------المجلة العراقية لعلوم الأرض، المجلد٧، العدد١، ص ٣٣-٦٠،٢٠٠٧------

بتروكيميائية ونشوئية الصخور القاعدية لمقدم بولفات القاعدي المتطبق حول هيرو، قلعة دزة، كوردستان العراق

احمد محمد عفراوي **محمد مجيد صوفي**

قسم علوم الارض

كلية العلوم

جامعة صلاح الدين

(تاريخ الاستلام 2006/5/18، تاريخ القبول ٢٠٠٧/٢/٢٢)

الملخص

درست الصخور القاعدية لمقدم بولفات في قمتي نوبة وبي ناس في جنوب-جنوب شـرق ناحيـة هيرو قضاء قلعة دزة. ويقع المقدم ضمن نطاق الفوالق الزاحفة في كوردستان العراق.

تتألف الصخور القاعدية بشكل عام من صخور التركتولايت، الاوليفين كابرو، الكابرو والبايروكسين هورنبلند كابرو مع وجود إختلاف في نوعية الصخور السائدة في قمتي نوبـة وبـي نـاس، حيـث إن الصخورالسائدة في قمة نوبة هي صخور الأوليفين كابرو بينما في قمة بـي نـاس تكـون البايروكسـين هورنبلند كابرو هي الصخور السائدة. توضح انسجة الصخور اعلاه بانها متاثرة بدرجات مختلفـة مـن التشويه التكتوني، وان صخور قمة نوبة اكثر تشوها من صخور قمة بي ناس.

يتغير التركيب الكيميائي للمعادن من الأسفل إلى الأعلى فيتغير معدن البلاجيوكليس في قمة نوبة من An_{57} إلى $An_{59.9}$ والأوليفين من ($Fo_{75.1}$) الى ($Fo_{78.8}$) والكلاينوبايروكسين من Ca_{46} Mg_{46} Fe_{8} إلـى Ca_{47} Mg_{44} Fe_{9} من نوع دايوبسايد (diopside) والأمفيبول $100*(Mg^{+2}/(Mg^{+2}+Fe^{+2})$ مـن 75 الـى 84، اما في قمة بىناس فمعدن البلاجيوكليس يكـون An_{57}، ويتغيـر الأوليفـين مـن Fo_{53} الـى Fo_{59} والكلاينوبايروكسين من Ca_{43} Mg_{42} Fe_{15} الى Ca_{45} Mg_{39} Fe_{16} من نوع أوجايت (Augite) والامفيبـول $100*(Mg^{+2}/(Mg^{+2}+Fe^{+2})$ من ٦٥ الى ٧٢ وهذا يعكس مدى سيطرة عملية التجزئة البلورية في تكـون انواع الصخور بالإضافة إلى ذلك فان صخور قمة بي ناس تمثل مرحلة أكثر تقدماً من ناحيـة التجزئـة البلورية.

هنالك تباين جيوكيميائي بين القمتين وبالاخص ان الحديد والتيتانيوم والفناديوم أكثـر وفـرةً فـي صخور قمة بىناس وهي أقل أحتواء لعنصري الكروميوم والنيكل بسب هيمنة تبلـور معـادن أوليفـين، كروم-سبينل و كلاينوبايروكسين في المراحل الابتدائية مما أدى إلى إنخفـاض فـي نسـبة الكروميـوم

والنيكل. عموماً فإن صخور مقحم بولفات كانت غنية بالألمنيوم والكالسيوم وهذا يعكس التواجـد العـالي لمعدني بلاجيوكليس وكلاينوبايروكسين.

والتباين المذكور اعلاه انعكس على نسبة النظائر حيث دلت النسب الواطئة لنظـائر السـترونتيوم Sr^{87}/Sr^{86} (0.706-0.703) على إن صخور مقحم بولفات تكونت من صهير مشتق من الجبـة وتشـير الدلائل الجيوكيميائية للعناصر والنظائر إلى إختلاف في درجة الإنصهار الجزئـي للمصـدر الصـهيري المكون لصخور قمة نوبة وبي ناس إذ إن صخور قمة بي ناس تكونت من مصدر مستنزف بنسبة أكثـر من 30% أما مصدر صخور قمة نوبة فدرجة إنصهارها الجزئي أقل وبحدود 15%. اثبـت التصـنيفات الجيوتكتونية بان مقحم بولفات هو من نوع القلوي الكلسي العائد الى أنطقـة الغـوران بحيـث رافقـت الصخور قيد الدراسة صهارة الجزر القوسية.

Petrochemistry and Petrogenesis of Bulfat Mafic Intrusion, Qala Dizeh, Iraqi Kurdistan

Ahmed M. Aqrawi **Mohammed M. Sofy**
Department of Earth Sciences
College of Science
Salahaddin University

ABSTRACT

Bulfat mafic intrusion was studied at Noba and Benas peaks at southeastern Hero at Qaladizeh area is located at the Zagros thrust fault.

The studied rocks consist of troctolite, olivine gabbro, gabbro, amphibole pyroxene gabbro. In Noba peak the olivine gabbro is dominant rock while in Benas peak amphibole pyroxene gabbro is a dominant.

Textural study reflected that Noba peak rocks had suffered tectonic deformation more than Benas peak rocks.

The chemical composition of minerals changes from bottom to top as plagioclase from An_{60} to An_{57}, olivine from Fo_{79} to Fo_{75} clinopyroxene from Wo_{46} En_{46} Fs_8 to Wo_{47} En_{44} Fs_9 of diopside type and amphibole $Mg^{+2}/(Mg^{+2} + Fe^{+2})^x100$ from 84 to 75. Benas peak plagioclase are An_{57}, olivine changes from Fo_{59} to Fo_{53}, clinopyroxene from Wo_{43} En_{42} Fs_{15} to Wo_{45} En_{39} Fs_{16} of (augite) type, amphibole $Mg^{+2}/(Mg^{+2} + Fe^{+2})^x100$ changes from 72 to 65. These changes reflected the control of crystal fractionation in creation of different rocks. In addition the Benas rocks represent more progressive stage of crystal fractionation.

Benas rocks are rich in iron, titanium and vanadium and poor in chromium and nickel because of the governing of crystallization of olivine, Cr-spinel and clinopyroxene at earlier stages.

Low ratios of strontium isotopes in Bulfat rocks indicate that it had been formed from magmas derived from upper mantle. Geochemical indication of elements and isotopes revel the variation in the degree of partial melting for source rocks. As Benas

rocks formed from depleted source with a partial melting of more than 30% while Noba rocks formed from sources with partial melting of about 15%.

Depending on the magmatic affinity, the studied rocks are classified to low-K calc-alkaline type associated with magma of Island arcs.

المقدمة

يمثل مقحم بولفات الناري المتطبق (Bulfat layered igneous intrusive) احد المعقدات النارية في شمال شرق العراق، يغطي المقحم مساحة تقارب ١٠٠كم[٢] ضمن نطاق الزاكروسي الزاحف على المنحدر الغربي لسلسلة جبال بولفات على الحدود العراقية الايرانية. ويقع ضمن الوحدة الطولية الثانية في نطـاق بنجـوين والاش الثـانوي (Penjwin-Walash Subzone) ضـمن النطـاق الوسـطي فـي تقسـيمات الجيوسينكلاين (Geosyncline) ومتداخلة مع صخور متحولة اقليمية لمجموعة قنديل ذات عمر (البـين– سينومينين) (Aswad, 1999).

تنكشف الصخور القاعديه في قمتي نوبه وبى ناس (Noba and Benas peaks) على بعد 25 كـم جنوب شرق مدينة قلعة دزة و ٢ كم جنوب–جنوب شرق ناحية هيرو في محافظة السليمانيه شمال شـرق العراق. وهي منطقة ذات تضاريس وعرة، إذ يصل ارتفاع القمم في موقع الدراسة الى 1760 متـر فـي قمة نوبه (Noba Peak) و 1806 متر في قمة بى ناس (Benas Peak)، وتقع منطقة الدراسة بين خطوط العرض (Lat.) 36 º 05′ و 36 º 08′ شمالاً وخطوط الطول (Long.) 45º 17′ و 45º 19′ شرقاً.

درسـ ـت الصـ ـخور القـاعديـة مـن قبـل عـدد مـن البـاحثـ ـيـن (Aswad, 1999 Buda et al., 1978, Ghazal, 1980, Buday and Jassim, 1987,) لكن هذه الدراسات لم تركز علـى نشؤئية وكيميائية المعادن المكونة لهذه الصخور في المنطقة. تهدف الدراسة الى التعـرف علـى اصـل ونشوئية الصخور القاعدية لمقحم بولفات في قمتي نوبه وبي ناس.

جيولوجية المنطقة

تنكشف صخور معقد بولفات ضمن نطاق زاكروس للفوالق الزاحفة و ضمن الوحدة الطولية الثانيـة في نطاق بنجوين والاش الثانوي (Penjwin-Walash Subzone) ضمن النطاق الوسطي في تقسـيمات الجيوسينكلاين (Geosyncline). قسم بولتن (Bolten, 1958) المعقد الى كتلتين رئيستين هما كتلة قنديل وكتلة بولفات وذكر ان كتلة بولفات تتكون من حجر جيري قصي (sheared limestone)، فيلايت، رخام ونضيد الاندلوسايت (Andalusite schist) وصخو بركانية وصخور مقحمة تحت سطحية.

تقع منطقة الدراسة ضمن الجزء الناري لمقحم بولفات وان كل من قمتي نوبة وبـي نـاس تقعـان ضمن مجموعة الصخور الناريـة القاعديـة الجوفيـة والمسـماة (Old and new gabbro) مـن قبـل (Buda et al., 1978)

تتكون صخور قمتي نوبه وبىناس من صخور فوق القاعدية في الجزء السفلي بالقرب من منـاطق نطاق الزحف وبالقرب من قرية بـاوزة والمتمثلـة بصـخور Dunite والهارزبركايـت Harzburgite اللارزولايت Lherzolite المتأثرة بعملية السربنتة (Serpentinization) وان هذه الصخور تمتاز بانهـا ذات لون رصاصي واخـضر غامق وتوجد ايضاً صخور بايروكسـينايت على شكل قواطـع (dykes) تقطع صـخورفوق القاعدية (Hama Salah, 2004) (الشكل ١).

تتكون الصخور القاعدية المتطبقة من تركتولايت، أوليفين كابرو، كابرو و بايروكسـين هورنبلنـد كابرو، بالاضافة الى احتواء المقحم على مكتنفات متحولة من الصخور الكلسية والكلسية السليكية. وقد اثر المقحم حرارياً على الصخور قنديل وادى الى تكوين هالات تماسية تمتد لمسافة 2.5 كـم (Buday and Jassim, 1987). وتظهر هذه الصخور انواع مختلفة من التراكيب النارية المتطبقة التي تعكس عمليـات صهيرية حدثت اثناء وبعد التبلور المتراكمات.

