

A mecseki alkáli bazaltok piroxén fenokristályainak geokémiai vizsgálata*

Dr. Dobosi Gábor**

(7 ábrával, 2 táblázattal, 1 táblával)

Bevezetés

Az alsókréta vulkáni-szubvulkáni működés a Mecsek hegységben az alkáli bazalt–trachiandezit–fonolit differenciációs sorba tartozó, változatos kifejlődésű kőzeteket hozott létre (MAURITZ 1913, 1958; TAKÁTS 1933; SZÉKYNÉ 1952; PANTÓ 1961; BILIK 1966; VICZIÁN 1971). Az alkáli bazalt változatokra és ezek trachiandezites differenciátumaira földtani irodalmunkban a *trachidolerit* elnevezés honosodott meg.

A piroxén a kőzetsorozat csaknem minden típusában nagy mennyiségben megtalálható, és a mállott vagy bontott kőzetekben is gyakran üde marad. Az eddigi, optikai vizsgálatokon alapuló ismeretek szerint összetétele a magmás differenciáció során a titánaugittól az egirinaugiton keresztül az egirinig változik. Az optikai vizsgálat azonban csak közelítő adatokat adhat, a kristályosodás kémiai és fizikai körülményeit, a magmás differenciáció menetét érzékenyen tükröző összetételi változások a sok komponensű piroxén elegykristályban csak kémiai vizsgálatokkal követhetők. É dolgozat csak a *trachidolerit* néven összefoglalt kőzettípusok piroxén fenokristályaival foglalkozik, a fonolit piroxénjének összetételi változásait egy későbbi munka tárgyalja.

A piroxén mennyiségi elemzése JEOL Superprobe 733 típusú, számítógépezérelt elektron-mikroszondával készültek. A mérési körülmények: 20 kV gyorsítófeszültség, 4×10^{-8} A sugáráram és 10 mikrométerre defókuszált elektronnaláb átmérő. A használt sztenderdek: albit (Si, Al, Na), olivin (Fe, Mg), wollastonit (Ca), kromit (Cr), spessartin (Mn) és rutil (Ti). A nyert eredményeken a ZAF (rendszám, abszorpció és fluoreszcencia) korrekció számítás a JEOL műszerprogramjával történt. Minden mintában több piroxén kristályt elemeztem; a mérési pontok száma mintánként a piroxén-összetétel változásaitól függően 10 és 40 között volt.

A vizsgált minták felsorolását az I. táblázat tartalmazza, néhány reprezentatív elemzés pedig a II. táblázatban látható.

* Elhangzott az Ásványtan-Geokémiai Szakosztály 1983. március 7-i ülésén.

** MTA Geokémiai Kutatólaboratórium, 1112 Budapest XI., Budaörsi út 45.

A minták felsorolása
The list of samples

I. táblázat — Table I.

szám	Név	Leőhely	Ásványos összetétel	Megjegyzés
1.	Alkáli bazalt felső része	Márévari völgy magnetit, ilmenit,	Fenokristály: olivin, piroxén, plagioklász	Üde kőzet, csak az olivin bontott
2.	Alkáli bazalt	Miske tető alatt	Fenokristály: piroxén, magnetit, ilmenit	Bontott kőzet, a piroxén ép
3.	Alkáli bazalt	Síngödör völgy	Fenokristály: piroxén, olivin	Üde kőzet
4.	Alkáli bazalt	Márévari völgy bejárata	Fenokristály: piroxén, magnetit, ilmenit	Üde kőzet
5.	Alkáli bazalt	Szászvár, Bányavölgy	Fenokristály: piroxén	Bontott kőzet, a piroxén ép
6.	Essexit	Lantos völgy	Piroxén, amfibol, magnetit, ilmenit, plagioklász	Holokristályos kőzet
7.	Trachandezit	Hosszúhetény, Kőzségi köfőjtő	Piroxén, biotit, magnetit, földpát, ritkán amfibol	Finomszemés kőzet, a piroxén fenokristály nagyon ritka.

Piroxén fenokristályok kémiai összetétele
Chemical composition of pyroxene phenocrysts

II. táblázat — Table II.

	1. minta (sample)		2. minta	3. minta					4. minta		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
SiO ₂	52,1	48,5	52,1	50,4	47,8	48,3	50,7	49,8	49,1	48,6	49,5
TiO ₂	0,8	2,4	0,9	1,4	2,2	2,1	1,5	2,2	2,0	2,6	1,7
Al ₂ O ₃	2,8	5,4	2,7	4,0	5,7	5,5	3,2	3,8	5,4	6,1	3,9
FeO ₃	0,8	0,1	0,4	0,7	0,05	0,03	0,4	0,3	0,3	0,1	0
FeO ₂	4,4	7,5	4,9	5,5	7,1	7,3	6,1	7,0	6,7	7,1	7,1
MnO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
MgO	16,6	13,7	16,4	15,1	13,4	13,8	15,3	14,2	13,8	13,3	13,9
CaO	21,8	21,3	22,2	22,1	22,2	22,1	22,2	22,2	21,8	22,0	22,1
Na ₂ O	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5	0,5	0,2	0,4	0,6	0,5	0,5
Összeg	99,9	99,6	100,0	99,7	99,15	99,73	99,8	100,0	99,7	100,5	98,9

