التوزيع المكاني للبؤر الزلزالية السطحية في محافظة إب-الجمهورية اليمنية

إبراهيم عبدالحميد الأكحلي، أحمد علي العيدروس وطارق هاشم الحبشي
قسم علوم الأرض والبيئة، كلية العلوم، جامعة صنعاء
DOI: https://doi.org/10.47372/uajnas.2017.n1.a10

الملخص

يتناول هذا البحث دراسة التوزيع المكاني للبؤر الزلزالية السطحية في محافظة إب اليمنية، حيث تتسم المنطقة، وفق السجلات الزلزالية، بزلزالية غير محسوسة غير أنَّها على الرغم من ذلك تتعرض أحياناً لهزات أرضية محسوسة ومؤثرة كالزلازل التي حدثت في العُدين بتاريخ22 نوفمبر 1991م) و19مايو 1992م التي بلغت مقاديرها(Mb=4.6)،(Mb=4.5) على التوالي. وانطلاقاً من هذه الحقائق يستعرض البحث زلزالية هذه المنطقة، مع الأخذ في الاعتبار الخصائص الجيولوجية (الصخرية والتركيبية)، إذ تُمثل الصخور البركانية الثلاثية أكثر من 87% من الصخور المنكشفة في المحافظة. معظم الزلازل الموثقة (844 زلزالاً) التي شهدتها محافظة إب وقعت خلال الفترة من 1991-2014م، أي بمعدل 37 زلزال في السنة، وتراوحت مقاديرها بين 0,3 و 4,6 درجة على مقياس ريختر. مَثَّل ما هو أكبر من 3 درجات ما نسبته 18,5%، وبلغت أعماقها البؤرية ما بين 1-28 كم. يُعتقد أنَّ هذا النشاط ناتج عن تشوهات في الغلاف الصخري للقشرة الأرضية، ولا توجد علاقة بين المقدار الزلزالي والعمق البؤري لتلك الزلازل. ظهر في منطقة الدراسة نشاط زلزالي واضح ومتكرر طوال الفترة المذكورة، ويمكن تصنيف النشاط الزلزالي فيها على أنَّه نشاط زلزالي ضعيف آلي متوسط (المقدار الزلزالي لا يتجاوز 4,6 على مقياس ريختر) ناشئ عن نشاط تكتوني ويتركز على الصدوع في المناطق التي تنكشف فيها الصخور البركانية البازلتية الثلاثية. فمن خلال رصد توزيع البؤر الزلزالية السطحية للزلازل التي حدثت في هذه المحافظة يتضح أنَّ النشاط الزلزالي يتركز في المناطق الآتية: المخَادِر-القَفر، العُدين وحُبَيش.

الكلمات المفتاحية: اليمن، إب، الزلازل، البؤر الزلزالية السطحية، بركانيات اليمن الثلاثية.

المقدمة:

تعد الزلازل من أعنف وأخطر الكوارث الطبيعية وتنتج عن حركة اهتزازية سريعة في الصخور القريبة من سطح الأرض، وهي من القوى التدميرية المفاجئة التي تسبب انزلاقات وازاحات أرضية وتدمير للبُنى التحتية، إذ تجتاح الأرض هزات أرضية كثيرة يُرصد بعضها في منطقتنا العربية بوضعها الأخر قريب منها.

لشبة الجزيرة العربية ولليمن بشكل خاص تاريخ زلزالي مدون في كثير من الكتب والرسائل التاريخية مثل كتب السيوطي، الطبري، ابن الاثير، ابن العماد، ابن الديبع والعمري. هناك الكثير من الأحداث الزلزالية المعاصرة التي اجتاحت اليمن كالزلازل التي تعرضت لها في الأعوام 1909م و1924م (ذمار)، 1941م (صعدة)، 1955م (صعدة)، 1982م (ذمار)، 1991م و 1992م (العدين-إب). سبق هذه الزلازل المعاصرة مجموعة من الزلازل التاريخية كالتي حدثت في 742م (زلزال سبأ بين مأرب وشبوة)، 827م (عدن)، 1072م (بين زبيد والمخا)، 1387م (عدن)، 1466م و1501م (زبيد)، 1644م (العشة-شرق صعدة)، 1667م (ذمار)، 1674م (ذمار) ،1788م (الحديدة)، 1789م (تعز) و1878م (ذمار) .[7, 21, 24, 8, 12, 1, 3] تؤكد هذه الأحداث الزلزالية أن اليمن يمثل نطاقًا زلزالياً نشطاً ولاسيما الجزء الغربي والجنوبي وبما له علاقة بامتداد البحر الأحمر وخليج عدن، ويرجع السبب في ذلك إلى تحرك الصفيحة العربية واتساع البحر الأحمر وخليج عدن. فالنشاط الزلزالي في اليمن يتعلق بحركة منطقة التلاحم الثلاثية (Triple Junction Region) والمتمثلة بكل من: أخدود البحر الأحمر، خليج عدن ومنخفض الأخدود الأفريقي، الذي يتمركز على طول خط

حركي باتجاه شمال شرق-جنوب غرب، أي ينطبق وقد يتعلق بحركة الصفيحة العربية باتجاه الشمال الشرقي بعيداً عن الصفيحة الأفريقية [13]، وقد أشار كثير من الباحثين إلى تواجد عددٍ من الصدوع العرضية في الصفيحة العربية ومتعامدة على محور البحر الأحمر، ويبدو أنَّ هذه الصدوع ترتبط مع الصدوع الناقلة للحركة الموجودة في البحر الأحمر[3]. إنَّ الامتداد التكتوني النشط للمناطق المجاورة للجزيرة العربية أثَّر عليها وعلى مناطقها المختلفة، ومنها منطقة إب موضع هذه الدراسة كونها تعد إحدى المناطق المتأثرة بالنشاط الزلزالي. من خلال دراسة طبيعة التكوينات الجيولوجية المنكشفة وخصائصها (الصخرية والتركيبية) ومواضع الأحداث الزلزالية يمكن تكوين رؤية للاحتمالات الزلزالية المحسوسة أو غير المحسوسة في هذه المنطقة.

