استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم مواضع السدود لتنمية حصاد المياه في منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

المملكة العربية السعودية ـ وزارة التعليم العالي ـ جامعة الملك خالد

كلية العلوم الإنسانية ـ قسم الجغرافيا

geosp.net /vol-4/numéro-9

المستخلص:

تناولت الدراسة تحليل التوزيع الجغرافي للسدود في منطقة عسير، ورصد طرق حصاد المياه المتبعة بإنشاء سدود الاستعاضة والشرب والتحكم والحماية، كما اهتمت الدراسة بتقييم مواضع السدود الحالية وفقاً لعدد من المتغيرات التي تتحكم بشكل أساسي في تقييم مواضع السدود لغرض تنمية حصاد المياه بمنطقة عسير، وشملت المعايير الطبوغرافية والجيولوجية والمناخية والهيدرولوجية والبيدولوجية والنباتية والغطاء الأرضى، وتقييم الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية لحصاد المياه في المنطقة. وتوصلت الدراسة إلى أهم المعايير الأساسية التي يمكن اعتمادها في بناء نظام لاختيار المواضع المناسبة لإنشاء السدود في منطقة عسير، وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

المصطلحات العلمية: تطبيقات نظم معلومات جغرافية GIS، والاستشعار عن بعد RS، قواعد البيانات Data Base، التحليل المكاني spatial analysis الخرائط الطبقية layers Maps السدود Dams موارد المياه، منطقة عسير، المملكة العربية السعودية.

net /vol-4/numéro-9

مقدمة:

تمثل الموارد المائية عنصراً أساسياً لمقومات الحياة، وقد بدأ الاهتمام العالمي بقضية المياه منذ عقد المؤتمر الدولي الأول حول بيئة الإنسان برعاية الأمم المتحدة في مدينة استوكهلم بالسويد عام 1972، والذي خرج بتوصيات تضمنت عقد مؤتمراً عالمياً حول مشكلات المياه في مدينة ماردل بلاثا بالأرجنتين عام 1977، وصدر عنه إعلان يطالب بضرورة وضع خطط عمل لتقييم مصادر المياه في دول العالم، وضرورة توفير كميات كافية من المياه العذبة الصالحة للشرب لكل البشر. إن عدم حصول أكثر من 1.1 مليار فرد في البلدان النامية على المياه قد دفع مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة إلى إدراج توفير المياه الآمنة ضمن الأهداف الإنمائية للألفية بهدف خفض نسبة السكان الذين لا يحصلون على مياه الشرب إلى النصف بحلول عام 2015.

من هذا المنطلق اخذ موضوع المياه حيزاً كبيراً في معظم المؤتمرات الدولية المعنية بالقضايا البيئية، وأهمها مؤتمر المياه الذي عقد في دبلن بأيرلندا عام 1992م، ومؤتمر قمة الأرض الذي عقد في مدينة ريودى جانيرو بالبرازيل عام 1992، ومؤتمر الأمم المتحدة حول السكان الذي عقد في مدينة القاهرة بجمهورية مصر العربية عام 1994، ومؤتمر القمة العالمي الذي عقد في مدينة جوهانسبرج بجنوب أفريقيا عام 2002، ومؤتمر المياه الذي عقد في المكسيك عام 2006، وقد أكدت هذه المؤتمرات على أهمية الإدارة المستدامة للمياه العذبة بطريقة شمولية بمشاركة كل من مستخدمي المياه وصانعي القرار والمخططين، وضرورة دمج قطاع المياه وبرامجه في الاقتصاد الوطني والسياسة الاجتماعية (العوضي، وآخرون، 2008، ص ص 244-246).

والمملكة العربية السعودية لا تشكل استثناء بالنسبة لمشكلة الأمن المائي؛ فمتوسط حصة الفرد من المياه الصادرة عن الموارد المتجددة بلغ حوالي240م3 للشخص الواحد في عام 2010؛ ووفقا لمؤشر ندرة المياه فإن ذلك يعني أن المملكة بالفعل تحت خط ندرة المياه المعروف عالمياً1500م3 في السنة. وحيث أن النمو السكاني آخذ بالارتفاع بشكل مستمر فإن متوسط حصة الفرد من المياه المتجددة يقل بشكل سنوي(مجموعة الأغر وأكاديمية البشناق، 2013 ، ص ص 8 – 11) ؛ ولذلك فإن المملكة تواجه تحديات لتوفير وإنتاج المياه والمحافظة عليها، لا سيما في ظل شح المياه إقليمياً ودولياً مما يؤكد الحاجة الماسة إلى وضع خطط ودراسات إستراتيجية وإقامة مراكز بحثية وتطبيقية للإسهام في إدارة حركة التنمية المائية.

من هذا المنطلق اهتمت المملكة العربية السعودية بإنشاء وتنفيذ 394 سدا بنهاية عام 1433هـ بسعة تخزينية بلغت 1.926.898.524 مترا مكعبا منها 113 سدا في منطقة الدراسة بنسبة 28% من سدود المملكة بهدف الاستفادة منها لأغراض الشرب والري المباشر وتغذية الطبقات الجوفية بالمياه، بالإضافة إلى درء مخاطر السيول والتحكم في مياهها الجارفة (www.mowe.gov.sa) موقع وزارة المياه والكهرباء ، 2014

إن وقوع منطقة الدراسة ضمن حزام الدرع العربي الذي يتعرض لحركات باطنية وبدرجات مختلفة وفي مواقع متباينة فهي ذات نشاط زلزالي مستمر ، (www.sgs.org.sa) ، يشكل خطراً محسوساً على البنية التحتية. وبتوفير المعلومة المبنية على تحليل البيانات المكانية والوصفية التي تستخدم في الدراسات الجغرافية (العسيري ، 2013 ، ص 1) لصانع القرار من خلال دراسة وتحليل التوزيع الجغرافي للسدود في منطقة عسير، وتقييم مواضعها الحالية وفقاً لعدد من المتغيرات الطبوغرافية والجيولوجية والمناخية والهيدرولوجية والبيدولوجية والنباتية والغطاء الأرضي، وتقييم الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية لحصاد المياه في

المنطقة؛ هو ما تسعى له هذه الدراسة من خلال تحديد ا لمعايير الأساسية التي يمكن اعتمادها في بناء نظام لاختيار المواضع المناسبة لإنشاء السدود في منطقة عسير، وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

أهمية الدراسة:

تعد دراسة حصاد المياه في منطقة عسير من الأهمية بمكان خاصة بواسطة إنشاء السدود في مواضع مختارة، ويتطلب الأمر توفير المعلومات الضرورية عن بيئة الموضع، ومصادر الموارد المائية وطرق خزنها وتحليلها بالكيفية المناسبة للمخططين ومتخذي القرار من أجل اختيار المواضع المناسبة لإنشاء السدود، والحد من مشاكل نقص المياه في هذه المناطق، وكذلك تجنب الكثير من المشاكل والآثار السلبية الناتجة عن الاختيار غير الملائم لمواضع السدود.

ويعرف مصطلح حصاد المياه بأنه تلك التقنية التي تستخدم في حجز وتخزين مياه الأمطار والسيول في فترات سقوطها بطرق تختلف باختلاف الغاية من تجميعها ومعدلات هطولها وإعادة استخدامها سواء أكانت للشرب أم للري التكميلي والكامل أم لتغذية المياه الجوفية (الشيخ، 2006، ص2).

