különböző rétegekből vett minták jarosit tartalmának és a jarositot illetően annak kémiai összetételének meghatározása volt a cél. Mivel a jarositot fajsúlya alapján nehéz lett volna elkülöníteni a kőzet többi alkotójától, ezért a rétegek jarosit tartalmát kémiai elemzéssel próbálta meghatározni. Az elemzéseket Guzy K.-né végezte a Magyar Állami Földtani Intézetben. A jarosit képlete alapján először meghatározták annak súlyszázalékos elemi összetételét (1. táblázat) (Jámbor, 1960).

A jarosit elméleti kémiai összetétele: $\text{KFe}^{3+}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$

Ebből a jarosit súlyszázalékos elemi megoszlása:

K^+	7,8 súly %
3 Fe^{3+}	33,4 súly %
$6 (\text{OH})$	20,4 súly %
$2 (\text{SO}_4)$	38,3 súly %
Összesen:	99,9 súly %

1. táblázat – A jarosit súlyszázalékos elemi megoszlása

A minták vizsgálata során a SO_4 mennyiségét vették viszonyítási alpnak, mivel ez a kőzet más ásványi alkotójának összetételében nem szerepel. A többi esetleges elemi alkotórész, tehát a K, Na, Fe^{II} és Fe^{III} helyettesítő vagy főelemként a kőzetnek jóformán bármely ásványában jelen lehet. Az így megvizsgált mintákból a 2. táblázatban szereplő elemzett és számított súlyszázalék értékeket kapták. A minták csökkenő SO_4 -tartalom szerint vannak felsorolva (Jámbor, 1960).

2. táblázat: A vizsgálati eredményeket összefoglaló táblázat (Jámbor, 1960):

Kőzet	1.					2.	3.
	SO ₄	K	Na	Fe ^{III}	Fe ^{II}		
1. Finomsz. hk.	17,23	1,57	1,95	7,87	0,12	44,98	35,82
2. Durvasz. hk.	15,87	1,62	1,90	7,11	0,14	41,35	32,98
3. Közepessz. hk.	7,25	2,17	0,37	3,43	0,09	18,92	16,70
4. Közepessz. hk.	7,24	2,24	0,37	3,63	0,08	18,90	16,94
5. Aprósz. kongl.	7,08	0,84	0,70	3,09	0,10	18,48	14,77
6. Közepessz. hk.	5,80	1,35	0,91	2,64	0,15	15,14	12,87
7. Közepessz. hk.	1,61	2,08	1,07	1,17	0,24	4,25	5,71

(hk.-homokkő, kongl.-konglomerátum, közepessz.-közepesszemű)

1. elemzéssel kapott értékek
2. Az SO₄-tartalomból a jarosit $\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$ képlet alapján számított jarosit tartalom
3. Az elemzett K, Fe, SO₄ és számított OH mennyiségi összegzéséből kapott jarosit tartalom

A K mennyisége az esetek többségében több, három nagy szulfát-tartalmú mintában azonban lényegesen kevesebbnek mutatkozott, mint amennyi a szulfát-tartalomnak a képlet szerint megfelelt volna. Ebből arra következtettek, hogy a káliumot is részben helyettesíti valamelyik másik elem (Jámbor szerint Ca), az esetek többségében mutakozó K-felesleg pedig a muszkovitból adódik. Mindezek a következtetések azonban csak abban az esetben állják meg helyüket, ha a szulfát más ásványban nem található az elemzett kőzetben. A jarositon kívül azonban más szulfátásványt nem mutattak ki.

Jámbor Áronnak munkája során nem állt rendelkezésére megfelelő mennyiségű és minőségű elemzési eredmény ahhoz, hogy a K^+ és a vizsgálatai során kimutatott Na közötti kapcsolatot egyértelműen leírja. Annyit viszont megállapított, hogy a Na^+ mennyisége az elméleti K^+ -tartalommal, s a szulfát-tartalommal általában növekszik. Ebből arra következtetett, hogy a Na^+ , ha nem is rácsszerkezetileg, de genetikailag a jarosithoz kapcsolódhat (Jámbor, 1960).

Jámbor Áron munkájából összegezve tehát kiolvasható, hogy bár fölfedezte a jelenséget, miszerint a jarositban a Na^+ is megjelenik a K^+ mellett, a kapcsolatot bizonyítani nem tudta,

csupán feltételezte számításai alapján. Dolgozatunk célja többek között ezen kapcsolat vizsgálata és bizonyítása a mai kornak megfelelő vizsgálati módszerekkel.

2.3. Rétegtani leírás

A Szendrői-, és Upponyi-hegységeket az Észak-Magyarországi paleozoós rögök néven szoktuk emlegetni. Ezen egységeket felépítő kőzetek jellemzően ordovícium-szilur korú fekete palák, homokkövek, középső devon korú sekélytengeri, platformfáciesű mészkövek, valamint középső-karbon korú medencefáciesű mészkő-pala váltakozások. A Szendrői-hegységben megjelennek olisztolittartalmú metamorf agyagpala, vagyis fillit rétegek is. Karbon – kréta közötti, valamint paleogén üledékeket nem találunk a területen, de ez nem utal arra egyenes ágon, hogy nem is volt ekkor üledékképződés. A Szendrői-hegység kőzetei epimetamorfózist szenvedtek, gyúrt, pikkelyes szerkezetet mutatnak (Less, 2011). A Szendrői-hegység területén található többek között az Irotai Formáció is, amelyet dolgozatunk témája is érint (Less, 2011).

Az Irota és Gadna közötti földtani felépítésben részt vevő kőzetek leírásához Raincsákné Kosáry Zsuzsanna (1978) leírását vettük alapul.

Az Irotától DK-re található Nagy-völgyben és a Cigány-hegyet K-i oldalról határoló völgyben főként grafitos agyagpala, grafitos-szericites meszes homokkőpala és fekete-szürkés sávós kovapala váltakozása figyelhető meg. Megjegyezném, hogy a legtöbb helyen a grafitként definiált szerves anyag inkább antracitnak tekinthető Németh Norbert (2012) szerint. Ezen rétegsor mésztartalma a mélység felé egyre nő, de a felszín közelében is gyakoriak a karbonátos feldúsulások. Irotán a törmelékes rétegsorok először csak betelepüléseként jelentkeztek a meszes rétegsorokban, ám a felsőbb rétegekben már kőzetalkotókként jelentkeznek.

A Szendrői-hegység területén lévő devon rétegsorokra miocén és pliocén üledékek települnek. A lemélyült kutatófúrások egyike sem harántolt paleogén képződményeket, viszont a neogén összes emelete kimutatható valamilyen formában a hegységben, igaz, hogy csak a szarmata és a pannon emelet képviselteti magát általános elterjedésben a területen (Radócz, 1971).

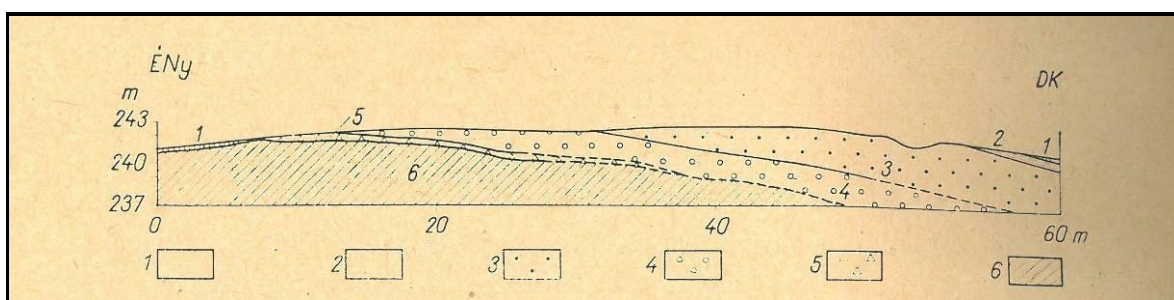
A Cserehát fiatal üledékeinek összefoglaló jellemzésében Radócz Gyula (1971) leírására támaszkodtunk, amely a neogén kor összes emeletét külön-külön tárgyalja, melyekből számunkra a pannon korú rétegek leírása nagy jelentőségű.

A cserehádi térség pannon korú kőzeteinek besorolása még nem teljesen tisztázott a rendelkezésünkre álló források szerint, ám az bizonyos, hogy az alsópannon üledékgyűjtő a Cserehát tájegységére is kiterjedt. Ezt bizonyítja, hogy az Av.1 számú fúrásban faunával is igazolható tavi és szárazföldi kifejlődésű rétegeket tártak fel. Ezzel maradványmentes szárazföldi-tavi tarkaagyak rétegsorok települtek.

Azon pannon korú homokkő rétegek, amelyek egyikéből az általunk vizsgált minta származik, az Irotai Formációra települt, mely a Szendrői-hegység területén Irota és Gadna községek térségében található. A formációt devon korú, sötétszürke agyagpala sorozatok alkotják, melyek helyenként karbonátosabbak, helyenként kovapala betelepülésekkel tarkítottak.

Irota környékén az Irotai formáció kőzetei a felszínhez közel találhatók, míg Irota és Gadna között a formáció felszíni kibukkanása is megtalálható. Az Irotai Formációt változó vastagságú pannon törmelékes összlet fedi, ami jellemzően homokkőből, aprókavicsos összletből áll össze. Irotán a pannon fedőüledékekre települt egy fél méteres agyagréteg is. Fúrások igazolták, hogy az alaphegységi kőzetek felső 100-150 métere mállott (Csáki, 1976), mindezek mellett tudjuk azt is, hogy az alaphegység bizonyos rétegeiben különböző szulfidok találhatóak, mint arzenopirit, pirit, pirrotin, kalkopirit, melyek megjelenése a kőzetben a mállott zóna alsó határát jelzik (Csáki, 1976).