نتيجة لعظم الخطر الزلزالي اهتمت معظم دول العالم بالدراسات والبحوث الزلزالية وكونت شبكات للرصد الزلزالي، فقد بدأ رصد الزلازل الدقيقة على طول الجانب الشرقي للبحر الأحمر منذ عام 1978م، إذ تم رصد عدد من هذه الزلازل على طول الجانب الغربي للمملكة العربية السعودية مع عدد من الزلازل في الداخل، التي يمكن إرجاع أسبابها إلى الصدوع الناقلة للحركة أو النشاط الحراري الجوفي تحت الطفوح البركانية التي يعود عمرها إلى حقب الحياة الحديثة [17].

بدأ الرصد الزلزالي في اليمن في نهاية عام 1982م- بشكل مؤقت- وذلك بعد الزلزال الكبير الذي ضرب مدينة ذمار في 13 ديسمبر 1982م بمقدار 5,9 درجة على مقياس ريختر [24]، حيث قامت وزارة النفط والمعادن ممثلة بهيئة المساحة الجيولوجية بعدد من الأنشطة الفنية والعلمية في اتجاه إنشاء شبكة وطنية للرصد الزلزالي في الجمهورية اليمنية بالتعاون مع المجلس الأعلى لإعادة إعمار المناطق المتضررة من الزلزال والتنسيق مع وزارة التخطيط والتعاون الدولي ودخول اليمن ضمن برنامج التخفيف من المخاطر الزلزالية في الوطن العربي (PAMERAR)، فقد تم إنشاء مشروع شبكة الرصد الزلزالي عام 1989م، ومن ثَّمَ مركز الرصد الزلزالي في عام 1991م، واستكملت الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي في عام 1994م، ويسمى في الوقت الحالي بالمركز اليمني للرصد الزلزالي ودراسة البراكين ومقره الرئيس في مدينة ذمار. وتكمن أهمية هذا المرصد في مراقبة النشاط الزلزالي وإعمال المسح الزلزالي البحثي. إنَّ إقامة شبكة الرصد الزلزالي ليست غاية في حد ذاتها بل وسيلة فعالة لدراسة التأثيرات الزلزالية ونتائجها، ولها فوائد مباشرة وغير مباشرة أكاديمية وتطبيقية [3].

تمتاز اليمن بسجل زلزالي تاريخي يَضُم الكثير من الأحداث الزلزالية التي تعرضت لها، وهناك العديد من الباحثين الذين أشاروا إليها منذ العام 645م وحتى العام 1878م و ورد في المراجع [3, 21, 7]، وتم عمل دراسة عن زلزالية الجزء الغربي من اليمن من قِبل [8]، و قاما بعمل خريطة لتوزيع الأحداث الزلزالية التاريخية فيها.

عُمِلت عدة دراسات عن زلزال ذمار (13 ديسمبر 1982م) من قِبل كلٍ من:[15, 20, 9, 17, 24, 5]، كما دُرِسَ زلزال العدين (22 نوفمبر1991م) من قِبل [12, 25]، وَوُصِفَّت البيئة التكتونية-الزلزالية لليمن من باحثين آخرين [6, 4]. ولخّص [1] الزلازل التاريخية والحديثة لليمن وقام بتحديد المعاملات الزلزالية ومعدل النشاط الزلزالي، وقام [19] بدراسة التوهين (Attenuation) للموجات الزلزالية السطحية جنوب غرب شبة الجزيرة العربية، إذ وجد أنَّها تتميز بتوهين موجي عالي جداً للموجات الزلزالية في القشرة الأرضية. كما تم تقييم الخطر الزلزالي في المنطقة الغربية من اليمن وذلك من خلال دراسة الظواهر التكتونية والزلزالية [2]، وتم عمل خرائط المخاطر الزلزالية المحتمل حدوثها في اليمن لفترات تكرار مختلفة من قِبل [18].

الوضع الجيولوجي:

تقع اليمن في الجزء الجنوبي الغربي من الصفيحة العربية ويحيط بها البحر الأحمر من الغرب وخليج عدن من الجنوب (شكل 3). يعد البحر الأحمر وخليج عدن محيطين جنينيين (Embryonic Oceans)-من الناحية الجيولوجية- آخذين في التوسع تكونا نتيجة انفصال الصفيحة العربية عن الصفيحة الأفريقية، ويعد هذا الفاصل الحركي من الحدود الحركية النشطة. تُشير عدة دراسات إلى تواجد شواذ حرارية في الجزء العلوي من الجبة (Mantle) ويقع تحت منخفض عفار وجنوب غرب شبه الجزيرة العربية [23, 22, 14].

حسب الخرائط الجيولوجية التي تم عملها من قبل مشروع الموارد الطبيعية التابع لهيئة المساحة الجيولوجية [16] (شكل 4) تتكون منطقة الدراسة من الجهة الغربية من صخور القاعدة المعقدة (Basement Complex) متمثلة بصخور متحولة تتكون من المجماتيت (Migmatite) والنيس (Gneiss) والشست (Schist)، تليها صخور رسوبية يعود عمرها للعصر الجوراسي (Jurassic) ممثلة بصخور كحلان الرملية (Khohlan Sandstone) وعمران الجيرية (Amran Limstone) التي تنكشف أيضاً في الغرب، ثم صخور بركانيات اليمن والمكونة من صخور الاجنمبرايت (Ignimbrite) والتراكيت (Trachyte) والبازلت (Basalt) التي يعود عمرها للعصر الثلاثي (Yemen Tertiary Volcanics)، وتتوزع هذه الصخور في معظم أجزاء المنطقة، حيث تمثل صخور البازلت 61% من الصخور المنكشفة تليها صخور الاجنمبرايت بنسبة 18%، ثم صخور التراكيت بنسبة 8%، فمجموع منكشفات صخور بركانيات اليمن تمثل أكثر من 87% من مساحات الصخور الموجودة في المنطقة، وتداخلت صخور نارية ممثلة بصخور السيانيت (Syenite) في المنطقة الجنوبية والجنوبية الشرقية من المحافظة، وتتواجد طفوح من صخور البازلت والاجنمبرايت تعود للعصر الرباعي (Quaternary)، وتنتشر في المنطقة رسوبيات حديثة، ريحية وحصوية مفككة (Loess and gravels).