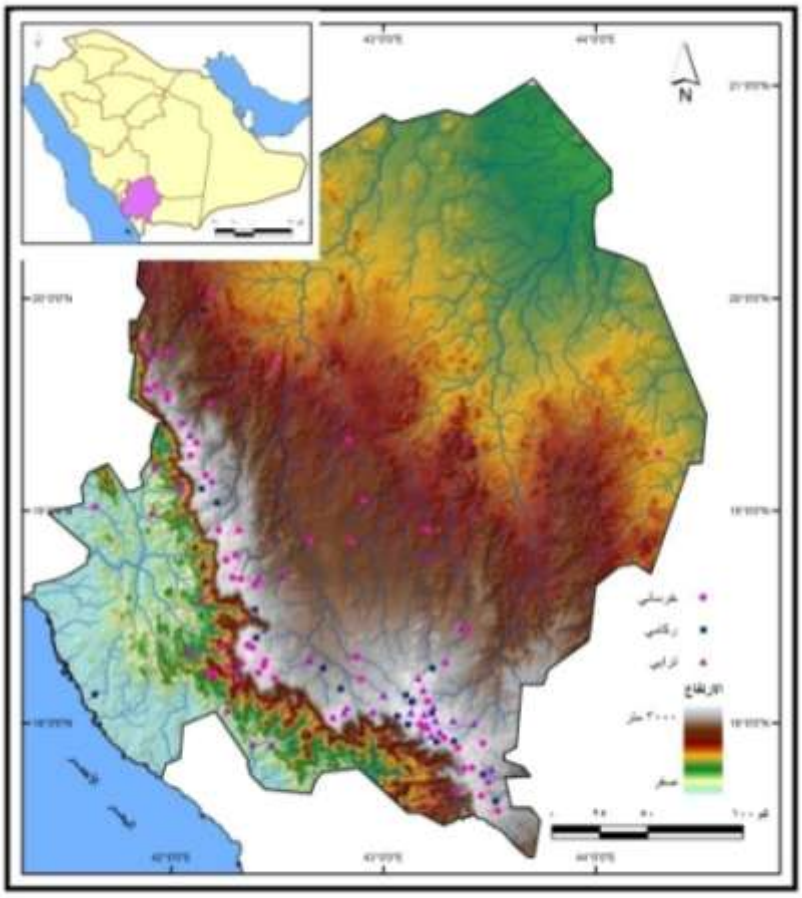
كما يعرف حصاد المياه على أنه جمع لمياه الأمطار من حوض معين يعرف بحوض التصريف أو المستجمع المائي، وهو عملية مورفولوجية أو كيميائية أو فيزيائية تُنفذ على سطح الأرض للاستفادة من مياه الأمطار بتخزين أكبر قدر منها، ويتم ذلك بتجميع مياه الجريان السطحي في منطقة تصريف وتخزين غير معرضة للانجراف لاستخدامها في الري أو لأي أغراض أخرى (عامر، 2013، ص63).

وتشتمل نظم حصاد المياه على ثلاثة مكونات رئيسة أولها: منطقة المستجمع المائي؛ وهي جزء من الأرض يسهم في بعض أو كامل حصته من مياه الأمطار لصالح المنطقة المستهدفة التي قد تكون واقعة خارج حدود ذلك الجزء، وثانيها: مرفق التخزين؛ وهو المكان الذي تحتجز فيه المياه الجارية من وقت جمعها وحتى استخدامها، وثالثها: المنطقة المستهدفة؛ وهي المنطقة التي تستخدم فيها المياه التي جرى حصادها (نعمان، 2013، ص26).

تحديد منطقة الدراسة:

geosp.net /vol 4/numéro 9

تتميز منطقة عسير بأنها أوفر مناطق المملكة العربية السعودية مطراً بحيث يمكن تنميتها والاستفادة منها عن طريق إنشاء السدود بهدف تنمية طرق حصاد المياه، وتعد منطقة عسير إحدى المناطق الإدارية في جنوب غربي المملكة العربية السعودية، وتقع بين دائرتي عرض 30 17 ْ و 21 ْ شمالاً، وبين خطي طول 30 41 ْ و 45 44 ْ شرقاً، (شكل 1)، ويحدها من الشمال منطقتي مكة المكرمة والرياض, ومن الجنوب منطقة جازان والحدود الدولية مع جمهورية اليمن, ومن الشرق منطقتي نجران والرياض, ومن الغرب منطقة الباحة ومكة المكرمة والبحر الأحمر (أطلس منطقة عسير1405هـ)، وتشغل منطقة عسير مساحة قدرها 84294 كم^2، وهي تمثل بذلك ما يعادل 3.7 % من جملة مساحة المملكة العربية السعودية، ويقطنها نحو 2,051,927 نسمة، يشكلون 7.5% من سكان المملكة، ونمواً سكانياً بمعدل 2.7% سنوياً، (مصلحة الإحصاء العامة والمعلومات،1431هـ)، وتنقسم منطقة عسير إدارياً إلى 12 محافظة.



شكل (١) موقع منطقة عسير بالنسبة للمملكة العربية السعودية

وتتسم منطقة عسير بطبيعتها الجبلية المرتفعة، ومناخها الموسمي الذي يتسم بسقوط الأمطار الفجائية بكميات تتفاوت بين السنة والأخرى، وعلى الرغم من التفاوت السنوي والمكاني لكمية الأمطار فهي تتعرض

للضياع بسبب طبوغرافية السطح والجريان السطحي السريع ولاسيما في المناطق الجبلية المرتفعة شديدة الانحدار، إضافة إلى التبخر والتسرب؛ مما يؤثر بشكل كبير على مدى الاستفادة من كمية الأمطار السنوية، ولهذا فقد أولت المملكة العربية السعودية قضية المياه اهتمامًا خاصًا بهدف القيام بمشروعات السدود الكبيرة لتنمية حصاد المياه في منطقة عسير.

وسوف تركز الدراسة على تقييم مواضع السدود بغرض تنمية حصاد المياه في منطقة عسير، ويعتمد توفير المياه وتخزينها على عدة اعتبارات أهمها: التكوينات الجيولوجية والبنية التكتونية وطبوغرافية السطح والأحوال المناخية والهيدرولوجية والخصائص البيدولوجية والنباتية والغطاء الأرضي، لذا كان لا بد من وضع برنامج شامل ومتكامل للتنمية الموارد المائية يرتكز على دراسة مواضع السدود ليتسنى على ضوئها فهم توزيع موارد المياه وتقرير أحسن السبل وأفضلها للمحافظة عليها والاستفادة منها.

أسباب اختيار الموضوع:

جاء اختيار موضوع الدراسة إلى عدة اعتبارات نوجزها في النقاط الآتية:

1- تواجه المملكة عموما ومنطقة عسير خصوصا تحديات كبيرة لتوفير المياه في شتى القطاعات المختلفة.
2- تعرض المنطقة في السنوات الأخيرة إلى عدد من الحركات لزلزالية (هيئة المساحة الجيولوجية السعودية 1435هـ)
3- تمتع منطقة عسير بموارد مائية يمكن تنميتها واستثمارها لتلبية الاحتياجات المتزايدة من المياه لأغراض التنمية المستدامة بالمنطقة.
4- الدور الكبير الذي تسهم به السدود في عملية حصاد المياه بمنطقة عسير.
5- أهمية تحديد معايير اختيار المواضع المناسبة لإنشاء السدود حتى تفي بالأغراض المشيدة من أجلها دون إلحاق الضرر بالبنية الهندسية للمشروع أو الإضرار ببيئة الموقع.
6- الجدوى البيئية والاجتماعية والاقتصادية لإنشاء السدود لغرض تنمية حصاد المياه.

مشكلة البحث:

geosp.net/vol-4/numero-9

تشير تقديرات البنك الدولي إلى أن نصيب الفرد من الموارد المائية العذبة الداخلية المتجددة قد بلغ في المملكة العربية السعودية نحو 83 م^3 / الفرد في عام 2013م، مقارنة بنحو 110 م^3 / الفرد في عام 2002م (http://data.albankaldawli.org., 2013).