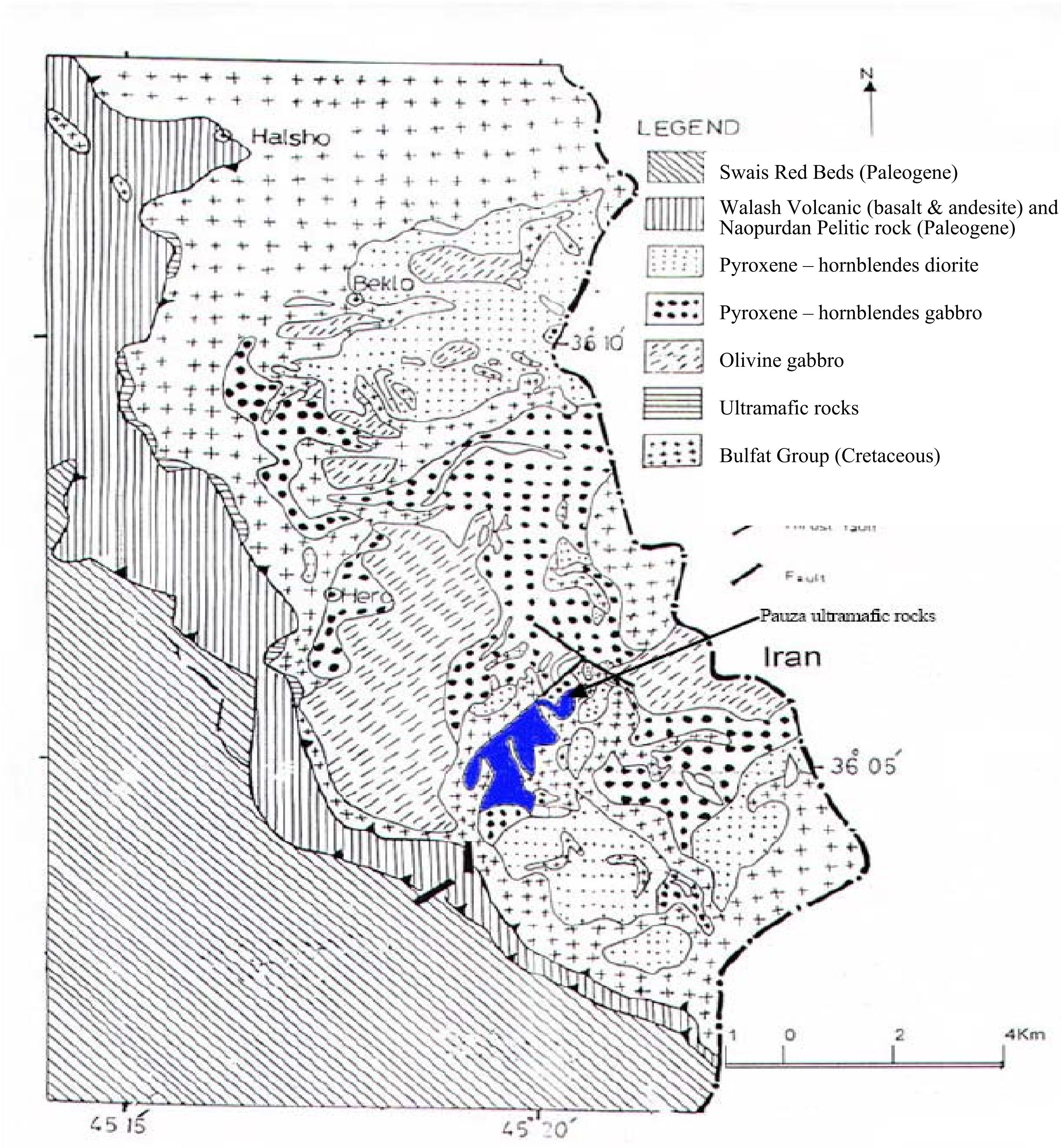
بتروغرافية الصخور القاعدية

تتكون الصخور القاعديـة لمقحـم بولفـات مـن المعـادن الأساسـية التاليـة: البلاجيـوكليس، الكلاينوبايروكسين، الاوليفين والهورنبلند، ومعادن مساعدة مثل الاورثوبايروكسين، ومعادن اضافية مثـل إلمنايت، مغنتايت، تيتنايت، أبتايت، بايرايت، جالكوبايرايت، سبينل، بندلنـدايت، ومعـادن ثانويـة مثـل سريسايت، كلورايت وسربنتين. تم حساب النسب الحجمية للمعادن المكونة لهذه الصخور بالاعتماد علـى طريق العداد النقطي (الجدول 1) وتم تصنيفها اعتماداً على تصنيف (Streisckein, 1976).

صخور الاولفين كابرو: Olivine gabbro

تظهر صخور الاوليفين كابرو بنسيج حبيبي متراص ناقصة الاوجه تعكس تراكم البلورات كما فـي اللوحة (١) وذات اسطح بينية منحنية (curvature boundary) ويمثل مرحلة من مراحل نمـو النسـيج المتعادل (equilibrium texture) ويستمر النمو إلى ان ينتج سطح بيني مسـتقيم (straight boundary) (Hunter, 1987) وكذلك يلاحظ النسيج البـويكليتي (Poikilitic texture) (لوحـة ٢). وتتكـون هـذه الصخور من معادن البلاجيوكليس وبمعدل 69.94%، ويظهر بتوآمة منحنية وتوأمة متقاطعة تـدل علـى تأثر هذه الصخور بالتشويه التكتوني.

يتواجد معدن كلاينوبايروكسين بشكل بين التراكمية بمعدل 13.65% على هيئة بلورات ناقصة إلـى عديمة الأوجه البلورية موشورية غير منتظمـة الشـكل.ويتـراوح أبعـاد حبيبـات كلاينوبايروكسـين (0.33-6.5 mm) طولا والنسيج الشائع الذي يظهره هو نسيج اوفيتـي (ophitic texture) وقـد يظهـر الكلاينوبايروكسين عتمة متموجة نتيجة للتشويه التكتوني مع وجود انحناء في الانفصام (cleavage).



الشكل ١: الخارطة الجيولوجية لمقحم بولفات (عن Buday and Jassim).

الجدول ١: التحليل الحجمي للمعادن المكونة للصخور القاعدية لقمتي نوبة وبي ناس.

Minerals / Sample	Plagioclase	Cpx	Opx	Hbd	Olv	Opaq Min.	apa	Sec. Min	SUM	Rock type
N-1	76.1	13.6	10.03	0	0	0	0	0	100	Ovg
N-3	70	3.8	22.7	10.9	1.1	0	0	0.5	100	Trct
N-4	7602	4.4	17.6	0.3	10.5	0	0	0	100	Trct
N-6	66	26.1	6.3	00.6	0.9	0.1	0	0	100	Ovg
N-7	77.6	10.9	100.7	0.2	0.5	0	0	0	99.9	Ovg
N-10	72.2	11.7	11.6	3.5	0.8	0.1	0.1	0	100	Ovg
N-11	72.5	24.3	3	0.1	0	0.1	0	0	100	Gab
N-12	78.5	11.03	8.5	1.2	0.4	0.1	0	0	100	Ovg
N-14	69.8	8.5	21.1	0.3	0	0.3	0	0	100	Ovg
N-16	73.4	21.5	2.4	1.3	0.9	0.5	0	0	100	Gab
N-18	80.5	12.3	5.5	1.2	0.4	0.1	0	0	100	Ovg
N-41	68.2	24	5.3	0.1	1.5	0.8	0	0	100	Ovg
N-43	78.2	110.8	6.2	2	1.3	0.5	0	0	100	Ovg
N-44	60.9	22.6	4.4	10.08	0.8	0	0.5	0	100	Phg
N-45	73.1	13.6	7	4.7	0.9	0.6	0	0	100	Ovg
N-48	41.8	5504	0	1.5	0	1.2	0	0	100	Ag
N-70	64.3	17.1	13.4	2.9	1.6	0.7	0	0	100	Ovg
N-72	67.6	23.6	3.7	3.3	1	1.5	0	0	101	Gab
B-1	62.9	16.3	1.7	6.7	0.8	11.6	0	0	100	Phg
B-2	60.5	14.8	2.2	15.1	0.9	6.1	0	0.4	100	Phg
B-3	57.6	28.2	3	2.9	1	5.9	0	1.4	100	Gab
BN-5	587	29.9	1.3	4.4	1.5	5.9	0	0	100	Gab
B- 6	54.1	23.3	7.9	11.1	1.5	2.1	0	0	100	Phg
B-9	49.3	23.2	19.4	4.9	1.1	1.4	0	0.7	100	Ovg
B-21	84.34	15.1	0.2	0	0		02	0.16	100	Gab

Gab: Gabbro, Ag: Amphibole pyroxene gabbro, Ovg Olivine gabbro, Trct: Troctolite, Gab : Gabbro, Phg: Pyroxene hornblende gabbro, plag: plagioclase, Olv: olivine, hbd: hornblende, Cpx: clinopyroxene, Opaq Min: opaque minerals, opx: orthopyroxene, Sec. Min.: secondary mineral.

يظهر الاوليفين بأنه غير منتظم الشكل عديم الأوجه البلورية، ومعدله 8.4% في قمة نوبه يتـراوح طولا بين (1-٣ ملم) ويلاحظ ان حجمه اصغر من حجم البلاجيوكليس والكلاينوبايروكسين ويعزى ذلـك إلى تأخر نمو هذه البلورات أثناء التبلور الصهيري (Donaldson, 1979)، يظهر الأوليفين تحللا جزئيـا إلى السربنتين مكونا نسيجاً منخلياً (mesh texture) وكذلك يتحال إلى معدن الايدينكزايت (iddingzite). يظهر الاوليفين احياناعتمة متموجة نتيجة التشويه التكتوني. اما الهوربنلنـد فتتـراوح نسـبته الحجميـة (0.18-4.74%) و يتواجد بشكل نسـيج تفـاعلي (corona texture). أمـا المعـادن المسـاعدة فهـي اورثوبايروكسين (orthopyroxene) حيث لاتصل نسبتها إلى ٢.٠% ووجود معدن الأبتايـت (apatite) بنسبة قليلة جدا.

صخور الكابرو: Gabbro rock

تظهر صخور الكابرو في مستويات مختلفة لمقحم بولفات بشكل كتلي ومتطبق، وتتغير من كـابرو فاتح (leucogabbro) إلى كابرو غامق (melanogabbro) وكذلك يختلف بالنسبة لحجـم حبيباتهـا مـن الكابرو الناعم إلى المتوسط. وهناك تغير واضح في صخور الكابرو إذ كلما اقتربنا من صخور الجـدار

(مكتنفات الرخام) تصـبح داكنة اكـثر نتيجة زيادة نسبة الكـلاينوبايروكسين علـى حسـ ـاب معـدن البلاجيوكليس وأطـلق (Le Bas, 1965) على هذا النوع من الصخور بالكـابرو غيـ ـر الاعتـ ـيادي (abnormal gabbro). والتي تتواجد بتماس مع الصخور الرخامية نتيجـة عمليـة التحـول الاحلالـي (metasomatism) الذي يسبب هضم صخور الرخام المكتنفة (Sofy, 2003).

تتكون صخور الكابرو من البلاجيوكليسالذي تتراوح نسبته في صخور الكـابرو الاعتيـادي مـن ٥٧.٠٤% الى٨٤.٣٤% ومتأثر بالتشويه التكتوني، وتتراوح نسبة الكلاينوبايروكسين في صخور الكـابرو ٣٠.٨%-١٤.٠٢% في حين تزداد هذه النسبة في صخور الكابرو غير الاعتيادية كلما اقتربنا من المكتنف الرخامي. أما بالنسبة للمعادن المساعدة فتحتوي صخور كابرو علـى معـادن: الاوليفـين، الهورنبلنـد، الاورثوبايروكسين، الأبتايت، التيتنايت ومعادن معتمة (الإلمنايت، المغنتايت والسبينل) حيث نسـبة هـذه المعادن مبينة في الجدول (١). أما معدن الهوربنلند فيتواجد على شـكل نسـيج تفـاعلي حـول معـادن البايروكسين والاولفين (لوحة ٣)، وتتراوح نسبته (٤.٣٨%-٠.٢٨)، أما معدن الأبتايت فانـه يقـل فـي النماذج الموجودة ولا يصل إلى ١% ويكون بهيئة سداسية أو موشورية كذلك معدن التيتنايـت (titanite) في صخور الكابرو البكمتايتية (Sofi, 2003) (لوحة ٤).

صخور البايروكسين هورنبلند كابرو: Pyroxene hornblende gabbro rock

يكون هذا النوع من الصخور شائعاً في قمة بي ناس وكذلك في الجزء العلوي من قمة نوبة وتتميز صخور قمة بي ناس بلونها الداكن وصغر حجم حبيباتها نسبة لقمة نوبة، وتظهر هذه الصـخور بنسـيج حبيبي متراص ناقص الأوجه ويتكون من المعادن الاساسية الآتية: البلاجيـوكليس، الكلاينوبايروكسـين والهورنبلند، ويتراوح معدل البلاجيوكليس في هذه الصخور62.7 % ومتاثرة بالتشويه التكتـوني وكـذلك يظهر بشكل متعدد الأضلاع نتيجة تعادل نسيجي (equilibrium texture) (Hunter, 1987). بينما يكون معدن الكلاينوبايروكسين بين المتراكمات ويظهر بشكل بلورة برقعية (Oikocryst) خشنة وتصل ابعـاده الي اكثر من ١٠ ملم. في قمة نوبة ويصل معدله إلى ١٦.٣٢% ويحتوي علـى عـدد كبيـر بلـورات البلاجيوكيس والاولفين (لوحة ٥).