تعرضت الوحدات الصخرية في المنطقة لعدد من الصدوع التي تأخذ اتجاهين رئيسيين (شكل 5): شمال غرب-جنوب شرق (NW-SE) أي موازية لاتجاه البحر الأحمر، وشرق شمال شرق-غرب جنوب غرب (ENE-WSW) أي موازية لاتجاه خليج عدن، مما يدل على ارتباطها بانخسافات التكوين الأخدودي للبحر الأحمر وخليج عدن. تهيئ هذه الوضعية التكتونية وتؤدي إلى انتقال تأثير أي حركة زلزالية تحدث في منطقة البحر الأحمر وخليج عدن إلى المناطق التي تمتد فيها هذه الصدوع. ومن الدلائل القوية على ضعف هذه المنطقة؛ حدوث زلازل عديدة وبمقادير مختلفة وعلى أعماق لا تزيد عن 28كم خلال الفترة ما بين 1991-2014م.

منطقة الدراسة:

تقع محافظة إب في الجزء الأوسط من الجمهورية اليمنية بين دائرتي عرض ("19 '42 °13) و ('27 °14 "57) شمالاً و خطي طول ("05 '39 °43) و ("51 '40 °44) شرقاً، وتبعد عن العاصمة صنعاء مسافة (193 كم) جنوباً، وتحدها محافظة ذمار من الشمال، ومحافظة تعز من الجنوب، أما من الشرق فتوجد محافظتي الضالع والبيضاء، ومحافظة الحديدة من الغرب (شكل 1). وتبلغ مساحتها (5344 كم^2) ويبلغ عدد سكانها (2,214,030 نسمة) بمعدل نمو سكاني مقداره (2,47 %) [11]، وتتكون من عشرين مديرية؛ وتعد مديرية القَفر أكبر مديرية من حيث المساحة (676 كم^2)، في حين تعد مديرية الشِّعر أصغر مديرية (154 كم^2).

الوضع الطبوغرافي:

محافظة إبّ من أجمل المحافظات اليمنية، وتعتبر من الناحية الطبوغرافية وعرة جداً، حيث تقع ضمن المرتفعات الغربية وتتكون من مرتفعات جبلية في الجهات الشمالية والجنوبية والشرقية، وتتخللها وديان عميقة تجرى في ممرات ضيقة ولها انحدارات شديدة، وأغلبها تصب في سهل تهامة غرباً، أمَّا الوديان التي تقع في الشرق فإنها تنحدر في الاتجاه الجنوبي الشرقي وتصب في خليج عدن.و تتراوح الارتفاعات في هذه المحافظة ما بين 399 و3216م فوق مستوى سطح البحر (شكل 2). كما تمتاز هذه المحافظة بمناخ معتدل طوال العام وأمطار غزيرة، بسبب هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية، إذ يبلغ المعدل السنوي لتساقط الأمطار أكثر من 1000 مم على المرتفعات الجبلية.

الهدف من الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على التوزيع المكاني للبؤر الزلزالية السطحية (epicenters) في محافظة إب. مع استقصاء مكامن الخطورة الزلزالية وتحليلها ، مما يثري أبعاد التخطيط التنموي في المجالات

العمرانية والاقتصادية في المنطقة، وهذا بدوره يفيد صناع القرار. وتشجع هذه الدراسة الجهود العلمية على الاهتمام بالدراسات البيئية المتعلقة بالكوارث وتوسيع نطاقها لبناء تصور علمي واضح عن الكوارث وآثارها وكيفية التقليل من خطرها. وتحقيقاً لهذا الهدف يسعى هذا البحث إلى تكوين رؤية لزلزالية المنطقة من خلال دراسة العوامل الجيولوجية المؤثرة على صخور ورسوبيات المنطقة، بالإضافة إلى الوضع الطبوغرافي، والذي قد يكون لها تأثيراً كبيراً على المخاطر الزلزالية المحتملة في المحافظة .

مواد وطرق البحث:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج التحليلي للدراسات والبحوث التي تناولت الجوانب الطبوغرافية والجيولوجية للمنطقة، و تعتمد على التحليل الإحصائي لقاعدة البيانات الزلزالية الصادرة عن المركز اليمني للرصد الزلزالي ودراسة البراكين بمدينة ذمار خلال الفترة ما بين 1991 و2014م، بالإضافة إلى استقراء خرائط الزلازل التاريخية لليمن التي تغطي الفترة من 645-1900م وتوزيعها الزماني والمكاني. تم دراسة الوحدات الصخرية المنكشفة في محافظة إب باستخدام الخرائط الجيولوجية التي اعدتها هيئة المساحة الجيولوجية 1990م وتحديداً اللوحات (Sheets 13G and 14G) لمحافظتي تعز وذمار [16]، إذ تم عمل خريطة جيولوجية منهما لمحافظة إب باستخدام برنامج أنظمة المعلومات الجغرافية (ArcGIS). و تم استخدام نموذج ارتفاع رقمي (DEM)، بدقة مكانية مقدارها 30م، ليعطي صورة واضحة عن طبوغرافية المحافظة، وتم اسقاط مواقع البؤر الزلزالية السطحية للزلازل التي حدثت في المحافظة خلال الفترة 1991-2014م باستخدام برنامج (ArcGIS).

النتائج والمناقشة:

تحيط باليمن حدود تكتونية رئيسة ونشطة كانفتاح وتكون أخدود البحر الأحمر وخليج عدن، تشكل منطقة الدراسة جزءاً من المرتفعات الغربية لليمن والواقعة شرق البحر الأحمر، والتي يرتبط تكوينها ونشاطها بتكون ونشأة البحر الأحمر. فأي نشاط قوي في البحر الأحمر سوف يؤثر على منطقة الدراسة، لأن الزلازل ما هي إلا موجات تنتقل عبر طبقات الأرض مما يؤكد احتمالية تأثر المنطقة بأي زلازل قوية في تلك الأخاديد الرئيسة.

