

# AZ ALGYŐ-HÁT METAMORF KÉPZŐDMÉNYEI

**Kondor Henrietta**

Szegedi Tudományegyetem, földtudomány Msc szakos hallgató,  
kondor.henrietta@gmail.com

## **Absztrakt**

Az Algyő-hát egy kiemelt helyzetben lévő ÉNy-DK irányú blokk a Tiszai egység Békés-Kodru zónájában. Magyarország egyik legjelentősebb szénhidrogén előfordulásának feküjét képezi, így alapvető kérdésként merül fel, hogy ennek az aljzati blokknak van-e, lehet-e tároló potenciálja, illetve, hogy a kőzetek milyen szerepet játszottak a szénhidrogén migrációjában. A kristályos aljzat kőzettani felépítéséről, szerkezetfejlődéséről azonban kevés információ áll rendelkezésünkre.

Az Algyő-hát kristályos képződményeit elért fúrások adatai, valamint vékonycsiszolatok, magminták és főelem geokémiai adatok felhasználásával fő cél volt a terület minél részletesebb mikroszerkezeti, kőzettani és metamorf fejlődéstörténeti megismerése, termobarometriai modellezése, valamint kőzettani határok és posztmetamorf szerkezetek azonosítása.

Petrográfiai vizsgálatok alapján, a területen több, különböző kőzettípus jelenik meg, melyek ásványos összetételük és az őket ért deformációs események alapján csoportosíthatóak és területileg is elkülöníthetőek. Ezek alapján öt fő terület határozható meg, melyek jellegzetes szöveti, mikroszerkezeti tulajdonságokkal, ásványos összetétellel, geokémiai jelleggel és metamorf nyomás és hőmérsékleti körülménnyel rendelkeznek.

A terület északnyugati és délkeleti részén üledékes eredetű, polimetamorf, gránátot, helyenként kianitot is tartalmazó gneisz és csillámpala kőzetek jelennek meg, melyeket egy nagy nyomású, Barrow-típusú regionális metamorfózis érintett, melyre 9,6-12,2 kbar nyomás és 480-510°C hőmérséklet adódott. A hát központi részén, három különböző kőzettípus jelenik meg: északon orto-eredetű, monometamorf biotit gneisz, keleten orto-eredetű, polimetamorf, epidotot, klinozoizitet, helyenként gránátot tartalmazó gneisz, valamint délen üledékes protolitú, polimetamorf, helyenként gránátot is tartalmazó gneisz. A központi részen elkülönített kőzetek bár petrográfiailag különböznek modellezett p-T viszonyaik hasonlóak, amelyre 11-11.6 kbar nyomás és 580-600°C hőmérséklet határozható meg.

Az így meghatározott nyomás és hőmérsékleti viszonyok összeegyeztethetőek Horváth & Árkai (2002) által feltételezett, óramutató járásával megegyező metamorf fejlődéssel, viszont nem igazolják Lelkes-Felvári et al. (2003) feltételezését a korai andaluzittal jellemzett, óramutató járásával ellentétes metamorf metamorf útról.

Eredményeink azt mutatják, hogy eltérő metamorf fejlődésű, térben is lehatárolható blokkok jelennek meg egymás mellett, melyek között posztmetamorf, esetleg retrográd út mentén kialakult szerkezetek feltételezhetőek. Amennyiben ezek töréses deformációhoz köthetők, alföldi analógiák alapján lehetőség van fluidum migrációjára az aljzaton keresztül.

*Kulcsszavak:* Algyő-hát, kőzettípusok, termobarometria, posztmetamorf szerkezetek

## **1. Bevezetés**

Az Alföld kristályos aljzatát felépítő paleozoikumi metamorf kőzetek komplex fejlődéstörténettel jellemezhetőek. Mind a variszkuszi, mind az alpi orogén ciklusok, mind pedig a Pannon-medence fejlődése jelentős vertikális és horizontális mozgásokat idéztek elő, melyek következtében egészen eltérő aljzatablokkok jelennek meg egymás mellett. Ezeknek a blokkoknak lehatárolása, valamint időbeli és térbeli kapcsolatuk meghatározása komplex feladat, ugyanis az aljzaton felépítő kőzetekről csak mélyfúrási és geofizikai adatokból áll

rendelkezésünkre információ. A repedezett metamorf képződmények szénhidrogén tárolás és migráció szempontjából jelentős szerepet tölthetnek be, így ezek egységes és minél részletesebb megismerése az alap kutatások mellett fontos alkalmazott földtani cél.

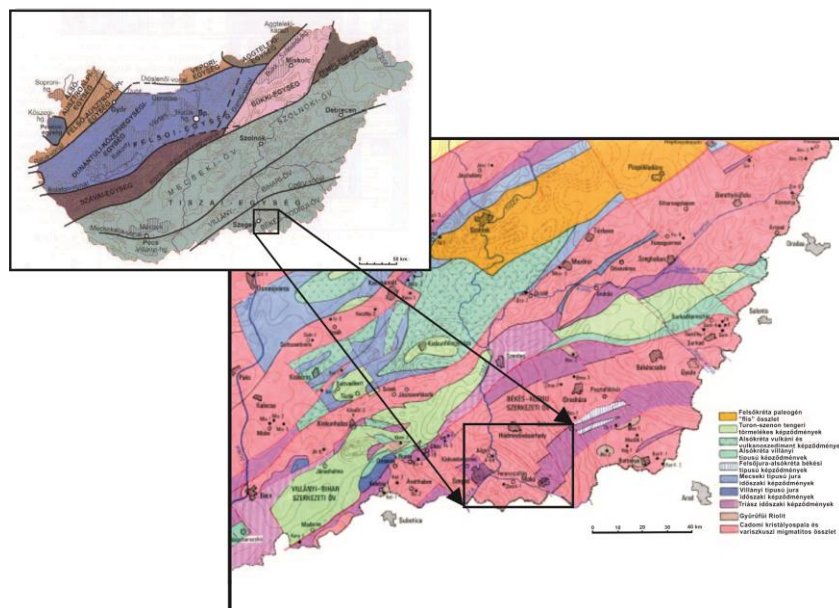
A Tiszai egység aljzatában megjelenő Algyő-hát Magyarország egyik legjelentősebb szénhidrogén előfordulás feképezi, azonban közettani felépítéséről, szerkezetfejlődéséről kevés információ áll rendelkezésünkre. Közeteit a területen mélyült számos, az aljzatot is elért szénhidrogén kutató fúrásból ismerjük. Alapvető kérdésként merül fel, hogy ennek az aljzati bloknak van-e, lehet-e szénhidrogén tároló potenciálja, illetve, hogy a hát közetei milyen szerepet játszottak a terület szénhidrogén migrációjában.