Ionszámok 4 kationra számítva — Ion numbers calculated on the basis of 4 cations

Z	{	Si	1,905	1,808	1,907	1,859	1,786	1,782	1,872	1,848	1,822	1,794	1,855
		Al	0,095	0,192	0,093	0,141	0,214	0,208	0,128	0,152	0,178	0,206	0,145
		Cr	0,024	0,046	0,023	0,033	0,037	0,033	0,013	0,015	0,058	0,059	0,029
		Ti	0,021	0,067	0,025	0,039	0,061	0,058	0,042	0,061	0,056	0,072	0,048
Y	{	Fe	0,136	0,232	0,148	0,169	0,221	0,225	0,189	0,217	0,208	0,220	0,223
		Mn	0,004	0,004	0,003	0,004	0,005	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003	0,005
		Mg	0,907	0,758	0,894	0,828	0,748	0,761	0,839	0,784	0,765	0,730	0,777
X	{	Ca	0,853	0,849	0,872	0,875	0,858	0,880	0,879	0,882	0,867	0,872	0,885
		Na	0,033	0,040	0,023	0,031	0,038	0,039	0,021	0,029	0,036	0,040	0,033

FeO_t = összes vas FeO-ként számítva — total iron as FeO

n. d. = nem mért — not determined

1—2. Piroxén fenokristály (I. tábla, 1.). Sötétszürke belső mag (1) és világosabb perem (2).

Pyroxene phenocryst (Plate I. 1). Dark grey core (1) and lighter rim (2).

3. Piroxén fenokristály.

Pyroxene phenocryst.

4—5. Piroxén fenokristály Mg- és Cr-dús belső maggal. Belső mag (4) és perem (5).

Pyroxene phenocryst with Mg and Cr rich core. Core (4) and rim (5).

6—7—8. Zónás piroxén fenokristály (I. tábla, 2.). Világosszürke belső (6), sötétebb zóna (7) és világos szegély (8).

Zoned pyroxene phenocryst (Plate I. 2). Light grey core (6), darker zone (7) and light rim (8).

9—10. Piroxén fenokristály belseje (9) és széle (10).

Pyroxene phenocryst. Core (9) and rim (10).

11. Homokóra szerkezetű fenokristály (I. tábla, 3.). Sötétszürke szektor.

Hour-glass zoned phenocryst (Plate I. 3). Dark grey sector.

Folytatás
Continues

II. táblázat — Table II.

	4. minta (folyt.)		5. minta	6. minta		7. minta					
	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.
SiO ₂	46,8	44,6	46,9	48,0	46,6	47,8	51,0	47,9	51,5	50,6	46,9
TiO ₂	2,9	3,7	2,6	2,5	2,6	2,4	0,8	0,8	1,2	1,1	1,3
Al ₂ O ₃	6,7	8,3	7,3	5,9	7,4	6,7	2,2	1,9	2,7	3,5	2,9
Cr ₂ O ₃	0	0	0,1	0,4	0	n.d.	n.d.	n.d.	0	0	0
FeO _t	7,8	7,9	6,9	6,4	8,1	8,4	10,5	18,9	8,4	11,8	23,1
MnO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,7	0,3	0,5	0,9
MgO	12,3	11,6	13,1	13,4	12,3	11,7	11,8	5,2	13,1	10,1	1,6
CaO	22,0	22,0	22,0	22,3	21,4	21,6	23,0	21,6	22,4	22,1	19,9
Na ₂ O	0,6	0,6	0,5	0,4	0,7	0,6	0,6	1,1	0,5	0,7	1,7
Összeg	99,2	98,8	99,5	99,4	99,3	99,4	100,3	98,1	100,1	100,4	98,3

Ionszámok 4 kationra számítva — Ion numbers calculated on the basis of 4 cations

Z	Si	1,758	1,685	1,748	1,789	1,746	1,798	1,912	1,913	1,919	1,913	1,908
	Al	0,242	0,315	0,252	0,311	0,254	0,202	0,088	0,087	0,081	0,087	0,092
	Al	0,053	0,053	0,067	0,045	0,073	0,093	0,009	0,001	0,037	0,068	0,047
Y	Cr	—	—	0,004	0,011	—	—	—	—	—	—	—
	Ti	0,081	0,105	0,072	0,069	0,074	0,067	0,023	0,025	0,033	0,030	0,040
	Fe	0,243	0,250	0,215	0,200	0,252	0,263	0,329	0,630	0,263	0,371	0,785
X	Mn	0,005	0,004	0,003	0,004	0,005	0,006	0,012	0,023	0,010	0,015	0,030
	Mg	0,690	0,653	0,724	0,746	0,688	0,658	0,661	0,312	0,729	0,568	0,096
	Ca	0,885	0,891	0,876	0,892	0,861	0,869	0,925	0,926	0,895	0,894	0,866
	Na	0,044	0,043	0,039	0,031	0,047	0,044	0,041	0,082	0,033	0,052	0,135

12—13. Homokóra szerkesztű fenokristály (I. tábla, 3.). Világosszürke szektor, középhez közel (12) és szélehez közel (13).
Hour glass zoned phenocryst (Plate I. 3). Light grey sector, near to the core (12) and near to the margin (13).

14. Piroxén fenokristály.

Pyroxene phenocryst.

15—16. Piroxén kristály belseje (15) és széle (16).

Pyroxene crystal. Core (15) and rim (16).

17. Piroxén fenokristály.

Pyroxene phenocryst.

18—19. Alapanyag piroxén szemcse (kb. 200 mikrométeres méretű). Belseje (18) és pereme (19).

Groundmass pyroxene grain (approximately 200 micrometers in size). Core (18) and rim (19).