إن هذا الانخفاض في نصيب الفرد من المياه قد صاحبه زيادة الطلب على استهلاك المياه عدة مرات – نتيجة تطور كافة القطاعات الاقتصادية والثقافية والاجتماعية، فضلا عن نمو المدن وخدمات السكان وارتفاع مستوى المعيشة – مما يتطلب ضرورة توفير كميات كافية من المياه، وتطوير الموارد المائية التقليدية (السطحية والجوفية) والأخرى غير التقليدية – تحلية مياه البحر ومعالجة مياه الصرف الصحي – (الطرباق ، بدون ،ص 2)، لتلبية متطلبات التنمية المستدامة التي لن تؤتى ثمارها دون توفير الاحتياجات المائية اللازمة لها.

من هنا اهتمت خطط التنمية الخماسية للمملكة بإنشاء السدود وتطويرها بغرض الاستفادة القصوى من مياه السيول والفيضانات كمورد مائي هام، فقد إنشيء 394 سدا حتى عام 1433هـ للأغراض المختلفة؛ كما أوصت الخطة الإستراتيجية للمياه في المملكة أن تمثل مياه السدود مصدرا رئيسا ثانيا لتلبية الاحتياجات المائية للسكان في منطقة عسير بعد تحلية المياه (وزارة المياه، 1435/1434هـ).

وعلى الرغم من أن إقامة السدود تعد من أنسب الحلول لتخزين كميات المياه الواردة عبر الأودية نتيجة للأمطار، وللحماية من أخطارها وبقدرتها العالية علي امتصاص صدمة السيل (الدسوقي،١٩٨ص 6)،إلا أنها قد تكون مصدرا لوقوع كارثة إنسانية وبيئية عندما لا تعطى الاهتمام الكافي من قبل القائمين على إنشائها وصيانتها واستخدامها باختيار الموضع المناسب للسد.

من هذا المنطلق أصبح من المهم تقييم مواضع تلك السدود بناء على عدة عوامل طبيعية – كالناحية الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية والهيدرولوجية والبيدولوجية والنباتية– إضافة إلى العوامل البشرية – كالنطاقات العمرانية والزراعية والمراعي والاستخدام الصناعي والسياحي وشبكات الطرق– ؛ للتعرف على مدى ملاءمتها للقيام بدورها كما يجب؛ من خلال استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والأساليب الإحصائية المناسبة.

تساؤلات الدراسة:

جاءت هذه الدراسة للإجابة على عدة تساؤلات هي:

1 – ما نمط التوزيع الجغرافي للسدود بمنطقة عسير؟

2 – هل مواضع السدود المقامة حالياً ملائمة للمعايير المحددة لها؟

3 – ما الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية للسدود بمنطقة عسير؟

أهداف الدراسة:

1 – تحليل التوزيع الجغرافي للسدود بمنطقة عسير.

2 – تقييم مواضع السدود بغرض تنمية حصاد المياه بمنطقة عسير.

3– تقييم الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية للسدود بمنطقة عسير.

مناهج الدراسة وأساليبها:

تعد نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد أحد الأدوات والتقنيات التحليلية الحديثة والفعالة بالنسبة لمتخذي القرار والمخططين لتقييم مواضع السدود لغرض حصاد المياه، حيث تستعمل هذه التقنيات لإنتاج واشتقاق مجموعة معطيات إضافية تفيد في عملية تحديد معايير تقييم مواضع السدود، إذ تعد نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد أحد المنظومات التقنية التي تسهم في هذا الدور؛ نظراً لما تمتلكه من قدرة علمية دقيقة لبناء وتحليل البيانات المكانية والوصفية التي تستخدم في الدراسات الجغرافية.

اعتمدت الدراسة على تحليل المرئيات الفضائية ETM عام 2014 بدقة تمييز مكانية 30م، ونموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة تمييز مكانية 30م التي تم الحصول عليها من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بالرياض. وقد تم الاستفادة من نموذج الارتفاع الرقمي DEM في تمثيل فئات الارتفاع عن منسوب سطح البحر، وحساب زوايا الانحدارات Slope واتجاهاتها Aspect، كما تم الاستفادة من DEM أيضًا في استخراج أحواض وشبكة التصريف المائي واستخلاص المتغيرات الهيدرولوجية، بمنطقة الدراسة مستعينًا في ذلك ببرنامج ARCGIS Ver.9.3.

كما اعتمدت الدراسة على الخريطة الجيولوجية بمقياس 1: 100000 الصادرة عن وزارة البترول والثروة المعدنية في عام 1971م، والخريطة الطبوغرافية بمقياس 1: 250000 الصادرة عن إدارة المساحة الجوية، وزارة البترول والثروة المعدنية عام 1402هـ، وخرائط التربة بمقياس 1: 250000 الصادرة عن وزارة الزراعة والمياه عام 1986م، وبيانات محطات الأرصاد الجوية. وتم إتباع المنهجين الموضوعي والكمي في

geosp.net/vol-4/numero-9

الدراسة، كما تم إتباع الأسلوب الكارتوجرافى باستخدام برامج ARCGIS, Excel في التمثيل البياني والخرائطي لاستخلاص وعرض النتائج.

أولاً: التوزيع الجغرافي للسدود:

تشتمل موارد المياه التي يمكن استغلالها في المملكة العربية السعودية على المياه السطحية الجارية نتيجة لتساقط الأمطار، وعلى المياه الجوفية الناتجة عن تسرب مياه الأمطار منذ أزمنة جيولوجية بعيدة إلى الصخور الخازنة للمياه، وعلى المياه الباطنية التي تقع على أعماق قريبة من السطح وقد تسربت من الأمطار الحالية التي كثيراً ما تكون سيولاً تملأ مجارى الأودية لفترات وجيزة.

وتوجد عدة طرق وتقنيات لحصاد المياه وتختلف هذه الطرق من منطقة إلى أخرى تبعا لمناخ المنطقة، وطبوغرافية السطح، وكمية الأمطار الساقطة، والخصائص الكنتورية، وطبيعة التربة، والغرض الذي يتم جمع المياه لأجله (خضير، وعمران، 2013، ص334)، وتعد السدود في منطقة عسير أهم الوسائل المتبعة لحصاد المياه الجارية وتغذية المياه الباطنية.

وتمثل السدود منشآت هندسية ذات أشكال وأنماط متعددة تهدف إلى حجز المياه أمامها في مجاري الأودية الموسمية الجريان لأغراض متعددة، وهى سدود متوسطة وصغيرة الحجم مقارنة بالسدود الكبيرة التي تقام على الأنهار الدائمة الجريان. ويبلغ عدد السدود في منطقة عسير 113 سداً أنشئت بهدف تنمية حصاد المياه، ويتباين التوزيع الجغرافي لهذه السدود من حيث أنواعها وموقعها وتاريخ إنشائها وسعتها التخزينية على النحو الآتي:

1- التوزيع الجغرافي للسدود حسب أنواعها:

تتعدد أنواع السدود المقامة في منطقة عسير لحصاد المياه، حيث يوجد أربعة أنواع أساسية من السدود حسب الغرض من إنشائها تشمل سدود الاستعاضة والتحكم والحماية والشرب، وتتضمن ثلاثة أنماط حسب نوع المواد المستخدمة، حيث تضم السدود الترابية والخرسانية والركامية.