A kutatások célja az volt, hogy a területen mélyült és az aljzatot is elért fúrások adatai, valamint vékonycsiszolatok, magminták és geokémiai adatok alapján az algyői kiemelkedés közettani felépítését, mikroszerkezeti jellemzőit és metamorf fejlődéstörténetét minél részletesebben megismerjük, valamint közettani határokat és posztmetamorf szerkezeteket azonosítsunk.

## 2. Földtani háttér

### 2.1. Az Algyő-hát helyzete és közettani felépítése

Az Algyő-hát kiemelt helyzetben lévő, metamorf kőzetekből álló ÉNy-DK irányú blokk a Tiszai nagyszerkezeti egység Békés-Kodru zónájában nagyjából 2500-3000 méterrel a felszín alatt (1. ábra). A kristályos aljzat felszínét különböző, főleg a metamorf aljzat kőzetanyagából származó konglomerátum borítja, melyre vastag neogén üledékes rétegsor települ. A hát keleti határa a Makói-árok, délnyugaton a Szabadkai-háttól a Szegedi-medence választja el, déli határa mesterségesen az országhatár, azonban azon túl is található képződmények.



1. ábra: Az Algyő-hát helyzete Magyarország nagyszerkezeti egységein [5] (fent) és a Délkelet-Alföld paleozoós képződményein [3] (lent) belül.

Az algyői kiemelkedés területén eddigi kutatások alapján többféle kőzettípust különítettek el, azonban ezek pontos petrográfiai határa nem ismert. Legnagyobb részét üledékes eredetű csillámpala és gneisz építi fel [9] [10] [11] [12] amfibolit betelepülésekkel [10]. A kőzetekben általánosan megjelenő gránát mellett staurolitot, ritkán szillimanitot és andaluzit után kianit pszeudomorfózákat írtak le [10] [7]. Ezzel szemben más publikációk az algyői mintákban

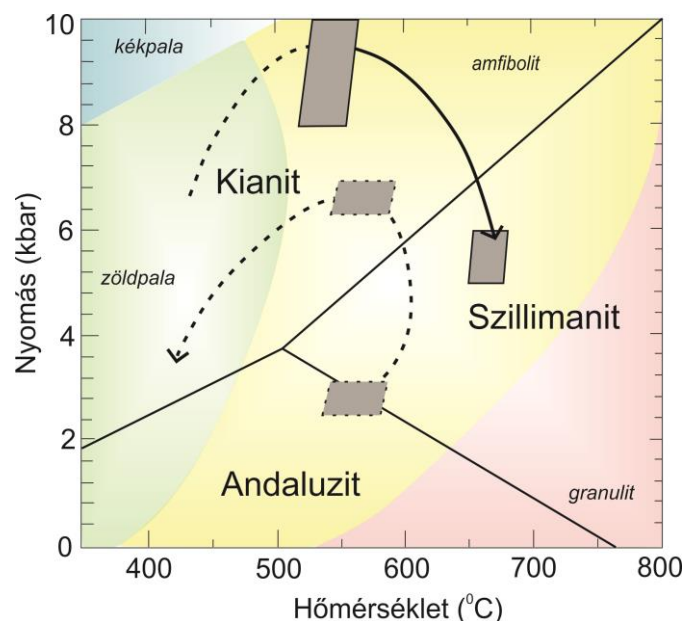
egykori andaluzit jelenlétére petrográfiai bizonyíték nem találtak [6]. A döntően para-eredetű kőzettípusok mellett a terület keleti részén orto-eredetű progresszív képződésű kloritpalát is meghatároztak, melynek csillámpalából és gneiszekből, hidrotermás hatásra, retrográd úton keletkezett típusa is elkülöníthető. Továbbá a terület középső részén para-eredetű, epidotot és klinozoizitet tartalmazó albitgneisz, valamint a délkeleti részén gránit is megjelenik. A jellemző kőzettípusok mellett tektonikus eredetű kőzetek is megjelennek, mint a kataklázit és blasztomilonit [10].

Egyes feltételezések szerint az algyői kristályos tömb hármastagozódású. Elkülöníthető egy déli gránitgneisz ezt borító csillámpalával és gneisszel, egy középső epigneisz, zöldpala és egy északi csillámpala-normál gneisz övezet, amiket határvonal választ el [9] [12].

## 2.2. Metamorf fejlődéstörténet

A területre két, egymástól egészen eltérő geodinamikai környezetet és metamorf fejlődést feltételező modell létezik. Az egyik zónás gránátok vizsgálata alapján egy Barrow-típusú, óramutató járásával megegyező metamorf utat feltételez variszkuszi első, magas nyomású metamorfózissal, 8-10 kbar nyomás és 520-560 °C-os hőmérsékleti tartománnyal, amit egy alpi, nyomás- és hőmérsékletnövekedéssel jellemezhető, alacsonyabb, 5-6 kbar nyomású és magasabb, 650-680 °C-os hőmérsékletű metamorf esemény követett szillimanit megjelenésével [6] (2. ábra).

A másik, gránát koncentrációján mért Sm/Nd koradatok alapján egy óramutató járásával ellentétes metamorf utat feltételez, perm korú HT/LP, amfibolit fáciesű, első metamorf eseménnyel szillimanit, helyenként staurolit mellett andaluzit megjelenésével, melyet egy kréta korú, szintén amfibolit fáciesű, nagy nyomású felülbélyegzés követett andaluzit helyett kianit megjelenésével. Harmadik eseményként egy negyedidőszaki retrográd, alacsony hőmérsékletű, zöldpala fáciesű metamorfózist határoztak meg [7] (2. ábra).



2. ábra: Óramutató járásával megegyező [8] és azzal ellentétes [7] metamorf fejlődés. (Saját szerk.)

### **3. Alkalmazott vizsgálati módszerek**

#### *3.1. Kútadatok feldolgozása*

Az aljzatot elért 100 db szénhidrogén kutató fúrás magvizsgálati és befejező jelentései alapján fő cél volt a terület morfológiájának megismerése, valamint a dokumentációk vékonycsiszolati elemzései alapján a területen megjelenő különböző kőzettípusok és metamorf index ásványokat definiálása, így általános képet alkothattunk a területről és annak petrográfiai jellegéről.

#### *3.2. Petrográfiai elemzések*

A kutatás legfontosabb részét képezte a magminták, valamint a vékonycsiszolati minták petrográfiai elemzése. A makroszkópos vizsgálatokat 20 fúrás 29 magmintáján végeztük el, mely során meghatároztuk a kőzetek szerkezetét, repedezettségét, valamint azonosítottuk a pre-, szin-, posztkinematikus szöveti elemeket, ásvány szemcséket, valamint metamorf index ásványokat.