0—21—22. Trachiandesitben levő durvaszemcsés ér piroxénje (I. tábla, 4.). Középe (20), szegélyhez közelebb (21) és szegély (22).
Pyroxene in coarse grained vein in trachyandesite (Plate I. 4). Core (20), near to the rim (21) and rim (22).

Vizsgálati eredmények

A piroxén általános képlete:



ahol

X: Ca, Na

Y: Fe²⁺, Fe³⁺, Mn, Mg, Cr, Al, TiZ: Si, Al, Fe³⁺

A felsorolt ionok közül a Ca, Mg és Fe²⁺, illetve az ennek megfelelő wollastonit (CaSiO₃), ensztatit (MgSiO₃) és ferroszilit (FeSiO₃) szélső komponensek képezik a piroxén összetétele 80—90%-át. Az Fe²⁺ közelíthető az összes Fe és az Na ionszámok különbségével; ez azon a feltevésen alapul, hogy az Fe³⁺ csak az akmit (NaFe³⁺Si₂O₆) szélsőkomponensben van.

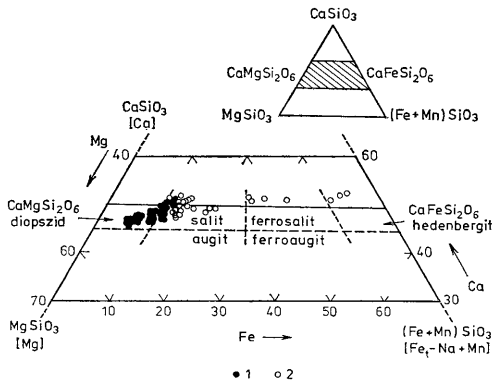
A Ca a vizsgált piroxén kristályokban közelítőleg állandó, nagyobb változást az Mg \rightleftharpoons Fe²⁺ helyettesítés okoz, a kristályosodás előrehaladtával.

Az alkáli bazalt piroxén fenokristályai a magtól a szegély felé enyhe vasdúsulást mutatnak, de előfordulnak gyakorlatilag homogén szemcsék is. A leg-

nagyobb változás az 1. minta piroxén fenokristályainál figyelhető meg (II. táblázat, 1. és 2. elemzés): a $\text{Ca}_{46}\text{Mg}_{48}\text{Fe}_6$ összetételű belső mag körül éles határral egy $\text{Ca}_{47}\text{Mg}_{49}\text{Fe}_{11}$ összetételű homogén szegély következik. A mag körvonala (I. tábla, 1. kép) néhol határozott, de felhősen elmosódott is lehet. Valószínűleg egy korábbi, kevésbé differenciált olvadékból kristályosodott — részben rezorbeált — szemcsét nőtt körül a később, eltérő körülmények között kivált piroxén. Ritkán a 3. mintában is található hasonló, felhősen elmosódott, Mg-dús belsejű piroxén (II. táblázat, 4. és 5. elemzés). Valószínűleg magmakeveredés okozza a 3. minta csaknem minden piroxén fenokristályában megfigyelhető jellegzetes zónásságot (I. tábla, 2. kép). A mikroszondás felvételen a világosabb szürke, lekerekített körvonalú kristálybelsőt egy sötétebb szürke színű, Mg és Cr-dúsabb szegély veszi körül, amit rövid oszcilláció után ismét világosabb perem követ (II. táblázat, 6. 7. és 8. elemzések).

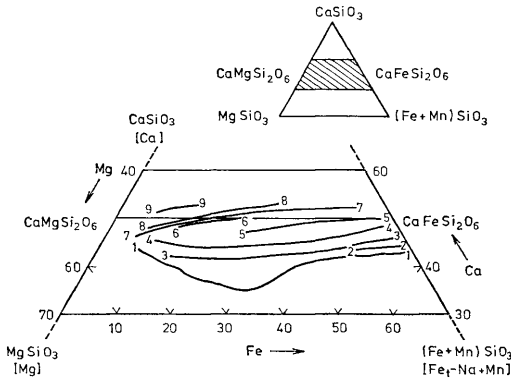
A hosszúhetényi *trachiandezit* (7. minta) piroxén kristályainak összetétele tágabb határok között változik. A legszélsőségesebb zónásság, ami egy kristályon a magtól a szegély felé mérhető volt, $\text{Ca}_{48}\text{Mg}_{39}\text{Fe}_{13}$ -tól $\text{Ca}_{53}\text{Mg}_6\text{Fe}_{41}$ -ig terjedő összetételi változást képvisel (I. tábla, 4. kép és II. táblázat 20. 21. és 22. elemzések).

A piroxén kémiai összetétele a diopszidtól a salitig változik és csak a kristályosodás legvégén, a trachiandezit piroxén kristályainak szegélyén éri el a ferrosalit és hedenbergit összetételt (I. ábra). E frakcionációs trend összehasonlítása az irodalomból vett piroxén frakcionációs trendekkel a 2. ábrán látható. A közelítőleg párhuzamosan futó trendek a Ca tartalomban különböznek egymástól. Azt, hogy a piroxén a kristályosodás során a Ca-ban szegényebb augit-ferroaugit, vagy a Ca-ban dúsabb salit-ferrosalit trendet követi-e, a magma SiO_2 -aktivitása határozza meg (összefoglalóan lásd GIBB 1973. és LARSEN 1976).