دلّت الدراسات التاريخية على أنَّ محافظة إب لم تتعرض لزلازل تاريخية أو أنَّها تعرضت لزلازل لكنها لم تدوّن. و أن قاعدة البيانات الزلزالية المتوفرة تدل على أنَّ هذه المحافظة لم تُسجّل فيها زلازل حتى عام 1990م، لكن بعد عام 1991م وُجدَّ أنَّ أجزاءً منها تعرضت لزلازل محسوسة كالتي حدثت في منطقة العدين في 22 نوفمبر1991م (M_b=4.6) و 19 مايو 1992م (M_b=4.5)، بالإضافة إلى مناطق أُخرى تعرضت لزلازل غير محسوسة.

تم القيام بعمل تحليل احصائي للبيانات الزلزالية من الفترة 1991-2014م التي سجلها المركز اليمني للرصد الزلزالي ودراسة البراكين التابع لهيئة المساحة الجيولوجية اليمنية، إذ تبيَّن أنَّ محافظة إب شهدت 844 زلزالاً خلال تلك الفترة، وكان أكبر عدد من هذه الهزات في عامي 1998و1999م، (شكل 6أ). أي بمعدل 37 زلزال سنوياً، وتراوحت مقاديرها ما بين 0,3 و 4,6 درجة على مقياس ريختر. تُمثِّل الزلازل التي بلغ مقدارها 3 درجات أو أكبر 18,5%، منها 1,3% لها مقدار زلزالي أكبر من 4 درجات (زلزالان فقط) (شكل 6ب). و أنَّ الأعماق البؤرية (Focal depths) لهذه الزلازل تراوحت ما بين 1 و 28كم، باستثناء زلزالاً واحداً حدث على عمق 35كم (1996/10/21م، M=1.5) أي أنَّها ناتجة عن تشوهات في الغلاف الصخري (Lithospherical deformations) ومحصورة في صخور القشرة الأرضية (Earth Crust)، إذ تمثل هذه الهزات الدقيقة، في معظمها، استجابة لإعادة توزيع الإجهاد في القشرة الأرضية وتحرر الطاقة، ومن ملاحظة الخارطة الزلزالية التكتونية (شكل 7) نجد أنَّ النشاط الزلزالي في الجزء الشمالي والأوسط من المحافظة يتركز على طول الصدوع المتجهه شمال غرب–جنوب شرق (NW-SE) كرد فعل لتوسع البحر الأحمر، في حين أنَّ النشاط في المنطقة الجنوبية الغربية يمتد في الاتجاه شرق غرب تابع لما يجري في خليج عدن، وكلا

المنطقتين تدل على صدوع نشطة وإن كانت الثانية بدرجة أقل خطورة، وهذا يتفق مع حدوث زلازل متوسطة المقدار في المنطقة. يزداد النشاط الزلزالي في مناطق التقاء الصدوع، و تبدو المنطقة الشرقية والجنوبية الشرقية من المحافظة أقل نشاطاً من الناحية الزلزالية، إذ توزعت فيها أعداداً قليلة من البؤر الزلزالية السطحية.

يتضح من التوزيع المكاني للبؤر السطحية أن النشاط الزلزالي يتركز في المناطق التالية:

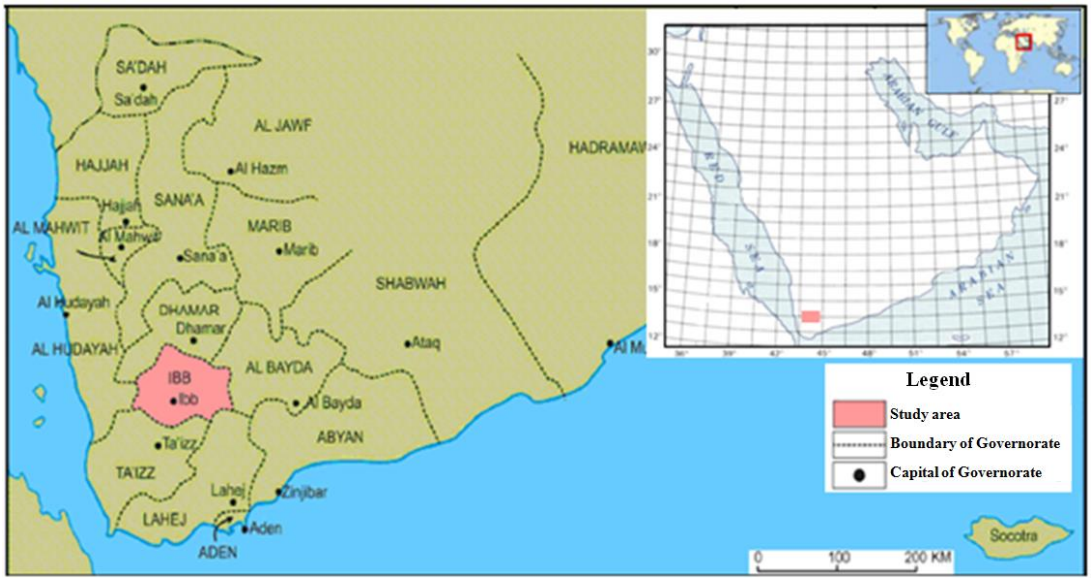
1- **المخَادِر-القَفر:** تتوزع البؤر الزلزالية السطحية على الصدوع المتجهه شمال-جنوب (N-S). والجزء الأخر من البؤر يتركز على الصدوع المتجهه شمال غرب-جنوب شرق (NW-SE) أي الاتجاه الموازي لانفتاح البحر الأحمر، إذ شهدت هذه المنطقة 431هزة خلال الفترة 1991-2014م، أي بنسبة51%.

2- **العُدين:** تتوزع البؤر الزلزالية السطحية على الصدوع المتجهه شمال غرب-جنوب شرق (NW-SE) إذ شهدت هذه المنطقة 131هزة خلال الفترة 1991-2014م، أي بنسبة 16%.