A mikroszkópi elemzéseket 48 fúrás 73 vékonycsiszolati mintáján végeztük el, mely során fő szempont volt, a vizsgált minták ásványos összetételének, szöveti jellemzőinek azonosítása, valamint a kőzeteket ért deformációs események és a metamorf eseményekhez tartozó ásványparagenezisek meghatározása. Fontos szempont volt a posztkinematikus, metasomatikus folyamatokhoz kapcsolódó ásványszemcsék azonosítása, ugyanis ezek ismerete elengedhetetlen a további termobarometriai modellezéshez. A különböző fúrásokból származó vékonycsiszolati mintákkal jól lefedhetővé vált a terület, így ez lehetőséget adott arra, hogy a területen megjelenő fő kőzettípusokat azonosítsuk, csoportosítsuk és azokat területileg is lehatároljuk.

#### *3.3. Geokémiai vizsgálatok*

A geokémiai vizsgálatok célja a vékonycsiszolati elemzések alapján területileg lehatárolt kőzettípusok eredetének meghatározása volt főelem összetétel alapján. A protolit eredetének meghatározására számos diszkriminációs diagram áll rendelkezésünkre, melyek segítségével meghatározható a kőzetek üledékes, vagy magmás eredete, és a nem metamorf üledékes és magmás kőzetek osztályozására alkalmazható diagramok alapján eredetük tovább pontosítható.

#### *3.4. Termobarometriai modellezés*

A petrográfiai elemzések alapján meghatározott ásványparagenezisek modellezését DOMINO/THERIAK [2] programcsomaggal végeztük el. A program egy megadott p-T tartományban a termodinamikai adatbázis alapján [1] az algebrailag lehetséges ásványparagenezisek közül a minimális Gibbs-energiájút tekinti stabilnak, így kijelöli az általunk meghatározott ásványtársaságok stabilitási tartományát. Vékonycsiszolati elemzések alapján meghatároztuk azt a lehetséges ásványtársaságot, aminek stabilitási tartománya modellezhető. Minden, területileg is elkülönített csoportra, az őket legjobban jellemző két minta modelljét választottuk ki, majd ezek összevetésével az egyes területekre vonatkozóan szűkíthető azok p-T tartománya. A területekre lehatárolt p-T viszonyok összehasonlíthatók, így segítik a metamorf viszonyok megértését, lehetőség szerint tovább szűkítését.

## 4. Eredmények

### 4.1. Kútadatok feldolgozása

Az aljzatot elért fúrási dokumentációi alapján általánosan elmondható, hogy a terület északnyugati és délkeleti részére főleg paragneiszek, csillámpalák, valamint ortogneiszek jellemzőek. Délkeleten uralkodóan csillámpalák, északnyugaton orto- és paragneiszek jelennek meg. A középső területet epimetamorf, vagy metasomatikus eredetű, jelentős mennyiségű kloritot tartalmazó kloritpala, kloritos pala, valamint epidotot és zoizitet tartalmazó epidotpala kőzettípusok jellemzik. A fő kőzettípusok mellett néhány fúrásban fillitet, kvarcitot és közbetelepült amfibolitot is azonosítottak. A dokumentált milonit és milonitszerű kőzetek alapján egy ÉNy-DK, majd É-D irányú milonit zóna rajzolódik ki.

A metamorf index ásványok közül legtöbb fúrásban az északnyugati és délkeleti területen gránát jelenik meg, staurolitot kevés fúrásban, kianitot egyetlen fúrásban azonosítottak, északnyugaton.

A kőzettípusok és metamorf indexásványok megjelenése alapján az algyői kiemelkedés területén feltételezhetőek kőzettani változások és petrográfiai határok.

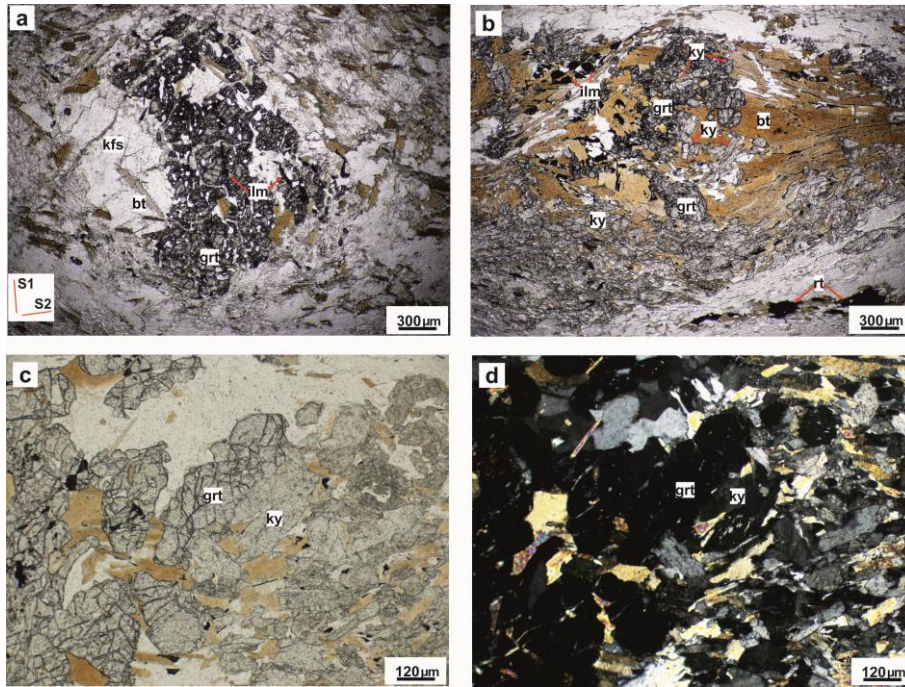
### 4.2. Petrográfia

Az elemzések alapján, a területen több, különböző kőzettípus különíthető el, melyek a fúrások helyzete alapján területileg is lehatárolhatóak. A kőzetek csoportosításának fő szempontja az ásványos összetételük, szöveti jellegzetességeik, valamint a kőzeteket ért deformációs események voltak. Ez alapján öt fő terület határozható meg: északnyugati, központi északi, központi keleti, központi déli, és délnyugati rész, melyek mindegyikét jellegzetes ásványtársaság, szerkezet, szövet és deformációs esemény jellemez.