Az általunk vizsgált minta a Cinceg-tetői feltárásból (3. ábra) származik, amely egy rétegzett, helyenként keresztarétegzett pannon korú jarositos homokkő feltárás.

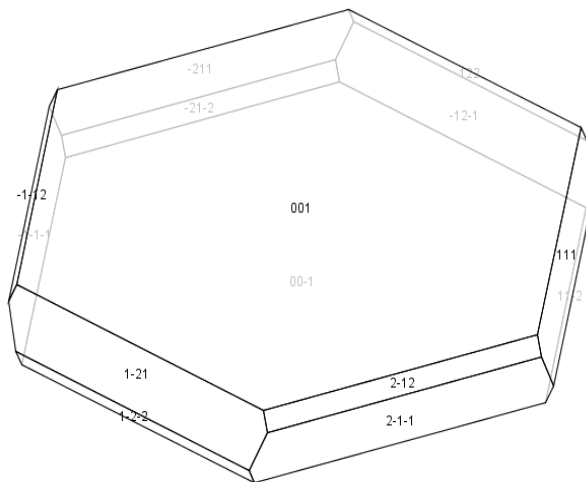


3. ábra: A Cinceg-tetői feltárás vázlatos földtani szelvénye (Jámbor Á. 1960)

Jelkulcs: Holocén 1- talaj; Pannon 2-szürke agya; 3-jarositos homokkő; 4-jarosit és kötőanyag nélküli apró kavics; 5-limonitos szericitpala törmelék; Devon 6-szericitpala és mészkő

2.4. A jarosit általános ásvány- és kőzettani jellemzése

A feltárásban is kibukkanó homokkő formáció cementanyagát először Jámbor Áron írta le, mint jarosit, mely egy trigonális rendszerben (4.ábra) kristályosodó kálium tartalmú vas-szulfát. Többnyire földes megjelenésű, illetve bekérgezések, konkréciók formájában jelenik meg, de a szépen fejlett kristályai ritkák. Színe a sárgától az okkersárgáig terjed. Karcpora sárga, kristályos formája üveg- vagy gyantafényű.



4. ábra: jarosit kristály táblás megjelenése
(forrás: webmineral.com)

A jarosit csoport legjellemzőbb és legelterjedtebb tagja a kálium tartalmú jarosit $[\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$, amiről a csoport a nevét is kapta. A káliumot leggyakrabban helyettesítheti a szintén az alkáli fémek csoportjába tartozó Na^+ , mivel ezen két elem kémiai tulajdonságai nagyon hasonlítanak egymásra. Ezek kívül még Ag, Pb, NH_4 , Cu vagy H_3O^+ épülhet be mint helyettesítő elem.

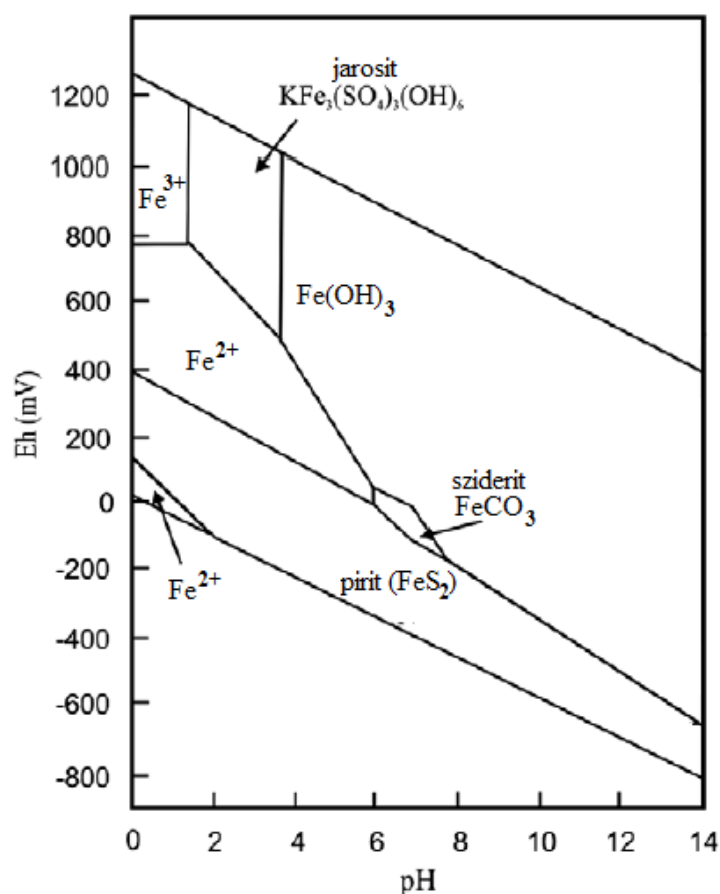
A jarosit jellegzetesen másodlagos ásvány, mely a vastartalmú szulfidok mállásakor keletkezik. Ebből adódóan a szulfidos érctelepek oxidációs zónájában, vagy a mellékkőzetekben repedés-, illetve üregkitöltőként is gyakran megjelenik, többnyire limonittal, goethittel, hematittal, agyagásványokkal, pirittel – továbbá az adott érctelep fémkomponenseinek másodlagos ásványaival – együtt. Egyes homokkőfélék és agyagpalák jellemző másodlagos elegyrésze (Szakáll, 2007).

A jarosit továbbá megjelenik olyan területeken is, ahol redukzív tulajdonságú mocsaras vagy lápos területeket víztelenítenek, így a szulfidokat stabilan tartó bázikus környezet megszűnik. Ennek hatására oxidálódnak, másodlagos szulfát ásványok jönnek létre, úgymint a jarosit különböző ásványfajai (Dobos E. szóbeli közlése).

Vékonycsiszolatban a jarosit szemcséi táblás, romboéderes vagy kerekded alakúak lehetnek. Gyakran képez bevonatot, szemcsés, pikkelyes, szálas vagy esetenként kollomorf

szerkezetet alkot, optikai mikroszkóp alatt sárgásbarna és erősen pleokroós. Reliefje a nagy fénytörésből (1,71 – 1,82) adódóan kiemelkedő. Kettőtörése rendkívül nagy (0,102 – 0,105) (Kubovics, 1993).

Képződése erősen savas környezethez kötött, ugyanis csak pH 2,5 és 3,5 között válhat ki a komponenseit szállító oldatból. Az 5. ábra mutatja a Fe-S-K-C-O-H elemeket tartalmazó rendszerben azon ásványfázisokat, amelyek a redoxpotenciál és pH érték függvényében az adott paramétereken kialakulhat. Látható továbbá, hogy az alacsony pH érték mellett szükséges, hogy a rendszer magas redoxpotenciállal (Eh) rendelkezzen, mely biztosítja a Fe^{2+} ion Fe^{3+} ionná történő alakulását.



5. ábra: Fe-S-K-C-O-H rendszer Eh-pH diagramja
(Pérez-López et al., 2007)

Meg kell említeni azonban, ha a rendszer pH értéke emelkedik, akkor az 5. ábrán szereplő Fe^{3+} -hidroxid helyett (pH 5 felett) goethit, további emelkedés során (pH 7 felett) vas-oxid (hematit - Fe_2O_3) keletkezik.

3. Gyűjtött minták

Kutatásunk az Irotai Formáció fedőképződményeit alkotó jarositos homokkő vizsgálatára irányul. A vizsgálatokhoz felhasznált minta az Irotától 930 m-re DK-re elhelyezkedő Cinceg-tetői jarositos homokkő feltárásból (6. ábra) származik (földrajzi koordinátái: EOY Y:786063; X:340270). Az itt található összlet nagymértékű rétegzettséget mutat, melyben a cementáló anyag jarosit tartalma erősen változik, hol kevesebb, hol több, mely a kézipéldányokon (7. és 8. ábra) is szembetűnő.



6. ábra: Jarositos homokkő feltárás a Cinceg-tetőn



7. ábra: 1. számú kézipéldány



8. ábra: 2. számú kézipéldány

Mint azt a földtani felépítésben is meghatároztuk, ez egy fiatal, pannon korú éretlen és rosszul osztályozott, ám viszonylag jól cementált homokkő.

4. Alkalmazott vizsgálati módszerek és eredmények

A kutatásunkhoz szükséges anyagvizsgálati módszereket a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Tanszékének laboratóriumaiban végeztük el, valamint a vizsgálandó mintáinkból a polírozott vékonycsiszolatot is ugyanitt készítettük. Az alkalmazott módszerek a minták ásványi összetételére és szöveti tulajdonságaira irányultak:

- Paste-pH mérés: a jarositos cement kristályosságára, oldhatóságára vonatkozó információ,
- Optikai vizsgálatok polarizációs mikroszkóppal: ásványfázisok meghatározása, jellemzése, szöveti tulajdonságok megfigyelése,
- Röntgen pordiffrakciós vizsgálat: ásványfázisok meghatározása,
- Elektronmikroszkópos és mikroszondás vizsgálatok: szövetalkotók kémiai összetételének, jellemzőinek pontosítása.

4.1. Paste pH mérés



9. ábra: Szuszpenzió pH értékének meghatározása lakmuspapírral.

A mintánkon elvégzett egyik legelső mérés, az gyors oldásos "paste pH" volt, mely során egységnyi tömegű mintát egységnyi tömegű desztillált vízzel elegyítve oldatot képzünk és mérjük a savasságát. Mivel a jarosit oldódása során savat termel, így a szuszpenzió savasnak kell lennie. A már meglévő kutatási eredményekből (Jámbor, 1960) tudtuk, hogy a kibúvásból származó minta jarositos homokkő. A mérés

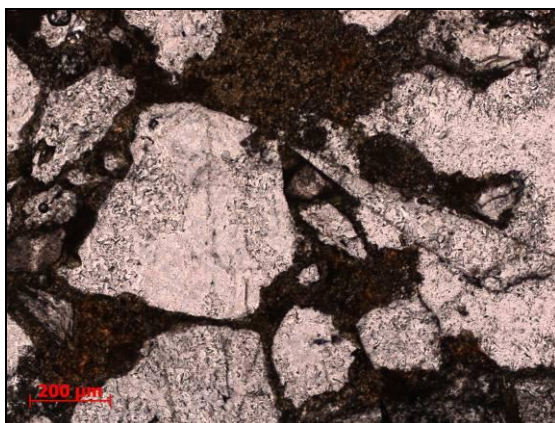
kivitelezése során az összetört mintát üvegtégelybe helyeztük, majd desztillált vizet engedtünk rá. A mintát állni hagytuk, majd 10-20 perc múlva ellenőriztük a szuszpenzió pH értékét.