يتواجد الهورنبلند كبلورات بين تراكمية بين معادن البلاجيوكليس والبايروكسين، وقد يتواجد بداخل معدن الكلاينوبايروكسين مكونا نسيجا بويكيليا، وتتـراوح نسـبته مـن 4.7 % الـى 11.1% وبابعـاد 2-4.5 ملم. أما المعادن المساعدة التي تتواجد في هذه الصخور فهي مشابهة لما موجـود فـي صـخور الاوليفين كابرو.

صخور التركتولايت: Troctolite

يتواجد هذا النوع من الصخور في الجزء السفلي من قمة نوبة فقط، ويتكون من المعادن الأساسية: البلاجيوكليس والأولفين مع وجود معادن مساعدة كالكلاينوبايروكسين والهورنبلند والأورثوبايروكسين وكميات قليلة من أكاسيد الحديد. تتميز هذه الصخور بنسيج متساوي الحبيبات ناقص الأوجه البلورية ويكون معدل محتوى البلاجيوكليس 62.71% بشكل تراكمي، يصل طوله ٢-٤.٥ ملم، متأثر بالتشويه التكتوني (لوحة ٦).

تتراوح نسبة الاوليفين ٥.٥%-٢٢.٦٥ % مكونا بلورات بين التراكمية، أما في صخور التركتولايت الداكنة والتى تكون غنية بالاوليفين فتعكس الحالة ويتواجد نسيج بويكيلي لمعدن البلاجيوكليس يحيط بمعدن الاوليفين ويكون تراكميا (Ghazal, 1980). يظهر كلاينوبايروكسين كبلورات بين التراكمية بنسيج بويكيلي ويكون بلورة برقعية يحتوي على معادن البلاجيوكليس.تصل نسبته الى ٤.٤٤%، يتراوح طوله٠.٤-٣.٥ ملم يتواجد معدن الهورنبلند كحلقة تفاعلية حول معادن الاولفين والكلاينوبايروكسين.

طرق التحليل

تمت دراسة التركيب الكيميائي للمعادن المكونة للصخور القاعدية لمقحم البولفات وذلك بواسطة التحليل الإلكتروني الدقيق (electron microprobe analysis) إذ تم اختيار سبعة نماذج مختلفة لهذا النوع من التحليل من حيث الصخارية وطبيعة وجودها وأستخدام جهاز من نوع SEMQ في مختبرات الابحاث التطبيقية في جامعة كوين (Queen university) في كندا، وتم اجراء ثلاثين (30) تحليلاً للبلاجيوكليس وثلاث وعشرين (23) تحليلاً للكلاينوبايروكسين وثمانية عشرة (18) للأوليفين وواحدا وعشرين (21) تحليلاً للهورنبلند.

تم تحليل عشرين نموذجا من الصخور القاعدية لمقحم بولفات ذات النسب المعدنية المختلفة، بواسطة جهاز الاشعة السينية الوميضية (X.R.F) لأكاسيد العناصرالرئيسية والعناصر الاثرية (Philip PW 1404 X ray fluorescence spectrometer) بجامعة بيرغن (Bergen University) في النرويج (Norway) (الجدول ٦).

حللت سبعة من النماذج الدراسة في جامعة بيرغن (Bergen university) في النرويج لغرض قياس نسب النظائر Sr^{87}/Sr^{86} و Nd^{143}/Nd^{144} وباستخدام جهازالطيف الكتلي (Finngan 262 mass spectrometer).

الكيمياء المعدنية للصخور القاعدية Mineral Chemistry

البلاجيوكليس: Plagioclase

يكون البلاجيوكليس من نوع لابرودورايت (Labradorite) في جميع انـواع الصـخور المختلفـة ماعدا صخور الكابرو غير الاعتيادي فيكون غنيا بالكالسيوم (An_{90}). يتغاير تركيب البلاجيوكليس كما في الجدول (2) حيث يكون البلاجيوكليس في صخور التركتولايت متنطق يتغير من An_{59} الى An_{63} واما في صخور اوليفين كابرو فمحتوى الانورثايت هو $An_{60.47}$ في قمة نوبة و $An_{56.55}$ في قمة بي نـاس. فـي صخور هورنبلند بايروكسين كابرو فيكون متقاربا. يلاحـظ ان هنالـك تغيـراً واضـحا فـي تركيـب البلاجيوكليس مع الارتفاع في قمة نوبة وذلك بسبب عملية التجزئة البلورية.

الأوليفين: Olivine

تتغير نوعيته في قمة نوبة من (Fo_{75}) إلى (Fo_{79})، أما في قمة بي ناس فيتغيـرمن (Fo_{59}) إلـى ($Fo_{53.2}$). إن التغيرات في نوعية الفورسترايت في كلا القمتين مع الارتفاع تعكـس عمليـات التفاضـل الصهيري في الجدول (٣). تختلف نوعية الاوليفين في القمتين حسب تصنيف (Poldervart and Hess, 1950 in Shelley, 1985)، ففي قمة نوبة يكون من نوع كريسولايت (Chrysolite)، وفي قمة بي نـاس هو هيالوسيدرايت (Hyalosiderite).

الجدول 3: معدل التركيب الكيميائي وإعادة حساب الصيغة الكيميائية لمعدن الاوليفين بالاعتماد على أربعة (٤) ذرات أوكسجين.

Sample No. Rock type Oxide	Av Olv N-4 Trct	Av Olv N-7 Ovg	Av Olv N-16 Gab	Av Olv N-19 Hpg	Av Olv B-11 Ovg	Av Olv B-1 Hpg
SiO_2	39.15	38.46	37.87	38.58	35.95	35.25
TiO_2	0.03	0.05	0	0.04	0	0
Al_2O_3	0	0.07	0.07	0	0.49	0.3
Fe_2O_3	0	0	0	0	0	0
Cr_2O_3	0	0.04	0	0	0	0.03
FeO	19.14	19.18	21.52	22.27	34.01	38.3
MnO	0.35	0.39	0.38	0.41	0.64	0.72
MgO	40.71	40.66	38.83	38.56	28	24.88
CaO	0.05	0.09	0.08	0.13	0.1	0.13
Na_2O	0	0	0.11	0	0	0
K_2O	0.03	0	0	0.02	0	0
SUM	99.46	98.94	98.85	100	99.19	99.61
Sample No. Oxide	Av Olv N-4 Trct	Av Olv N-7 Ovg	Av Olv N-16 Gab	Av Olv N-19 Hpg	Av Olv B-11 Ovg	Av Olv B-1 Hpg
Si^{+4}	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01
Ti^{+4}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al^{+3}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr^{+3}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{+2}	0.41	0.42	0.47	0.49	0.80	0.91
Mn^{+2}	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Mg^{+2}	1.56	1.57	1.52	1.50	1.17	1.06
Ca^{+2}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2.99	3.00	3.01	3.00	3.00	3.00
Fo	78.8	78.7	76.0	75.2	59.0	53.2
Fa	20.8	20.8	23.6	24.4	40.2	45.9
Tp	0.4	0.4	0.4	0.5	0.8	0.9

البايروكسين: Pyroxene

تم تحديد نوعية البايروكسين الموجود في الصخور القاعدية من نوع الكلاينوبايروكسين او مايسمى بالبايروكسين الغنى بالكالسيوم من نوعي دايوبسايد (diopside) وأوجايت (augite). تتغير نوعيته في قمة بي ناس من $Ca_{44.74}$ $Mg_{39.5}$ $Fe_{15.76}$ الى $Ca_{42.96}$ $Mg_{41.53}$ $Fe_{15.51}$، بينما في قمة نويـة من $Ca_{46.03}$ $Mg_{45.91}$ $Fe_{8.07}$ إلى $Ca_{47.61}$ $Mg_{43.69}$ $Fe_{8.7}$ (الجدول ٤). في حين يكون الاورثوبايروكسين في اوليفين كابرو من نوع كلاينوانستتايت.

الجدول ٤: معدل التحليل الإلكتروني الدقيق وإعادة حساب الصيغة الكيميائية لمعدن البايروكسين بالإعتماد على ستة ذرات من الأوكسجين (6 Ox) وتقدير نسبة الحديديك بالاعتماد على طريقة Bohlen and Essen, 1979

Sampl No. & Rock type / Oxide	Av cpx N-4 Trct	Av cpx N-7 Ovg	Av cpx N-16 Gab	Av cpx N-19 Phg	Av cpx B-11 Ovg	Av cpx B-1 Phg	opx B-10
SiO_2	52.79	52.07	51.39	51.37	51.81	51.49	53.12
TiO_2	0.64	0.89	0.74	0.72	0.69	0.47	0.21
Al_2O_3	2.33	3.72	3.17	3.18	2.99	2.67	1.80
Cr_2O_3	0.22	0.36	0.36	0.59	0.03	0.00	0.00
FeO	4.94	4.47	5.17	5.39	9.31	9.31	19.73
MnO	0.14	0.25	0.10	0.25	0.34	0.34	0.55
MgO	16.22	15.07	14.85	15.21	14.50	13.57	24.15
CaO	22.63	23.04	22.52	22.49	20.87	21.39	1.02
Na_2O	0.05	0.52	0.47	0.32	0.45	0.27	0.00
K_2O	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.04	0.00
SUM	99.96	100.39	98.80	99.54	101.01	99.55	100.58
Sample No. / Formula	Av cpx N-4	Av cpx N-7	Av cpx N-16	Av cpx N-19	Av cpx B-11	Av cpx B-1	opx B-10
Si^{+4}	1.93	1.90	1.91	1.90	1.91	1.93	1.95
$Al^{+3\,(IV)}$	0.07	0.10	0.09	0.10	0.09	0.07	0.05
	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
$Al^{+3\,(VI)}$	0.04	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.02
Fe^{+3}	0.00	0.07	0.07	0.07	0.08	0.04	0.02
Cr^{+3}	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
Ti^{+4}	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
Fe^{+2}	0.15	0.07	0.09	0.10	0.20	0.25	0.59
Mn^{+2}	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
Mg^{+2}	0.89	0.82	0.82	0.84	0.80	0.76	1.32
Ca^{+2}	0.89	0.90	0.90	0.89	0.82	0.86	0.04
Na^{+1}	0.01	0.07	0.07	0.05	0.06	0.04	0.00
K^{+1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2.00	2.03	2.03	2.03	2.04	2.02	2.01
Wo	46.03	48.30	47.61	46.80	42.96	44.74	
En	45.91	43.97	43.69	44.04	41.53	39.50	
Fs	8.07	7.73	8.70	9.16	15.51	15.76	

Av: Average chemical composition of sample معدل التركيب الكيميائي للنموذج
Gab: Gabbro, Ovg: Olivine gabbro, Trct: Troctolite, Phg: pyroxene hornblende gabbro,
Ag: Abnormal gabbro

الهورنبلند: Hornblende

يتغير التركيب الكيميائي لمعدن الهورنبلند مع الارتفاع في قمتي نوبة وبي ناس ويصبح اكثر إغناء بالحديد على حساب نسبة المغنيسيوم إذ تقل نسبة $(Mg^{+2}/(Mg^{2+}Fe2^{+})*100)$ في قمة نوبة من الاسـفل

إلى اعلى من 84 الى ٧٥ معدلا وفي قمة بي ناس تتغير هذه النسبة من ٧٢ الى ٦٥ معدلا وهو من نـوع باركاسايت (Pargasite) كما في الجدول (٥).

الجدول 5: معدل التحليل الإلكتروني الدقيق لحساب الصيغة الكيميائية لمعدن الهـورنبلند و تقدير نسـبة الحديديك والحـديدوز بحسـب طريقـة $A B_2 {}^{VI}C_5 {}^{IV}T_8 O_{22}(OH)_2$ (Schumacher, 1997).