#### Északnyugati terület

A területen megjelenő kőzetek változó biotit és muszkovit tartalmú gneisz, csillámpala kőzetek, amelyekben makroszkópos és mikroszkópos vizsgálatok alapján is azonosítható nagyméretű gránát szemcsék jelennek meg (3. a ábra). Vékonycsiszolati mintákban a gránát mellett helyenként kianit szemcsehalmazok is megfigyelhetők, melyek gránát szemcsék átalakulásaként értékelhetők (3. b-d ábra). Magmintákon tektonikus eredetű milonit és mikroaklázit zónák is azonosíthatóak. A fő palássági irányok, valamint a gránát és kianit szemcsék szöveti helyzete alapján a terület kőzetei polimetamorf keletkezésűek és két metamorf esemény különíthető el: S1 palássági irányhoz köthető D1 metamorf esemény biotit, gránát, ilmenit és rutil megjelenésével, valamint S2 palássági irányhoz köthető D2 metamorf esemény biotit, gránát, kianit, ilmenit és rutil keletkezésével (3 a, b ábra).



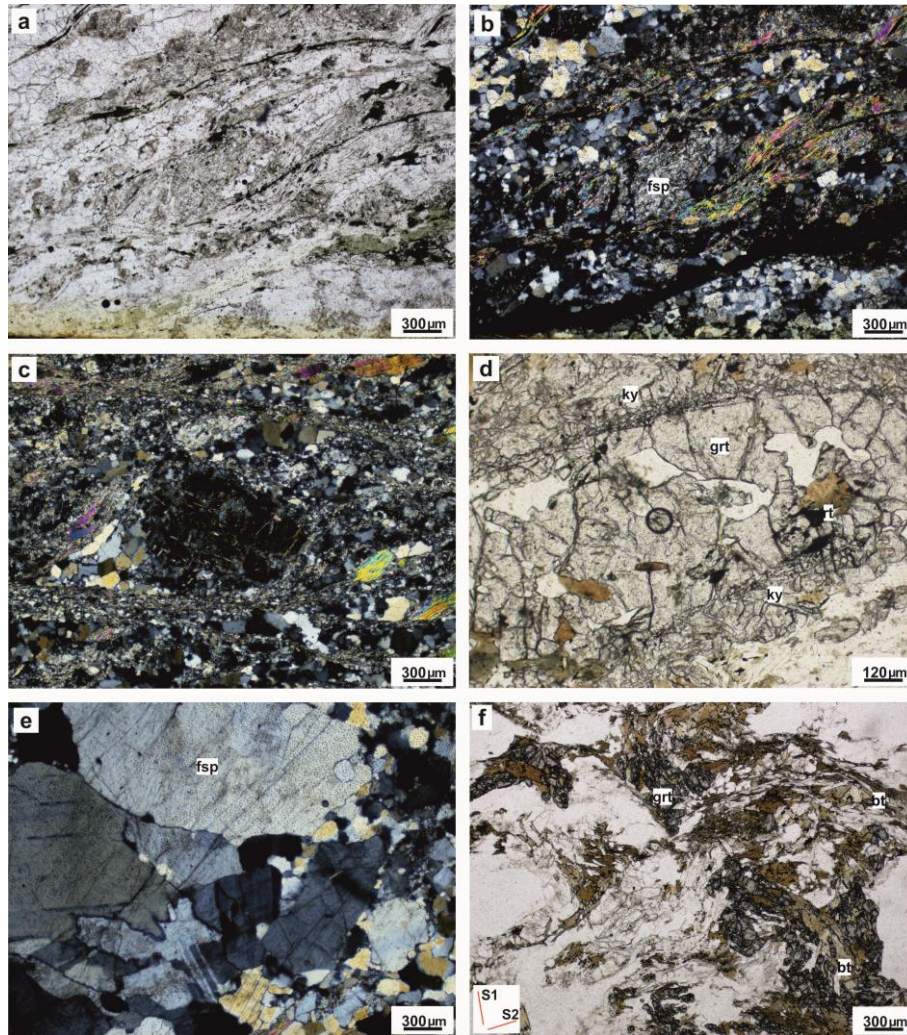


**3. ábra: a) biotit által burkolt gránát (grt) porfiroblaszt és ilmenit (ilm) zárványa által jelölt S1 palássági irány (1N); b) S2 foliáció irányába rendeződött kianit (ky) szemcsehalmaz, valamint burkolt gránát (grt) és kianit (ky) szemcsék (1N); c-d) gránát (grt) átalakulása kianittá (ky) (1N és +N)**

#### Délkeleti terület

A délkeleti területet az északnyugati területhez nagyon hasonló jellegű és ásványos összetételű kőzetek építik fel. Az uralkodóan megjelenő biotit és muszkovit tartalmú gneisz és csillámpala kőzetek mellett magmintákban amfibolit, valamint magmintákban és vékonycsiszolati mintákban is tektonikus eredetű milonit és kataklázit azonosítható (4. a-c ábra). Vékonycsiszolati elemzések alapján a kataklázitban megjelenő földpát  $\bar{C}$ -klaszt egykori milonit kataklázitként való felújulásaként értelmezhető, (4. b ábra), mely a magkomplexum egyik jellegzetessége és az aljaz jelentős mértékű posztmetamorf kiemelkedésével magyarázható.

A kőzetek legnagyobb részében gránát, a nagyobb csillámtartalmú kőzetekben mikroszkóposan kianit is megfigyelhető, melyek megjelenése gránát szemcsék átalakulásaként értelmezhető (4. d ábra). Továbbá a nyugati, deszki fűrés környezetében a többi fűrés kőzetétől egyértelműen elkülöníthető gránit gneisz azonosítható (4. e ábra). A fő palássági irányok, valamint a gránát és kianit szemcsék szöveti helyzete alapján a kőzetek polimetamorf keletkezésűek és két metamorf esemény különíthető el: S1 palássági irányhoz köthető D1 metamorf esemény biotit, gránát, ilmenit és rutil megjelenésével, valamint S2 palássági irányhoz köthető D2 metamorf esemény biotit, kianit, ilmenit és rutil keletkezésével (4. f ábra).