ومن قراءة بيانات الجدول (1) والشكل (2) يتضح الآتي:

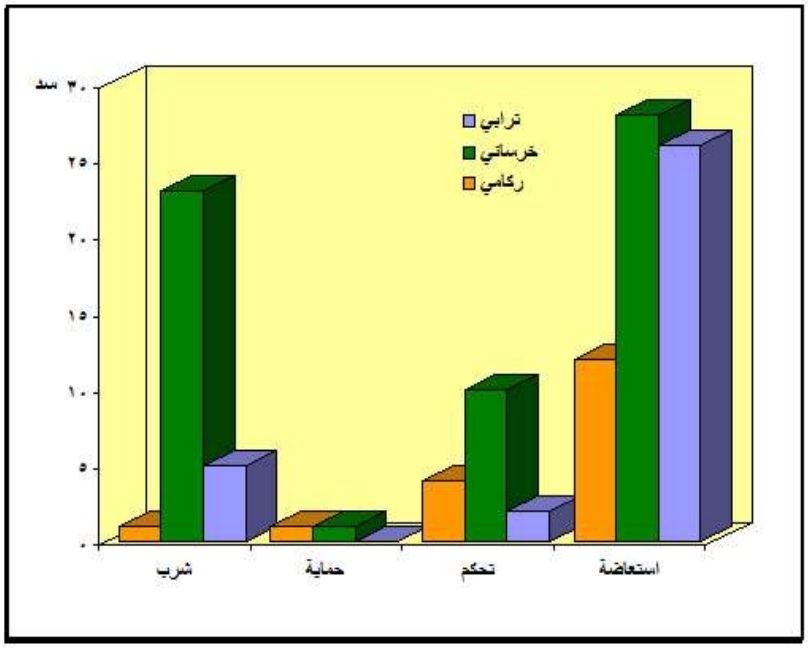
جدول (1) توزيع السدود في منطقة عسير حسب أنواعها

النوع	استعاضة	%	تحكم	%	حماية	%	شرب	%	الإجمالي	%

geosp.net/vol-4/numéro-9

ترابي	26	39.4	2	12.5	0	0	5	17.2	33	29.2
خرساني	28	42.4	10	62.5	1	50	23	79.3	62	54.9
ركامي	12	18.2	4	25.0	1	50	1	3.5	18	15.9
الاجمالي	66	100	16	100	2	100	29	100	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على بيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.



شكل (2) أنواع السدود حسب الغرض بمنطقة عسير

أ- سدود الاستعاضة:

تعرف سدود الاستعاضة أيضاً باسم السدود الترشيحية (أحمد، 2013، ص56)، ويتمثل الهدف منها في حجز المياه السطحية ومياه الفيضانات بالأودية وتخزينها لفترة مؤقتة، وبالتالي تكثيف الرشح المائي لرفع مستوى المياه الجوفية في منطقة السد، وزيادة الطاقة الإنتاجية للآبار في المناطق خلف السد عن طريق السماح بالتدفق البطيء للمياه في مجرى الوادي.

وتعد التغذية الجوفية عن طريق سدود الاستعاضة إحدى الوسائل الهندسية العملية لزيادة موارد المياه في منطقة عسير، وتعرف التغذية الجوفية الصناعية على أنها العملية الهندسية المخطط لها من قبل الإنسان

والتي يتم بموجبها تسرب المياه من الأودية إلى باطن الأرض بمعدلات وكميات تفوق التغذية الجوفية الطبيعية عدة مرات (وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه، 2011، ص40).

وترجع أهمية سدود الاستعاضة نظراً لارتفاع معدلات التبخر في المنطقة، بحيث يكون التخزين السطحي غير مجدياً في ظل هذه الظروف المناخية، ومن ثم برزت الحاجة إلى تخزين مياه الأمطار تحت الأرض، وتتم عملية التغذية الجوفية بمساعدة سدود الاستعاضة، أو أحواض التغذية الصناعية، أو أبار الحقن، كما أظهرت النتائج الخاصة بتطبيق معادلات التسرب والاستعاضة غير المشبعة عن طريق تشييد السدود المطاطية زيادة في كمية الاستعاضة بمقدار 35% عن الحالة الطبيعية (Sorman, et.al., 1990, p.11)، وتتميز التغذية الصناعية للخزانات الجوفية يتميز بالتكلفة الرأسمالية المنخفضة، وتكلفة التشغيل والصيانة المنخفضة، كما أنها لا تؤثر في استخدامات الأراضي، وتسمح بالتخزين لفترات طويلة، مع قلة الآثار البيئية، وعدم تلوث المياه الجوفية، والمرونة الزمنية والمكانية (داود، 2013، ص70).

وقد بلغ عدد سدود الاستعاضة في منطقة عسير 66 سداً تمثل 58.4% من إجمالي السدود بالمنطقة، ومعظم هذه السدود من النوع الخرساني والترابي، حيث تشكل نسبة 42.4% و 39.4% على التوالي من إجمالي سدود الاستعاضة بالمنطقة، بينما تشكل سدود الاستعاضة الركامية نسبة 18.2%.

ب – سدود التحكم:

يرجع الهدف من إنشاء سدود التحكم إلى ضبط حركة تدفق المياه السطحية في مجاري الأودية، وكميات المياه المنصرفة باتجاه أسفل الوادي، وقد بلغ عدد سدود التحكم في منطقة عسير 16 سداً، تمثل 14.2% من إجمالي السدود بالمنطقة، ومعظم هذه السدود من النوع الخرساني حيث تشكل نسبة 62.5% من جملة سدود التحكم بالمنطقة، بينما تشكل سدود التحكم الركامية والترابية نسبة 25% و12.5% على الترتيب.

ج– سدود الحماية:

تهدف سدود الحماية إلى درء آثار فيضانات الأودية بمنطقة عسير عن طريق تنظيم الجريان ومنع أخطار الجريان المائي السيلي عن المدن والتجمعات السكنية والمشاريع الزراعية، وترجع أهمية سدود الحماية من الفيضانات بمنطقة عسير إلى ما تمثله من مخاطر طبيعية مباشرة على حياه السكان وممتلكاتهم وعلى الأراضي الزراعية في منطقة الدراسة، بسبب الطبيعة الجبلية المرتفعة شديدة الانحدار والخالية من التربة السطحية، وطبيعة الأمطار الإعصارية الغزيرة والمركزة، والتي تسبب الجريان المائي السيلي، مما يحتم

geosp.net/vol-4/number-9

ضرورة اتخاذ التدابير المناسبة لدرء أخطار فيضانات الأودية عن طريق إنشاء سدود الحماية، والتي لابد أن تكون قادرة على تحمل قوة الفيضانات المدمرة ذات التدفقات العالية.

وقد بلغ عدد سدود الحماية في منطقة عسير سدين فقط يمثلا 1.8% من إجمالي السدود بالمنطقة، أحدهما من النوع الخرساني، بينما الأخر من النوع الركامي.

د- سدود الشرب:

تعد سدود الشرب من السدود التخزينية التي تهدف إلى تخزين المياه في بحيرات صناعية أمام السد في أوقات سقوط الأمطار للاستفادة منها مباشرة لأغراض الشرب والصناعة، كما تستعمل مياه هذه السدود في الري التكميلي أثناء فصل التساقط المطري، أو الري الكامل في فصل الجفاف.

وعلى الرغم من أهمية سدود التخزين السطحي في تجميع وتخزين مياه الأمطار المتدفقة عبر مجارى الأودية إلا أن الاستفادة منها في منطقة الدراسة محدوداً على المدى البعيد؛ نظراً لارتفاع نسبة الفاقد من المياه بفعل التبخر، ومع ذلك فإنه يمكن تحقيق جدوى اقتصادية من إنشاء سدود التخزين السطحي في بعض المناطق عن طريق إنشاء سد تخزيني كبير على وادي ضيق بحيث يقلل من التكلفة الاقتصادية ويخفض مساحة المسطح المائي المعرض للتبخر.

