القابلية المغناطيسية للصخور الرسوبية والنارية في منطقة غريان شمال غرب ليبيا

د.النوري المبروك رمضان د.محمد راشد امباشي أ.نورالدين بشينة
قسم الجيولوجيا – كلية العلوم – الزاوية قسم الفيزياء– كلية العلوم – الزاوية
جامعة الزاوية

مقدمة:

تقع منطقة الدراسة وبالتحديد في ما يسمى بقبة غريان في الشمال الغربي من ليبيا (شكل 1)، حيث تغطي هذه المنطقة صخور مختلفة يمتد عمرها من الميزوزويك إلى الحديث كما هو موضح في (شكل 2)، حيث يوضح الطبقات الصخرية للتكوينات المختلفة[1].

يوجد بمنطقة الدراسة حوالي ثمانية تكوينات جيولوجية منكشفة فوق سطح الأرض، أقدمها تكوين كرش(kurrush) الذي يحتوي على حجر رملي ناعم الحبيبات ذات لون بني محمر مع تدخلات من الطين الأخضر والأصفر، وتتكون حبيبات الرمل بصفة رئيسية من معادن الموسكوفايت Muscovite والكوارتز Quartz وبعض الجلوكونايت Glauconite.

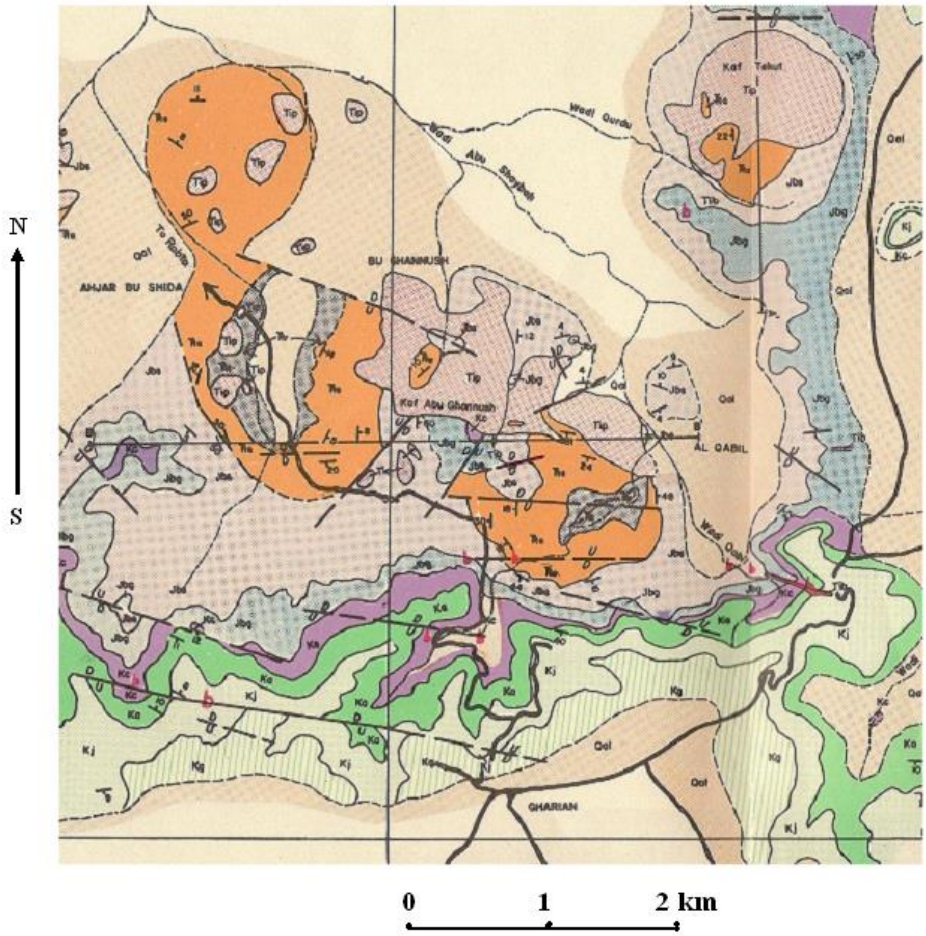
تكوين العزيزية (Al Aziziyah) يتوضع فوق تكوين كرش بسطح انتقالي، ويتكون من تتابعات سميكة من الكربونات، والمتمثلة في الحجر الدلومايتي Dolomite والحجر الجيري الدلومايتي Dolomatic limestone . وتوجد أيضا في نطاق محدود عقد من الصوان Chert.