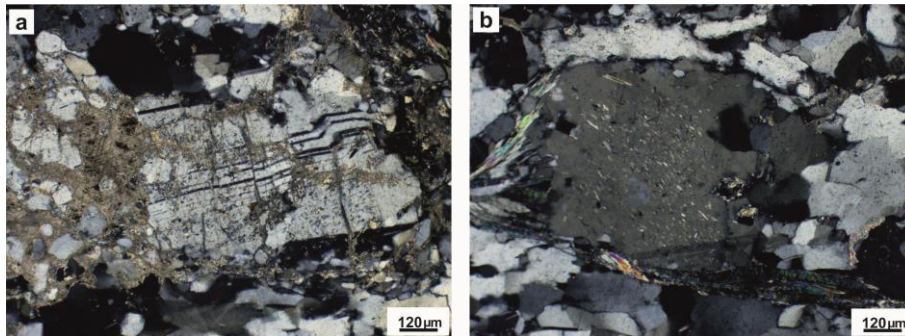


**4. ábra: a)-b) katalázitban megjelenő földpát (fsp)  $\sigma$ -klaszt (1N és +N); c) földpát  $\sigma$ -klaszt milonitban (+N); d) gránát (grt) krüli kianit (ky) korona (1N); e) granoblasztos szövetű gránit gneisz  $120^\circ$ -os szemcseilleszkedéssel (+N); f) biotit (bt) és gránát (grt) által jelölt S1 és S2 foliáció (1N)**

#### Központi rész északi része

A területen megjelenő gneiszeket uralkodóan nagyméretű, táblás plagioklász földpát és káliföldpát klasztok alkotják (5. a, b ábra), amelyek mellett vékonycsiszolati mintákban biotit jelenik meg. Nagyobb metamorf fokot jelző index ásványok közül a gránát azonosítható egy fúrásból származó gneiszben. Az azonosított fő palássági irány alapján a kőzeteket egy fázisú metamorfózis érintette.

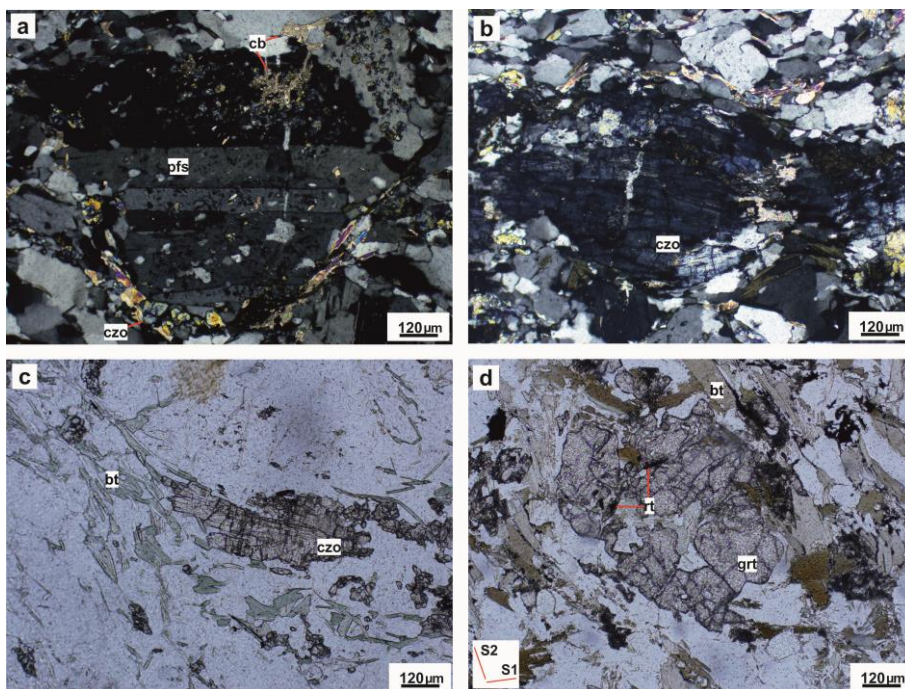




**5. ábra: a) töredezett plagioklász földpát karbonáttal (+N); b) foliáció irányába belesimuló zárványsort tartalmazó földpát klaszt (+N)**

#### Központi rész keleti része

A területhez sorolt minták nagy mennyiségű epidotot és klinozoitot tartalmaznak helyenként plagioklászföldpátok átalakulásából (6. a ábra), néhány esetben nagyméretű szemcsékként kloritosodott biotit szalagokkal és klorittal is megjelennek (6. b, c ábra). A területen az északi részekhez hasonló nagyméretű, táblás plagioklászföldpát és káliföldpát klasztok figyelhetők meg. Makroszkóposan többnyire muszkovit-klorit pala azonosítható. A kőzetek polimetamorf keletkezésűek, melyekben három metamorf esemény azonosítható: S1 palássághoz köthető D1 metamorf esemény biotit, gránát, rutil megjelenésével, S2 palássági irányhoz köthető D2 metamorf esemény biotit, epidot, klinozoit, ilmenit és rutil keletkezésével (6. d ábra), a kialakuló S3 foliációhoz új ásványszemcse keletkezése nem köthető, ez a kőzetek kismértékű mikroredőzöttségében figyelhető meg.

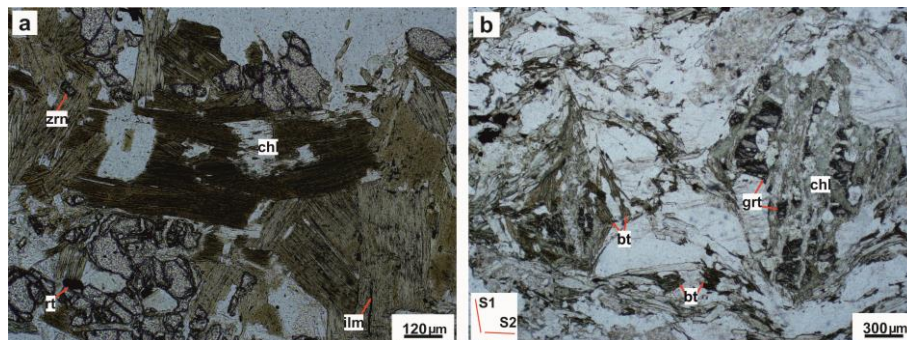


**6. ábra: a) nagyméretű plagioklász földpát klaszt körül megjelenő klinozoit (czo) (+N); b) nagyméretű klinozoit (czo) szemcse (+N); c) foliáció irányába nyúlt klinozoit (czo) szemcse kloritosodott biotit (bt) lemezekkel (1N); d) gránát (grt) rutil (rt) zárvány által jelölt S1 és biotit (bt) lemezek által jelölt S2 foliáció (1N)**



### Központi rész déli része

A vékonycsiszolati vizsgálatok alapján e csoport kőzetei ásványos összetételüket és szöveti jellegzetességeit tekintve különböznek a többi terület kőzeteitől, azonban néhány jellemzőik alapján bizonytalan lehatárolásuk. Elkülönítésük alapja a nem metasztatikus eredetű epidot, klinozoit, valamint nagyméretű táblás földpát klaszterek hiánya, a nagyobb muszkovit és biotit tartalom, valamint a kőzeteket érintő deformációs események voltak. Ez alapján különböző biotit és muszkovit tartalmú, legtöbb esetben gránátot is tartalmazó polimetamorf gneisz és csillámpala kőzetek jelennek meg, két fúrásban azonosítható amfibolittal. S1 foliációhoz köthető D1 metamorf esemény ásványparagenezise a Mg-klorit, biotit, gránát, ilmenit és rutil, míg az S2 palássági irányhoz köthető D2 metamorf eseményé a biotit, ilmenit és rutil (7. a, b ábra).