1. ábra. Piroxén fenokristályok projekciópontjai a CaSiO_3 (wollastonit) — MgSiO_3 (enzstatit) — $(\text{Fe} + \text{Mn})\text{SiO}_3$ (ferrosalit) háromszögdiagramban. A nevezéktani határok bejelölése DEER et al. 1963. szerint történt. Magyarázat: 1. alkáli bazalt és essexit, 2. trachiandezit

Fig. 1. Composition of pyroxene phenocrysts in the triangular diagram CaSiO_3 (wollastonite) — MgSiO_3 (enstatite) — $(\text{Fe} + \text{Mn})\text{SiO}_3$ (ferrosalite). Nomenclature limits are taken from DEER et al. 1963. Explanation: 1. alkali basalt and essexite, 2. trachyandesite



2. ábra. Piroxén frakcionációs trendek a $\text{CaSiO}_3 - \text{MgSiO}_3 - (\text{Fe} + \text{Mn})\text{SiO}_3$ háromszögdiagramban. 1. Skaergaard intrúzió, K-Grönland (BROWN et al. 1957; BROWN-VINCENT 1968). 2. Pantellerit (NICHOLLS-CARMICHAEL 1969). 3. Nandewar vulkán, Új Dél Wales, Ausztrália (ABBOT 1969). 4. Shiant Isles Sill, Skócia (GIBB 1973). 5. Ilmaussaq intrúzió, D-Grönland (LARSEN 1976). 6. Shonkin Sag lakkolit, Montana, USA (NASH-WILKINSON 1970). 7. Mecsek hegység (jelen dolgozat) 8. Tenerife sziget, Kanári-szigetek (SCOTT 1976). 9. Napak, Uganda (TYLER-KING 1967).
 Fig. 2. Pyroxene fractionation trends in the $\text{CaSiO}_3 - \text{MgSiO}_3 - (\text{Fe} + \text{Mn})\text{SiO}_3$ triangular diagram. 1. Skaergaard intrusion, East Greenland (BROWN et al. 1957; BROWN-VINCENT 1968). 2. Pantellerites (NICHOLLS-CARMICHAEL 1969). 3. Nandewar volcano, N. S. W. Australia (ABBOT 1969). 4. Shiant Isles Sill, Scotland (GIBB 1973). 5. Ilmaussaq Intrusion, South Greenland (LARSEN 1976). 6. Shonkin Sag Laccolith, Montana, USA (NASH-WILKINSON 1970). 7. Mecsek Mountains (present work). 8. Tenerife, Canary Islands (SCOTT 1976). 9. Napak, Uganda (TYLER-KING 1967).

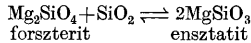
A 2. ábrán a piroxén frakcionációs trendek körülbelül az SiO_2 -aktivitás csökkenésének, illetve a telítetlenség növekedésének sorrendjében helyezkednek el egymás fölött. Az augit-ferroaugit trendet követi a tholeiites Skaergaard intrúzió piroxén kristályosodása, de hasonló a különböző lelőhelyek pantellerit közetének és az ausztráliai Nandewar vulkán olivinbazalt—hawaiiit—comendit közetsorozatának piroxén frakcionációs trendje is. (A két utóbbi példa feltett alkáli közetekre vonatkozik.)

Valamivel ezek fölött van a Shiant Isles Sill enyhén telítetlen alkáli bázisos közetéből kristályosodott piroxén összetételi görbéje.

Az erősen telítetlen közetekre jellemző salit-ferrosalit trendet követik az Ilmaussaq intrúzió nefelinszenit, a Shonkin Sag lakkolit shonkinit, a Tenerife sziget alkáli bazalt—trachiandezit—fonolit és az ugandai Napak terület ijolit-nefelinit összetételű közeteinek korai kristályosodású piroxénjei.

A piroxén Ca tartalmát (az Fe^{2+} -hoz és Mg-hez viszonyítva) az olvadék SiO_2 -aktivitása két módon is érinti:

- Az Y pozíciókba az Fe^{2+} és Mg mellé más ionok is beléphetnek. Közülük legfontosabb az Al és Ti, amelyek mennyisége az SiO_2 -aktivitás csökkenésével nő (ld. később). Így az Fe^{2+} és Mg ionokhoz képest a Ca részaránya nagyobb lesz. Emiatt van az is, hogy számos piroxén összetétele esik az 50%-os vonal fölé.
- Lényegesebb azonban az olivin és a kalcium-szegény piroxén között fennálló egyensúlynak az SiO_2 -aktivitástól való függése (CARMICHAEL et al. 1970):



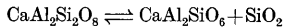
Az SiO_2 -aktivitás növekedése az enzstatit (Ca-szegény piroxén) képződésének kedvez, ez bizonyos határig oldódik a klinopiroxén elegykristályban (így csökkenve annak Ca tartalmát), sőt magasabb SiO_2 -aktivitású kőzetekben a klinopiroxén mellett a koegzisztens Ca-szegény piroxén (ortopiroxén vagy pigeonit) is kristályosodik, amint ezt a tholeiites Skaergaard intruzió is példázza.

A mecseki alkáli *bazalt-trachandezit sorozat* piroxén fenokristályai az alacsony SiO_2 -aktivitású, telítetlen alkáli magmákra jellemző salit-ferrosalit trendet követik.