A mérés kétes eredményt hozott, hiszen a 9. ábrán is látható módon az oldat pH értéke 5,5-6 körül mozgott. Ez két dologra utalhat: vagy a mintában lévő jarosit mennyisége túlbecsült, vagy a jarosit kristályossági foka magasabb az átlagnál, így oldódása még jobban korlátos. Tudható ugyanis, hogy egy oldható ásvány annál nehezebben oldódik, minél stabilabb állapotú, minél nagyobb a kristályossági foka.

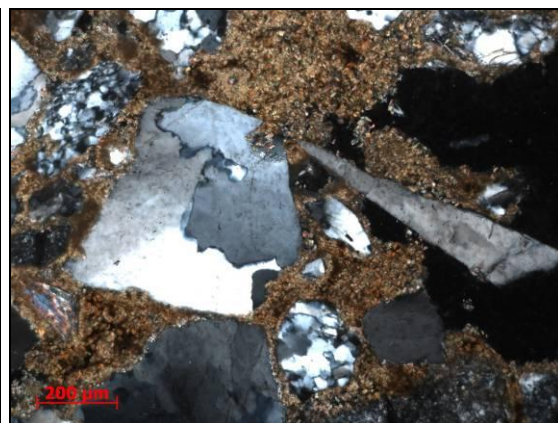
4.2. Optikai mikroszkópos vizsgálat

Ezen vizsgálatnál alkalmazott eszköz egy ZEISS-Axioplan ásványtani polarizációs kutatómikroszkóp volt, mellyel a vékonycsiszolaton végeztünk vizsgálatokat a közetalkotókat illetően.

Az általunk készített vékonycsiszolatot polarizációs mikroszkóppal vizsgáltuk 10x, 20x illetve 50x nagyítás mellett. Már 10x-es nagyításnál jól látható a homokkő fő törmelékes alkotója, a keresztezett nikolnál unduláló kioltást mutató polikristályos kvarc. A homokszemcsék szögletesek, ami rövid törmelékszállítódásra utal. A kvarcsemcsék átlagos átmérője 200 μm és 400 μm közé esik. Kvarc mellett a minta földpáttöredékeket is tartalmaz. A 10. és 11. ábrán a vékonycsiszolat képe látható kis nagyítás mellett. Keresztezett nikolnál (11. ábra) a fehér-szürke interferenciaszínű szemcsék kvarctöredékek, a központi kvarcsemcse bal sarkánál egy csillám pikkely látható, míg barna színnel az általunk részletesebben vizsgált cement jelenik meg. A keresztezett nikolnál fekete területek a befoglaló műgyantát jelzik, ugyanis a felvétel a vékonycsiszolat szélén készült.



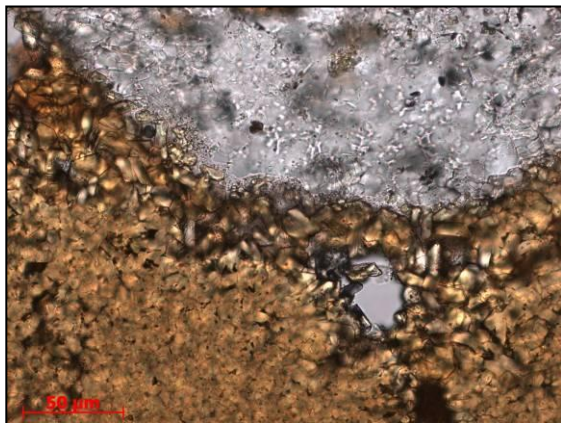
10. ábra: Jarositos homokkő
szöveti képe I nikolnál



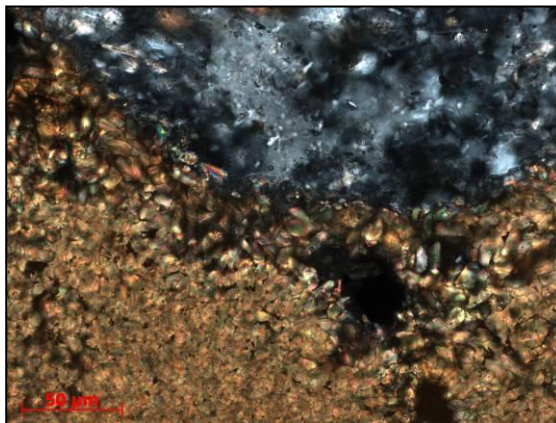
11. ábra: Jarositos homokkő
szöveti képe X nikolnál

Nagyobb nagyítás mellett (12. és 13. ábra) már tisztán kivehető a törmelékrészeket összecementáló kötőanyag szövete is. A trigonális jarosit kristályok a csiszolaton táblás,

prizmás alakot mutatnak. A cement anyaga helyenként átmegy egy szintén jarositból álló finomkristályos elegyrészbe. A jól kifejezett jarosit kristályok 25 - 30 μm átmérőjűek, vastagságuk 10 - 15 μm közé tehető. Ez egy közelítő érték, amit a mikroszkópos vizsgálat alapján kaptunk. Keresztezett nikolnál a tárgasztal forgatása mellett a kristályokon a kioltás és a zónásság jelensége nem figyelhető meg.

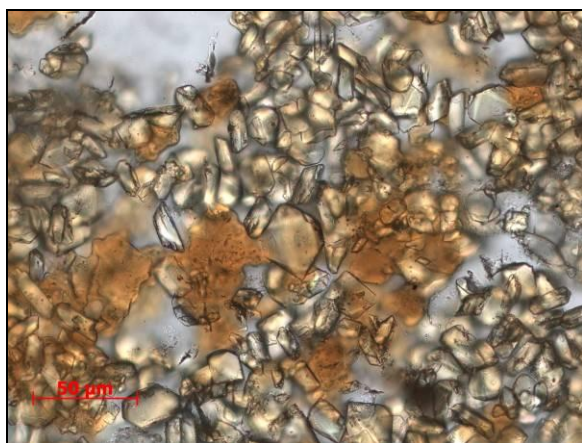


12. ábra: Jarositos cement és kvarchomokszemcse I nikolnál

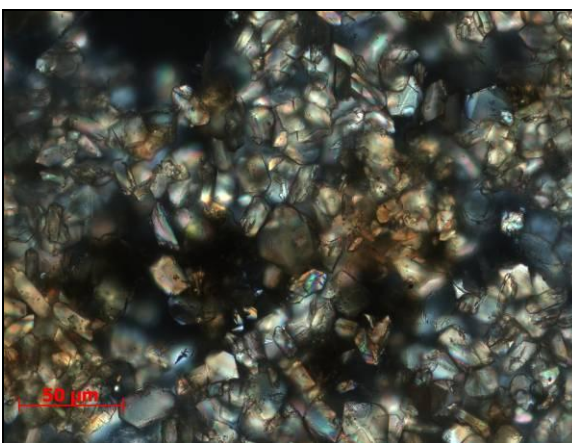


13. ábra: Jarositos cement és kvarchomokszemcse X nikolnál

A jól kristályosodott jarosit szemcsék ott, ahol a finomkristályos jarosit is megjelenik, elsősorban a kvarcsemmek falán és azok repedéseiben váltak ki, még a finomkristályos részek a maradék teret töltik ki. A kifejezett kristályok kialakulásához a jarosit képződésre jellemző körülmények mellett több időre volt szükség, mint a finomszemcsés elegyrész kiválásához. Ez alapján a jól kristályos cement hamarabb jött létre. Az, hogy ezen kristályok több helyen a kvarc és más törmelékrészek repedéseiben is megjelennek egyértelműen utal a jarosit epigenetikus jellegére. Nagyobb nagyítással nézve (50x-es nagyítású objektív) a jarosit szemcsék jól fejlett alakja szépen kivehető, melyet szemléletesen reprezentál a 14. és 15. ábra.

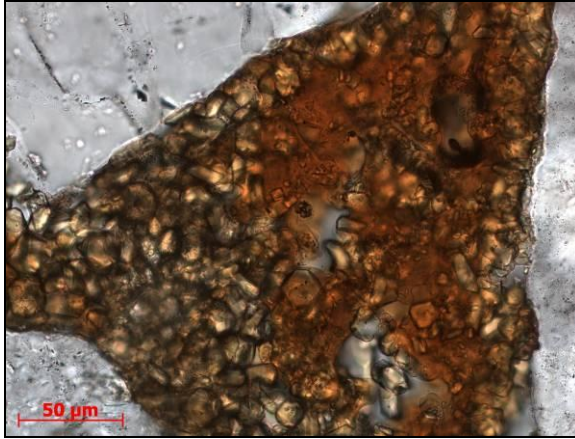


14. ábra: Jól fejlett jarosit I nikolnál

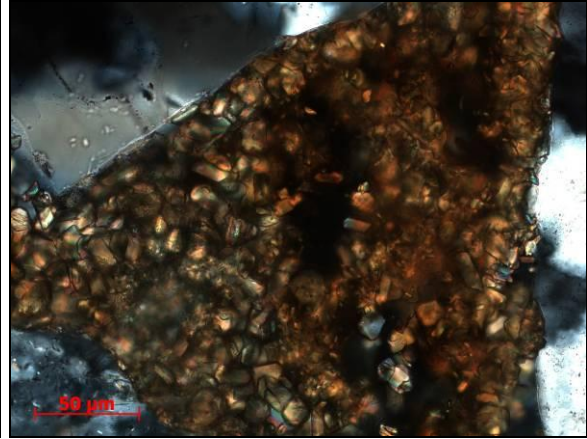


15. ábra: Jól fejlett jarosit X nikolnál

A kötőanyag egyes területein – melyek leginkább a finomkristályos cementrészekkel korrelálnak – egy barna, sötétbarna amorf megjelenésű anyag található (16. és 17. ábra). Ennek kémiai összetételének meghatározásához elektron mikroszondás vizsgálatot használtunk.