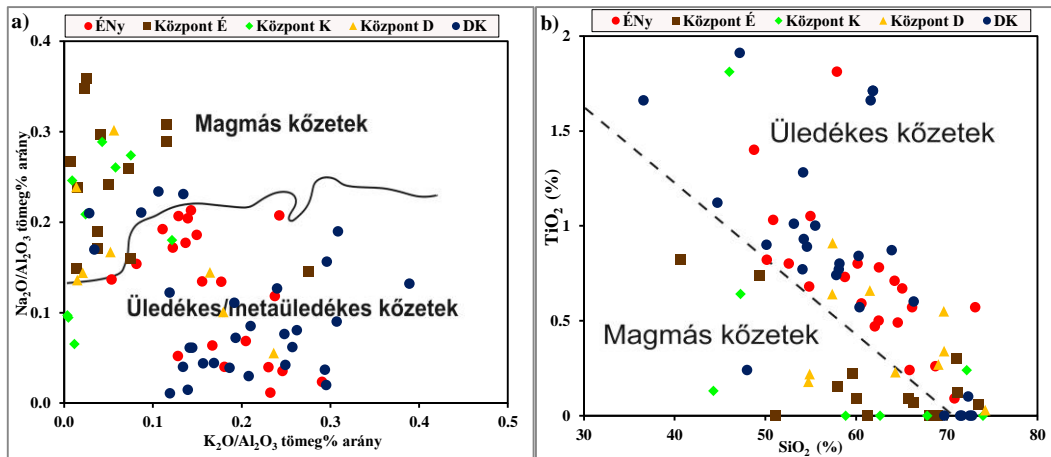
**7. ábra: a) Mg-klorit (chl) zárvány biotitban (1N); b) S1 foliáció irányába rendeződött, töredezett, kloritosodott (chl) gránát (grt) szemcsék és S2 foliációt jelölő biotit (bt) szalagok (1N)**

### 4.3. Geokémia

A kőzetek protolit eredetének meghatározására a  $K_2O/Al_2O_3-Na_2O/Al_2O_3$  diagramot [8], valamint a  $SiO_2-TiO_2$  diagramot [4] alkalmaztuk, melyeken a már petrográfiai vizsgálatok alapján elkülönített területek mintáit külön színnel kerültek jelölésre.

A diagramok alapján északnyugati és délkeleti minták hasonló értékek körül, viszonylag kis szórással jelennek meg, így hasonló kémiai összetétellel és üledékes protolittal jellemezhetőek. A központi területek kőzetei ezektől lényegesen eltérő értékek körül, nagyobb szórással jelennek meg és a központi rész déli területéhez sorolt minták kivételével, melyek szintén üledékes protolitu kőzetek, magmás protolittal jellemezhetőek. Az értékek nagy szórása a kőzeteket érintő utólagos kloritosodással, karbonátosodással, valamint metasztatikus átalakulásokkal magyarázható.

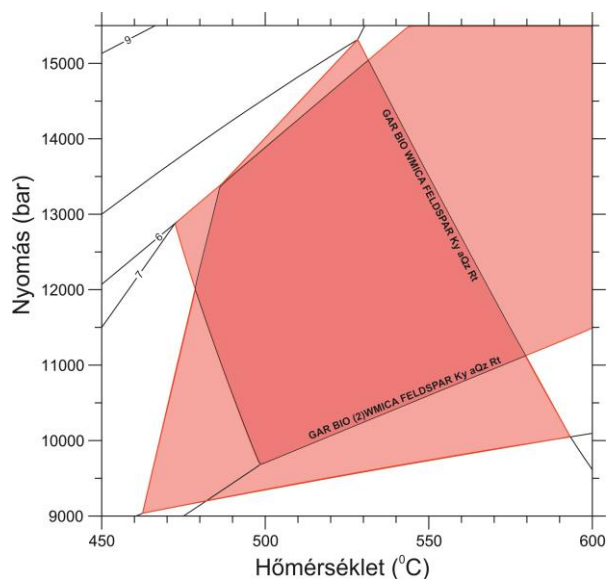
Mindhárom diagramon a délkeleti terület néhány mintája magmás protolit mezőben jelenik meg, melyek Deszk környéki fúrások gránit gneisz mintái, illetve magvizsgálati jelentések és makroszkópos vizsgálatok alapján amfibolit kőzetek.



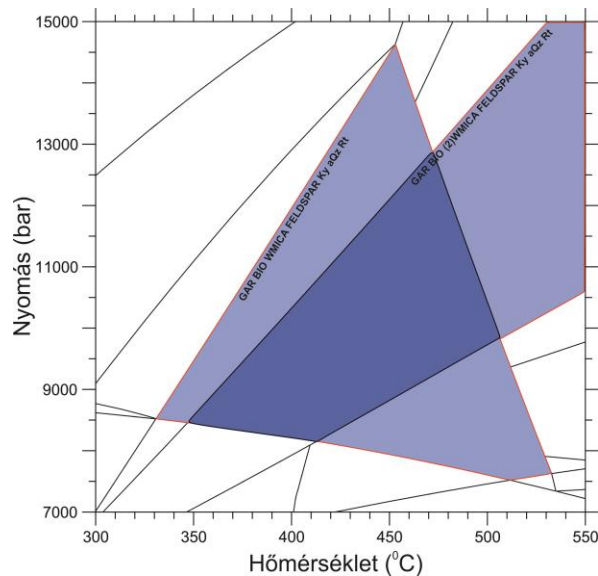
8. ábra: Protolit eredetének meghatározására alkalmazott diszkriminációs diagramok a)  $K_2O/Al_2O_3$ – $Na_2O/Al_2O_3$  diagram [8]; b)  $SiO_2$ - $TiO_2$  diagramot [4]

#### 4.4. Termobarometria

Az északnyugati és délkeleti területek mintái közül azokat választottuk ki, amelyek gránátot és kianitot is tartalmaztak, ugyanis ez az ásványparagenezis jellemzi legjobban a kőzeteket ért maximális p-T viszonyokat. A modellezett ásványparagenezisük a következő: biotit, gránát, kianit, muszkovit, földpát, kvarc és rutil. Mindkét terület két-két mintájának metszetével szűkíthető azok p-T tartománya, így az északnyugati területekre  $p \approx 9,5$ -15 kbar és  $T \approx 480$ -580 °C (9. ábra), míg a délkeleti területekre  $p \approx 8$ -13 kbar és  $T \approx 350$ -500 °C jellemző (10. ábra).