A Ti és az Al a piroxénbe a következő helyettesítések formájában léphet be:



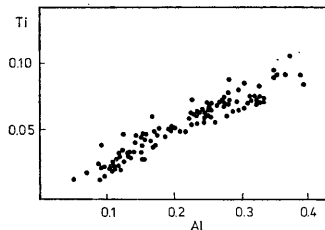
ahol az (1)-es helyettesítésnek a titánpiroxén ($\text{CaTiAl}_2\text{O}_6$), a (2)-nek pedig a TSCHERMÁK-molekula ($\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$) szélsőkomponensek beépülése felel meg. Az oktaédes koordinációjú Al^y tartalmú TSCHERMÁK-molekula szerepe főleg nagy nyomáson jelentős, bár a kis nyomáson képződött piroxén is tartalmaz néhány százalék TSCHERMÁK-komponenst (KUSHIRO 1962; 1969), mivel a TSCHERMÁK-komponens stabilitása a nyomáson kívül az SiO_2 -aktivitástól is függ:



Tschermák-molekula

A vizsgált piroxén fenokristályokban az oktaédes helyzetű Al^y , illetve az ennek megfelelő TSCHERMÁK-molekula mennyisége nem jelentős, és megfelel hasonló telítetlen alkáli kőzetek kisnyomású piroxén összetételeinek.

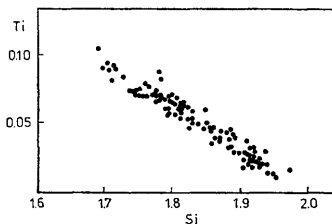
Az Al és a Ti párhuzamos növekedése és ezzel együtt az Si ionszám csökkenése (3. és 4. ábrák) mutatja a titánpiroxén ($\text{CaTiAl}_2\text{O}_6$) szélsőkomponens (1) egyenlet szerinti beépülését a piroxén elegykristályba. Ezt a helyettesítési típust a



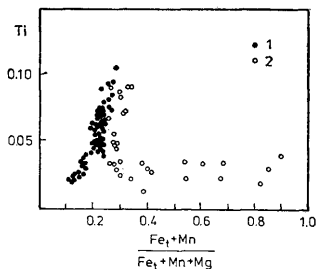
3. ábra. Az Al és Ti ionszámok összefüggése a piroxénben
Fig. 3. Relationship between Al and Ti ion numbers in pyroxene

magma SiO_2 -aktivitása a következőképpen befolyásolja (VERHOOGEN 1962): a kis SiO_2 -aktivitás következtében a tetraéderez $\text{Si}^{2+} \rightleftharpoons \text{Al}^{2+}$ csere az Al^{2+} javára tolódik el, és így lehetővé válik a Ti belépése az oktaéderez helyekre. A SiO_2 -aktivitás csökkenésével a piroxén Al_2O_3 és TiO_2 tartalmának növekedését természetes magmás piroxén kristályokon KUSHIRO (1960) és LA BAS (1962) mutatták ki.

A vizsgált magmatitok piroxén kristályainak TiO_2 tartalma általában 2–3%, Al_2O_3 tartalma pedig 3–7% között változik, és ez megfelel a telítetlen kőzetek piroxénjére jellemző értékeknek. A szektorzónásság miatt azonban mindkét elem koncentrációja egy szemcsén belül is jelentősen változik. Ilyen szektorzónás — homokóra szerkezetű — piroxén a 3. 4. és 7. mintákban gyakori. Az elektron-mikroszondás felvételen (I. tábla, 3. kép) látható szemcse világos szektorában az Al_2O_3 és a TiO_2 mennyisége csaknem kétszeresére nő a sötét szektorhoz viszonyítva. A sötét szektorban pedig a SiO_2 és MgO koncentrációja nagyobb (II. táblázat, 11. 12. és 13. elemzések). A szektorzónásságot az ion-diffúzióhoz képest gyors kristálynövekedési sebesség okozza, amikor az Al és Ti beépülése növekedési irányonként eltérő mennyiségű (HOLLISTER—GANZARZ 1971; WASS 1973).



4. ábra. Az Si és Ti ionszámok összefüggése a piroxénben
Fig. 4. Relationship between Si and Ti ion numbers in pyroxene



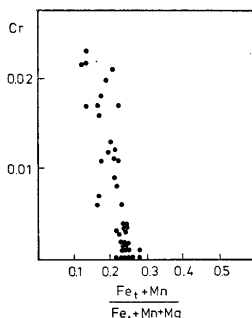
5. ábra. A Tionszámok változása az $\text{Fe}_t + \text{Mn} / \text{Fe}_t + \text{Mn} + \text{Mg}$ függvényében. Az Al változása ugyanilyen. Magyarázat: 1. alkáli bazalt és essexit, 2. trachandezit
Fig. 5. Variation of Ti ion numbers vs. $\text{Fe}_t + \text{Mn} / \text{Fe}_t + \text{Mn} + \text{Mg}$. The variation of Al is the same. Explanation: 1. alkali basalt and essexite, 2. trachandesite

Az Al és Ti változásait a kristályosodás során a „differenciációs indexnek” választott $Fe_t + Mn / Fe_t + Mn + Mg$ függvényében vizsgálhatjuk, ahol Fe_t az összes vasat jelenti (5. ábra). Az alkáli bazaltban a kristályosodás előrehaladtával a Ti és Al mennyisége nő (a 0,20–0,30 közötti $Fe_t + Mn / Fe_t + Mn + Mg$ értékeknél látható nagy szórásat a szektorzónáság okozza), majd a trachandezit piroxénjében ugrásszerűen egy viszonylag állandó értékre csökken. A kezdeti növekedés megfelel YAGI—ONUMA (1967) kísérleti eredményeinek, ők ugyanis azt tapasztalták, hogy a hőmérséklet csökkenésével a titánpiroxén oldhatósága a diopszidban nő. A gyors csökkenés a trachandezit piroxénjében azzal magyarázható, hogy ekkor kezdenek a piroxén mellett nagy tömegben kristályosodni más Al és Ti tartalmú fázisok, így a titanomagnetit, plagioklász és biotit. Az Al és Ti hasonló változását észlette GIBB (1973) a Shiant Isles Sill piroxénjeinek vizsgálatánál.