Sample No. & Oxide Rock type	Av amph N-4 Trct	Av hbd N-7 Ovg	Av hbd N-16 Gab	Av Amp N-19 Phg	Av hbd B-11 Ovg	Av hbd B-1 Phg	hbd N-49 Ag
SiO2	42.9	41.79	42.11	42.1	41.49	41.57	39.68
TiO2	3.36	3.81	4.01	3.65	3.72	3.6	1.96
Al2O3	12.98	14	12.45	12.9	12.69	12.69	14.5
Cr2O3	0.07	0.38	0.15	1.01	0	0.05	0.05
FeO	7.35	7.4	8.65	8.62	12.51	12.75	15.98
MnO	0.26	0.09	0.13	0.1	0.13	0.19	0.14
MgO	15.36	14.7	14.24	13.92	12.85	11.81	9.61
CaO	11.69	11.82	11.48	11.76	11.41	11.4	12.64
Na2O	2.51	2.79	2.72	2.5	2.69	2.55	1.87
K2O	0.55	0.46	0.4	0.53	0.62	0.81	1.49
Rock type	Trct	Ovg	Gab	Phg	Ovg	Phg	Ag
SUM	97.03	97.24	96.34	97.09	98.11	97.42	97.92
Sample No. Formula	Av amph N-4	Av hbd N-7	Av hbd N-16	Av Amp N-19	Av hbd B-11	Av hbd B-1	hbd N-49
Si	6.19	6.06	6.19	6.16	6.06	6.16	5.99
Al (iv)	1.81	1.94	1.81	1.84	1.94	1.84	2.01
T	8	8	8	8	8	8	8
Al (vi)	0.4	0.45	0.34	0.38	0.25	0.38	0.57
Ti	0.36	0.42	0.44	0.4	0.41	0.4	0.22
Cr	0.01	0.04	0.02	0.12	0	0.01	0.01
Fe(iii)	0.25	0.07	0.1	0.05	0.42	0.14	0.06
Fe(ii)	0.64	0.83	0.96	1	1.11	1.44	1.96
Mn	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
Mg	3.31	3.18	3.12	3.03	2.8	2.61	2.16
C	5	5	5	5	5	5	5
Ca	1.81	1.84	1.81	1.84	1.79	1.81	2.04
Na	0.19	0.16	0.19	0.16	0.21	0.19	-0.04
B	2	2	2	2	2	2	2
Na	0.51	0.62	0.58	0.55	0.55	0.54	0.59
K	0.1	0.09	0.07	0.1	0.12	0.15	0.29
A	0.61	0.71	0.66	0.65	0.66	0.7	0.88
	Pargasite	Pargasite	Pargasite	Pargasite	Magnesiohastingsite	Pargasite	Pargasite
$Mg^{+2}/(Mg^{+2} + Fe^{+2} *100)$	84	79	76	75	72	65	53

الجدول 6: النسبة المئوية لاكاسيد الرئيسية و تراكيز العناصر الاثرية (ppm) لنماذج قيد الدراسة لمقحم بلفات مع نسبة المعادن النورمية بالنسب المئويةالوزنية (Weight % Norm).

Sample No. / Ox & El	N-3	N-6	N-9b	N-12	N-14	N-16	N-18	N-41	N-43	N-44	N-45	N-48	N-70	N-72	B-1	B-2	B-3	B-6	B-9
% SiO_2	49.16	50.98	50.28	51.69	50.59	51.91	51.23	51.73	51.96	51.11	51	49.22	47.76	49.35	48.17	48.94	50.1	49.37	48.87
% TiO_2	0.11	0.34	0.16	0.55	0.24	0.39	0.27	0.5	0.39	0.41	0.38	0.94	0.28	0.29	1.98	1.79	1.14	0.59	0.75
% Al_2O_3	20.88	19.95	21.14	20.82	20.74	20.59	20.87	19.87	20.93	18.19	20.39	15.92	19.96	20.52	19.89	19.32	19.41	16.82	16.58
% Fe_2O_3 t	5.37	5.19	4.76	3.61	5.91	4.16	4.42	4.43	4.32	6.35	5.6	5.86	8.08	6.21	10.48	9.46	8.88	10.73	11.04
% MnO	0.09	0.09	0.08	0.07	0.1	0.07	0.08	0.08	0.07	0.11	0.09	0.1	0.15	0.12	0.15	0.16	0.15	0.21	0.2
% MgO	10.08	8.4	9.37	6.08	9.31	6.94	8.2	7.07	6.52	9.42	8.02	6.78	9.95	7.81	5.31	5.96	6.1	9.02	9.08
% CaO	9.44	11.12	10.37	12.67	9.71	12.01	11.12	12.04	11.73	11.13	10.22	18.21	12.88	13.93	11.38	11.84	11.31	10.89	11.1
% Na_2O	3.25	3.52	3.38	3.89	3.49	3.78	3.52	3.66	3.89	3.18	3.76	2.1	2.06	2.37	3.33	3.2	3.32	2.67	2.65
% K_20	0.07	0.09	0.07	0.13	0.08	0.11	0.09	0.11	0.11	0.1	0.12	0.19	0.09	0.11	0.15	0.14	0.16	0.13	0.12
%P_2O_5	0.02	0.01	0.02	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.06	0.02	0.03	0.03	0.49	0.27	0.11	0.05	0.04
% L.O.I	1.13	0.45	0.7	0.76	0.19	0.46	0.63	0.51	0.68	0.31	0.47	0.98	0.05	0.32	0.05	0.05	0.33	0.04	0.04
SUM	99.6	100.13	100.32	100.31	100.4	100.44	100.44	100.03	100.63	100.31	100.12	100.33	101.3	101.05	101.38	101.14	101.01	100.51	100.46
ppm V	25	75	41	110	31	87	62	95	82	95	72	138	130	132	363	299	269	224	262
ppm Cr	215	515	442	814	304	670	520	687	626	574	344	669	456	396	217	297	219	291	284
ppm Co	30	25	25	16	28	19	22	20	19	30	25	25	35	25	30	31	28	38	41
ppm Ni	214	147	197	107	178	92	112	111	93	111	96	77	118	73	28	28	8	90	32
ppm Cu	41	56	50	62	47	60	59	66	57	84	70	78	17	11	48	40	37	28	35
ppm Zn	33	33	29	24	35	27	28	30	30	42	34	32	54	37	51	55	56	74	82
ppm Sr	343	340	350	368	368	363	363	347	359	305	355	468	402	423	388	392	503	425	398
ppm Y	n.d	6	n.d	9	n.d	7	5	8	6	7	7	16	5	7	14	12	11	13	12
ppm Zr	5	18	11	40	15	28	23	28	20	28	24	73	12	12	18	18	13	15	13
Rock type	Trct	Ovg	Ovg	Ovg	Ovg	Ovg	Ovg	Ovg	Ovg	Phg	Ag	Ag	Ovg	Gab	Phg	Phg	Gab	Phg	Ovg
Normative Mineral	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm	Wt % Norm
Quartz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plagioclase	71.39	68.94	71.72	71.51	70.78	71.34	71.27	69.25	72.74	62.61	71.15	47.25	62.46	65.28	67.41	65.4	66.26	56.93	56.28
Orthoclase	0.41	0.53	0.41	0.77	0.47	0.65	0.53	0.65	0.65	0.59	0.71	1.12	0.53	0.65	0.89	0.83	0.95	0.77	0.71
Nepheline	0	0	0	0.58	0	0	0	0	0	0	0	2.6	0	0	0	0	0	0	0
Leucite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diopside	3.75	13.48	7.29	18.6	5.95	16.3	11.35	17.7	14.82	16.22	9.64	43.81	15.14	19.22	11.94	15.64	14.69	16.71	18.05
Hypersthene	6.36	3.71	4.84	0	6.87	1.54	5.05	3.16	2.61	8.32	4.51	0	2.34	3.18	2.76	3.66	6.52	10.72	8.14
Wollastonite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.11	0	0	0	0	0	0	0
Olivine	15.63	10.46	13.2	4.67	13.24	7.16	9.02	6.01	5.42	9.24	10.92	0	16.75	8.88	9.91	8.23	6.96	11.42	13.08
Larnite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ilmenite	0.21	0.65	0.3	1.06	0.46	0.74	0.51	0.97	0.74	0.78	0.72	1.82	0.53	0.55	3.78	3.42	2.18	1.14	1.44
Magnetite	2.23	2.2	2.2	2.1	2.19	2.19	2.19	2.2	2.91	2.2	2.2	2.2	2.17	2.17	2.19	2.19	2.19	2.2	2.2
Hematite	0	0	0	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apatite	0.05	0.02	0.05	0.12	0.07	0.07	0.05	0.05	0.07	0.02	0.14	0.05	0.07	0.07	1.14	0.63	0.25	0.12	0.09
Zircon	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0
Chromite	0.04	0.12	0.09	0.18	0.06	0.15	0.12	0.15	0.13	0.12	0.07	0.15	0.1	0.09	0.04	0.06	0.04	0.06	0.06
Total	100.07	100.11	100.1	100.17	100.09	100.14	100.09	100.14	100.09	100.1	100.06	100.12	100.09	100.09	100.06	100.06	100.04	100.07	100.05

Ox: oxide, El: element, Gab: Gabbro, Ovg: Olivine gabbro, Trct: Troctolite, Phg: Pyroxen hornblende.

التركيب الكيميائي للصخور القاعدية

لإعطاء صورة واضحة لتغاير الأكاسيد الرئيسية والعناصر الأثرية (الشكل ٢ و٣) تم تسقيطها مـع أوكسيد المغنيسيوم، حيث يظهر أوكسيد المغنيسيوم تغيرا عكسياً مع اكاسيد السليكا والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والتيتانيوم وذلك لدخول اوكسيد المغنيسيوم في الاطوار المتبلوره اولا على عكـس الاكاسـيد الاخرى. اما الالومينا فلا تظهر تغايرا واضحاً مع أوكسيد المغنيسيوم وذلك لدخولهما في طورين معدنيين مختلفين، ويظهر علاقه طردية مع االحديد الكلي والمنغنيز والنيكـل لـدخولهما فـي اطـوار متشـابهة (الشكل ٢).

أظهرت الدراسة الجيوكيميائية إن هناك إختلاف واضح في التركيب الكيميائي للصـخور القاعديـة الموجودة في قمتي نوبة وبي ناس، حيث تعتبر قمة نوبه أكثر إغنـاء لاكاسـيد الألمنيـوم، السـليكون، الصوديوم والكالسيوم حيث يعكس هذا التواجد العالي لمعدني البلاجيوكليس والكلاينوبايروكسـين. كـذلك إغنائها بالعناصر الأثرية كالنيكل، الكروميوم والنحاس، بينما تكون قمة بي ناس أكثـر إغنـاء بالحديـد والتيتانيوم والفناديوم وأقل أحتواء لعنصري الكروميوم والنيكل بسب هيمنـة تبلـور معـادن الأوليفـين، الكروم-سبينل والكلاينوبايروكسين في المراحل المبكرة مما أدى إلى انخفـاض فـي نسـبة الكروميـوم والنيكل.

ان التباين في نسب أوكسيد الحديد في في قمتي بي‌ناس حيث تبلغ 11.24% وفي قمة نوبة 5.27% يعود الى الاختلاف في نسبة المعادن المعتمة (معادن اوكسيدية) إذ تكون قمة بى ناس اكثر اغناء بالمعادن المعتمة (الجدول ١)، بالاضافة الى اختلاف في نوعية الأوليفين والكلاينوبايروكسين إذ تكون قمة بي ناس أكثر تجزئةً.

وتعد قمة بى ناس اكثر اغناءا لاوكسيد التيتانيوم وذلك بسـبب زيـادة نسـبة معـادن الهورنبلنـد والإلمنايت.

يتغاير اوكسيد التيتانيوم طرديا مع دالة التفاضل الصهيري وعكسياً مع أوكسيد المغنيسـيوم وذلـك لتبلور الهورنبلند في المراحل المتأخرة من عملية التبلور الصهيري، وقد ادى تبلور هذا المعدن الى زيادة نسبة اوكسيد التيتانيوم من الاسفل الى الاعلى إذ تزداد نسبة الهورنبلند في الصخور الموجودة في الجـزء الاعلى وتكون اكثر وضوحا في قمة بى ناس بسبب عدم وجود التطبق.

كذلك يظهر جدول (٧) أن قيم Sr^{87}/Sr^{86} لقمة نوبة تتراوح بين (0.703181 و 0.703430) وقمـة بى ناس بين (0.704661 و 0.704839).

اما بالنسبة لنظائر النيوديميوم فتكون في قمة نوبـة (0.512971-0.512990) وقمـة بـي نـاس (0.512740-0.512730).

الجدول ٧: نتائج تحليل النظائر لسبعة نماذج لقمتي نوبة وبي ناس.