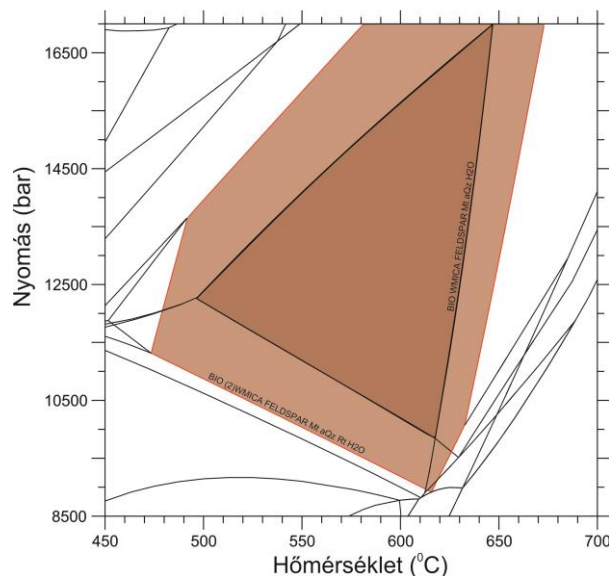


9. ábra: Az északnyugati terület modellezett p-T tartománya.



**10. ábra: A délkeleti terület modellezett p-T tartománya.**

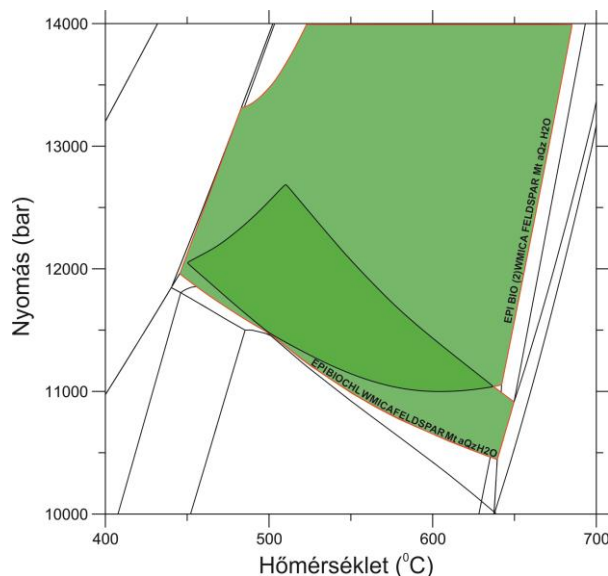
A központi terület északi közeteiben a biotitot kívül más metamorf indexásvány nem jelenik meg, így termobarometriai modellezésükkel viszonylag széles p-T tartomány határozható meg. Modellezett ásványparagenezisük a biotit, muszkovit, földpát, magnetit, kvarc, illetve az egyik minta esetében rutil. A területre meghatározott nyomás és hőmérséklet  $p \approx 10-17$  kbar és  $T \approx 500-650^\circ\text{C}$  értékek között adódik (11. ábra).



**11. ábra: A központi terület északi részének modellezett p-T tartománya.**

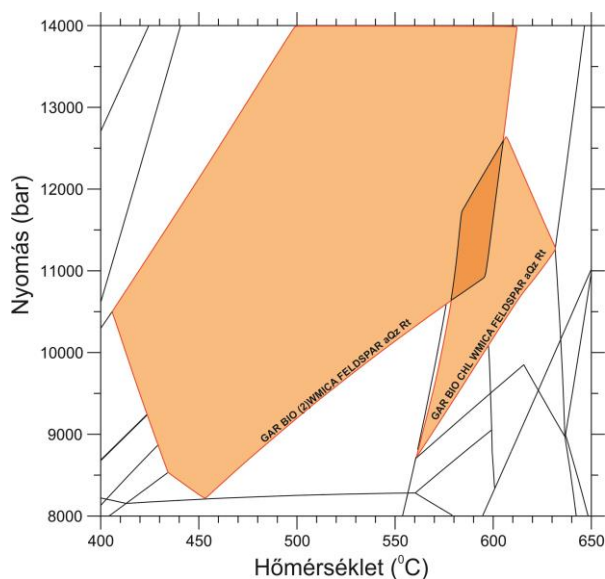
A központi terület keleti részének modellezett ásványparagenezise az epidot, biotit, muszkovit, földpát, magnetit, kvarc, valamint az epidot, biotit, klorit, muszkovit, földpát, magnetit és kvarc. A két minta modellezett p-T tartományának metszete  $p \approx 11-12,5$  és  $T \approx 450-640^\circ\text{C}$  (12. ábra).





**12. ábra: A központi terület keleti részének modellezett p-T tartománya.**

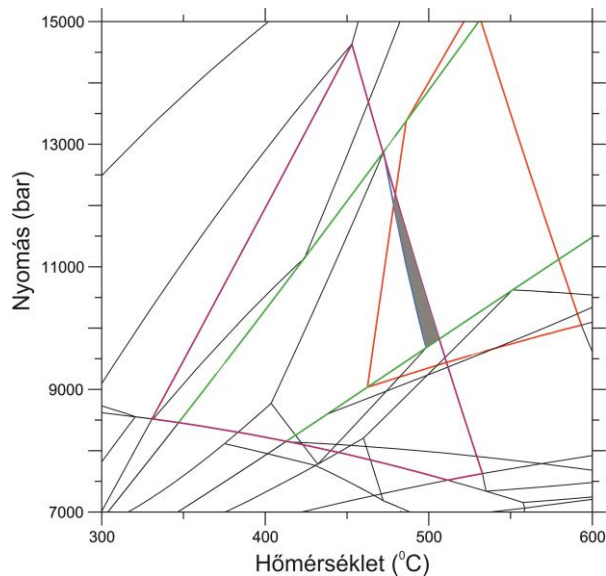
A központi terület déli részéhez sorolt kőzetek mintáiban a legmagasabb metamorf fokot jelző index ásvány a gránát, így ezeknek a mintáknak a termobarometriai modelljével határozható meg a kőzeteket érintő legmagasabb metamorf fok. Modellezett ásványparagenezisük a biotit, gránát, muszkovit, földpát, kvarc, rutil, valamint klorit, biotit, gránát, muszkovit, földpát, kvarc és rutil. A két minta p-T tartományának metszete szűk tartományt jelöl, mely  $p \approx 10,5-12,5$  és  $T \approx 580-610$  °C (13. ábra).