تكوين أبوشيبة (Abu Shaybah) يأتي بعد تكون العزيزية ويفصل بينهما سطح عدم توافق. يتكون أبوشيبة أساسا من حجر رملي كوارتزي ناعم جيد الفرز فاتح اللون مع وجود طبقات من الطين الأحمر والأخضر. وتصل نسبة معدن الكوارتز إلى أكثر من 90% [2].

يأتي بعد تكوين أبوشيبة تكوين أبوغيلان (Abu Ghaylan)، الذي يظهر بتركيبه الصخري في منطقة الدراسة بالحجر الجيري الطيني Marl ذو اللون الرمادي الفاتح إلى اللون الأصفر الفاتح. ويتميز هذا التكوين بوجود التموجات والتهشمات الصخرية.

تظهر صخور تكوين ككله (Kiklah) فوق صخور أبوغيلان بسطح عدم توافق، حيث يظم تكوين ككله بشكل عام الحجر الرملي الكوارتزي Sandstone الخشن الغير جيد الفرز مع وجود الكنجلوميرات Conglomerate والتداخلات الطينية والجيرية.

شكل (1): الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة
المصدر: Industrial Research Centre, 1975



شكل (2): الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة ، (Gray, C., 1971).

رواسب حديثة	Qal	تكوين نالوت	Kg	عضو بفرن مارل	Kj
عضو عين طبى	Ko	تكوين ككله	Kc	تكوين أبوغيلان	Jbg
تكوين أبوشبيه	Jbs	تكوين العزيزية	Tlo	تكوين كرش	Tlr
صخور نارية (بازلت)	Tib	صخور نارية (فونولايت)	Tip		

يتكشف تكوين سيدي الصيد (Sidi as Sid) فوق تكوين ككله بسطح عدم توافق، وينقسم تكوين سيدي الصيد إلى عضوين. العضو السفلي عين طبي (Ayn Tobi) ويتكون أساسا من طبقات سميكة صلبة من الدلومايت والحجر الجيري الدلومايتي، أما العضو العلوي فيسمى بعضو يفرن (Yafrin) ويتكون أساساً من الحجر الجيري الطيني (المارل) مع تداخلات بسيطة من الجبس.

يقع تكوين نالوت (Nalut) فوق تكوين سيدي الصيد (عضو يفرن) بسطح انتقالي. ويتكون من حجر جيري دلومايتي ودلومايت ذو لون أصفر وأحيانا رمادي اللون.

تكوين قصر تغرنة (Tigrinah) من احدث التكاوين التي تظهر في منطقة الدراسة ويتكون أساسا من الحجر الجيري الغني بالحفريات. ويفصل بين تكوين تغرنة وتكوين نالوت سطح انتقالي.

تنتشر في منطقة الدراسة بعض أنواع الصخور النارية البركانية، والمتمثلة في صخور البازلت Basalt والفونولايت Phonolite. تتميز صخور البازلت بوفرة معادن الاوليفين Olivine والكلينوبيروكسين Clinopyroxene والبلاجيوكليز Plagioclase. تتكون صخور الفونولايت من بلورات كبيرة الحجم من معدن الساندين Sanadine في أرضية دقيقة من النفيلين Nepheline.

الهدف من الدراسة The Aim of the Study

يهدف هذا البحث لدراسة القابلية المغناطيسية Magnetic Susceptibility للصخور الرسوبية والنارية في منطقة غريان بشمال غرب ليبيا، حيث تعتبر هذه الدراسة الأولى من نوعها لهذا الموضوع في المنطقة.

جمع العينات وطريقة القياس Sample Collection and Measurement Method

قام الباحثون بزيارة ميدانية لمنطقة الدراسة، حيث تم تجميع (320) عينة صخرية من منطقة الدراسة من التكاوين السالفة الذكر بواقع 40 عينة لكل تكوين. أجريت عملية قياس القابلية المغناطيسية في معامل قسم الجيولوجيا كلية العلوم الزاوية بجامعة الزاوية باستخدام جهاز Magnetic Susceptibility Meter (MS 2)

القابلية المغناطيسية Magnetic Susceptibility

إذا تم وضع أي مادة في مجال مغناطيسي خارجي، فأن قيمة المجال المغناطيسي الكلي سوف تكون محصلة من المجال المغناطيسي الخارجي مضافا إليه المجال المغناطيسي للمادة[3]. أي أن تحت تأثير المجال المغناطيسي الخارجي المادة تتمغنط حسب المعادلة الآتية:

$$B_{tot} = B + B_0$$

B_{tot} – المجال المغناطيسي الكلي.