وقد بلغ عدد سدود الشرب في منطقة عسير 29 سدًا، تمثل 25.6% من إجمالي السدود بالمنطقة، ومعظم (54.9%) من النوع الخرساني، في حين تشكل سدود الشرب الترابية حوالي 29.2%، وبينما شكلت سدود الشرب الركامية 15.9%.

2- التوزيع الجغرافي للسدود حسب موقعها:

يتباين التوزيع الجغرافي للسدود في منطقة عسير بين محافظات منطقة عسير البالغ عددها 12 محافظة. ومن دراسة الجدول (2)، والشكل (3)، يتبين الآتي:

جاءت محافظة سراة عبيدة في المرتبة الأولى، حيث ضمت أكبر عدد من السدود المشيدة في منطقة عسير، حيث بلغت 22 سداً بنسبة 19.5%، وجاء في المرتبة الثانية محافظة أبها بعدد 20 سداً تمثل نسبة 17.7%، تليها في المرتبة الثالثة محافظة ظهران الجنوب بعدد 16 سداً تمثل نسبة 14.2%، ومن ثم تستحوذ هذه المحافظات الثلاث على حوالي نصف (51.4%) عدد السدود بمنطقة عسير.

geosp.net /vol-4/numéro-9

جدول (2) توزيع السدود بمحافظات منطقة عسير

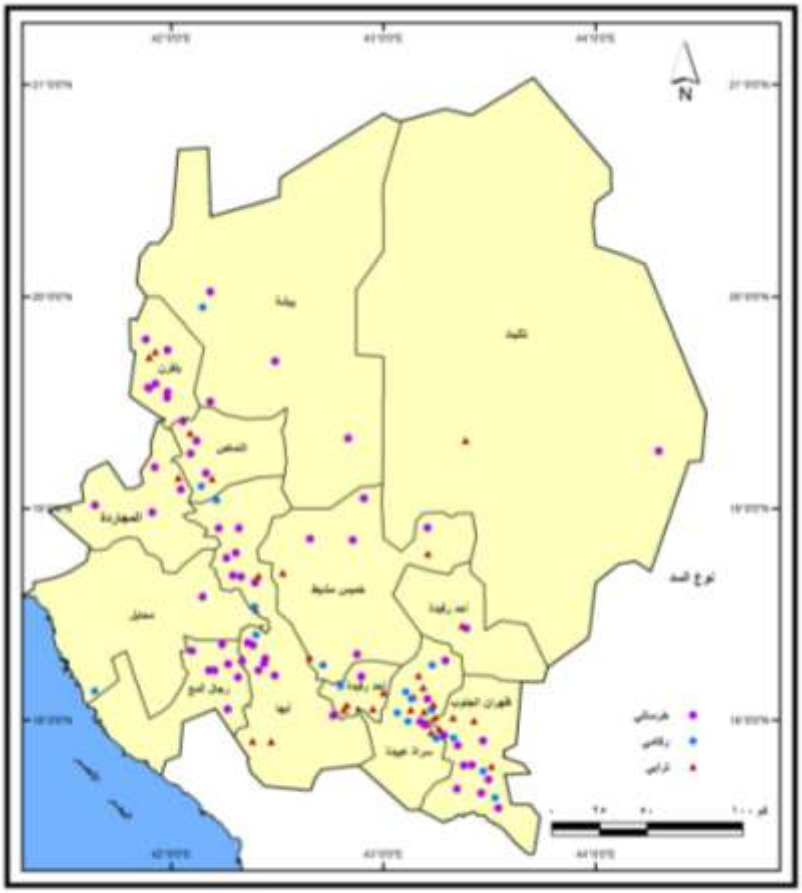
المحافظة	المساحة كم^2	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الاجمالي	%
أبها	5692.37	8	2	0	10	20	17.7
خميس مشيط	6140.17	4	2	0	3	9	8.0
بيشة	15017.85	4	0	1	0	5	4.4
النماص	1973.37	3	0	0	4	7	6.2
محايل	5768.65	2	0	0	0	2	1.8
سراة عبيدة	2663.86	15	7	0	0	22	19.5
تثليث	33386.78	1	0	0	1	2	1.8
رجال المع	2750.95	4	0	0	4	8	7.1
أحد رفيدة	3262.86	7	1	0	0	8	7.1
ظهران الجنوب	3028.97	11	2	1	2	16	14.2
بلقرن	1779.19	3	2	0	4	9	8.0
المجارده	2828.98	4	0	0	1	5	4.4
الإجمالي	84294	66	16	2	29	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على بيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.

وجاء في المجموعة الثانية أربع محافظات، شملت محافظتا خميس مشيط وبلقرن حيث ضمت كل منهما 9 سدود، بنسبة 8% من إجمالي السدود بمنطقة عسير، ومحافظتي رجال المع وأحد رفيدة حيث ضمت كل منهما 8 سدود بنسبة 7.1%.

وجاءت بقية محافظات منطقة عسير في المجموعة الثالثة التي ضمت خمس محافظات ضمت 21 سداً مثلت نسبة 18.6% من إجمالي السدود بمنطقة عسير، بينما جاءت محافظتا محايل وتثليث في المرتبة الأخيرة بعدد سدين لكل منهما.

geosp.net / vol-4/num-0-9



شكل (٣) توزيع السدود حسب النوع بمحافظات منطقة عسير

3- التوزيع الجغرافي للسدود حسب تاريخ تشييدها:

يشير الجدول (3) والشكل (4) إلى توزيع السدود حسب أنواعها وسنة تشييدها، حيث يتضح الآتي:

- بلغ عدد السدود المشيدة في منطقة عسير حتى عام 1400 هـ 4 سدود بنسبة 3.5% من جملة السدود بمنطقة عسير، حيث شملت سدين خراسانيين، وسد ترابي وسد ركامي، بينما شهدت المدة مابين 1401 – 1410 هـ إنشاء 45 سداً تشكل نسبة 39.8%، وكان معظمها من السدود الخرسانية التي بلغت 28 سداً بالإضافة إلى 9 سدود ركامية، و8 سدود ترابية.
- اتسمت المدة ما بين 1411 – 1420 هـ بقلة عدد السدود المشيدة بمنطقة عسير حيث بلغت 5سدود فقط بنسبة 4.4% من إجمالي السدود بمنطقة عسير، منها ثلاثة سدود ركامية وسد خرساني وسد ترابي، في حين شهدت المدة مابين1421 – 1430 هـ زيادة نسبية في تشييد السدود بلغت14 سداً بنسبة 12.3%، وكان معظمها من نوع السدود الترابية التي بلغت10 سدود، بالإضافة إلى4 سدود خرسانية.