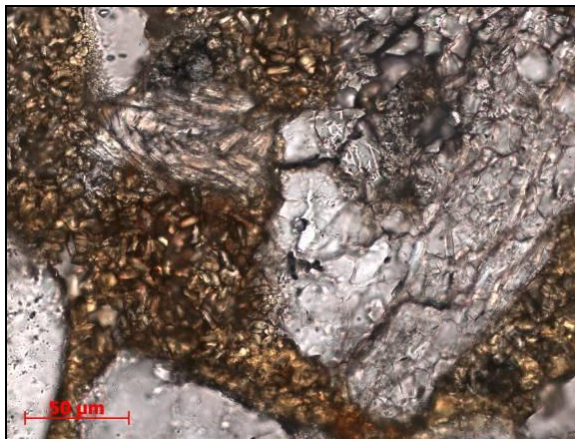


16. ábra: Jól fejlett jarosit 1nikolnál

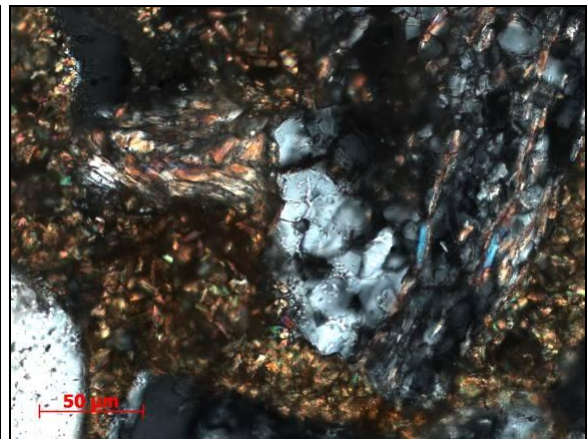


17. ábra: Jól fejlett jarosit X nikolnál

A kvarcon kívül más törmelékes elegyrészt is találtunk (18. és 19. ábra), melyet a keresztezett nikolnál való vizsgálat alapján szericites és csillámokat tartalmazó elegyrésznek azonosítottunk.



18. ábra: Csillám 1 nikolnál



19. ábra: Csillám X nikolnál

Reflexiós megvilágítás mellett is készítettünk felvételeket. Ilyen megvilágítás mellett jól kivehető a kőzetben megtalálható fehér-világosszürke reflexiójú opak szemcse (20. ábra), melyek felülete szinte az összes fényt visszaveri. A módszerrel több apró opak szemcsét sikerült detektálnunk, ám ezek száma és mérete nem volt lényeges és számottevő a minta szempontjából. Ezen szemcsék pontos leírását, részletes kémiai összetételének meghatározását szintén mikroszondával végeztük.



20. ábra: Opak szemcse reflexiós képe

4.3. Röntgen-pordiffrakciós módszer

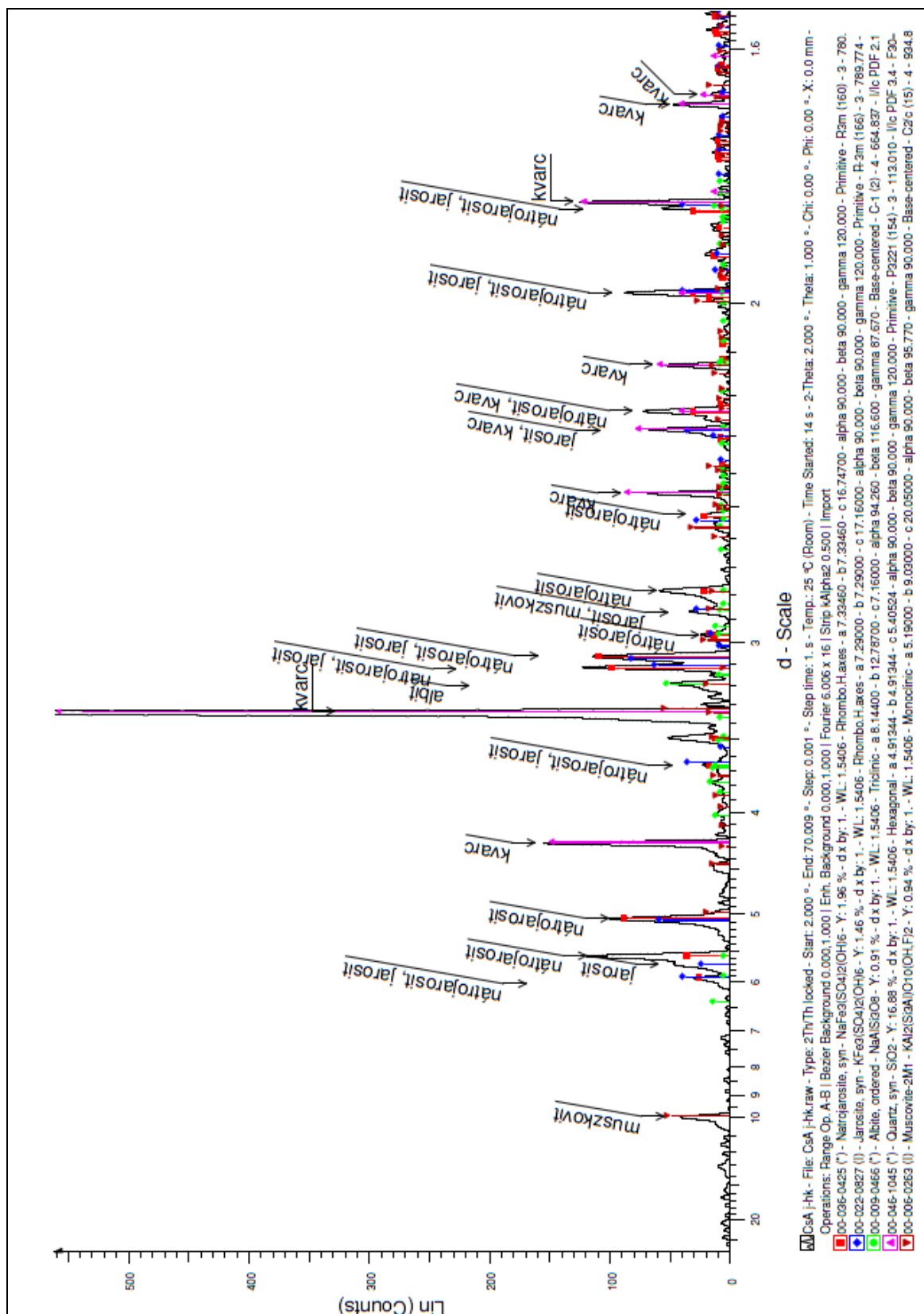
Ez a módszer kristályos (vagy finom kristályos) anyag vizsgálatát teszi lehetővé. A vizsgálatok a Bruker AXS D8 Advance röntgen pordiffraktométerrel készültek. A műszer Cu-anóddal felszerelt röntgensövet ($\lambda=1,54 \text{ \AA}$) alkalmaz, Bragg–Brentano geometriában üzemeltetve. A méréseket 40 kV gyorsítófeszültség és 40 nA áramerősség mellett, $2\Theta=3 - 60^\circ$ szögterományban, $0,04^\circ$ lépésközzel, 2 másodperces gyűjtési idővel végeztük.

Az ásványfázisokat a porfelvétellel nyert diagram segítségével határozzuk meg (21. ábra). A diffraktogramon megjelenő vonalak helyéből az adott ásványra jellemző rácstávolságok számíthatók ki, a vonalak (csúcsok) magassága pedig a diffraktált sugarak intenzitásával, így az egyes ásványok mennyiségével arányos.

Vizsgálatunk célja ezzel a módszerrel a kötőanyag ásványos összetételének meghatározása volt. Ennek érdekében mikroszkóp alatt igyekeztünk a kvarcsejteket a kötőanyagtól elkülöníteni, de a vizsgálati eredmények tükrében ez nem volt maradéktalanul sikeres, amint az látható a 3. táblázatban szereplő ásványok listáján, melyet a 21. ábrán lévő diffraktogram segítségével állítottunk össze.