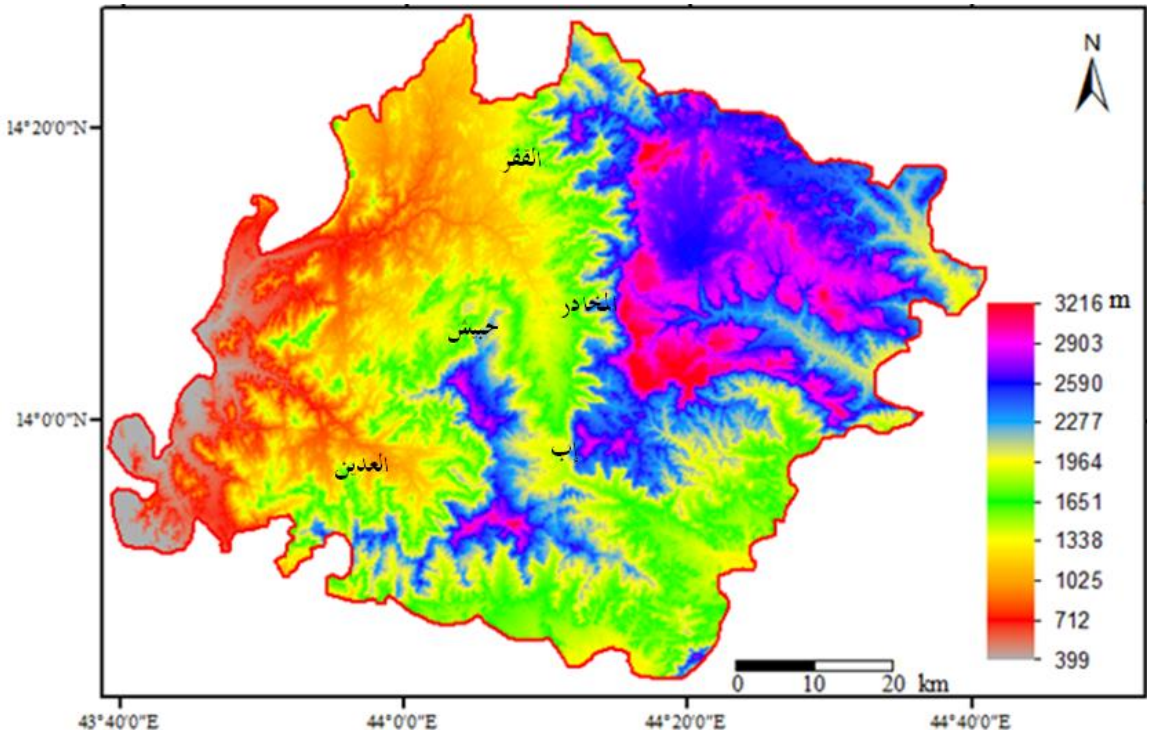
3- **حُبيش:** تتركز البؤر الزلزالية السطحية فيها على الصدوع المتجهه شمال شمال شرق-جنوب جنوب غرب (NNE-SSW) حيث شهدت هذه المنطقة 107هزة خلال الفترة 1991-2014م، أي بنسبة 13%.

أثبتت المعطيات الزلزالية التي تم الحصول عليها من الشبكة اليمنية للرصد الزلزالي أهمية شبكات الرصد المحلية في رسم الصورة الحقيقية للنشاط الزلزالي في المنطقة. لأنَّ النشاط الزلزالي يعكس وجود درجة من النشاط التكتوني فيها، إذ يمكن الاستفادة من ذلك في تقدير مستوى النشاط الزلزالي للمنطقة بالإضافة إلى التنبؤ بالزلازل الكبيرة. هذه النتائج تُبيِّن أنَّ منطقة الدراسة تتمتع بنشاط زلزالي واضح ومتكرر طوال الفترة المذكورة. ويرجع هذا النشاط من الناحية الزلزالية إلى النشاط الزلزالي في منطقة البحر الأحمر وخليج عدن، لذلك لا بد من توزيع وتكثيف عملية الرصد الزلزالي في هذه المحافظة لقربها من المناطق الزلزالية النشطة، البحر الأحمر وخليج عدن، ولوجود الصدوع والتي بدورها تمثل مناطق ضعف و مواقع لتجمع الطاقة الكامنة مما يؤدي إلى تفريغ هذه الطاقة على شكل موجات زلزالية عبرها.

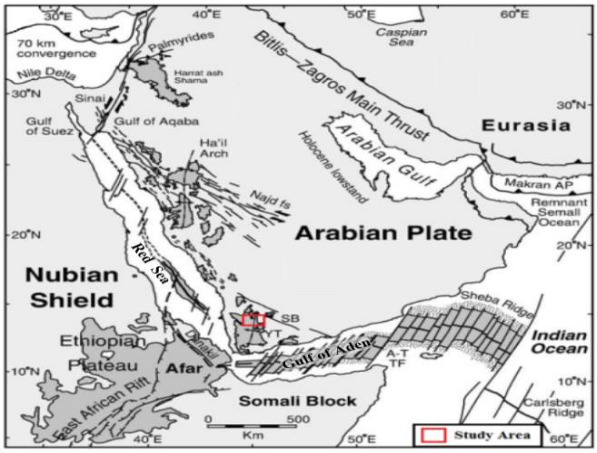
على ضوء ما سبق يمكن تصنيف النشاط الزلزالي في محافظة إب على أنَّه نشاط زلزالي ضعيف إلى متوسط، إذ لا يتجاوز المقدار الزلزالي (4,6) على مقياس ريختر، وهو ناشئ عن نشاط تكتوني، بناءً على التوزيع المكاني للبؤر الزلزالية السطحية التي تتركز على الصدوع في المناطق التي تنكشف فيها الصخور البركانية البازلتية (Tertiary Volcanic Basalt) (شكل 8).