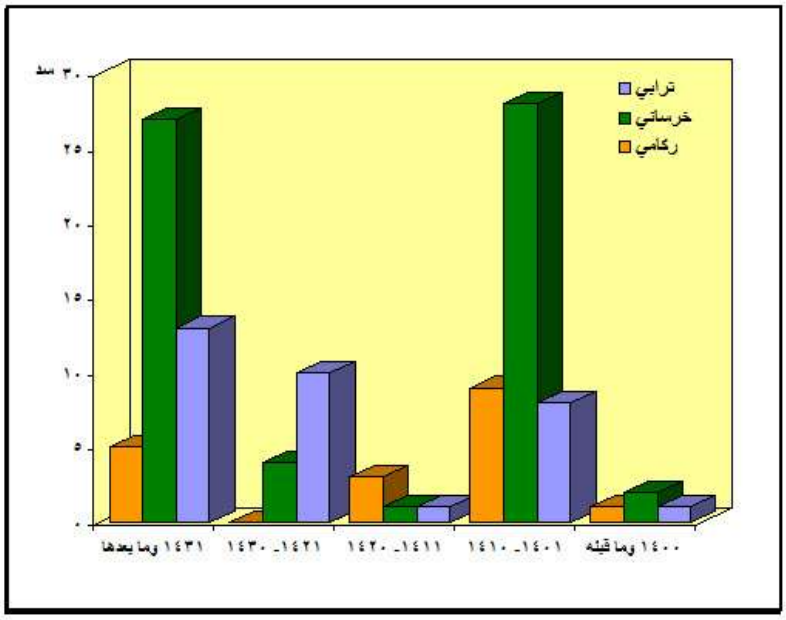
geosp.net

- زادت عدد السدود المشيدة بمنطقة عسير منذ عام 1430 هـ وحتى الآن حيث بلغ 45 سداً تشكل نسبة 39.8%، وكان معظمها من السدود الخرسانية التي بلغت 27 سداً بالإضافة إلى 12 سد ترابي، و 5 سدود ركامية.

جدول (3) توزيع السدود في منطقة عسير حسب تاريخ تشييدها

نوع السد	1400 هـ وما قبله	1401-1410هـ	1411-1420هـ	1421-1430هـ	1431 هـ وما بعدها	الإجمالي
ترابي	1	8	1	10	13	33
خرساني	2	28	1	4	27	62
ركامي	1	9	3	0	5	18
الإجمالي	4	45	5	14	45	113

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على بيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.



شكل (4) توزيع السدود حسب أنواعها وتاريخ تشييدها بمنطقة عسير

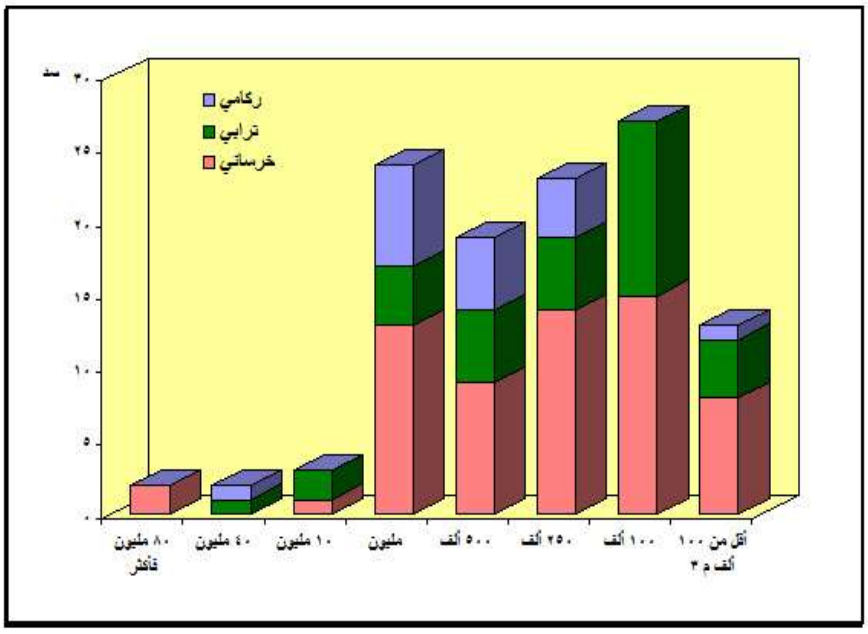
4- التوزيع الجغرافي للسدود حسب السعة التخزينية:

تشير بيانات الجدول (4) والشكل (5) إلى توزيع السدود في منطقة عسير حسب السعة التخزينية حيث يتضح الآتي:

جدول (4) توزيع السدود في منطقة عسير حسب السعة التخزينية

الفئة (م3)	ترابي	خرساني	ركامي	الإجمالي	%
أقل من 100 ألف	4	8	1	13	11.5
من 100 لأقل من 250 ألف	12	15	0	27	23.9
من 250 لأقل من 500 ألف	5	14	4	23	20.3
من 500 ألف لأقل من مليون	5	9	5	19	16.8
من مليون لأقل من 10 مليون	4	13	7	24	21.2
من 10 مليون لأقل من 40	2	1	0	3	2.6
من 40 مليون لأقل من 80 مليون	1	0	1	2	1.8
من 80 مليون فأكثر	0	2	0	2	1.8
المجموع	33	62	18	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على بيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.



شكل (5) توزيع السدود حسب أنواعها وسعتها التخزينية بمنطقة عسير

بلغ عدد السدود ذات السعة التخزينية أكثر من 10 مليون م^3 سبعة سدود بنسبة 6.2% من جملة السدود بمنطقة عسير، اثنين منهما تزيد سعتهما التخزينية عن 80 مليون م^3، ومنهما سد الملك فهد الذي يعد أكبر سدود المملكة العربية السعودية من حيث الحجم والطاقة التخزينية للمياه، وقد تم تشيده عام 1418 هـ، وتبلغ سعته التخزينية 325 ألف م^3، في حين يبلغ عرضه 507 متراً، وارتفاعه 103 متراً، ويأتي في المرتبة الثانية من حيث الارتفاع بعد سد وادي بيش في منطقة جازان والذي يبلغ ارتفاعه106متراً.

بينما يوجد 106 سداً تقل سعتها التخزينية عن 10 مليون م^3، تشكل نسبة 93.8%، ومن ثم يتضح أن معظم السدود بمنطقة عسير هي من نوع السدود صغيرة الحجم ذات السعة التخزينية المتواضعة.

ثانياً: تقييم مواضع السدود:

تعد عملية تقييم مواضع السدود لغرض تنمية حصاد المياه في منطقة عسير من الأهمية بمكان، إذ يتطلب الأمر توفير المعلومات الضرورية عن بيئة موضع السد بهدف اختيار المواضع المناسبة لإنشاء السدود، والحد من المشاكل والآثار السلبية الناتجة عن الاختيار غير الملائم لمواضع السدود، وذلك باستخدام التقنيات الحديثة لنظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، والتى تساعد في تطبيق معايير التقييم وتحليل واستنتاج البيانات اللازمة لتنمية حصاد المياه بمنطقة عسير.

وتتطلب المواضع الملائمة لإنشاء السدود عددًا من العوامل التي تؤهل الموضع لاختياره لإقامة السد، بناء على عدة اعتبارات أهمها: الاعتبارات الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية والهيدرولوجية والبيدولوجية والنباتية والغطاء الأرضي. وقد تم تحديد هذه العوامل وافقًا لعشر معايير يجب أخذها في عين الاعتبار لتقييم مواضع السدود بمنطقة عسير، وتمثل هذه المعايير العوامل المؤثرة في اختيار مواضع السدود، وقد اعتبر تأثير كل العوامل التي لها دور في تحديد ملائمة موضع السد متساوية، إذ أن مواضع إنشاء السدود يجب أن تتصف بمواصفات متعددة لا يمكن التقليل من أياً منها، لذا اعتبر تأثير كل العوامل متساوياً، وبما أن المواضع الملائمة لإنشاء السدود يجب أن تفي بالمعايير المحددة، فإن عدم توفر أحد هذه المعايير يقلل من ملائمة الموضع لإنشاء السد حتى مع توفر المعايير الأخرى (عزيز، وأحمد2014، ص25).