3. táblázat: A röntgendiffrakciós vizsgálat eredményei

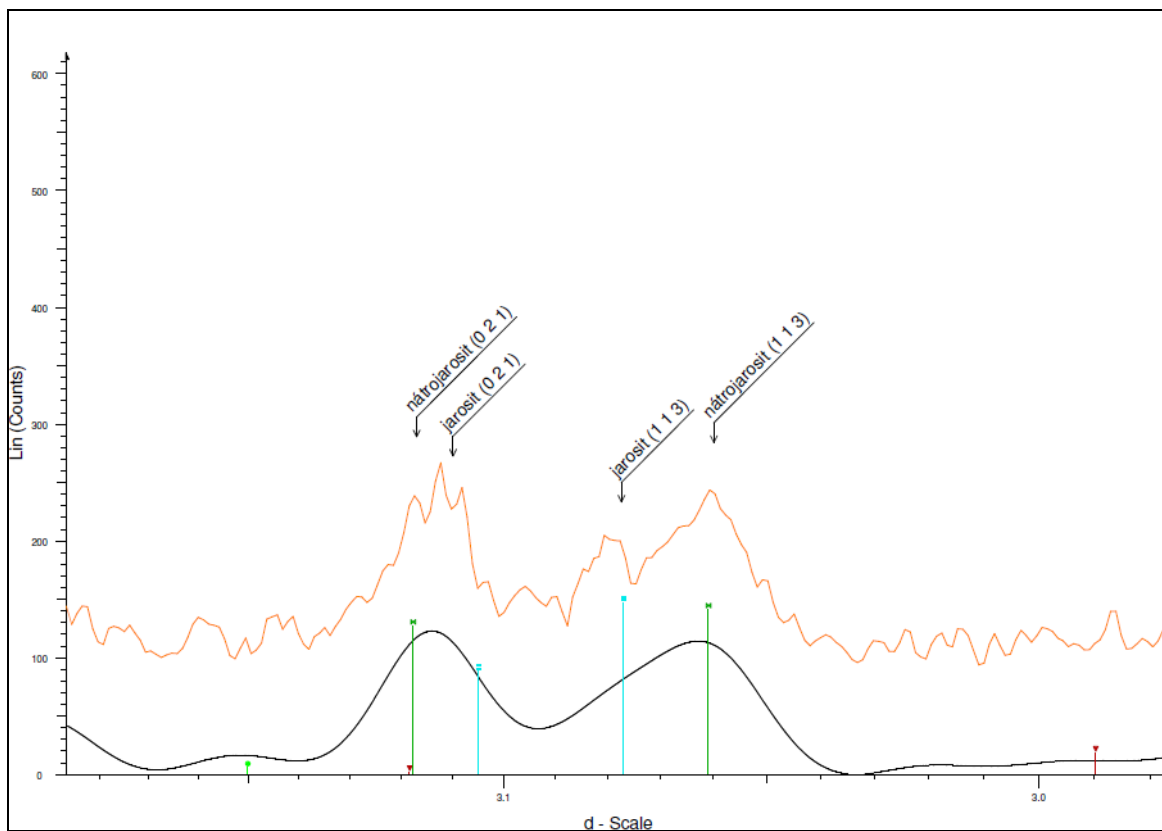
Ásvány	Kémiai képlet
albit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
jarosit	$\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$
natrojarosit	$\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$
kvarc	SiO_2
muszkovit	$\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$



21. ábra: Röntgen diffrakciós vizsgálati eredmény diffraktogramja

Amint az a diffraktogramból látható, mind a jarosit, mint káliumos tag, mind a natrojarosit, mint nátrium tartalmú tag jelen van. További bizonyíték, hogy a két jarosit legnagyobb

intenzitású csúcsai a kinagyított diffraktogramon (22. ábra) jól szétválaszthatók, elkülöníthetők.



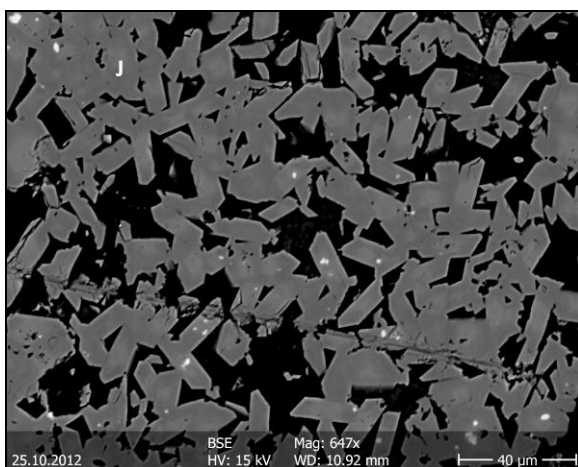
22. ábra: A különböző jarosit fázisok csúcsai szétválszthatók

A táblázatban szereplő muszkovit ásványnak mikroszkóp alatt csak indikációját találtuk. Azonban meg kell említeni, hogy ezen ásvány röntgen pordiffrakciós mérése nehézkes, mert csillámszerkezete miatt orientálódik a pormintában, így nagy reflexiót hozva létre. Ebből eredően kis mennyiség jelenléte esetén is túlbecsülhető a mintában lévő valós aránya.

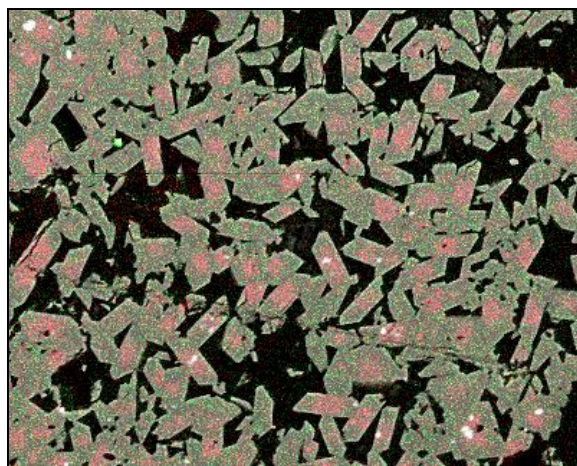
4.4. Elektron mikroszondás vizsgálat

A vékonycsiszolat minta először vákuumgőzölőben szénnel lett begőzölve. Vizsgálatainkat JEOL JXA 8600 Superprobe elektron mikroszkop használatával végeztünk. Mérés során a készüléket 15KeV-os gyorsító feszültségre és 10nA-es áramerősségre állítottuk. A műszerrel egy adott pontban elemi összetétel meghatározását végezhetjük, valamint „nagyobb” területekről BSE (visszaszórt elektron) képeket és elemtérképet is készíthetünk.

A BSE kép lényegében egy visszaszórt elektronkép, melyen egy adott pont, az ott megtalálható elem átlag tömegszámának függvényében kap szürkeértéket. Minél nagyobb az adott elem átlag tömegszáma, ez a szürkeérték annál világosabb.



23. ábra: Cement BSE képe



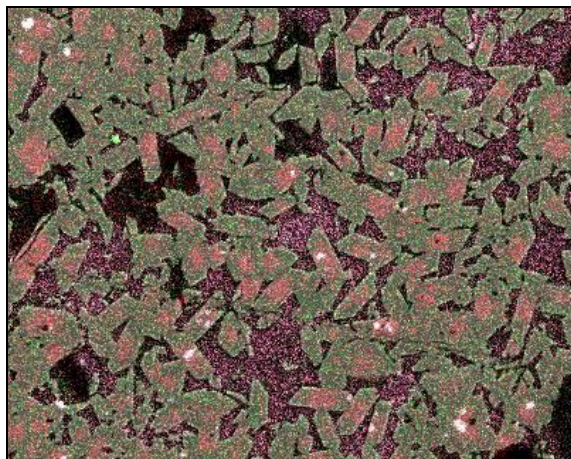
24. ábra: Cement elemtérképe (K-piros; Na-zöld)

Az elektronmikroszkópos vizsgálat a homokkő szövetéről meglepő eredményeket adott. Egyrészt kiválóan szemlélteti a jól fejlett, sajátalakú jarosit kristályokat (23. ábra). Emellett az is kivehető a BSE képen, hogy az egyes jarosit kristályoknak van egy árnyalattal világosabb - ebből következően magasabb átlag tömegszámú - magja, és egy árnyalattal a magnál sötétebb periferiája, mely alacsonyabb átlag tömegszámot feltételez (23. ábra). Erre a kérdésre a választ a Na és K elemtérképe adta meg (24. ábra), melyből kiderült, hogy a magok káliumban dúsabbak, míg a periféria inkább nátrium dús. A kristályban éles zónahatár nem figyelhető meg, az átmenet folyamatos. Ez az eredmény összhangban van azzal a röntgen pordiffrakciós eredménnyel, hogy a cement anyagából kétféle jarosit – K-tartalmú jarosit és nátrojarosit – mutatható ki (22. ábra).

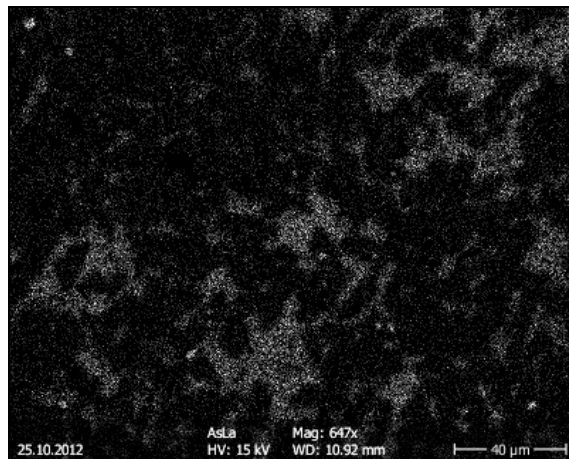
A kristály szerkezete utalhat a cement lehetséges képződési körülményeire. Elképzelhető, hogy elsőnek a kálium vált ki az oldatból, majd rá a nátrium tartalmú változat, de az is előfordulhatott, hogy a cementkiválás során megváltozott a pórusokat kitöltő oldat kémiai összetétele. Ennek következtében a már meglévő jarosit kristályok periferiáján megindulhatott egy egyfajta elemkicserélődés, melynek során a jarosit K^+ gyöke Na^+ -ra cserélődött ki. A teóriák közül egyik sem részesíthető előnyben, jelen mintából nem tudtuk egyértelműen megállapítani, hogy melyik koncepció a valós.

A mintán energiadiszperzív spektrométeres (EDS) mérést végeztünk, mely meghatározta a területen lévő elemeket, így ezekre specifikáltuk az elemtérképes mérést. Mikroszondával a nátriumon és káliumon kívül az arzén (As), a vas (Fe) és kén (S) elemeket mutattuk ki.