B – المجال المغناطيسي للمادة.

B_0 – المجال المغناطيسي الخارجي.

المجال المغناطيسي للمادة ينتج من الحركة الدورانية للالكترونات حول نوى الذرات وحركة مغزلية حول محور الإلكترون نفسه. ينتج من الحركة الدورانية عزم مغناطيسي يسمى العزم المغناطيسي الدائري، والحركة الالكترونية ينتج عنها عزم مغناطيسي يسمى العزم المغناطيسي المغزلي[4]. ومجموع العزوم المغناطيسية لتلك الالكترونات يكون العزم المغناطيسي الكلي للذرة (للمادة).

تعتبر خاصية القابلية المغناطيسية من أهم الخواص الفيزيائية المستعملة لدراسة طبقات صخور القشرة الأرضية وتعرف بقدرة المادة على التمغنط (المغنطة) تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي. و يعبر عنها رياضيا القابلية المغناطيسية بالمعادلة الآتية:

$$\chi = \frac{M}{H}$$

حيث أن:

χ– القابلية المغناطيسية (Magnetic Susceptibility)، وهي مقدار لا وحدات له.

M–شدة التمغنط (المغنطة) (Intensity of Magnetization)، ووحدتها أمبير/متر A/m.

H–شدة المجال المغناطيسي الخارجي (Intensity of Magnetic Field)، وحدتها أمبير/متر A/m.

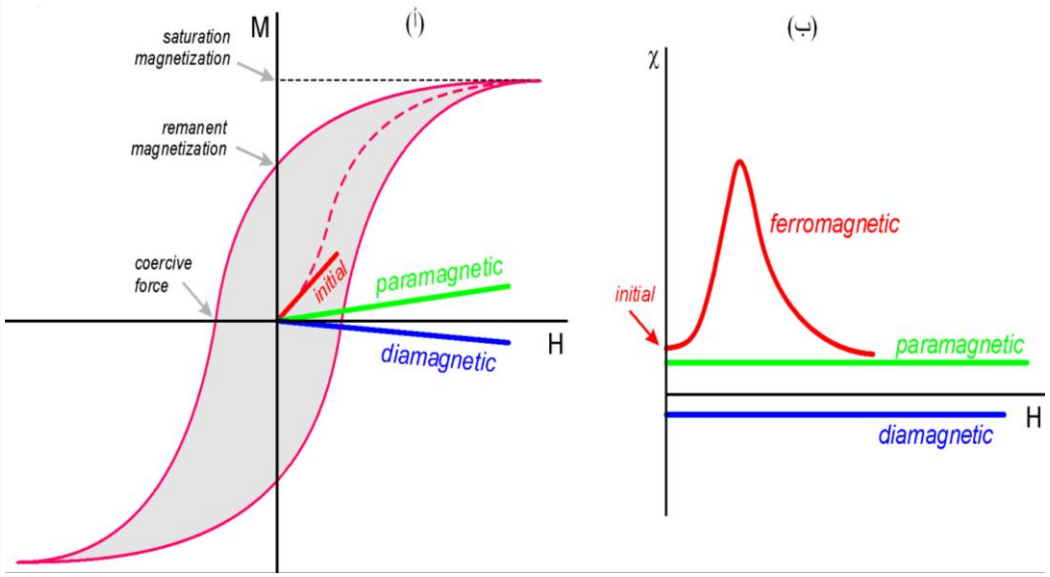
يوضح (شكل 3) العلاقة بين القابلية المغناطيسية وشدة المجال المغناطيسي الخارجي وبين شدة التمغنط وشدة المجال المغناطيسي الخارجي[5].

تصنف جميع المواد بحسب القابلية المغناطيسية إلى ثلاثة مجموعات رئيسية وهي الدايامغناطيسية (Diamagnetic) والبارامغناطيسية (Paramagnetic) والفيرومغناطيسية (Ferromagnetic) [6].

أ– **المواد الدايامغناطيسية (Diamagnetic).** وتتميز هذه المواد بالاتي:

- تكون قابليتها المغناطيسية سالبة($\chi<0$).
- تترتب عزومها المغناطيسية في اتجاه معاكس لاتجاه المجال الخارجي المؤثر عليها.
- لا تملك ذراتها عزوما مغناطيسية دائمة.
- تتنافر مع المجالات المغناطيسية الخارجية.