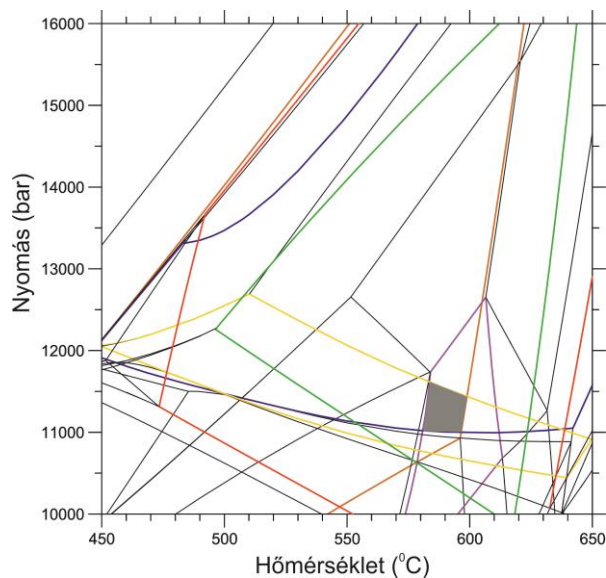
**13. ábra: A központi terület déli részének modellezett p-T tartománya.**

Az északnyugati és délkeleti területekről származó minták petrográfiaiailag, geokémiaiailag és modellezett p-T viszonyaikat tekintve is nagyon hasonlóak, így metamorf p-T tartományaik is jól összevethetőek. A két terület p-T tartományának összevetésével jelentősen szűkíthető az őket jellemző maximális metamorf körülmény, ami így  $p \approx 9,6-12,2$  kbar és  $T \approx 480-510$  °C (14. ábra).

A központi részen elkülönített területek bár petrográfiaiailag és némileg geokémiaiailag is különböznek, p-T viszonyaik nagyon hasonlóak, így ezek összevetésével kijelölhető egy viszonylag szűk metamorf tartományuk, ami  $p \approx 11-11,6$  kbar és  $T \approx 580-600$  °C (15. ábra).



**14. ábra: Az északnyugati és délkeleti terület p-T tartományának metszete (szürke terület).**



**15. ábra: A központi területek p-T tartományának metszete (szürke terület).**

## 5. Következtetések

Az általunk vizsgált mintákban a gránáton és kianiton kívül, az eddig publikációkban leírt más metamorf index ásványok nem voltak azonosíthatóak, valamint az andaluzit utáni kianit pszeudomorfózákra sem találtunk bizonyítékot, ugyanis a kianit szöveti helyzete alapján gránát szemcsék átalakulásából keletkezett egy nagyobb nyomású, második metamorf esemény során.

A termobarometriai modellezések során a területekre meghatározott metamorf viszonyok jól összevethetőek az óramutató járásával megegyező metamorf fejlődésúttal [6], azonban nem igazolja a korábbi andaluzittal jellemzett, óramutató járásával ellentétes p-T utat [7]. Az általunk meghatározott p-T tartományok bár nagyon hasonlóak a zónás gránátok variszkuszi reliktumként értékelt magjában meghatározott értékekkel [6], jóval magasabb nyomási értékeket kaptunk. A magas nyomási viszonyok oka, hogy a modellezés a kőzetek teljes geokémiai összetétele alapján történt, azonban ebben mindkét, vagy –három metamorf

eseményhez köthető ásványtársaság szerepel. További kutatásra ösztönöz a metamorf fejlődéstörténet pontosítása más termobarometriai módszerekkel.

A petrográfiai, geokémiai és termobarometriai vizsgálatok alapján is megállapítható, hogy az Algyő-hát területén eltérő metamorf fejlődésű, térben is lehatárolható blokkok jelennek meg egymás mellett, melyek között poszttetamorf, esetleg retrográd út mentén kialakult szerkezetek feltételezhetők. Amennyiben ezek a szerkezetek töréses deformációhoz köthető, úgy alföldi analógiák alapján lehetőség van a fluidum migrációjára az aljzaton keresztül. Ezeknek a poszttetamorf szerkezeteknek, petrográfiai határoknak pontosabb meghatározása szeizmikus adatok értelmezésével lehetséges, mely további kutatásokat igényel.

## Irodalomjegyzék

- [1] Berman, R. G., 1988: Internally-Consistent Thermodynamic Data for Minerals in the system Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO-FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>. *Journal of Petrology*, 29, pp. 445–522.
- [2] de Capitani, C., 1994: Gleichgewichts-Phasendiagramme: Theorie und Software. Beihefte zum *European Journal of Mineralogy*, 72. Jahrestagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, 6, 48.
- [3] Fülöp J., 1994: Magyarország geológiája: Paleozoikum II. Akadémia Kiadó, Budapest, pp. 378-391, 403- 407.
- [4] Garrels, R. M., McKenzie, F. T., 1971: *Evolution of sedimentary rocks*. Norton, New York, 1-397.
- [5] Haas J. 1994: Magyarország földtana. Mezozoikum. — Egyetemi jegyzet. ELTE, TTK, Budapest
- [6] Horváth P., Árkai P., 2002: Pressure-temperature path of metapelites from the Algyő-Ferencszállás area, SE Hungary: thermobarometric constraints from coexisting mineral assemblages and garnet zoning. *Acta Geologica Hungarica*, Vol. 45/1, pp. 1-27.
- [7] Lelkes-Felvári Gy., Wolfgang, F., Schuster, R., 2003: Geochronological constraints of the Variscan, Permian-Triassic and eo-Alpine (Cretaceous) evolution of the Great Hungarian Plain basement. *Geologica Carpathica*, 54, pp. 267–280.
- [8] Shan, H.X., Zhai, M.G., Zhu, X.Y., Santosh, M., Hong, T., Ge, S.H., 2016: Zircon U–Pb and Lu–Hf isotopic and geochemical constraints on the origin of the paragneisses from the Jiaobei terrane, North China Craton. *Journal of Asian Sciences* 115 pp. 2014-227.
- [9] Szalay Á., 1971: A Pannon medence kristályos metamorf aljzatának korviszonyai. NKFI. Jelentés.
- [10] Szederkényi T., 1984: Az Alföld kristályos aljzata és földtani kapcsolatai. MTA Doktori értekezés.
- [11] T. Kovács G., 1973: A Duna-Tisza köze déli részének földtani fejlődéstörténete. Doktori disszertáció.
- [12] Völgyi L., 1970: Az algyői szerkezet szénhidrogéntelepeinek összehasonlító vizsgálata. *Földtani kutatás*. 1. pp. 10-23.