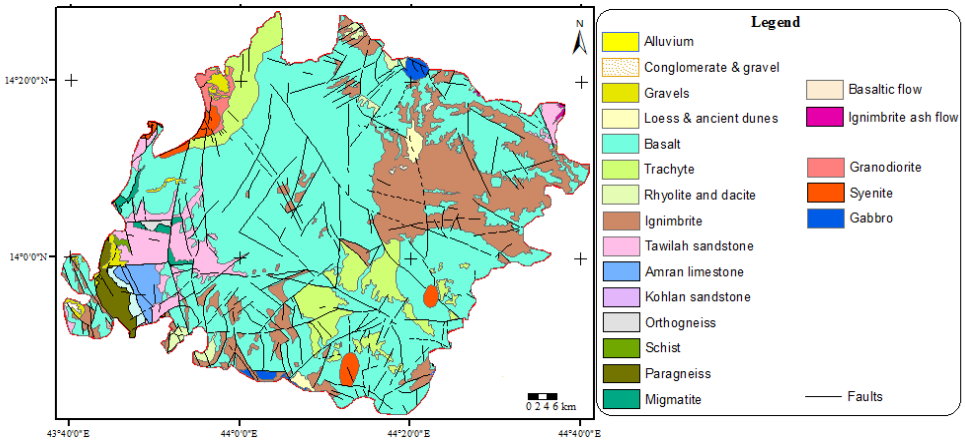
شكل 1: موقع منطقة الدراسة



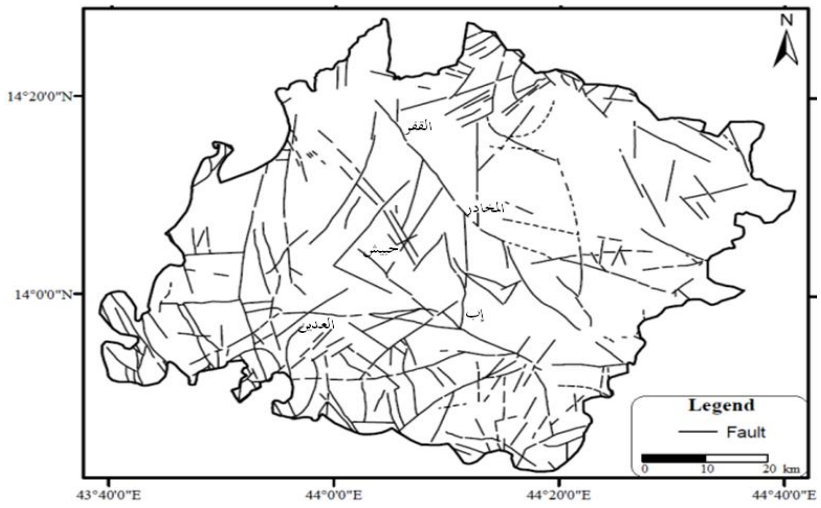
شكل 2: نموذج ارتفاع رقمي لمحافظة إب (دقة مكانية 30م)



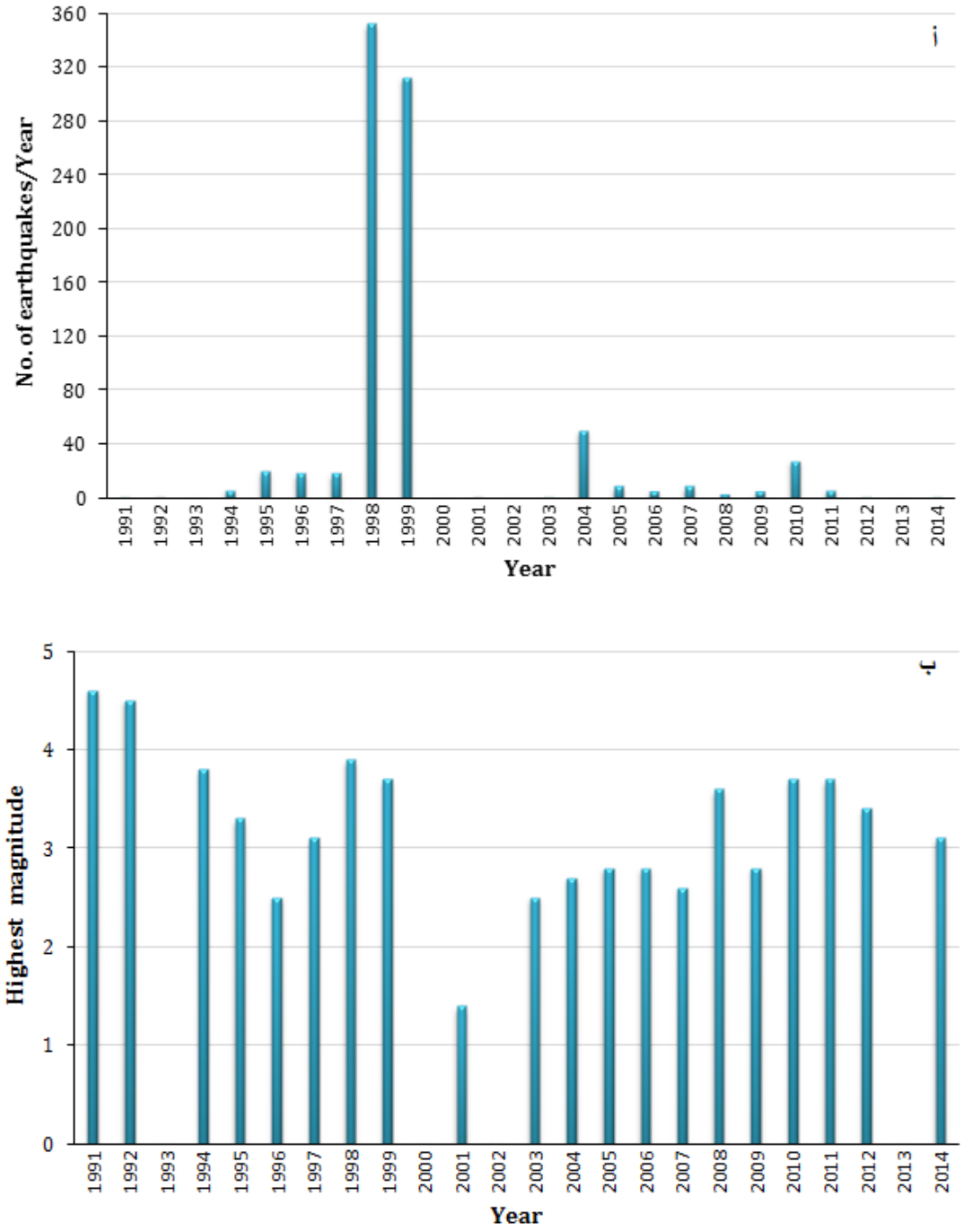
شكل 3: خريطة توضح الحدود التكتونية المحيطة بالصفيحة العربية والمناطق البركانية فيها، وتظهر فيها منطقة الدراسة [10]