ومن المواد الدايامغناطيسية مثل معادن الكوارتز والبلاجيوكليز والكالسايت والساندين والارثوكليز والذهب[7].



شكل(3): العلاقة بين شدة التمغنط وشدة المجال المغناطيسي الخارجي (أ) و القابلية المغناطيسية وشدة المجال المغناطيسي الخارجي للمواد الدايامغناطيسية والبارامغناطيسية والفيرومغناطيسية (ب).
المصدر: Lowrie, W., 2007,

ب- المواد البارامغناطيسية (Paramagnetic)، وتتميز بالاتي:

- تكون قابليتها المغناطيسية موجبة أكبر بقليل من الصفر ($\chi>0$) ولكنها ضعيفة.
- يكون محصلة العزوم المغناطيسية في اتجاه موازي لاتجاه المجال الخارجي المؤثر عليها.
- تملك ذرات هذه المواد عزوما مغناطيسية دائمة.
- تنجذب بدرجة ضعيفة جداً مع المجالات المغناطيسية الخارجية.

ومن المواد البارامغناطيسية مثل معادن الموسكوفايت والدلومايت، بيروكسين والامفيبول[8،9].

ج- المواد الفيرومغناطيسية (Ferromagnetic). وتعتبر هذه المجموعة ما هي إلا مواد بارامغناطيسية قوية وتتميز بالآتي:

- تكون قابليتها المغناطيسية موجبة أكبر بكثير من الصفر ($\chi>>0$).
- يكون محصلة العزوم المغناطيسية في اتجاه موازي لاتجاه المجال الخارجي المؤثر عليها.
- تملك ذرات هذه المواد عزوما مغناطيسية دائمة، حتى في عدم وجود مجال خارجي.
- تنجذب بشدة إلى المجالات المغناطيسية الخارجية.

ومن المواد الفيرومغناطيسية، مثل معادن المجنيتايت و الهيماتايت والالمينايت و السيديرايت.

القابلية المغناطيسية تتوقف أساسا على نوعية وكمية المعادن المغناطيسية مثل المجنيتايت والهيماتايت والالمينايت وكذلك تتوقف على نسبة المعادن التي تحتوي على الحديد مثل الأوليفين والبيروكسين والامفيبول، بالإضافة إلى حجم الحبيبات للمواد الفيرومغناطيسية[10،11].

النتائج والمناقشة Results and Discussion

أوضحت المعالجة الإحصائية لبيانات القابلية المغناطيسية لكل أنواع صخور منطقة الدراسة بأنها موزعة بقانون توزيع إحصائي طبيعي، حيث تمت دراسة ذلك باستخدام طريقتين الأولى بيانية والمتمثلة في دراسة المدرج التكراري لبيانات الخاصية المدروسة كما هو موضح في الأشكال (4،5،6). ومن خلال التحليل البسيط لهذه المدرجات التكرارية نلاحظ أن لها شكل

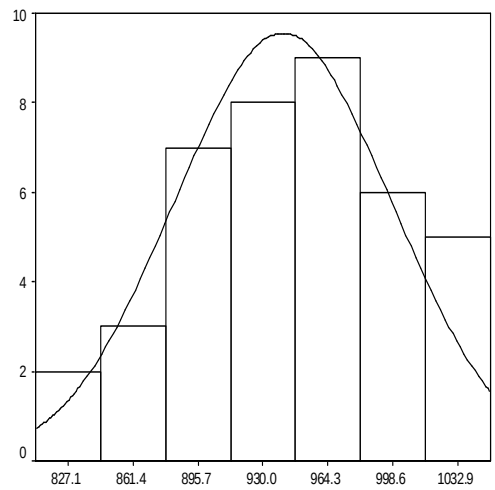
الناقوس المقلوب، وهذا يدل على أن بيانات القابلية المغناطيسية للصخور لهـا قـانون توزيـع طبيعي.

أما الطريقة الثانية فهي الطريقة التحليليـة وهـي تعطـي نتـائج أدق مـن الطريقـة البيانية[12،13،14،15]. هذه الطريقة مبنية على اختبار قانون التوزيع وذلك عـن طريـق اختبـار الفرضية الآتية:

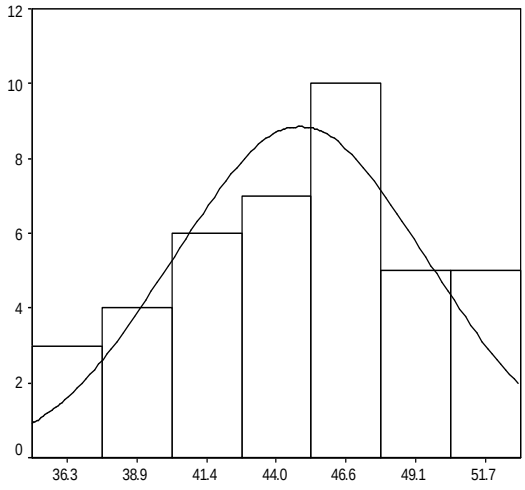
H_o: قانون التوزيع طبيعي (وهذا يعني أن نفترض أن البيانات لها قانون توزيع طبيعي).