Sample	Sr^{87}/Sr^{86}	$^{143}Nd/^{144}Nd$	$147Sm/^{144}Nd$	εSr(0)	εNd(0)
B-1	0.704839	0.512730	0.158	4.81	1.79
B-3	0.704661	0.512735	0.189	2.29	1.89
B-٦	0.704642	0.512740	0.191	2.02	2.00
N-3	0.703181	0.512984	0.132	-18.72	6.75
N-18	0.703326	0.512971	0.134	-16.67	6.49
N-41	0.70343	0.512990	0.183	-15.19	6.87
N-49	0.706245	0.512848	0.186	24.77	4.10

المناقشة

تعكس الصخور القاعدية لمقدم بلفات صفات صخور نارية تراكميـة (igneous cumulus) مـن خلال الخصائص الحقلية والبتروغرافية وكيميائية معادنها وكما مبين ادناه:

١- وجـود تراكيـب ناريـة مثـل التطبـق التكـراري (rhythmic layering)، والتطبـق المتقـاطع (cross bedding)، والتطبق المتدرج (graded layering)، وتعكس هذه التراكيب العمليات الصهيرية (igneous processes) مثل تيارات الكثافة وهبوط المتلازمة مع الصخور التراكمية.

٢- وجود بلـورات بـين التراكميـة (inter cumulus) أو مـا تسـمى بـالبلورات بعـد التراكميـة (post cumulus) التي تشغل فراغات ما بين البلورات المتراكمة.

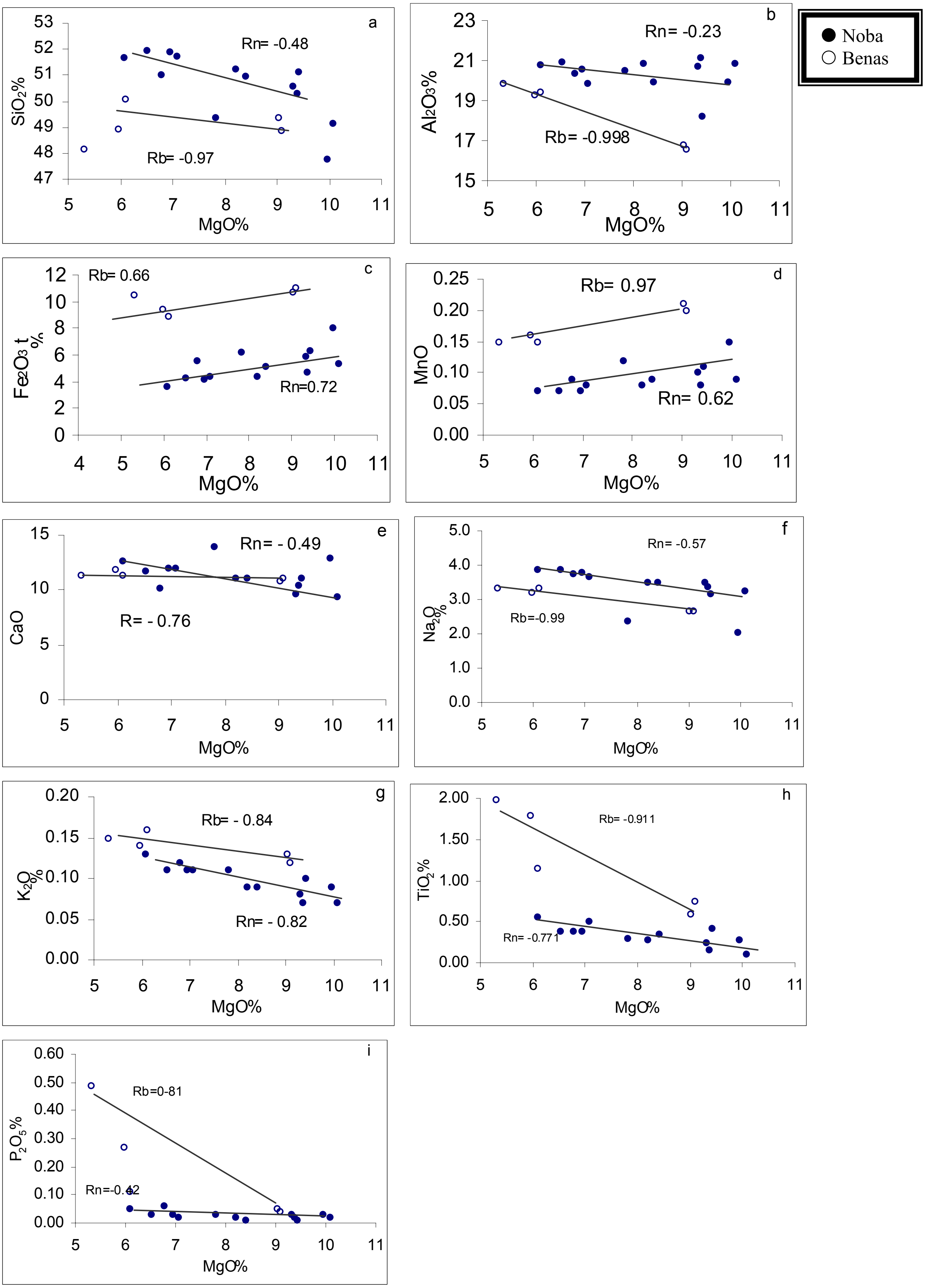
٣- وجود تدرج في تغير التركيب الكيميائي للمعادن مع الارتفاع، حيث يتواجد في الجزء السـفلي مـن المعقد معادن ذات درجات حرارية عالية وفي المستويات المرتفعة يتواجد معادن ذات درجات حرارية اقل (Wager et al., 1960).

نتيجة للخصائص السابقة تعتبر الصخور القاعدية لمقدم بلفات من الصخور التراكمية.

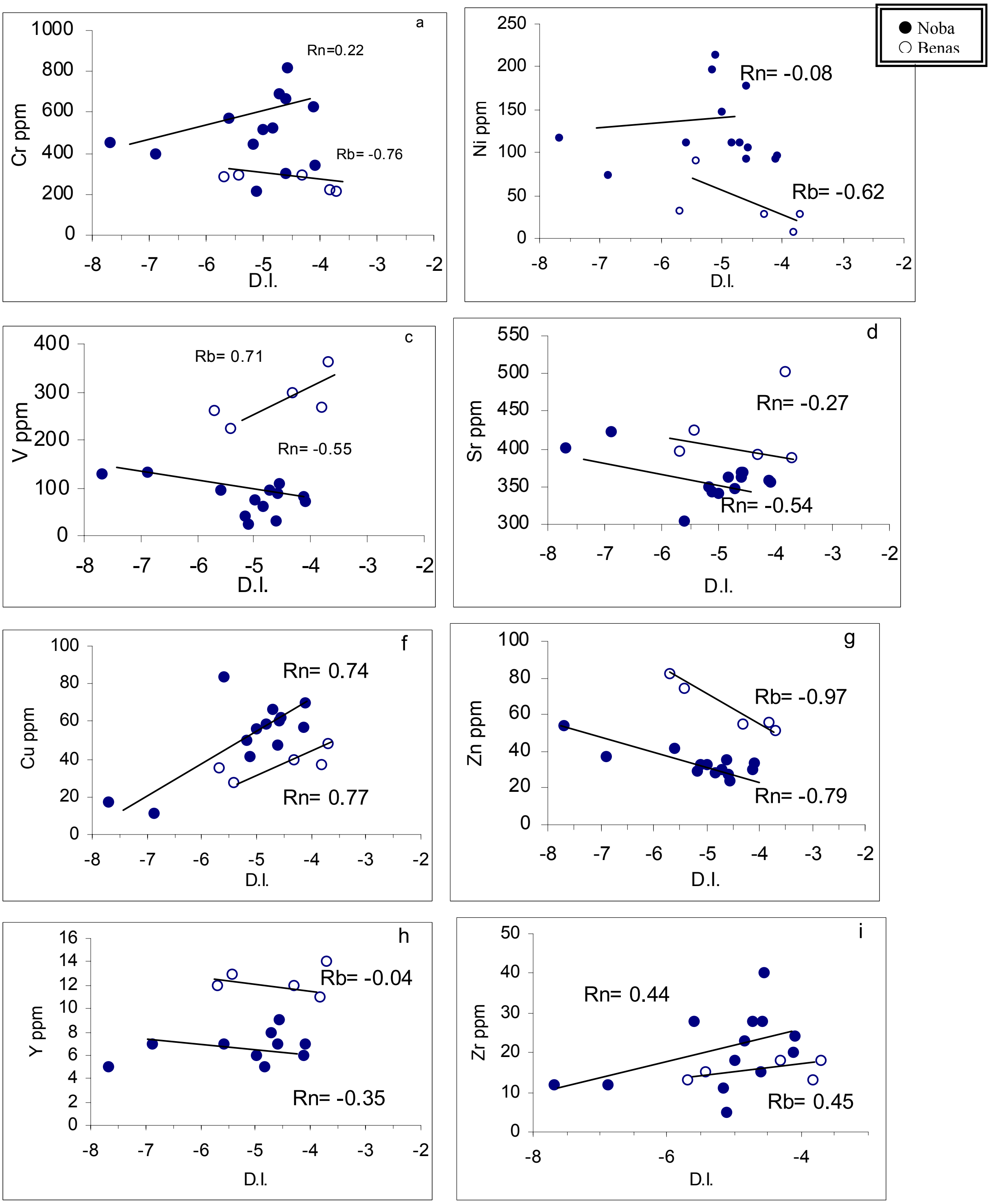
اظهرت الدراسة البتروغرافية لصخور مقدم بلفات بان نسبة معادن بين التراكمية اكثـر مـن ٥% وتتمثل بمعادن البايروكسين، الهورنبلند وأحيانا الأولفين. ونستنتج من ذلك بان الصخور المدروسة يكـون تبلورها من نوع التراكم القويم حيث ذكر (Wager et al., 1960) بأنه إذا كانـت نسـبة بلـورات بـين التراكمية اقل من ٥%، فان هذا النوع من التراكم المغاف وبما إن نسبة بلورات بين التراكمية اكثر مـن لذاك فهي تراكم قويم.

أظهرت الدراسة ان الصخور القاعدية لمقدم بلفات ذات الفة صهيرية شـبه قلويـة (الشـكل ٤)، ولتصنيف الصخور ذات الالفة شبه القلوية تم الاعتمـاد علـى المخطـط AFM المقتـرح مـن قبـل (Irvine and Brager ,1971) وكذلك بالاعتماد على مخطـط $Zr/Ti\text{-}SiO_2$ (Winchester and Floyd, 1977) حيث اظهرت انها تقع ضمن حقل القلوي الكلسـي (Calic-alkaline) (الشـكل ٥ والشـكل ٦).

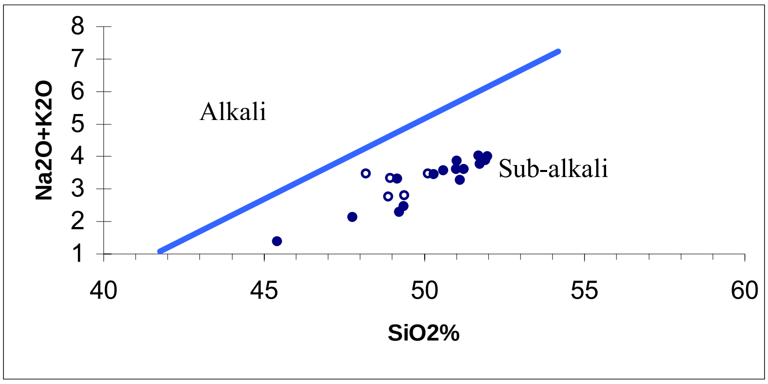
وبالاعتماد على تركيب الكلاينوبايروكسين تبين ان الصخور تظهر الفة تحت قلوية (Sub-alkaline)



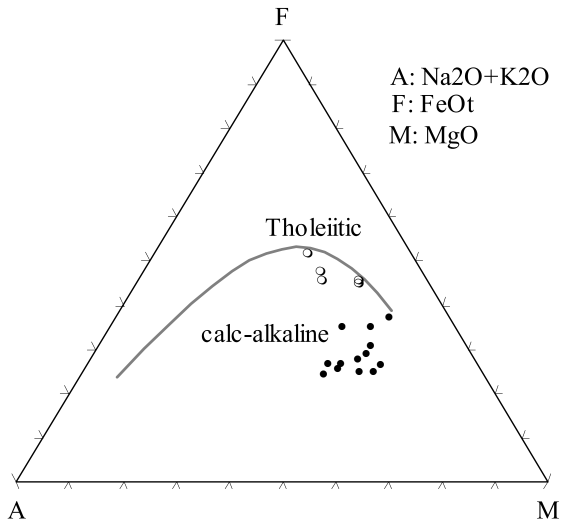
الشكل 2: العلاقة بين أوكسيد المغنيسيوم (MgO) مع الاكاسيد الرئيسية.