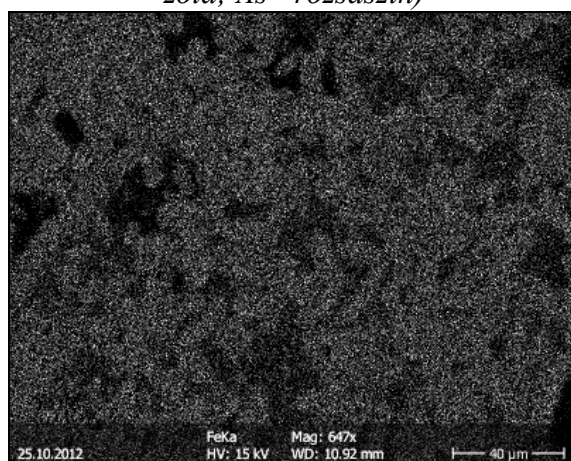
Jól látható, hogy a jarosit kristályok esetében a Na+K területe kitűnően korrelál a vas és kén elemek elhelyezkedésével (27. és 28. ábra), így bizonyítva a jarosit (káliumos és nátriumos tag) tisztaságát, hogy nem épültek be más ásványok szerkezetükbe zónaként vagy zárványként.



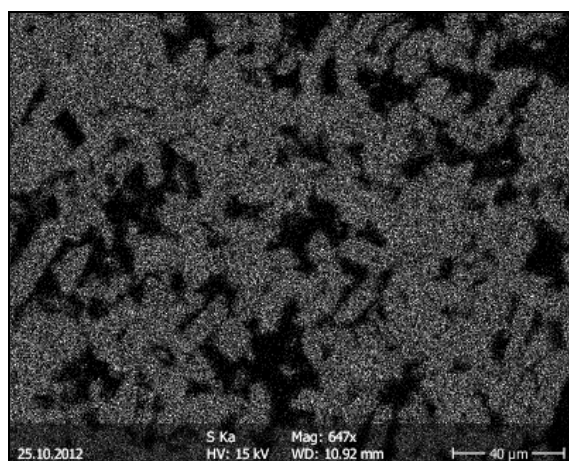
25. ábra: Cement elemtérképe (K - piros; Na - zöld; As - rózsaszín)



26. ábra: Arzén elemtérképe a cementben

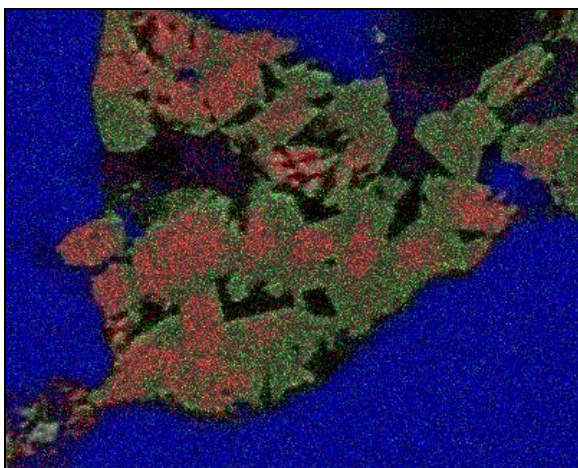


27. ábra: Vas elemtérképe a mátrixban



28. ábra: Kén elemtérképe a mátrixban

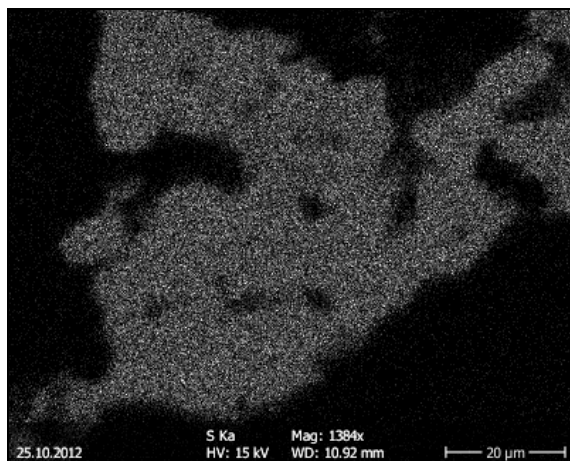
A minta más szegmensén is végeztünk méréseket, melyből jól látható, hogy a jarosit kristályok az apróbb repedéseket és hézagokat is fejlett kristályok formájában töltik ki. Mindezek mellett azonban felhívánk a figyelmet a 26. ábrára, amely az arzén elemtérképét mutatja. A 25. ábra szemlélteti azt, hogy az arzén a jarosit szemcsék közötti térben helyezkedik el, nem épül be a jarosit kristályok szerkezetébe. Ez utal arra is, hogy az arzén tartalmú ásvány fázis a jarosit kristályok kifejlődése után került a szemcsék közötti térrészbe.



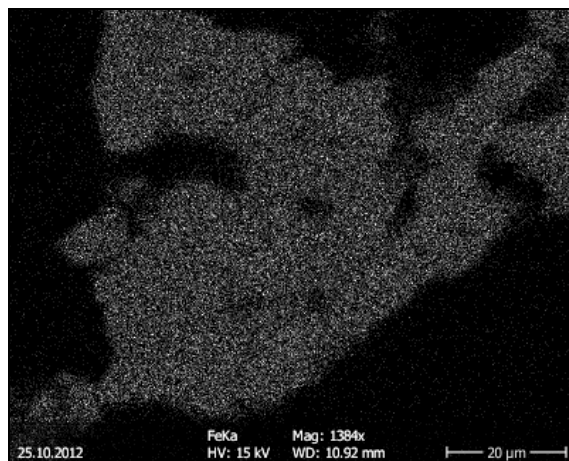
29. ábra: *Elemtérkép
(K-piros, Na-zöld, Si-kék)*

Az előzőhöz hasonló összetétel jellemzi ezen szegmens jarositjait is, melyet a 29. ábrán látható elemtérkép is bizonyít. Itt is folyamatos átmenet van egy kristályon belül a jarositból a nátrojarosit felé, belülről kifelé haladva. A vas és kén elemtérképe itt is jól egybevágh, tehát kijelenthető, hogy ezen térrészben csak a jarosit ásvány tartalmazza ezeket az elemeket.

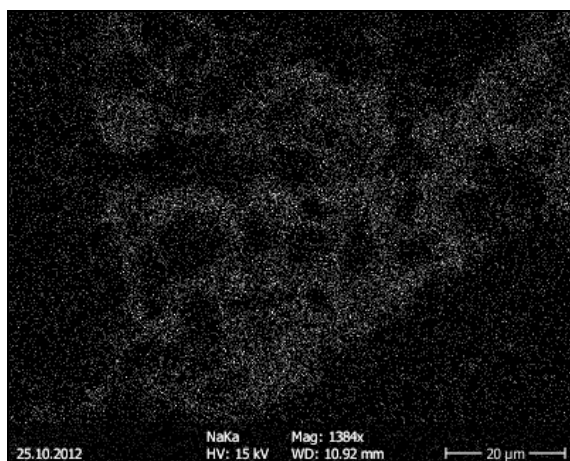
Az elektronmikroszkóppal készített elemtérképek láthatóak a lenti ábrákon (30.-33. ábra).



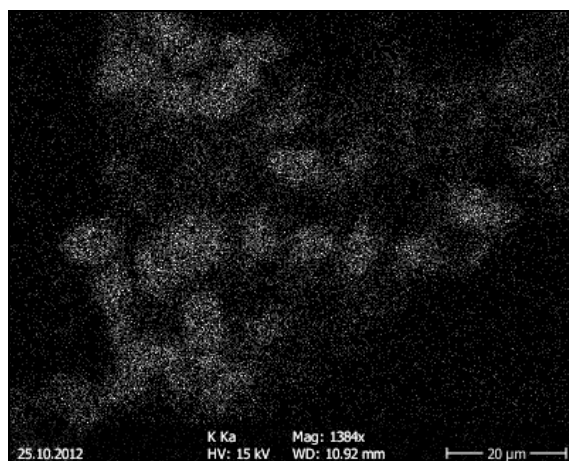
30. ábra – *Kén elemtérképe a cementben*



31. ábra – *Vas elemtérképe a cementben*



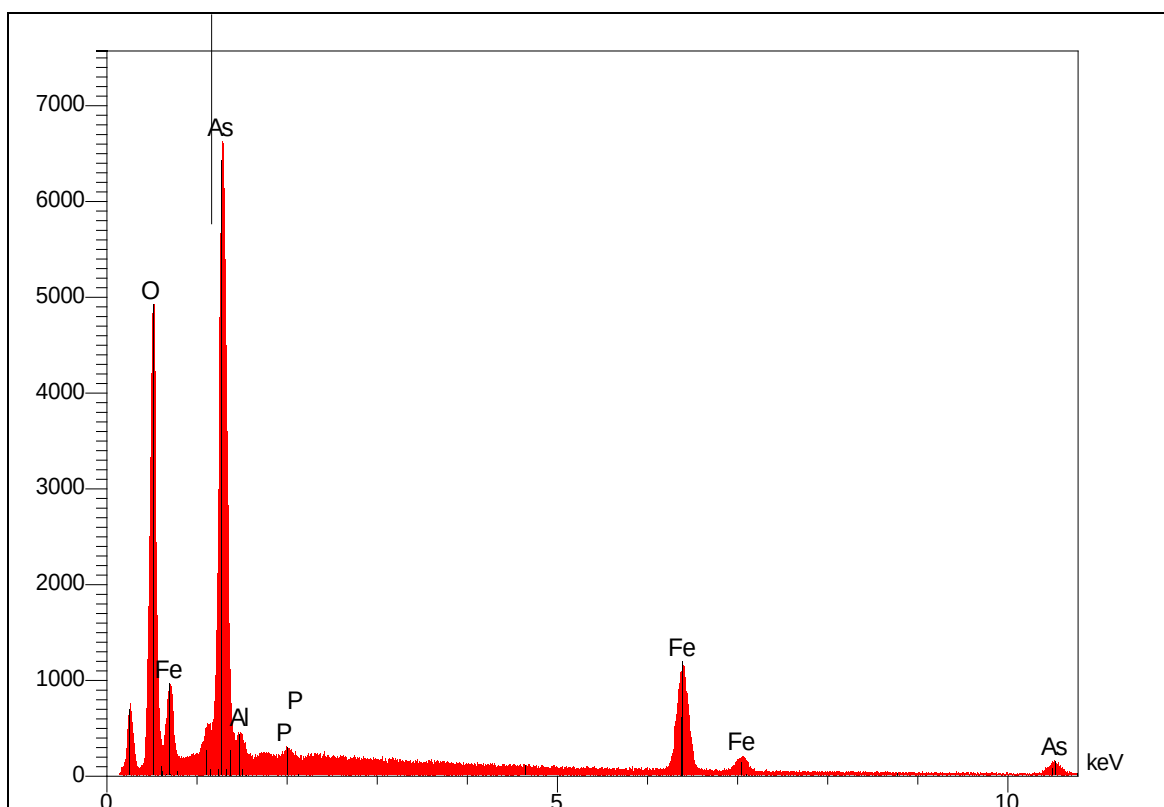
32. ábra – *Nátrium elemtérképe a cementben*