H_1: قانون التوزيع غير طبيعي (وهذا يعني أن نفترض أن البيانات ليس لها قانون توزيع طبيعي).

لهذا الغرض تم استعمال أكثر الطرق الإحصائية اسـتخداما مثـل Sharipo-Wilk, D'Agosteno, Anderson-Darling, Kolmogorov-Smirnov، حيـث أكـدت نتـائج اختبارات هذه الطرق بقبول الفرضية (Ho)، وهذا يعني أن قـانون توزيـع بيانـات القابليـة المغناطيسية لجميع أنواع الصخور لا يتعارض مع قانون التوزيع الطبيعي.

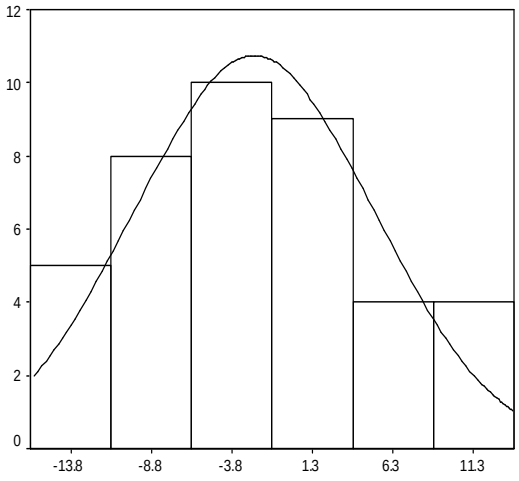


(ب)

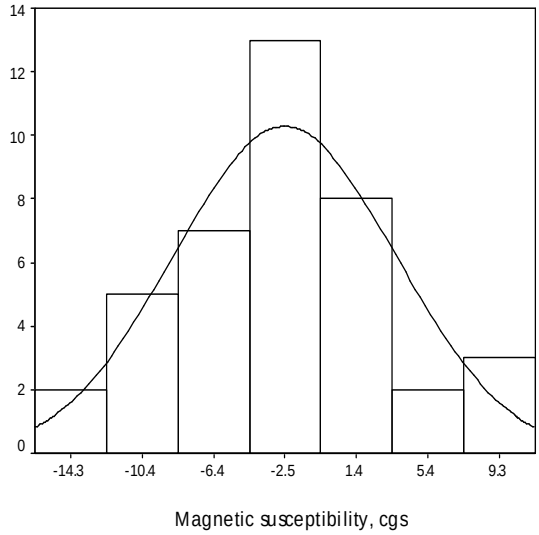


(أ)

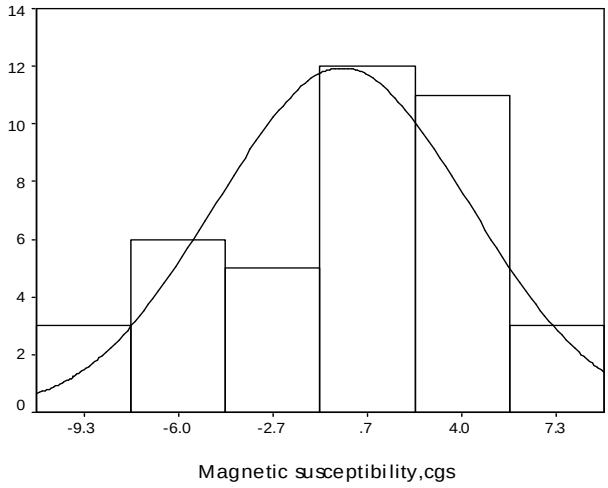
شكل (4): المدرج التكراري القابلية المغناطيسية للصخور النارية (أ) الفونولايت ،(ب) للبازلت.