1- معايير تقييم مواضع السدود بمنطقة عسير:

تم الاعتماد في تقييم مواضع السدود على النظام الثنائي (0 – 1) في إعطاء الوزن لصفات وخصائص كل عامل من العوامل، فتم إعطاء القيمة (1) للمواضع الملائمة لإقامة السدود وإعطاء القيمة (0) للمواضع غير الملائمة لإقامة السدود وفقاً للمعايير المحددة، ثم تم حساب الوزن النسبي لمواضع السدود

geosp.net /vol-4/numero-9

وتصنيفها إلى ثلاث درجات ضمت المواضع الملائمة تماماً، والمواضع الملائمة نسبياً، والمواضع غير الملائمة لإنشاء السدود لغرض حصاد المياه بمنطقة عسير، وفيما يلى تقييم مواضع السدود وفقاً للمعايير المحددة:

أ – المعيار الليثولوجى:

تمثل منطقة عسير جزء من التكوين الجيولوجي لشبه الجزيرة العربية، وتتمثل الوحدات الصخرية الجيولوجية للمنطقة فيما يأتي:

– **الصخور النارية والمتحولة:**

وهي تنتمي إلى عصر ما قبل الكمبرى، وتوجد في جبال السروات، حيث تتكون تلك الجبال أساساً من الصخور النارية كالجرانيت والصخور المتحولة كالنيس والشست، وتغطى مساحات واسعة من هذه التكوينات الصخرية التدفقات البركانية التي يرجع تاريخها إلى الزمنين الثلاثي والرباعي، والمعروفة باسم الحرات (الشريف، 1995، ص51)، وتغطيها التربة الوديانية الحصوية والنتوءات الصخرية.

– **الصخور الرسوبية:**

وتنتشر في منطقة سهل تهامة بمحاذاة ساحل البحر الأحمر، ويغطي بعض أجزائها تربة حديثة غرينية منقولة ناتجة من تأثير عوامل التعرية على الجبال والصخور البركانية، وأيضًا الكثبان الرملية الريحية، كما تتواجد ترسيبات من السبخات، وترجع الرواسب السطحية إلى الزمن الرباعي الذي اتسم بحدوث فترات مطيرة أدت إلى زيادة قوة جريان الأودية المنحدرة من الجبال؛ مما أدى إلى زيادة التكوينات الرسوبية على طول ساحل البحر الأحمر، حيث يلاحظ زيادة سمك التكوينات الطميية والغرينية بالاتجاه نحو البحر (الودعانى، 2014، ص20).

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (5) والشكل (6) أن وحدة الصخور البركانية الرسوبية تستحوذ على أكبر عدد من السدود في منطقة عسير حيث بلغ عددها 39 سداً تشكل نسبة 34.5% من جملة السدود بالمنطقة، وتضم 20 سداً من نوع الاستعاضة، و 14 سد شرب، وخمسة سدود تحكم.

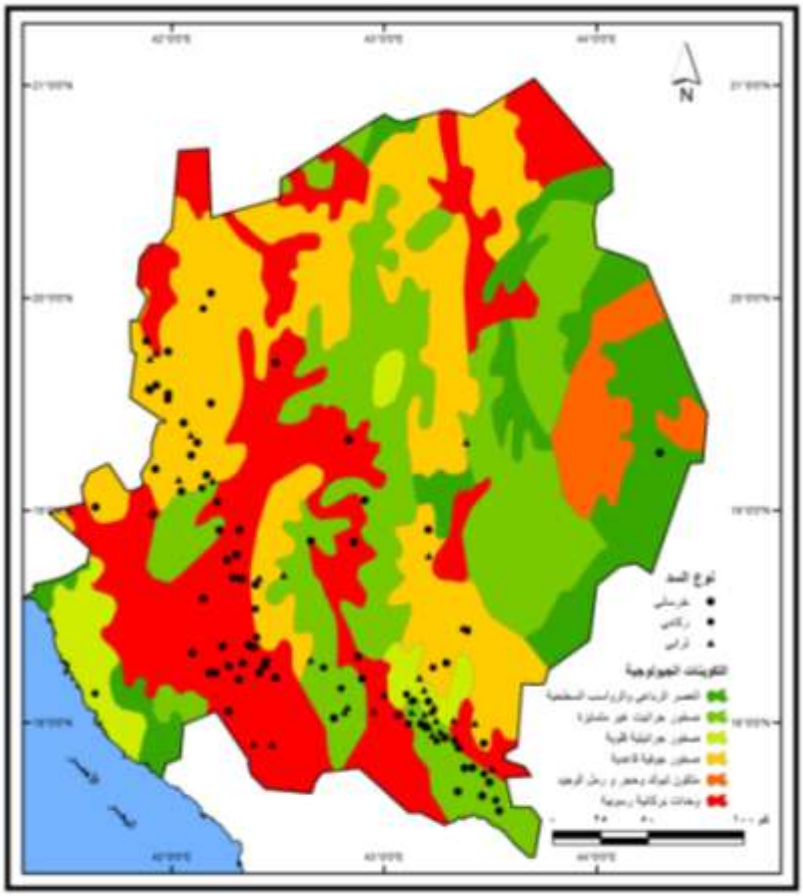
ويأتي في المرتبة الثانية وحدات الصخور الجرانيتية القلوية والجرانيت غير المتمايزة والصخور الجوفية القاعدية، حيث بلغ عدد السدود بكل منهما 73 سداً، ومعنى ذلك أن وحدات الصخور الجوفية والجرانيتية الصلبة تستحوذ على 64.6% من جملة السدود، وهى تضم 46 سد استعاضة، و 14 سد شرب، و 9 سدود تحكم، و4 سدود حماية.

geosp.net/vol-4/numéro-9

جدول (5) توزيع السدود في منطقة عسير حسب التكوينات الجيولوجية

نوع التركيب الجيولوجي	المساحة كم2	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الإجمالي	%
الزمن الرباعي والرواسب السطحية	9800	0	0	0	1	1	0.9
صخور جرانيت غير متمايزة	21804	21	6	1	4	32	28.3
صخور جرانيتية قلوية	3566	7	0	2	0	9	8.0
وحدات بركانية رسوبية	23284	20	5	0	14	39	34.5
صخور جوفية قاعدية	22170	18	3	1	10	32	28.3
تكوين تبوك وحجر ورمل الوجيد	3670	0	0	0	0	0	0.0
الإجمالي	84294.0	66	14	4	29	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على الخريطة الجيولوجية، مقياس 1: 100000 الصادرة عن وزارة البترول والثروة المعدنية، وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.



شكل (٦) توزيع أنواع السدود بالنسبة للتكوينات الجيولوجية

بينما تضم صخور الزمن الرباعي والرواسب السطحية سداً واحداً بنسبة 0.9%، وهو من نوع سدود الشرب، ولم يتم تشييد أية سدود في مواضع صخور تكوين تبوك وحجر ورمل تكوين وجيد نظراً لضعف الصخور.

ويهدف تحديد المعيار الليثولوجى إلى ضرورة مراعاة أن تكون المواضع المختارة لإقامة السدود واقعة على أراضى صخرية صلبة، بحيث تتحمل إقامة المنشات الهندسية للسد، وتقاوم الضغوط المتولدة نتيجة لثقل مياه الحصاد المخزنة، ومن ناحية أخرى يفضل تجنب المواضع ذات الطبيعة الصخرية الهشة واللينة والتي قد تشكل خطراً على جسم السد، وقد ينجم عن تجمع مياه الحصاد إحداث خلل في توازن الطبقات الصخرية، بسبب تجمع كميات كبيرة من المياه التي تمثل ثقلاً اصطناعيا إضافياً على سطح الأرض، ومن الممكن أن يؤدى هذا الثقل إلى حدوث هزات أرضية خفيفة بسبب ضغط الماء الذي يسبب أحيانا هبوطاً لقشرة الأرض في موقع السد (كليو، 1985، ص52).