33. ábra – *Kálium elemtérképe a cementben*

Az arzénos terület EDS mérése (34. ábra) során kiderült, hogy a területen lévő ásványt, mely az optikai mikroszkópos elemzés során barnás színű amorf anyagnak tűnt (16. ábra és 17. ábra), az arzénen kívül vasat és oxigént tartalmaz, így valamilyen vastartalmú arzenátról beszélhetünk.

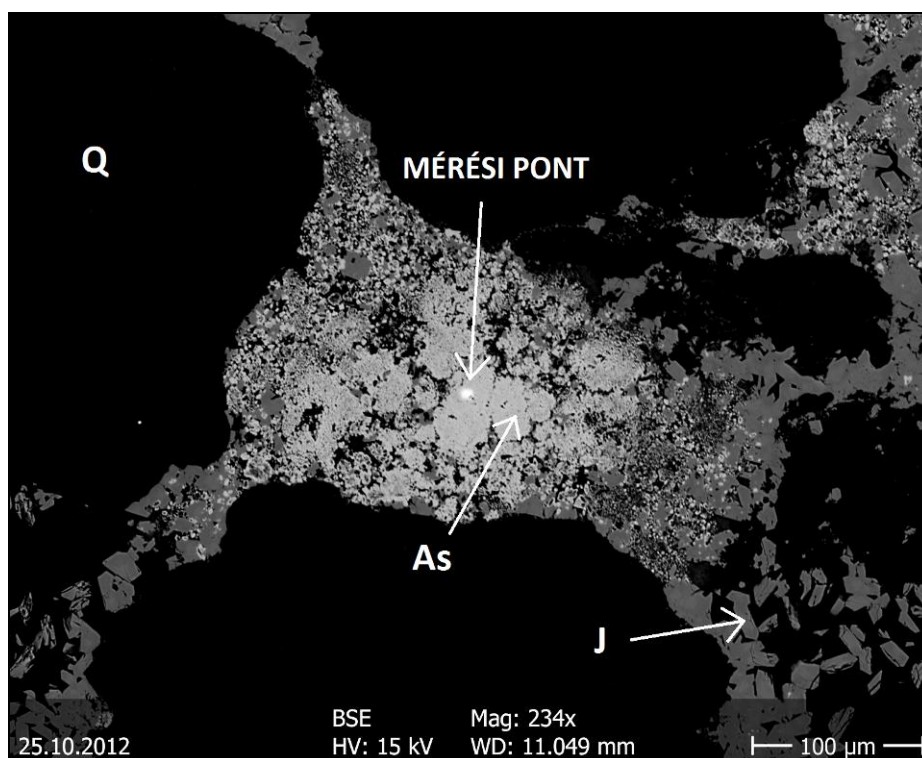
A BSE képen (35. ábra) jól látható volt, hogy az elektron nyaláb lyukat égetett az ásványba, így arra következtetünk, hogy az ásvány magas kristályvíz-tartalommal rendelkezik. A vas-arzén arányából (mely esetünkben közelítőleg 1:2 arányú) és a magas víztartalomból arra következtettünk, hogy a vizsgált ásványfázis a scorodit vagy parascorodit. Mindkét ásvány a $\text{Fe}(\text{AsO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ képlettel jellemezhető, egyetlen különbség a kristályrendszerükben van. További bizonyító erejű állítás, hogy ezen ásványok az arzenopirit oxidációs mállása során jönnek létre savas környezetben. Ez a képződési körülmény jól korrelál a jarosit ásvány képződési körülményeivel (alacsony pH érték). A Csáki Ferenc (1976) által vizsgált fűrási magmintákból tudjuk, hogy az arzenopirit ásvány megtalálható az általunk vizsgált terület fekéjében is.



34. ábra: Az As-tartalmú ásványfázis energia diszperzív módszerrel mért spektruma

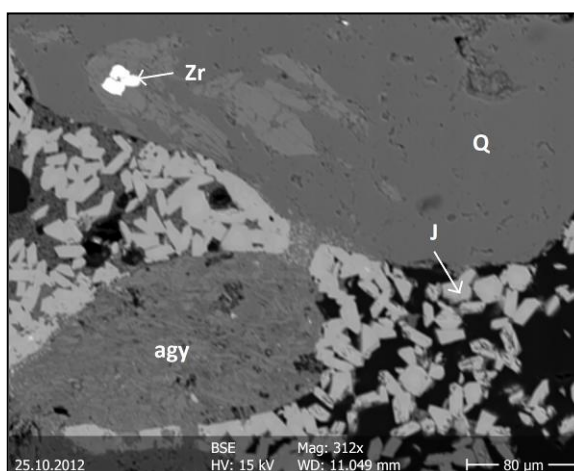
A vékonycsiszolat további vizsgálata során számos járulékos ásványfázist találtunk, mely közül elsőnek a titántartalmú vasoxidot említenénk meg, az ilmenitet (FeTiO_3), mely visszaszórt elektronképe a 35. ábrán jól látható.

A magas átlagos tömegszáma miatt világos, szinte fehér színével jól elkülönül a homokkő többi alkotójától. Nagy keménysége miatt eléggé ellenálló ásvány, szállítódás során nem kopik el így homokkővekben mint törmelékes szemcse gyakran megjelenik. A szemcse fölötti jarositos-arzenátos cementréssz teljesen kitölti a kvarcsejcsék közötti teret. Az arzenát itt is tömeges megjelenésű a finomszemcsés jarosit kristályok között.



35. ábra: Visszaszórt elektron kép (Q-kvarc, J-jarosit, As-arzenát, Il-ilmenit)

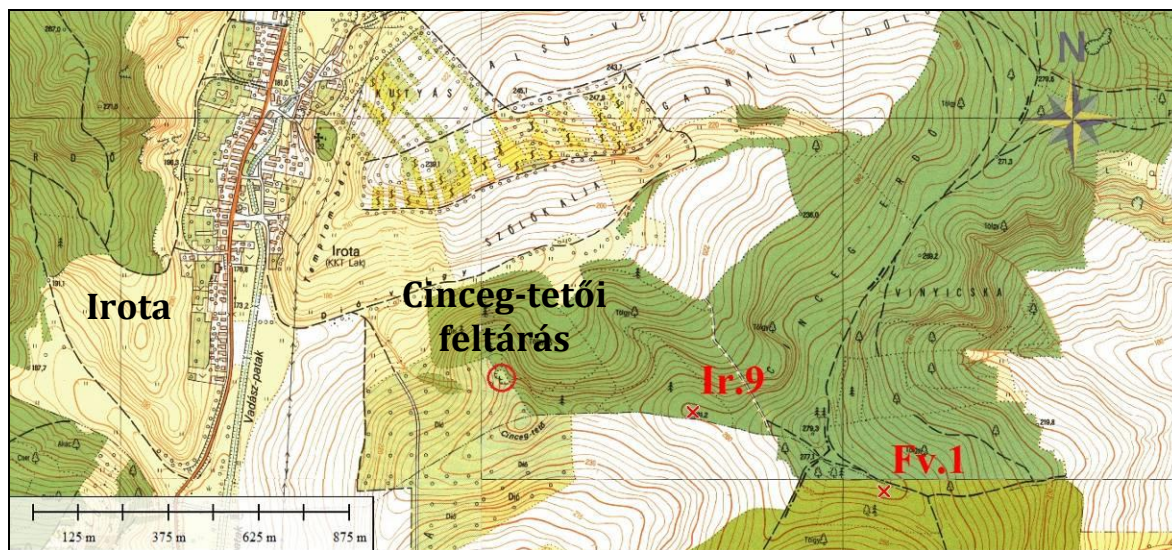
A mikroszondás vizsgálat során egyéb ásványt is találtunk. A 36. ábrán látható kvarcsejcsse például három darab, egyenként 10 µm-es cirkon kristályt tartalmaz. Ez a homokkő vázát alkotó törmelékanyaggal került a mintába, tehát a cementanyag genetikájához nem köthető. A képen szintén megfigyelhető a jarosit jól kristályosodott megjelenése, továbbá egy agyagfrakcióból (agy) álló gumó.



36. ábra: Visszaszórt elektron kép (Q:kvarc, Zr-cirkon, agy-agyag gumó)

5. Konklúzió

A mintánkban kimutatott jarosit változataihoz szükséges K^+ és Na^+ gyökök a következő forrásokból származhatnak. Elméletünket fúrások és már meglévő szakirodalmak (Csáki, 1976) is alátámasztják. Feltevéseinket a Cinceg-tetői feltárástól 1100 m-re található Felsővadász-1 (Fv-1) és az 500 m-re található Irota -9 számú fúrások rétegleírására alapozzuk (37. ábra).