(ب)

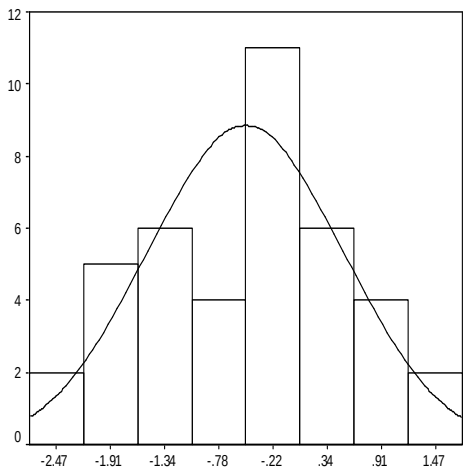


(أ)

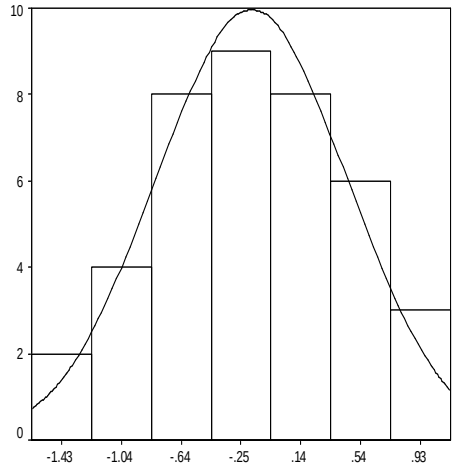


(ج)

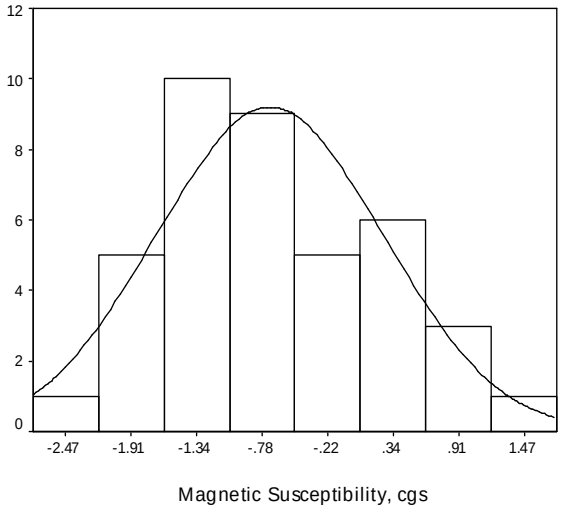
شكل (5): المدرج التكراري القابلية المغناطيسية للصخور الرملية للتكاوين (أ) كرش، (ب) أبوشيبه، (ج) ككله.



(ب)



(أ)



(ج)

شكل (6): المدرج التكراري القابلية المغناطيسية للصخور الكربونية للتكاوين . (أ) العزيزية ، (ب) أبوغيلان، (ج) سيدي الصيد.

من خلال تحليل الجدول (1) المعاملات الإحصائية للقابلية المغناطيسية للصخور والأشكال (7،8) نلاحظ أن أكبر قابلية مغناطيسية للصخور النارية، وبمتوسط 940.5 لصخور البازلت وذلك لان بازلت منطقة الدراسة يحتوي على معادن تحتوي على نسبة عالية من المعادن الحديدية ومن هذه المعادن الأوليفين ($(Mg,Fe)_2SiO_4$) والبيروكسين ($(Mg,Fe,Al,Ni)\ (Na,Ca)(Si_2O_6)$)، ونلاحظ أيضا التباين عالي 3267.02 وهذا يشير إلى أن صخور البازلت تحوي نسب متباينة (متفاوتة) وغير متجانسة من المعادن الحديدية. وبذلك يمكن اعتبار أن البازلت من المواد الفيرومغناطيسية. القابلية المغناطيسية لصخور الفونولايت أقل بكثير من البازلت، حيث معدلها 44.86، وهذا يعكس التركيب المعدني للفونولايت الفقير جدا بالحديد، حيث أن تركيبه المعدني هو نسبة عالية من معدن الساندين ($K(AlSi_3O_8)$) وبعض البلاجيوكليز الصودي، يتميز الفونولايت بتباين صغير مقارنة بالبازلت، وهذا ربما يرجع إلى تجانس في التركيب المعدني وبالتالي في التركيب الكيمائي. ويمكن اعتبار أن الفونولايت من المواد البارمغناطيسية.