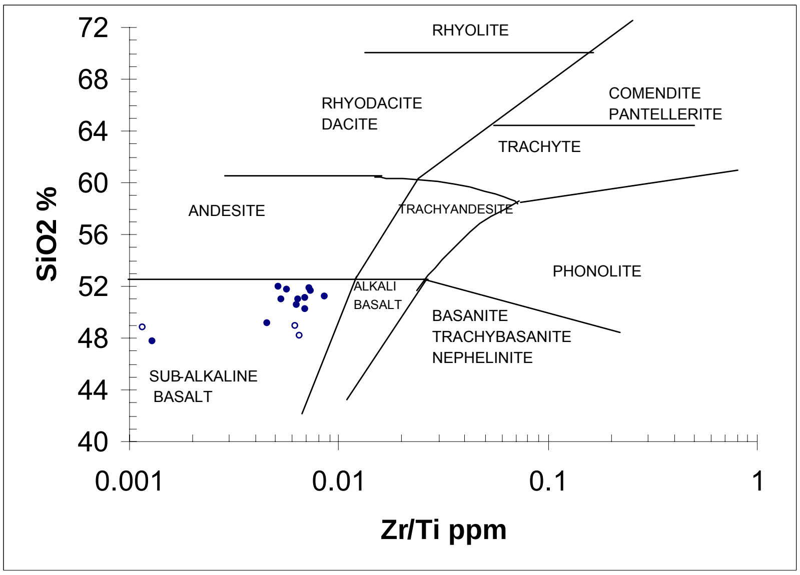
الشكل 3: العلاقة بين دالة التفاضل الصهيري (D.I.) مع العناصر الاثرية.



الشكل ٤: مخطط السليكا–القلويات يقسم الى قسمين القلوي والشبه القلوي (Miyashiro, 1978).

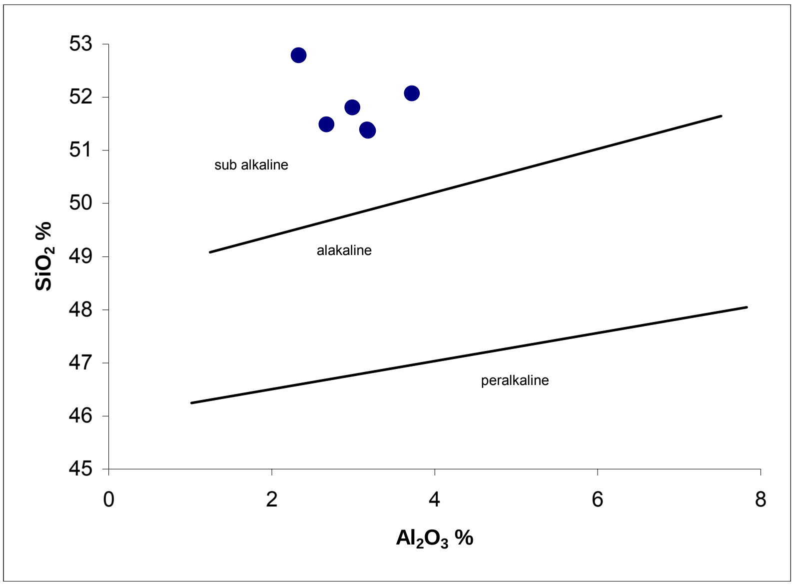


الشكل 5: مخطط (AFM) يقسم الالفة الصهيرية من النوع شبه القلـوي الـى القلويـة-الكلسـية والثولييتي بواسطة الخط المنحني الموجود في داخل المثلث (Irvine and Brager, 1971).

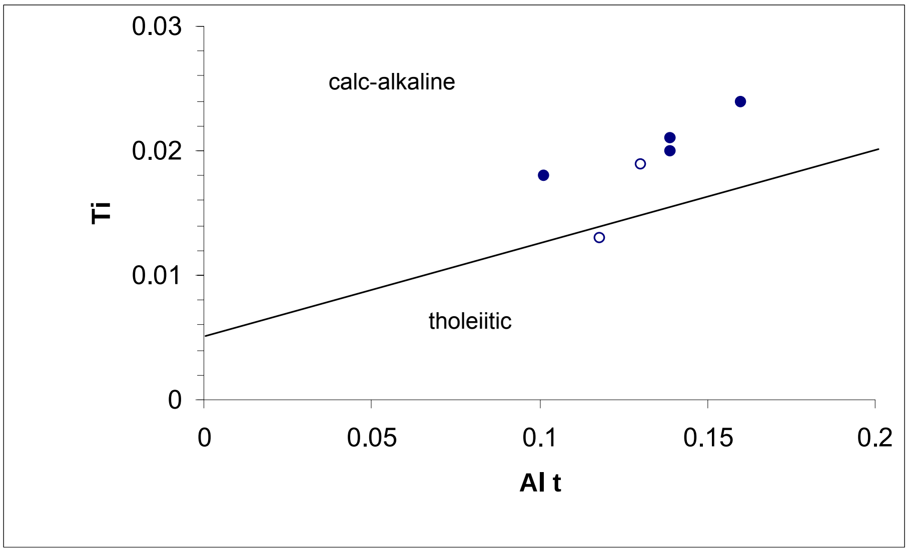


الشكل ٦: مخطط SiO_2–Zr/TiO_2 يظهر حقول الالفة الصهيرية لمقدم بلفات عن (Winchester and Floyd, 1977).

(الشكل ٧)، واعتمادا على مخطط (Leterrie et al., 1982) الذي يقسم الفة التحت قلوية الى الى ثـوليتي وقلوي-كلسي تبين انها من النوع القلوي –الكلسي (الشكل ٨).



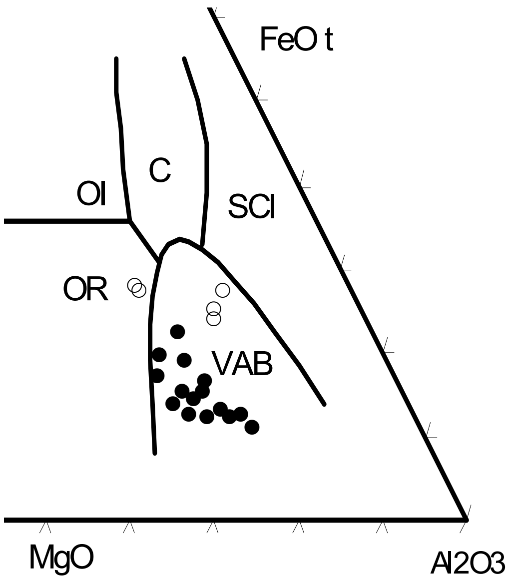
الشكل 7: تقسيم الألفة الصهيرية إلى ثـلاثـة أنـواع اعتمـادا علـى علاقـة (SiO_2-Al_2O_3) فـي الكلاينوبايروكسين وتقع كلها ضمن تحت القلوي (Le Bas, 1962).



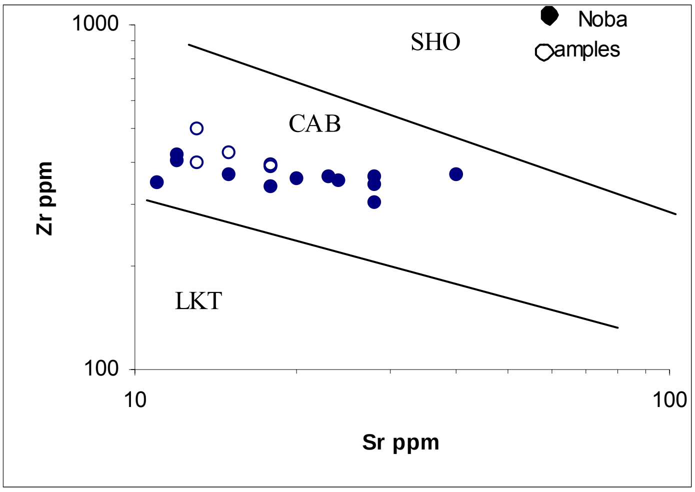
الشكل 8: تقسيم الألفة تحت القلوية إلى نوعين ثولييتي وكلسي-قلوي اعتمادا على العلاقة بين (Ti و Al^t) عن (Leterrie et al.,1982).

ولتحديد الوضع التكتوني لصخور الدراسة الحالية تم الاعتماد على مخططات العناصـر الرئيسـية والاثرية وكذلك تركيب الكلاينوبايروكسين. حيث اظهر المخطط Al_2O_3-FeO-MgO المقترح مـن قبـل (Pearce et al., 1977) انها تقع في حقل بازلت الجزر القوسية (Volcanic arc basalt) (الشـكل 9) ، وبالاعتماد على مخطط Sr-Zr فانها من نوع القلوي –الكلسي التابع للجزر القوسية (شكل ١٠) .كـذلك تصنف صخور الدراسة بالاعتماد على الكلاينوبايروكسين الى بيئة بازلت القوس البركاني (الشكل ١١).

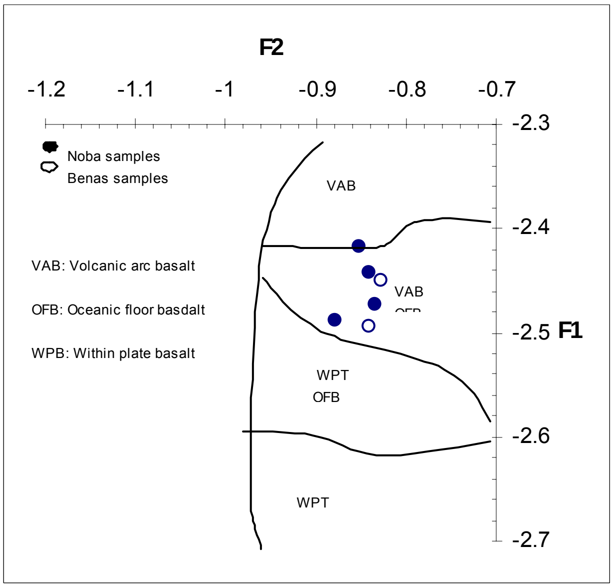
يتضح من الشكل (12) بان هناك اختلاف واضح في درجة الانصهار الجزئي بين قمتي نوبة وبـي ناس حيث كانت صخور قمة بي ناس عملية الانصهار الجزئي بدرجة عالية اكثر من (30%). اما درجة الانصهار الجزئي لقمة نوبة فتكون اقل درجة وتتراوح مابين (15%-20%)، بالاضافة الـى هـذا فـان الاختلاف في درجة الانصهار الجزئي بين القمتين يمكن تفسيره الى التباين في تركيز العناصر الاثريـة (Zr, Cr, Ni)، حيث ان تركيز هذه العناصر في بي ناس واطئة ويدل على ان قمة بي ناس بالاضافة الى انها تكونت من صخور مصدرية كانت انصهارا عاليا، فانها ايضاً تمثل مرحلـة متقدمـة مـن التبلـور التجزيئي، ان الانصهار الجزئي العـالي ادى الـى زيـادة تركيـز العناصـر المتآلفـة مـع الصـلب (compatible)، ولكن التبلور التجزيئي ادى الى استنزاف هذا الصهير لهذه العناصر.



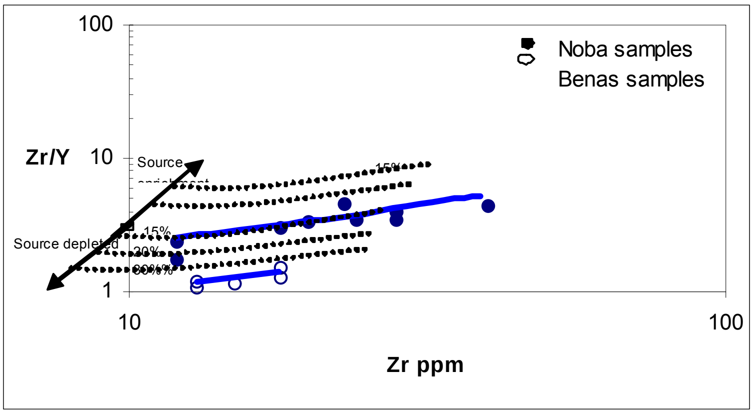
الشكل 9: مخطط التمييز التكتوني ($FeO_{(t)}$- MgO-Al_2O_3) تقسم الصخور القاعدية بواسطة هذا المخطط الـى خمسـة بيئـات تكتونيـة مختلفـة: القاريـة (C) (continental)، حـواجز محيطيـة (oceanic ridge [OR]) ، بازلت الجـزر القوسـية (volcanic arc basalt [VAB])، جـزر مركزية متباعـدة الجـزر المحيطيـة(SCI): (Spreading center island) (OI) Oceanic Island ، وتصنف الصخور المدروسة ضمن حقل الأوروجيني (الجزر القوسـية البركانيـة) [VAB] (Pearce, etal., 1977).