شكل 4: خريطة جيولوجية لمحافظة إب [16]

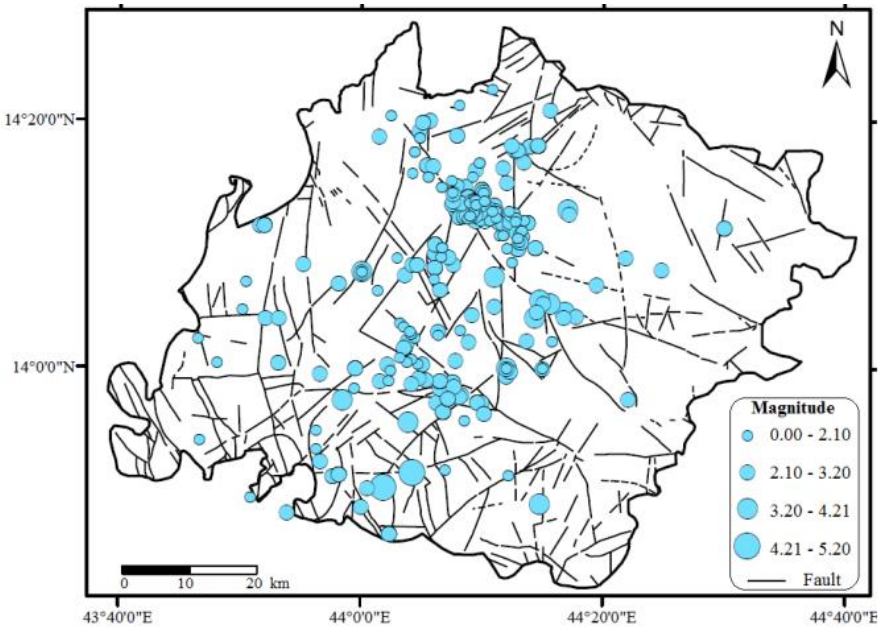


شكل 5: خريطة توضح توزيع الصدوع واتجاهاتها في محافظة إب [16]

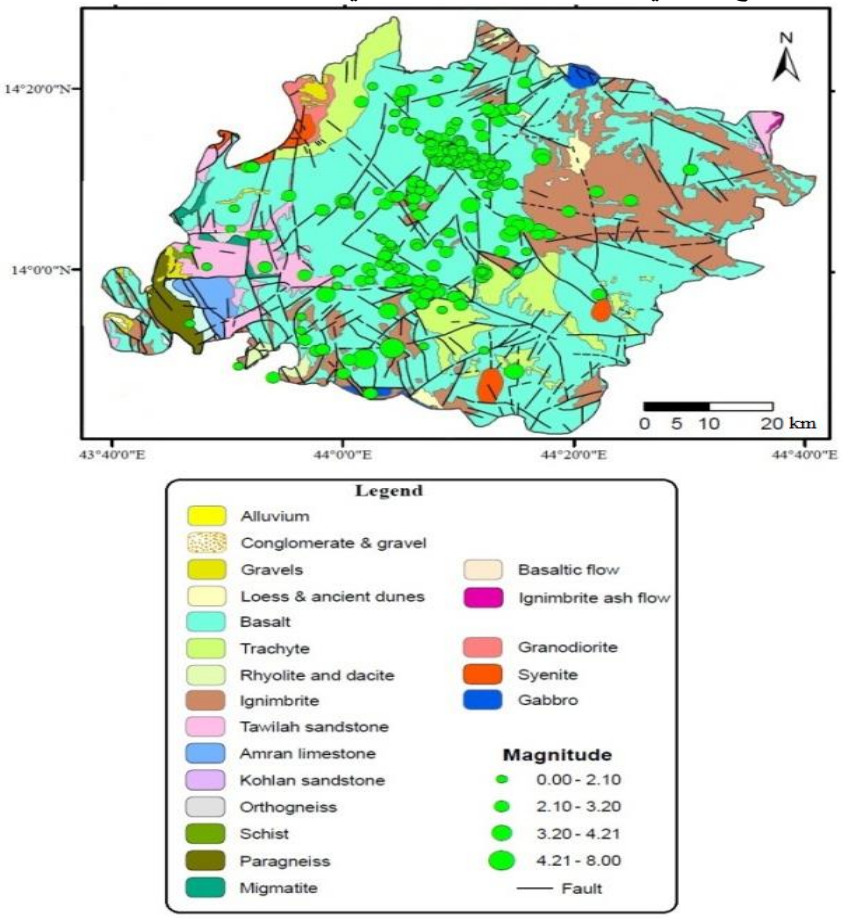


شكل 6: يوضح أ. العلاقة بين عدد الهزات الأرضية والزمن في محافظة إب للفترة من 1991-2014م،

ب. العلاقة بين أعلى مقدار زلزالي والزمن لنفس الفترة الزمنية



شكل 7: التوزيع المكاني للبؤر الزلزالية السطحية في محافظة إب للفترة من 1991-2014م



شكل 8: العلاقة بين الوحدات الصخرية والصدوع والبؤر الزلزالية السطحية

المراجع:

1. Al-Aydrus, A., 1996, "Seismological Considerations for Yemen". Unpublished M.Sc. Thesis, Department of Geology, Faculty of Science, Sana'a University, Sana'a, Yemen. p. 300.
2. Al- Suba'i, K.A., 2008, "Seismic Hazard Assessment of the Western Yemen Region". Journal of Science & Technology. v. 13, No. 2.
3. Alsinawi, S.A., 1997, "Principles of Seismology". Obadi for Studies and Publishing Center. 1st Ed., Sana'a, Yemen. p. 338. (in Arabic).
4. Alsinawi, S.A. and Al-Aydrus, A.A., 1996, "The Seismotectonic Environment for Yemen". Workshop on Seismic Monitoring in the Eastern Med. Region. Nicosia, Cyprus.
5. Alsinawi, S.A. and Al-Salim, M.A., 1983, "The Dhamar Earthquake of 13 December 1982". Second Geological Congress on the Middle East, Baghdad, p. 131-139.
6. Alsinawi, S.A. and Al-Aydrus, A., 1999, "Seismicity of Yemen", Obadi for Studies and Publishing Center, Sana'a, Yemen.
7. Ambraseys, N.N., 1961, "The Seismicity of Southwest Asia: Data from 15 Century Arabic manuscript". Rev. Etude des Calamites, Geneva. v. 37, p. 18-30.
8. Ambraseys, N.N and Melville, C.P., 1983, "Seismicity of Yemen", Nature, v. 303, No. 591, p. 321-323.
9. Arya, A.S., Srivastava, L.S. and Gupta, S.P., 1985, "Survey of Damages During the Dhamar Earthquake of 13 December 1982 in the Yemen Arab Republic", Bull. Seism. Soc. Am., v. 75, No. 2, p. 597-610.
10. Bosworth, W., Huchon, P., and McClay, K., 2005, "The Red Sea and Gulf of Aden Basins". Journal of African Earth Sciences. v. 43, p. 334–378.
11. Central Statistical Organization, 2004, "Statistical Year-Book 2003". Ministry of Planning and International Cooperation. Sana'a, Yemen. p. 453. (in Arabic).
12. Erdik, M., 1992, "22 December 1991 Yemen Earthquake". Soil Dynamics and Earthquake Engineering, v. 11, p. 327-334.
13. Huchon, P., Jestin, F., Cantagrel, J.M., Gaulier, J.M., Al-Khirbash, S.A. and Gafaneh, A., 1991, "Extentional Deformations in Yemen since Oligocene and the Africa-Arabia-Somalia Triple Junction". Annales Tectonicae.
14. Knox, R.P., Nyblade, A.A. and Langston, C.A., 1998, "Upper Mantle S Velocities beneath Afar and Western Saudi Arabia from Rayleigh Wave Dispersion", Geophysical Res. Let., v. 25, p. 4233-4236.
15. Langer, C.J., Bollinger, G.A. and Merghelani, H.M., 1987, "Aftershocks of the 13 December 1982 North Yemen Earthquake: conjugate normal faulting in an extensional setting". Bull. Seism. Soc. Am., v. 77, p. 2038-2055.
16. Mineral Exploration Board, 1990, "Geological maps of Taiz sheet, 13G and Dhamar sheet, 14G". The Natural Resources Project. Ministry of Oil and Mineral Resources, Sana'a, Yemen, (scale 1:250,000).
17. Merghelani, H.M., Kinker, A.R., and As-Sawwaf, M.W., 1981, "Microearthquakes in Jeddah Area". Saudi Arabian Dir. Gen. Min. Res., Open-file rept. 01-08 64B.
18. Mohindra, R.; Nair, A.K.; Gupta, S.; Sur, U. and Sokolov, V., 2012, "Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Yemen". International Journal of Geophysics.
19. Mohktar, T.A., 2007, "The Anelastic Attenuation of Surface Waves beneath Southwestern Arabia and the southern Red Sea". JKAU: Earth Sci., v. 18, p. 1-22
20. Plafker, G., Agar, R., Asker, A.H. and Hanif, M., 1987, "Surface effects and tectonic setting of the 13 December 1982 North Yemen Earthquake", Bull. Seism. Soc. Am., v. 77, p. 2018-2037.

21. Poirier, J.P. and Taher, M.A., 1980, "Historical Seismicity in the Near and Middle East, North Africa and Spain From Arabic Documents". Bull. Seism. Soc. Am., v. 70, No.6, p. 2185-2201.
22. Ritsema, H.J., van Heijst, J.H. and Woodhouse, J.H., 1999, "Complex Shear Velocity Structure Imaged beneath Africa and Iceland", Science, v. 286, p.1925-1928.
23. Ritsema, H.J. and Allen, R.M., 2003, "The Elusive Mantle plume, Earth and Planet". Sci. Let., v. 207, p.1-12.
24. Shehata, W.M., Kazi, A., Zakir, F.A., Allam, A.M. and Sabtan, A.A., 1983, "Preliminary investigations on Dhamar Earthquake, North Yemen of December 13, 1982". JKAU: Earth Sci., v. 5, p. 23-52.
25. UNDHA, 1991, "Yemen Earthquake Nov. 1991". UNDRO Situation Reports, p.1–5.

Spatial distribution of shallow earthquake epicenters in Ibb Governorate, Republic of Yemen

Ibrahim A. Al-Akhaly, A. A. Al-Aydrus and T. H. Al-Hibshi
Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science,
Sana'a University, Sana'a, Yemen.
Email:Ibnalakhaly@hotmail.com
DOI: https://doi.org/10.47372/uajnas.2017.n1.a10

Abstract

In this article, the spatial distribution of earthquake epicenters in Ibb Governorate was investigated. According to the seismic record, this area is characterized by microearthquakes activities, although macro-earthquakes may also occur such as those of Al-Udain earthquake (22 Nov.1991, M_b=4.6 and 19 May 1992, M_b=4.5). Based on these facts. This paper would outline the seismicity of the study area with reference to the prevailing rock formations and associated geological structures. The dominant rock unit is the Tertiary Yemen Volcanic that covers nearly 87% of the total area. Most of the earthquakes (844 events) were reported during the period between 1991 to 2014, with an average about 37 earthquake per year. Their magnitude range from 0.3 to 4.6, in which 18.5% have magnitude of more than 3. The focal depth of the reported earthquakes varies between 1 to 28 km. It is believed that the events are related to lithospherical deformations within the earth crust. The seismic activity in the study area may be classified as low to medium ($M \leq 4.6$) and predominantly localized along the major fault trends in three regions: Al-Makhader-Al-Qafr, Hubaysh and Al-Udain.

Key words: Yemen, Ibb, Earthquakes, Epicenters,Yemen Tertiary Volcanics.