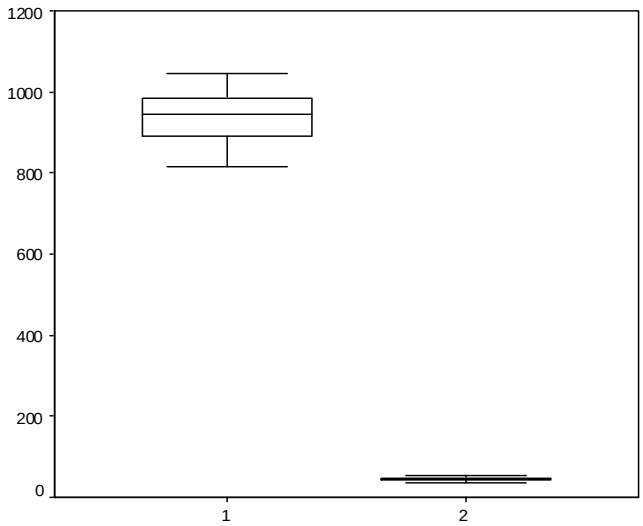
أما القابلية المغناطيسية للصخور الرسوبية فهي منخفضة جداً ولها قيمة سالبة. ونلاحظ من الشكل (8) أن هناك مجموعتين من الصخور الأولى رملية وتتميز بتباين عالي مقارنة بالمجموعة الثانية وهي الصخور الكربونية. وهذا يشير إلى أن الصخور الكربونية متجانسة والصخور الرملية غير متجانسة، حيث أن الأخيرة تتكون من معادن مختلفة التركيب الكيمائي، وبالتالي يكون لها تباين في خاصية القابلية المغناطيسية.

صخور تكويني كرش و أبوشيبة تتميزان بقيمة للقابلية المغناطيسية أقل من صخور تكوين ككله، وهذا يرجع ربما إلى أن تكوين كرش يتكون أساسا من معدني الموسكوفايت $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ والكوارتز SiO_2 اللذين لهما قابلية مغناطيسية صغيرة. أما القابلية

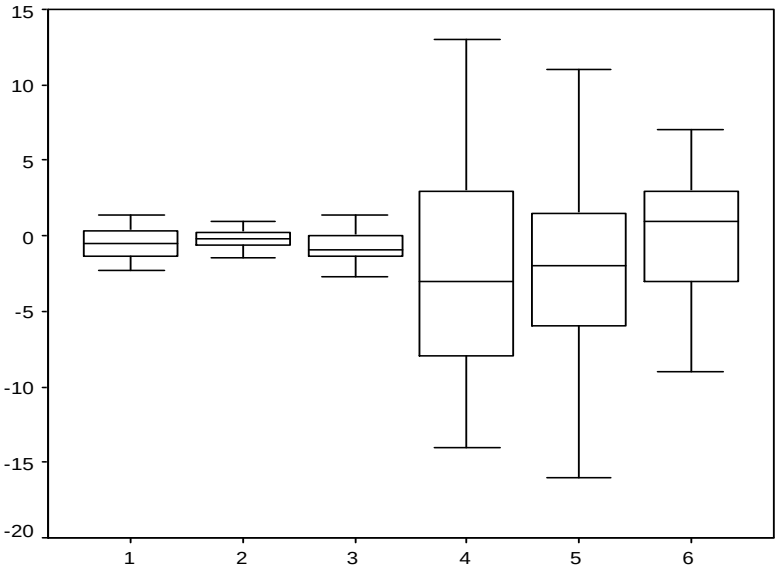
المغناطيسية لصخور تكوين ككله أكبر بحوالي 10 مرات من السابقين وهذا يرجع إلى أن هـذه الصخور لا تحتوي على الموسكوفايت ولكنها تحتوي أساسا على الكـوارتز. حيـث أن نسـبة الكوارتز في تكوين أبوشيبة تصل إلى 80% ولذلك القابلية المغناطيسية لتكوين أبوشيبة أقل من تكوين ككله الذي يحتوي على نسبة أقل من الكوارتز لا تزيد عن 50%، وهذا يشير إلى أن كلما زادت نسبة الكوارتز في الصخر تقل القابلية المغناطيسية. ويمكن اعتبار أن الصخور الرسوبية من المواد الدايمغناطيسية.

جدول (1) المعاملات الإحصائية للقابلية المغناطيسية للصخور النارية والرسوبية في غريان.