الشكل 10: مخطط (Sr–Zr) يقسم الالفة الصهيرية الى ثلاثة انواع ثوليت منخفضة البوتاس (LKT) ، بازلت قلوية-كلسية (CAB) وشوشـونايت (SH) لمقـدم بولـ ـفات (Pearce, 1973 in McCurry and Wright, 1977).



الشكل 11: تحديد الوضع التكتوني لصخور مقدم بولفات القاعدي اعتمادا على الكلاينوبايروكسين بحسب المخطط المقترح من قبل (Nisbet and Pearce, 1979).



الشكل 12: العلاقة اللوغاريتمية بين نسبة Y/Zr-Zr يوضح الفرق في درجة الانصهار الجزئي لقمتي نوبة وبي ناس (Pearce and Norry, 1979).

تظهرالصخورالقاعدية ألفة صهيرية من نوع القلوي الكلسي وبيئة تكتونية من نوع الجزر القوسية، وهذا يماثل مقحمات وسط ايران مثـل Bazman و Natanzm و Alvano (Berberian et al., 1982). يترافق الصهير القلوي الكلسي مع نطاق الغـوران (Subduction zone) (Zhou, 1989, and Aswad, 1999).

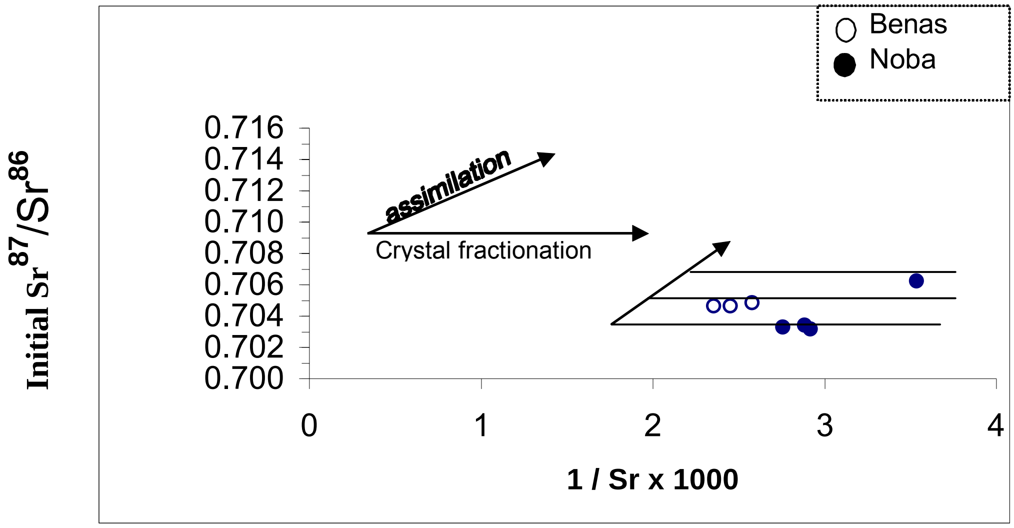
هنالك اختلاف في قيم نظائر السترونتيوم بين صخور قمتي بي ناس ونوبة وهذا يعزى الى اختلاف درجة الانصهار الجزئي لصخور المصدر او نتيجة لتلوث صخور قمة بي ناس مـع صـخور الجـدار الكاربوناتية (Sofi, 2003).

ان القيم المنخفضة لنسبة نظائر السترونتيوم تدل على ان الصخور المدروسة متكونة مـن صـهير مشتق من الجبة العليا إضافة إلى أن هذه النسبة الواطئة صفة مميـزة للجـزر القوسـية (island arc) (Pearce, 1975)، إذ ان الصهير المشتق من الانصهار الجزئي للجبة العليا يمتاز بقيم منخفضـة لنظيـر السترونتيوم (Cox, et al.,1979).

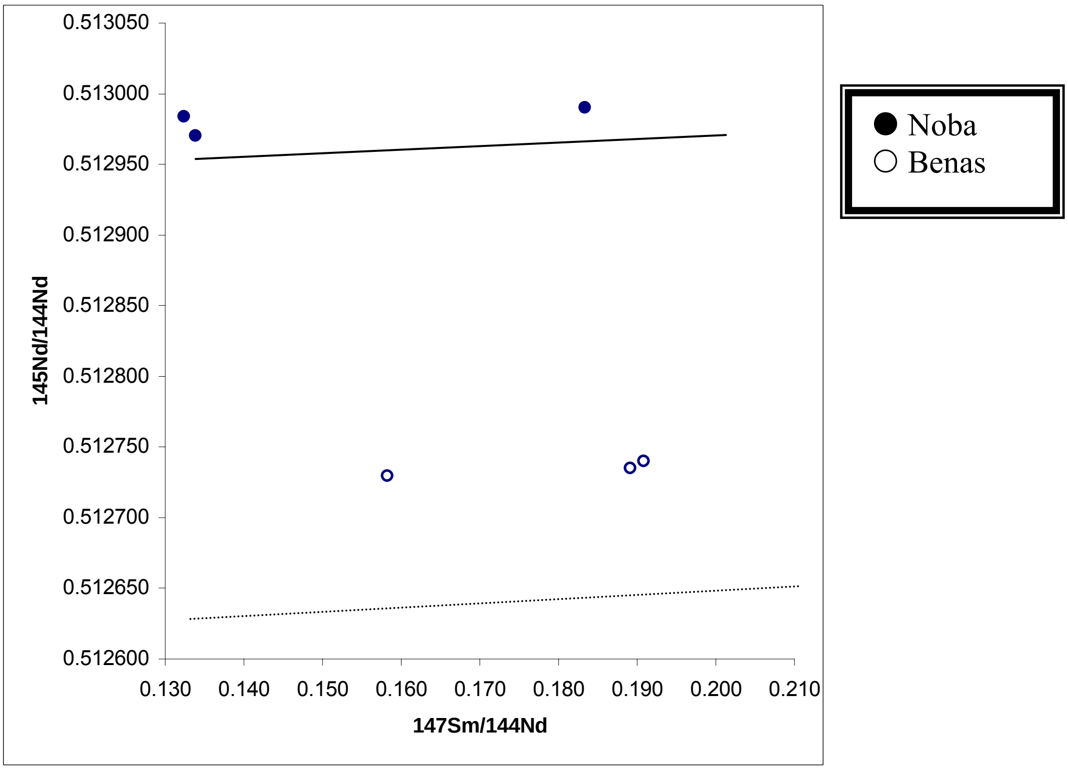
يتضح من نتائج الدراسة الحالية لمقحم بولفات بان صخور قمة بي ناس تكونت من صهير مشـتق من جبة اكثر استنزافاً مقارنة بصخور قمة نوبة، بالرغم من هذا الاختلاف في درجة الانصهار الجزئـي ومراحله التجزيئية البلورية، لكن بالاعتماد على معطيات النظائر فان صخور القمتين تكونتا نتيجة عمليات التجزئة البلورية، حيث لا تتغير قيم النظائر اثناء عمليات التجزيئة البلورية (الشكل ١٣).

تعد الصخور المتكونة من الصهارة المستنزفة (Depleted) احدث عمـراً مـن الصـهارة الاقـل استنزافا (Kamenetsky and Mass, 2002). وكما ذكر (Weave and Taney, 1982) فـان الصـخور الواقعة في الجهة اليمنى لاتجـاه الجبـة (mantle trend) للمخطـط المقتـرح مـن (De Paolo and Wasserburg, 1976) تكون احدث عمرا من تلك التي تقع على الجهة اليسرى (Sofi, 2003)، لذلك تعد

صخور قمة بي ناس احدث عمرا من صخور قمة نوبة. يظهر من الشكل (١٤) الاختلاف في العمر بين صخور القمتين وذلك للاختلاف الواضح في النسب الابتدائية لنظائر السماريوم (Sm) والنيودميوم (Nd)، لم يكن تحديد العمر ممكنا لافتقار خط تساوي العمر للانحدار المطوب لقلة عدد النماذج ولكنها تشير الى اختلاف العمر.



الشكل 13: العلاقة بين Sr^{87}/Sr^{86} مع ppm Sr العلاقة الافقية ناتجة عن التبلور التجزيئي والمائل ناتجة عن تأثير التلوث (هضم الصخور الجدار الكاربناتية) بعد (Faure، ٢٠٠١).



الشكل 14: مخطط يمثل خطوط تساوي العمر لقمتي نوبة و بي ناس وذات نسبة إبتدائية مختلفة.

الإستنتاجات

تتكون الصخور القاعدية المتطبقة لمقحم بولفات من صخور التركتولايت، الأوليفين كابرو، البايروكسين هورنبلند كابرو والكابرو. وتظهر هذه الصخور انواعا مختلفة من التراكيب المتطبقة النارية التي تعكس العمليات الصهيرية التي حدثت اثناء وبعد تبلور التراكمات.

تتكون هذه الصخور من المعادن الأساسية التالية: البلاجيوكليس، الكلاينوبايروكسين، الاوليفين والهورنبلند، ومعادن مساعدة مثل الاورثوبايروكسين، الإلمنايت، المغنتايت، التيتنايت والأبتايت، ومعادن ثانوية مثل السريسايت، الكلورايت والسربنتين. تتغير نسبة المعادن الموديه نتيجة لعمليات التجزئة البلورية أو التباين الصهيري ضمن الغرفة الصهيرية. تعكس الدراسة البتروغرافية التباين من الناحية الصخارية بين قمتي نوبة و بي ناس وذلك بوجود الأوليفين كابرو في نوبة و البايروكسين هورنبلند كابرو في قمة بي ناس.

يعكس تغاير التركيب الكيميائي للمعادن الموجودة في قمتي نوبة وبي ناس من الأسفل إلى الأعلى سيطرة عملية التجزئة البلورية على التركيب الكيميائي للمعادن في كلا القمتين، وهناك إختلاف في التركيب المعدني بين قمتي نوبة وبي ناس، إذ يتغير معدن البلاجيوكليس في قمة نوبة من (An_{57}) إلى (An_{63})، والأوليفين من ($Fo_{78.8}$) الى ($Fo_{75.1}$)، الكلاينوبايروكسين من (Ca_{46} Mg_{45} Fe_{9}) إلى (Ca_{47} Mg_{43} Fe_{10}) ومن نوع دايوبسايد (diopside)، والأمفيبول من ($Ca_{29.96}$ $Mg_{54.79}$ $Fe_{15.23}$) الى ($Ca_{31.00}$ $Mg_{51.05}$ $Fe_{17.94}$) ومن نوع (Pargasite)

أما في قمة بي ناس فيتغير البلاجيوكليس من ($An_{56.5}$) الى (An_{57})، والأوليفين من (Fo_{59}) الى (Fo_{53}) والكلاينوبايروكسين من ($Mg_{39.5}$ $Ca_{44.74}$ $Fe_{15.76}$) الى ($Mg_{41.53}$ $Ca_{42.96}$ $Fe_{15.51}$) وذلك من نوع أوجايت الكلسي (calcic-augite)، والأمفيبول من ($Ca_{29.13}$ $Mg_{45.66}$ $Fe_{25.20}$) الى ($Ca_{30.04}$ $Mg_{43.32}$ $Fe_{26.62}$)، بذلك فان قمة بى ناس تمثل مرحلة أكثرتقدماً من الناحية التجزئة البلورية مقارنة بقمة نوبة.

وقد أظهرت الدراسة الجيوكيميائية لقمتي نوبة وبي ناس اختلافات واضحة من حيث تركيز الاكاسيد الرئيسية والعناصر الاثرية، إذ تعد قمة بىناس أكثر أغناءاً باوكسيد الحديد وأوكسيد التيتانيوم بالاضافة الى الفناديوم في حين هما أقل احتواءاً لعنصري الكروميوم والنيكل، ويرجع التركيز الواطي لعنصري الكروميوم والنيكل الى هيمنة تبلور معادن الأوليفين، والكروم-سبينل والكلاينوبايروكسين في المراحل المبكرة مما أدى إلى إنخفاض في نسبة هذه العناصر.