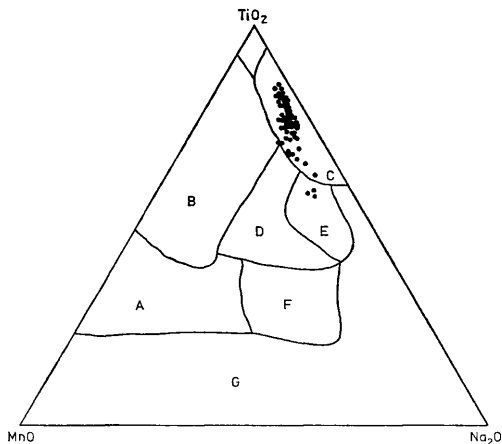
A piroxén egyéb elemei közül az Mn és az Na a kristályosodás előrehaladtával a vasdúsulással párhuzamosan nő, legnagyobb értékeit a trachandezit piroxén kristályainak szegélyén éri el, azonban az Na koncentrációt tekintve, egrinaugitrol még itt sem beszélhetünk.

A Cr a korai kristályosodású, Mg-dús piroxén jellemző nyomeleme (a Cr_2O_3 tartalom a 0,7–0,8%-ot is elérheti), de mennyisége az $Fe_t + Mn / Fe_t + Mn + Mg$ függvényében gyorsan csökken, és kb. 0,25-nél már a kimutatási határ (kb. 0,01%) alá esik (6. ábra). A trachandezit piroxénje már nem tartalmaz mikroszondával kimutatható krómot.

A magma kémiai változásait érzékenyen tükröző klinopiroxén összetételét NISBET—PEARCE (1977) a bazaltok tektonikai helyzetének meghatározására alkalmazta. Bár a különböző típusok közt az elkülönülés nem olyan kifejezett, mint a teljes kőzet elemzések alkalmazásánál (ld. PEARCE 1976), olyan esetekben amikor a kőzet eredeti kémiai összetétele mállás, bontottság, spilitésedés miatt megváltozik, az épen maradt piroxén fenokristályok összetétele is sikerrel használható. NISBET—PEARCE (1977) diagrammjai közül az $Na_2O—MnO—TiO_2$ háromszög a közvetlen mérési adatokból is megszerkeszthető (7. ábra). A me-



6. ábra. A Cr ionszámok változása az $Fe_t + Mn / Fe_t + Mn + Mg$ függvényében, az alkáli bazalt és essexit piroxénjében
Fig. 6. Variation of Cr ion numbers vs. $Fe_t + Mn / Fe_t + Mn + Mg$ for pyroxenes of alkali basalts and essexite



7. ábra. $\text{Na}_2\text{O} - \text{TiO}_2 - \text{MnO}$ diszkriminációs diagram (NISBET—PEARCE 1977) az alkáli bazalt és essexit piroxén projekciópontokkal. A: VAB, B: OFB, C: WPA, D: összes, E: VAB + WPT + WPA, F: VAB + WPA és G: WPA; ahol VAB: szigetív bazalt, WPT: lemezen belüli tholeit, OFB: óceánfenéki bazalt, WPA: lemezen belüli alkáli bazalt
 Fig. 7. $\text{Na}_2\text{O} - \text{TiO}_2 - \text{MnO}$ discrimination diagram (NISBET—PEARCE 1977) for pyroxenes of alkali basalts and essexite. A: VAB, B: OFB, C: WPA, D: all, E: VAB + WPT + WPA, F: VAB + WPA, G: WPA; where VAB: volcanic arc basalt, WPT: within plate tholeit, OFB: ocean floor basalt, WPA: within plate alkali basalt

cseki alkáli bazalt piroxén fenokristályainak projekciópontjai a lemezen belüli alkáli bazalt (WPA) területre esnek. Ez egybevág EMBEY—ISZTIN (1981) teljes közetlelmzések felhasználásával nyert eredményeivel.

Összefoglalás és következtetések

A piroxén összetételének változása a magmás differenciáció függvényében a következőkben foglalható össze:

- A legkorábban, legkevésbé differenciált olvadékból kivált piroxén diopszidos összetételű, jellemzője a nagy Cr, a kis Al és Ti tartalom. Ilyen piroxén gyakran csak a későbbi kiválású kristályok belsejében található.
- A magmás differenciáció előrehaladásával a Fe tartalom a Mg rovására nő, a piroxén összetétele a salitnak felel meg. A Cr mennyisége csökken, az Al és Ti pedig jelentőssé válik. Gyakori a homokóra szerkezet megjelenése. A néhány mintában megfigyelhető inverz zónásság, vagy a Mg- és Cr-dús belső magok megjelenése a különböző differenciáltságú — részben kristályosodott — olvadékok keveredésére enged következtetni.
- A trachandezit korai piroxénje salit, majd a kristályosodás során összetétele a ferrosalit — hedenbergit irányba változik: ezzel párhuzamosan

az Al és Ti tartalom hirtelen csökkenése tapasztalható. A Na szerepe nem jelentős, még a kristályszéleken sem éri el a piroxén az egirinaugit összetételt.