اسم التكوين	نوع الصخر	المتوسط ، cgs	التباين
صخور نارية	البازلت	940.51±18.28	3267.02
صخور نارية	الفونولايت	44.86±1.48	21.41
كرش	حجر رملي مايكئ	-2.52± 1.95	37.01
ابوشيبة	حجر رملي كوارتزي	-2.37± 2.37	55.01
ككله	حجر رملي كوارتزي	-0.2225± 1.42	19.76
العزيزية	دلومايت	-0.181±0.2	0.394
ابوغيلان	مارل	-0.505±0.32	1.024
سيدي الصيد	دلومايت	-0.716±0.31	0.948



شكل (7): صندوق المربعات Boxplots للقابلية المغناطيسية للصخور النارية في غريان.
1- صخور البازلت، 2- صخور الفونولايت



شكل (8): صندوق المربعات Boxplots للقابلية المغناطيسية للصخور الرسوبية في غريان.
1-مارل تكوين أبوغيلان، 2-دلومايت تكوين العزيزية، 3- دلومايت تكوين سيدي الصيد، 4- حجر رملي تكوين ابوشيبة، 5- حجر رملي تكوين كرش، 6- حجر رملي تكوين ككله.

الاستنتاجات Conclusions

1- بيانات القابلية المغناطيسية للصخور الرسوبية والنارية في منطقة غريان لهـا قـانون توزيع إحصائي طبيعي.

2- القابلية المغناطيسية لصخور البازلت تتراوح من 922.23 إلى 958.7 وفي الفونولايت من 43.38 إلى 46.34.

3- القابلية المغناطيسية الصخور الرسوبية تتراوح من 0.18- إلى 2.5-.

4- أكبر تباين للقابلية المغناطيسية للصخور النارية مقارنة بالصخور الرسوبية.

5- تباين القابلية المغناطيسية للصخور الرسوبية الرملية أكبر من الكربونية.

6- تقل القابلية المغناطيسية كلما زادت نسبة الكوارتز في الصخور الرسوبية الرملية.

التوصيات المقترحة Proposed Recommendations

حتى تكون الفكرة كاملة على القابلية المغناطيسية لصخور منطقة الدراسة نوصي القيام بأبحاث أخرى لدراسة الخواص البتروفيزيائية مثل الكثافة والمسامية والنفاذيـة وعلاقـة هـذه الخواص بالقابلية المغناطيسية.

وفي أبحاث أخرى يجب دراسة علاقة القابلية المغناطيسية بالتركيب الكيميائي لصخور منطقة غريان، حتى نتمكن من وضع نموذج يمكن مقارنته والعمل به في مناطق أخرى.

References :

1- *Gray, C., Structure and origin of the Gharyan domes, In: Gray, C. (ed), Symposium on the geology of Libya, University of Libya, Tripoli, p 307-319, 1971.*

2- *Explanatory booklet for the Geological map of Libya, Sheet: Tripoli, Industrial Research Centre, Tripoli, 1975.*

3- *Lowrie, W., Fundamentals of Geophysics, Second Edition, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.*

4- *Campbell, W.H, Introduction to Geomagnetic Fields, Cambridge, Cambridge University Press, 2003.*

5- *Dunlop, D. J. and Özdemir, Ö., Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers, Cambridge, Cambridge University Press, 1997.*

6- *Bleil, V. and Petersen, N., Magnetic properties of natural minerals; Paramagnetism. In: Landolt-Boernstein, Numerical data and functional relationships in science and technology, Group V, vol. 1, subvol. b, 312-320. Springer Verlag Berlin, 1982.*

7- *Dortman, N.B., Physical properties of rocks and mineral deposits (in Russian). Nedra, Moscow, 1984.*

8- *Sharma P.V., Geophysical Methods in Geology. Second Edition. Elsevier Science Publishing Co, In. 1986.*

9- *Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. and Keys, D. A., Applied Geophysics. Cambridge University Press, Cambridge, 1976.*

10- *Carmichael, R. S., Magnetic properties of minerals and rocks: CRC Handbook of Physical Properties of Rocks, Vol. 2, 1982.*

11- *Opdyke, N. D. and Channell, J. E. T., Magnetic Stratigraphy, San Diego, CA: Academic Press, 1996.*

12- *Dallal, G. E., and Wilkinson, L., An Analytic Approximation to the Distribution Lilliefor's Test Statistic for Normality: The American Statistician, vol. 40, No. 4, 1986, P. 294-296.*

13- *Davis J.C. Statistics and data analysis in Geology, Third Edition, Wiley & Sons , Inc, 2002.*

14- *Borradaile, G. J., Statistics of Earth Science Data. New York, Springer, 2003.*

15- *Koch G.S. and Link R.F, Statistical analysis of geological data - dover, Inc., New York, 2002.*