وبينت الدراسة الجيوكيميائية لهذه الصخور ايضا إنها تكونت من صهير مشتق من الجبة العليا نتيجة درجات مختلفة من الإنصهار الجزئي.

أظهرت جيوكيميائية العناصر ونظائر السترونتيوم والنيوديميوم أن هناك إختلافاً في درجة الإنصهار الجزئي في الصخور المصدرية إذ تعد صخور قمة بي ناس مشتقة من جبة مستزفة حيث تصل

درجة الإنصهار الجزئي لها إلى أكثر من 30% ، في حين تبلغ درجة الإنصهار الجزئي للجبة المكونـة لصخور قمة نوبة بحدود 15%. تدل نسب نظائر السترونتيوم على ان الصخور المدروسة متكونـة مـن صهير مشتق من الجبة العليا إضافة إلى أن هذه النسـبة الواطئـة صـفة مميـزة للجـزر القوسـية (island arc). وتظهرالصخورالقاعدية ألفة صهيرية من نوع القلوي الكلسـي والمترافقـة مـع أنطقـة الغوران بحيث رافقت صخور قيد الدراسة مع الصهارة الجزر القوسية.

وتعد صخور قمة بي ناس أحدث عمراً من صخور قمة نوبة وذلك لان الصـخور المتكونـة مـن الصهير المستنزف أحدث من الصهير غير المستنزف بالإضافة إلى ان الحافة القارية النشطة تعد أحـدث من الجزر القوسيةفي سلسلة أحداث تصادم الصفائح في الحافات المتقاربة، كذلك بالاعتماد علـى علاقـة ئيبـسيلون النظائر السترونتيوم والنيوديميوم إذ تعد الصخور التي تقع في الجهة اليمنى من إتجـاه الجبـة أحدث عمراً.

REFERNCES

Aswad, K.J., 1999. Arc-continental collision in Northeastern Iraq as evidenced by the Mawat and Penjwin ophiolite complex. Raf. Jour. Sci., Vol.1, No.1, pp.51-61.

Berberian, F., Muir, I.D., Pankhurst, R.J. and Berberian, M., 1982. Late Cretaceous and Early Miocene Andean-type plutonic activity in northern Makran and central Iran. J. Geo. Soc. London, Vol.139, pp.605-614.

Bolton, C.M.G., 1958. The Geology of Ranya area. Site Investigation Co. Ltd. Rep.271.

Buday, T. and Jassim, S.Z., 1987. The regional geology of Iraq, Vol.2: Tectonism, Magmatism and Metamorphim. Kassab, I.M. and Abass, M.J. (ed.), D.G. Geol. Surv. Min. Invest, Lib., Baghdad, 351p.

Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J., 1979. The Interpretation of Igneous Rocks. George Allen and Unwin, Boston, 450p.

De Paolo, D.J. and Johnson, R.W., 1979. Magma genesis in the New Britain island arc: constraints from Nd and Sr isotopes and trace elements patterns. Con. Min. Pet., Vol.26, pp.925-951.

De Paolo, D.J. and Wasserburg, G.L., 1976. Inferences about magma sources and mantle structure from variation of Nd^{143}/Nd^{144}. Geophys. Res, Letters, Vol.3, pp.743-746.

Donaldson, C.H., 1979. An experimental investigation of delay in nucleation of olivine in mafic magmas. Con. Min. Petr., Vol.69, pp.21-32.

Faure, G., 2001. Origin of igneous rock: the isotopic evidence. Springer-Verlag, Berlin, 496p.

Ghazal, M.M., 1980. Petrology and geochemistry of basic rocks occurring around Hero (Qala-Dizeh) NE Iraq. Unpub. M.Sc. Thesis, Mosul University.

Hamasalh, F.R., 2004. Petrochemistry, petrogenesis and tectonic setting of Pauza ultramafic rocks, Bulfat complex, North-East Iraq, Kurdistan region. Unpub. M.Sc. Thesis, Univ. of Sulaimani, 115p.

Hunter, R.H., 1987. Textural equilibrium in layered igneous rocks, In: Origin of Igneous Layering, Parsons, I. (ed.), Reidel Publ. Co., pp.473-503.

Irvine, T.N., 1980. Magmatic infiltration metasomatism, double diffusive fractional crystallization and adcumulus growth in the Muskox and other layered intrusions. In: Physics of Magmatic Processes, Princeton Univ. Press, pp.325-383.

Irvin, I.C. and Baragar, W.R.A., 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Jour. Earth Sci., Vol.8, pp.523-548.

Kamenetsky, V.L. and Maas, R., 2002. Mantle-melt evolution (dynamic source) in the origin of a single MORB suite: A perspecting from magnesian glass of Macquarie island. J. Petrology, Vol.43, pp.190-192.

Le Bas, M.J., 1965. The contamination of a gabbro by Carboniferous limestone at Carlingford. Co. Louth. Mineralogical Magazine, Vol.34, pp.292-302.

Leterrie, J., Maury, C.R., Thonon, P., Girard, D. and Marchal, M., 1982. linopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of Paleo-volcanic series. Earth Planet, Sci. Lett., Vol.59, pp.139-154.

McCurry, P. and Wright, J.B., 1977. Geochemistry of calc-alkaline volcanics in nortgwestern Nigiria and possible Pan-African suture zone. Earth Pl. Sci. Lat., Vol.37, pp.90-96.

Pearce, J.A., 1975. Basalt geochemistry used to investigate environment in Cyprus. Tectonoph., Vol.25, pp.41-67.

Pearce, J.A. and Norry, M.J., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. Con. Min. Pet., Vol.69, pp.33-47.

Pearce, T.H., Gorman, B.E. and Birkit, T.C., 1977. The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. Earth Plan. Sci. Lett., Vol.36, pp.121-132.

Schumacher, J.C., 1997. The estimation of the proportion of ferric iron in the electrone microprobe analysis of amphiboles: Appendix II to the nomenclature of amphiboles. Can. Min., Vol.35, pp.138-246.

Shelley, D., 1985. Optical mineralogy. 2nd edition, Elsevier, New York, 321p.

Sofy, M.M., 2003. Petrochemistry and petrogenesis of Bulfat mafic layered igneous intrusion around Hero (Qala Dizeh), Iraqi Kurdistan. Unpub. M.Sc. Thesis, Univ. of Salahaddin, 127p.

Streckeisen, A., 1976. To each plutonic rock its proper name. Earth Sci. Rev., Vol.12, No.1, pp.1-23.

Wager, L.R., Brown, G.M. and Wadsworth, W.J., 1960. Types of igneous cumulates. J. Petrol., Vil.1, pp.73-85.

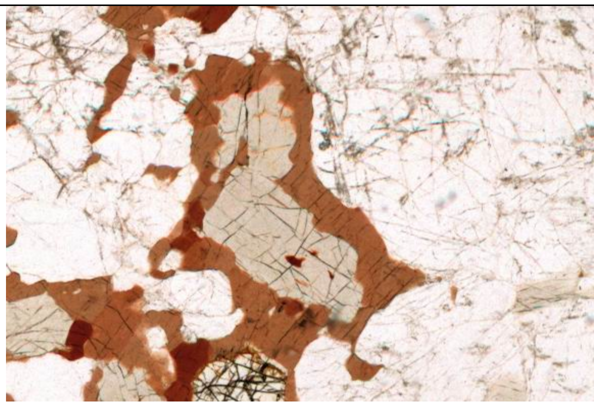
Weave, B.L. and Taney, J., 1982. Andesitic magmatism and continental growth. In: Thorp, R.S. (ed.): Andesites: Orogenic andesites and related rocks, pp.639-661.

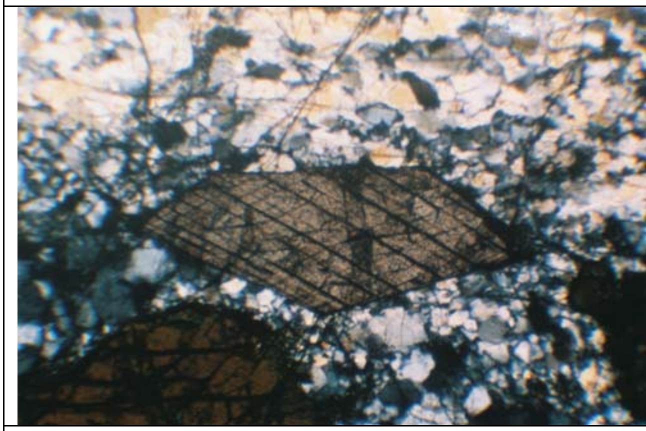
Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chem. Geol., Vol.20, pp.325-343.

Zhou, J., 1989. The timing of calc-alkaline magmatism in parts of Alpine Himalayan collision zone and its relevance to the interpretation of Caledonian magmatism. J. Geol. Soc. Lond., Vol.142, pp.309-317.

لوحة (١) : نسيج حبيبي متراص لصخرة اولفين طابرو يظهر أسطح المنحنية ومستقيمة المستقطبين متعامدين (X.N.) (32X) نموذج (N-14) لقمة نوبه.

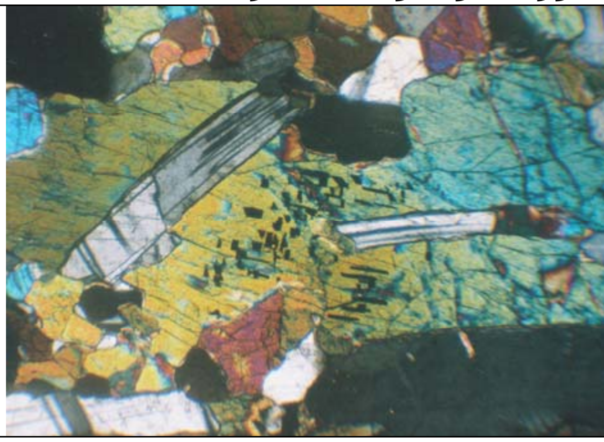
لوحة (٢): نسيج بويكيلي (poikilitic texture) بلورة بلاجيوكليس يحتوي علي اولفين نموذج (N-1) اولفين طابرو المستقطبين متعامدين. (X.N.) 100X.

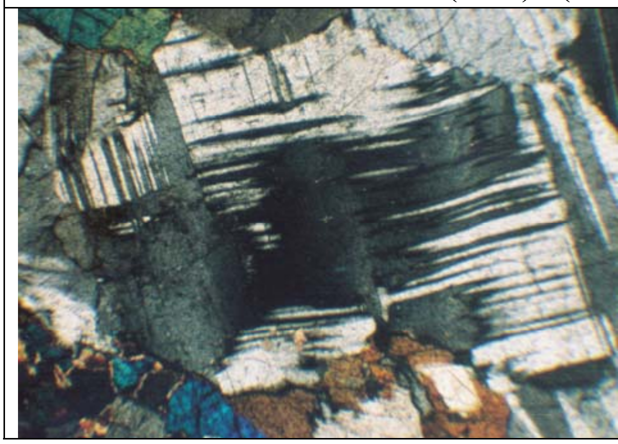




لوحة (٣) : وجود هورنبلند على هيئة حلقة تفاعل حول معدني اوليفين و كلاينوبايروكسين في صخرة طابرو نموذج (N-16) في قمة نوبه صورة مأخوذة بواسطة سكانر scanner

لوحة (٤): بلورة معينية الشكل لمعدن تيتنايت في صخور طابرو البيكمتايتية (pegmatite gabbro) في مسار لرابع لقمه بي ناس المستقطبين متقاعدين (X.N) (32X)





لوحة (٥) : وجود مكتنفات ابرية ومتعددة الشكل بداخل بلورة برقعية لمعدن كلاينوبايروكسين صخور أمفيبول بايروكسين كابرو نموذج (N-19) في قمة نوبة المستقطبين متعامدين (X.N.) (100X)

لوحة (٦): بلورة بلاجيوكليس متعرضة لتشويه تكتوني انحناء للتوأمة الثانوية مدببة الرأس والتؤمة رقعة الشطرنج نموذج (N-4) المستقطبين متعامدين(X.N.) 40X.