A Ny-mecseki Lantos völgyből származó essexit piroxénjének kémiai hasonlósága megerősíti e kőzet genetikai idetartozását.

A piroxén összetétele a teljes kristályosodás során a telítetlen alkáli magmák piroxénjére jellemző kémiai vonásokat mutatja. Ez is alátámasztja, hogy már az eredeti magmaösszetétel alkáli bazaltos (vagy bazanitos) lehetett, és az alkáli jelleg kialakulása nem a mellékkőzettel való kölcsönhatás eredménye. A trachandezit és később a fonolit az alkáli bazaltból minden valószínűség szerint frakcionált kristályosodással differenciálódott. EMBEY—ISZTIN (1981) szerint a mecseki alsókréta bazaltok lemezen belüli affinitást mutatnak, és végeredményben egy kontinentális rift-rendszer magmás tevékenysége folytán képződhettek. A piroxén összetételek is alátámasztják a lemezen belüli megjelenést, sőt itt nem hatnak zavaróan azok a differenciációs és kumulatív folyamatok, amelyek EMBEY—ISZTIN 2. ábráján a teljes kőzet elemzések projekciójait kimozdítják a nekik megfelelő lemezen belüli (WPA) területről. A piroxén kémiai összetétele is bizonyítja, hogy a mecseki alsókréta alkáli vulkanitok nem ofiolit jellegűek.

Irodalom — References

- ABBOT, M. J. (1969): Petrology of the Nandewar volcano, New South Wales, Australia — *Contrib. Mineral. Petrol.* 20, pp. 115–134.
- BILIK I. (1966): A Mecsek hegységi alsó kréta vulkanitok nevezéktani kérdései — *MÁFI Évi. Jel.* 1964-ről, pp. 59–74.
- BROWN, G. M.—VINCENT, E. A.—BROWN, P. E. (1957): Pyroxenes from early and middle stages of fractionation of the Skaergaard Intrusion, East Greenland — *Mineral. Mag.* 31., pp. 511–543.
- BROWN, G. M.—VINCENT, E. A. (1963): Pyroxenes from the late stages of fractionation of the Skaergaard Intrusion East Greenland — *J. Petrol.* 4., pp. 175–197.
- CARMICHAEL, I. S. E.—NICHOLLS, J.—SMITH, A. L. (1970): Silica activity in igneous rock — *Amer. Mineral.* 55., pp. 246–263.
- DEER, W. A.—HOWIE, F. A.—ZUSSMAN, J. (1963): Rock forming minerals, vol. 2. Chain silicates, Longmans, London.
- EMBEY-ISZTIN A. (1981): Hazai bazaltos kőzeteink főalkotó részeinek statisztikai vizsgálata: Kisérlet a bazaltok tektonikai helyzetének meghatározására — *Földt. Közl.* 111., pp. 43–58.
- GBB, F. G. F. (1973): The zoned clinopyroxenes of the Shiant Isles Sill, Scotland — *J. Petrol.* 14., pp. 203–230.
- HOLLISTER, L. S.—GANZARB, A. J. (1971): Compositional sector zoning in clinopyroxene from the Narce Area, Italy — *Amer. Mineral.* 56., pp. 959–979.
- KUSHIRO, I. (1960): Si—Al relation in clinopyroxenes from igneous rocks — *Amer. J. Sci.* 258., pp. 548–554.
- KUSHIRO, I. (1962): Clinopyroxene solid solutions. Part I. The $CaAl_2SiO_6$ component — *Jap. J. Geol. Geogr.* 33., pp. 213–220.
- KUSHIRO, I. (1969): Clinopyroxene solid solutions formed by reactions between diopside and plagioclase at high pressures — *Mineral. Soc. Amer. Spec. Paper* 2., pp. 179–191.
- LARSEN, L. M. (1976): Clinopyroxenes and coexisting mafic minerals from the alkaline Ilmaussaq Intrusion, South Greenland — *J. Petrol.* 17., pp. 258–290.
- LEBAS, M. J. (1962): The role of aluminium in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage — *Amer. J. Sci.* 260., pp. 267–288.
- MAURITZ B. (1913): A Mecsek hegység eruptívus kőzetei — *MÁFI Évkönyv* 21., pp. 153–190.
- MAURITZ B. (1958): Két újabb vulkán kőzettípus a Mecsek hegységből — *Földt. Közl.* LXXXVIII., pp. 42–47.
- NASH, W. P.—WILKINSON, J. F. G. (1970): Shonkin Sag Laccolith Montana. I. Mafic minerals and estimates of temperature, pressure, oxygen fugacity and silica activity — *Contrib. Mineral. Petrol.* 25., pp. 241–269.
- NICHOLLS, J.—CARMICHAEL, I. S. E. (1969): Peralkaline acid liquids: a petrological study — *Contrib. Mineral. Petrol.* 20., pp. 268–294.
- NISEFF, E. G.—PEARCE, J. A. (1977): Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings — *Contrib. Mineral. Petrol.* 63., pp. 149–160.
- PANTÓ G. (1961): Mezőzós magmatizmus Magyarországon — *MÁFI Évkönyv* 49., pp. 785–799.
- PEARCE, J. A. (1976): Statistical analysis of major element patterns in basalts — *J. Petrol.* 17., pp. 15–43.
- SCOTT, P. W. (1976): Crystallization trends of pyroxenes from the alkaline volcanic rocks of Tenerife, Canary Islands — *Mineral. Mag.* 40., pp. 805–817.
- SZÉKYNÉ FUX V. (1952): A magmás kőzetek szerepe a komlói kőszénösszletben — *MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 5., pp. 187–209.
- TAKÁTS T. (1933): Essexit a Mecsek hegységből — *Mat. Term. Tud. Ért.* 50., pp. 617–634.
- TYLER, R. C.—KING, B. C. (1967): The pyroxenes of the alkaline igneous complexes of Eastern Uganda — *Mineral. Mag.* 36., pp. 5–21.
- VERHOOGEN, J. (1962): Distribution of titanium between silicates and oxides in igneous rocks — *Amer. J. Sci.* 260., pp. 211–220.