37. ábra: Az Fv-1 és az Ir-9 számú fúrás elhelyezkedése

Az Ir-9-es számú fúrás Csáki Ferenc (1976) által leírt rétegsorában (38. ábra) a fúrás 90 méter mélységben harántolja az alapkőzetet, valamint felfedezhetőek a különböző mélységeken (90-145m és 220-265m) elhelyezkedő szulfidos ásványokat tartalmazó agyagpala rétegek is.

Ezen szulfidok mállásából származó savak hidrotermás úton a felszín felé mozoghattak, amely savas környezet hatására a magas kálium tartalmú (3-7%) pala rétegekből a káliföldpátok bomlásából származó kálium a felszín közelébe kerülhetett. Ez egyrészt egy magyarázat lehet a jarosit kristályok káliumos magját illetően. Másrészt, az Alsóvadász-1 (Av-1) jelű fúrás rétegsorában 243-281 méteren megjelenik egy felső riolituffa réteg, amelyből aktív hidrotermás folyamatok hatására a kálium könnyen kioldódhatott és oldatba kerülve onnan elszállíthatott.

Az aktív hidrotermás folyamatokra utal az a tény, hogy sok környékbeli fúrásban kaolinotosodást figyeltek meg. Emellett ez a savas környezet a jarosit képződési körülményeinek is megfelel.

1	<i>pannon törmelékes összlet - homok, kavics</i> 25 m	
2	<i>devon korú agyagpala</i> 90 m	→ K
3	<i>sötétszürke grafitos pirites agyagpala</i> 120 m	→ K + sav
4	<i>karbonátos kvarc, szericitpala – erősen szulfidos – hintett arzenopirit, pirit</i> 145 m	→ As + sav
5	<i>sötétszürke színű agyagpala</i> 220m	→ K
6	<i>agyagpala, kvarc szericitpala – jelentős pirrhotin tartalom</i> 265 m	→ K + sav
7	<i>agyagpala</i> 300m	→ K

38. ábra: Ir-9 fúrás vázlatos rétegtani leírása

A nátrojarosit Na^+ ion forrása feltételezésünk szerint szintén az Irotai Formáció rétegeiben található földpátok bomlásából származik. Ilyen nátriumforrás lehet az albit, amely bomlása során Na^+ gyökök szabadulnak fel a következő képlet alapján:



A keletkezett nátrium-ion a már fentebb említett hidrotermás folyamatok útján kerülhetett a felszín közeli pannon üledékrétegekbe.

Megjegyzendő az a tény, hogy az optikai mikroszkópos vizsgálat során detektált sötétbarna, amorf megjelenésű anyag, illetve az elektron-mikroszondás vizsgálat során kimutatott vas-arzenát vélhetően scorodit vagy parascorodit, ám röntgen-pordiffrakciós módszerrel nem volt kimutatható. Ennek a magyarázata az, hogy ezen ásvány amorf, vagy csak nagyon csekély mértékben kristályos kifejlődésű.

Természetesen felmerül a kérdés, hogy honnan származik az arzenát. A legvalószínűbb forrás a hintett szulfidokat tartalmazó agyagpala rétegsorok, ahol arzenopirit is megjelenik hintett formában.

Az arzenopirit mállási környezete azonos az egyéb szulfidokéval (pirit, markazit), mely környezethez köthető a jarosit képződése is.

Ezen felül, a jarosit képződése savas környezetet kíván, ami a szulfidok mállásának következtében adott.

6. Összefoglalás

Az Irotai Homokkő Formációból származó jarositos homokkő minta korszerű módszerekkel végzett vizsgálatokkal bizonyítottuk, hogy ténylegesen magas jarosit tartalma van, mely kötőanyagként jelenik meg a döntően kvarc alkotta homokkőben. Mind optikai, mind elektron mikroszkópos elemzés során nyilvánvalóvá vált, hogy a kvarcsezemcsék gyengén osztályozottak és nem lekerekítettek, ebből eredően a szállítási útjuk rövid volt.

A jarosit K-os és Na-os ionja feltehetően az irotai formációt átjáró hidrotermás folyamatok révén a formációban jelenlévő földpátok kioldódása során került a felszín közelében lerakódott homokba. A jarosítképződéshez szükséges erősen savas közeg pedig szintén hidrotermás úton, az irotai formációban megtalálható pirites, arzenopirites és pirhotinos rétegek kioldódása során keletkezett.

A jarosit mellett sikerült detektálni egy új fázist a cementben. Ez a vasarzenát nagy valószínűséggel parascorodit lehet, de pontos meghatározásához további mérések elvégzésére lenne szükség. Detektálásával bizonyítottuk, hogy a jarosit képződéséhez szükséges savas-szulfidos közeg egyik forrása a homokkőréteg alatti, fúrások által föltárt arzenopirites rétegek.

Legfontosabb eredményünknek viszont a Na^+ és K^+ kapcsolatának leírását tartjuk. 1960-ban Jámber Áronnak nem állt rendelkezésére elég információ és megfelelő műszeres háttér a Na^+ jarositban betöltött szerepének kimutatására, így csak feltételezni tudta, hogy a Na^+ , ha rácsszerkezetileg nem is, de genetikailag a jarosithoz kapcsolódik. Munkánk során mikroszondás vizsgálatokkal sikerült értelmezni és bizonyítani ezt az eddig tisztázatlan kapcsolatot, miszerint a nátrojarosit $[\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$ és a jarosit $[\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$ egy kristályon belül, egymásból folyamatos átmenetet képezve alkot cementanyagot a homokkőben. Ezen kapcsolat kialakulását további vizsgálati eredmények ismeretében tudjuk majd megmagyarázni.

További céljaink között szerepel a homokkő fő törmelékrészét képező kvarcsezemcsék vizsgálata, azaz megmagyarázni, miért ilyen alacsony az érettségi fokuk, valamint a detektált vasarzenát mellet a K^+ és Na^+ kapcsolat részletes elemzése és a más kutatók által még le nem írt kristályossági fokú jarosit kialakulási környezetének részletes modellezése.

Irodalomjegyzék

Balogh Kálmán (1949): *A Bódva és a Sajó közötti barnakőszénterület földtani viszonyai.* Földtani Közlöny, 79/5-8, pp. 270-286

Csáki Ferenc (1976): *A Csereháti-dombvidék paleozóos képződményeinek komplex földtani vizsgálata.* Egyetemi Doktori Értekezés

Földvári Aladár (1942): *Szendrő, Meszes és Abod közti terület földtani viszonyai.* Földtani Intézet Évi Jelentése 1936-ról 2, pp. 819-830

Fülöp József (1994): *Magyarország geológiája-Paleozoikum II.,* Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 9-14.

Jámbor Áron (1960): *Jarosit-kötőanyagú homokkő a Szendrői-hegység DK-i peremén.* Földtani Közlöny, 90. évf 3. sz., pp. 363-368.

Jámbor Áron (1961): *A Szendrői-, és az Upponyi-hegység összehasonlító földtani vizsgálata.* Földtani Intézet Évi Jelentése 1957-58-ról, pp. 103-119

Kubovics Imre (1993): *Kőzetmikroszkópia.* II. kötet, Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 79-82

Less György (2011) : <http://meip.x5.hu/files/1537>

Németh Norbert (2012): *Geological observation in the Cserehát between Irota and Gadna.* Geosciences and Engineering. Vol.1, Num.1., Miskolc University Press, pp. 261-269

Radócz Gyula (1964): *Földtani vizsgálatok a feketevölgyi (észak-borsodi) barnakőszénterületen.* Földtani Intézet Évi Jelentése 1962-ről, pp. 511-545.

Radócz Gyula (1967): *Előzetes jelentés a csereháti alapfúrások eredményeiről.* MÁFI kiadványa, pp. 1-18.

Radócz Gyula (1971): *A Cserehát pannóniai képződményekkel fedett területének mélyföldtani felépítése.* MÁFI Évi Jelentése 1969-ről, pp. 213-234.

Rafael Pérez-López, José Miguel Nieto, Gabriel Ruiz de Almodóvar (2007): *Immobilization of toxic elements in mine residues derived from mining activities in the Iberian Pyrite Belt (SW Spain): Laboratory experiments.* Applied Geochemistry Vol.22, pp 1919-1935.

Raincsákné Kosáry Zsuzsanna (1978): *A Szendrői-hegység devon képződményei.* Geologica Hungarica 18, pp. 7-113.

Schréter Zoltán (1929): *A Borsod-hevesi szén- és lignitterületek bányaföldtani leírása.* Földtani Intézeti Kiadvány

Szakáll Sándor (2007): *Ásványrendszertan.* Miskolci Egyetemi Kiadó

Köszönetnyilvánítás

Ezúton mindenekelőtt köszönetet szeretnénk mondani Dr. Földessy Jánosnak, Tóth Szabolcsnak és a ROTAQUA Kft.-nek, hogy megteremtették a lehetőségét annak, hogy ez a kutatás egyáltalán elinduljon egy nyári gyakorlat keretein belül.

Továbbá köszönet illeti Kristály Ferencet a röntgen diffrakciós vizsgálatokban, Dr. Zajzon Norbertet az elektronmikroszkópos vizsgálatokban, valamint Kőrössy Ferencnét és Czeglédi Balázst a vékonycsiszolati minta elkészítésében nyújtott segítségével.

És végső soron, akiknek a leghálásabbak lehetünk közbenjárásáért: Dr. Máдай Ferencnek az ásványmikroszkópos elemzésekben, a röntgen diffrakciós eredmények elemzésében nyújtott segítségével és támogatásáért, és Móricz Ferencnek a mindennemű vizsgálati eredmények elemzésének összefogásában és dolgozatunk összeállításában nyújtott segítségével!

Jó szerencsét!

Miklós Rita és Csomor Tibor Áron