VICZÁN I. (1971): A mecseki fonolit közettani vizsgálata — MÁFI Évi Jel. 1969-ről, pp. 327—345.

WASS, S. Y. (1973): The origin and significance of hour-glass zoning in titaniferous clinopyroxenes — Mineral. Mag. 39, pp. 133—144.

YAGI, K.—ONUMA, K. (1967): The join $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ — $\text{CaTiAl}_2\text{O}_6$ and its bearing on the titanaugites — J. Fac. Sc, Hokkaido Univ. Ser IV. Geology and Mineralogy 13., pp. 463—483.

A kézirat beérkezett: 1982. IX. 19.

Táblamagyarázat — Explanation of the plate

I. tábla — Plate I.

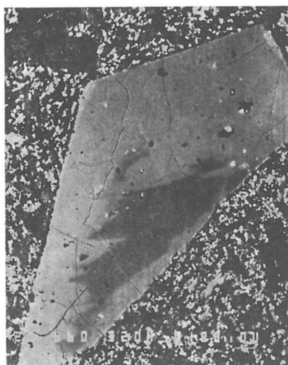
1. Piroxén fenokristály sötétszürke Mg- és Cr- dús belső maggal (1. minta)
Visszaszórt elektronkép, 4 mm = 100 μm
Pyroxene phenocryst with dark grey Mg and Cr rich core (sample 1.)
Backscattered electron image, 4 mm = 100 μm
2. Zónás piroxén fenokristály (3. minta)
Visszaszórt elektronkép, 7 mm = 100 μm
Zoned pyroxene phenocryst (sample 3.)
Backscattered electron image, 7 mm = 100 μm
3. Szektorzónás piroxén fenokristály (4. minta)
Visszaszórt elektronkép, 7 mm = 100 μm
Sector zoned pyroxene phenocryst (sample 4.)
Backscattered electron image, 7 mm = 100 μm
4. Zónás piroxén (7. minta)
Visszaszórt elektronkép, 8 mm = 100 μm
Zoned pyroxene (sample 7.)
Backscattered electron image, 8 mm = 100 μm

Geochemical investigation of clinopyroxene phenocrysts from alkali basaltic rocks of Mecsek Mountains, Hungary

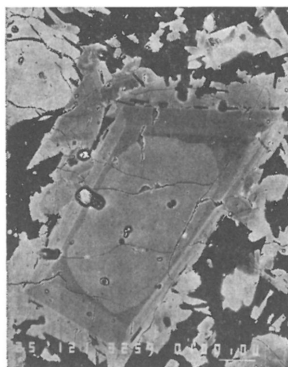
Dr G. Dobosi

The Lower Cretaceous volcanic and subvolcanic alkaline rocks of the Mecsek Mountains comprise mainly alkali basalts, trachyandesites and phonolites. Clinopyroxenes of alkali basalts and trachyandesites — analyzed by electron microprobe — follow the diopside — sahlite — ferrosahlite crystallization trend. This trend is significant for the undersaturated alkalic rocks with low silica activity. The Al and Ti contents of pyroxenes vary simultaneously suggesting that these ions are present mainly as $\text{CaTiAl}_2\text{O}_6$ titanpyroxene component. Pyroxenes in alkali basalts show initial rise of Al and Ti as they become more rich in iron; this trend is probably caused by the effect of temperature decrease (YAGI-ONUMA 1967). In the later crystallizing pyroxenes of trachyandesite the amount of these elements decrease suddenly with further iron enrichment because of the crystallization of other Al and Ti bearing phases (such as titanomagnetite, plagioclase and biotite). Hour glass structure (sector zoning) is not uncommon in crystals containing higher amounts of Al and Ti. Pyroxenes show rapid depletion in Cr and slight enrichment in Na and Mn with fractionation. Some types of zoning in phenocrysts of alkali basalts were probably caused by magma mixing processes. According to the Na_2O — TiO_2 — MnO discrimination diagram (NISBET—PEARCE 1977) the pyroxenes of alkali basalts show WPA (within plate alkali basalts) affinity.

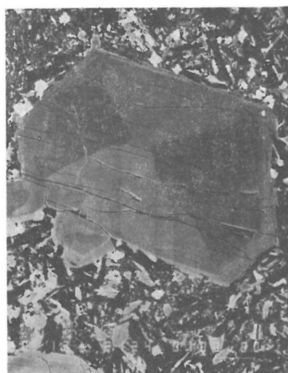
Manuscript received: 19. Sept. 1983.



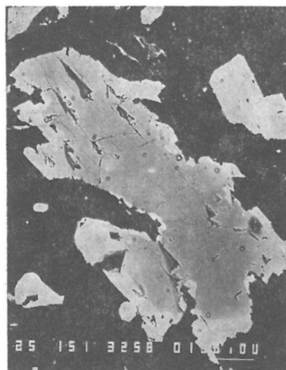
1



2



3



4