ب –المعيار التكتونى:

يهدف تحديد المعيار التكتونى إلى ضرورة مراعاة أن تكون المواضع المختارة لإقامة السدود واقعة على أراضى ذات أساس متين، وبعيدة عن نطاقات الحركات الأرضية ومواضع الضعف الجيولوجي التي غالباً ما تشكل خطورة على المنشات الهندسية للسدود عند حدوث الحركات الزلازلية، وقد تم تحديد حرماً في حدود 200 متراً يحيط بأطراف الفوالق والصدوع الرئيسة بمنطقة عسير، بحيث يجب ألا تكون مواضع السدود ضمن هذا الحرم (الكفرى، 2008، ص14).

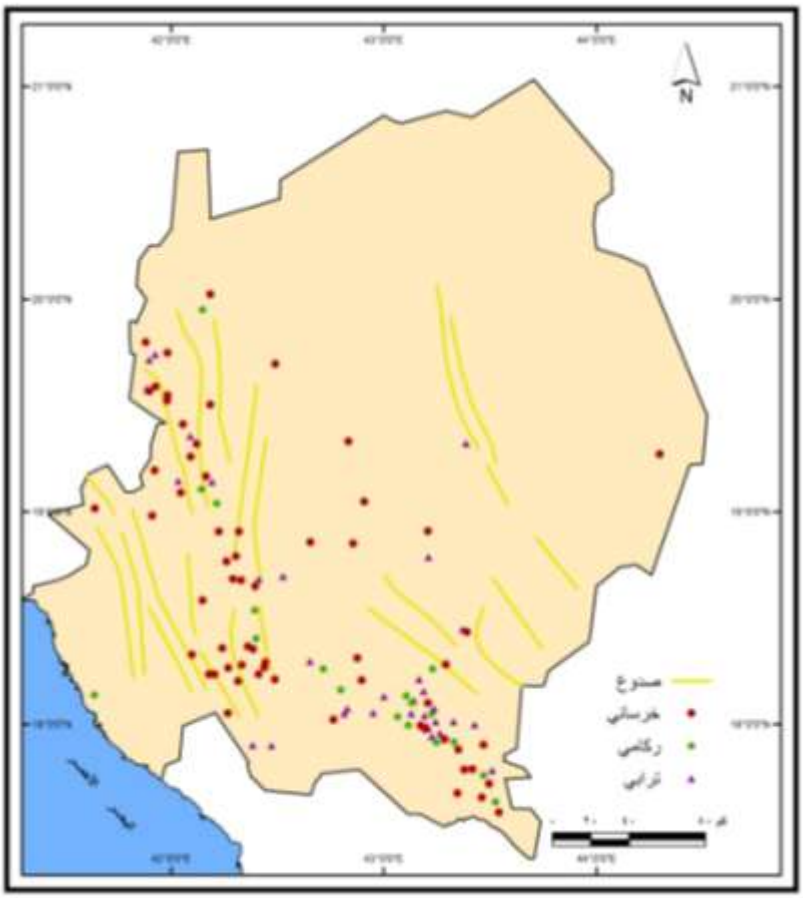
جدول (6) توزيع السدود في منطقة عسير حسب البنية التكتونية

حرم الصدوع	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الاجمالي	%
200	0	0	0	0	0	0.0
400	1	0	0	0	1	6.3
600	5	2	0	4	11	68.7
800	0	0	0	2	2	12.5
1000	1	1	0	0	2	12.5
الاجمالي	7	3	0	6	16	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على الخريطة الجيولوجية، مقياس 1: 100000 الصادرة عن وزارة البترول والثروة المعدنية، وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.

geosp.net/Vol-4/numero-9

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (6) والشكل (7) أنه يوجد 11 سداً تقع على بعد 600 متراً من الانكسارات والصدوع الرئيسة في منطقة عسير، بينما يقع سدان على بعد 800 متراً وسدان على بعد 1000 متراً منها، بنسبة 12.5% لكل منهما، ويوجد سداً واحداً على بعد 400 متراً من الصدوع، ولا توجد سدود تقع على بعد أقل من 200 متراً من الصدوع الرئيسة؛ مما يشير إلى تطبيق المعيار التكتونى بشكل مناسب عند اختيار مواضع السدود بمنطقة عسير.



شكل (٧) توزيع السدود بالنسبة للبنية التكتونية

ج -معيار ارتفاع السطح:

يعد معيار ارتفاع السطح أحد المعايير الطبوغرافية التي تؤثر على حصاد المياه بمواضع السدود، إذ تؤثر أشكال الأرض في النظم البيئية وظروف المناخ الفصلي والحياة النباتية، وأبرز العوامل المؤثرة في هذا المجال هي التضاريس وما يترتب عليها من وجود أراضى مستوية وسفوح منحدرة (مهدي، والخليوي، 1999، ص19)، إضافة إلى العلاقة الارتباطية بين الوحدات الأرضية من جهة وبين الدراسات الهيدرولوجية

والأحواض النهرية من جهة أخرى (العزى، 2013، ص16)، ويؤثر ارتفاع السطح بشكل مباشر على كمية ومعدل حصاد المياه في مواضع السدود.

وتتميز منطقة عسير بتنوع مظاهر السطح، حيث يمتد في غربي منطقة عسير وعلى طول ساحل البحر الأحمر سهلاً ساحلياً يعرف باسم سهل تهامة عسير، ويشكل مساحته 17.5% من مساحة منطقة عسير، ويتراوح ارتفاعه مابين صفر – 150 متراً فوق مستوى سطح البحر، (أمانة منطقة عسير، 1431هـ، ص2)، وإلى الشرق منه تقع تهامة الإصدار التي تمثل الأراضي الانتقالية ما بين سلسلة الجبال والسهول الساحلية، وتنتشر بها الكثير من التجمعات العمرانية.

وتمتد شرقاً سلسلة جبال السروات، وتشكل مساحتها 34.3% من مساحة منطقة عسير، وهى تمثل العمود الفقري لمرتفعات الحجاز وعسير، ويبلغ ارتفاعها أكثر من 3000 متراً فوق مستوى سطح البحر (أطلس المياه، 1405هـ)، حيث يصل أقصى ارتفاع 3015 متراً فوق مستوى سطح البحر في قمة جبل السودة الذي يقع شمال غرب مدينة أبها، ويمثل أعلى جبال المملكة العربية السعودية (هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، 2012، ص98)، وينحدر من هذه السلاسل الجبلية عددًا من الأودية والمسيلات المائية السريعة الجريان المتجهة نحو البحر الأحمر، ومن ناحية أخرى تنحدر بعض الأودية الكبيرة شرقاً إلى الداخل الصحراوي.

وفى أقصى الشرق تمتد الهضبة الشرقية التي تعرف باسم هضبة عسير وهي أراضي شبه منبسطة تشكل نسبة 48.2% من مساحة منطقة عسير، ويتراوح ارتفاعها مابين 600– 1400 متراً فوق مستوى سطح البحر، وينحدر سطحها انحداراً تدريجياً نحو الشرق والشمال، وتشكل الهضبة الشرقية مع مرتفعات جبال السروات قسم سراة عسير (أمانة منطقة عسير، 1431هـ، ص7)

ويلاحظ تقارب خطوط الكنتور في الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية من منطقة عسير، ويرجع ذلك إلى وجود المرتفعات الشرقية والشمالية الشرقية التي تمثل الحافة الإنكسارية، في حين يلاحظ تباعد خطوط الكنتور بالاتجاه غرباً حيث تكون سهل البيدمنت عند أقدام الجبال الذي يمتد غرباً ليتصل بالسهل شبه المستوى الذي كان له الدور في تكوين الكثبان الرملية والسبخات الشاطئية بالقرب من الساحل.

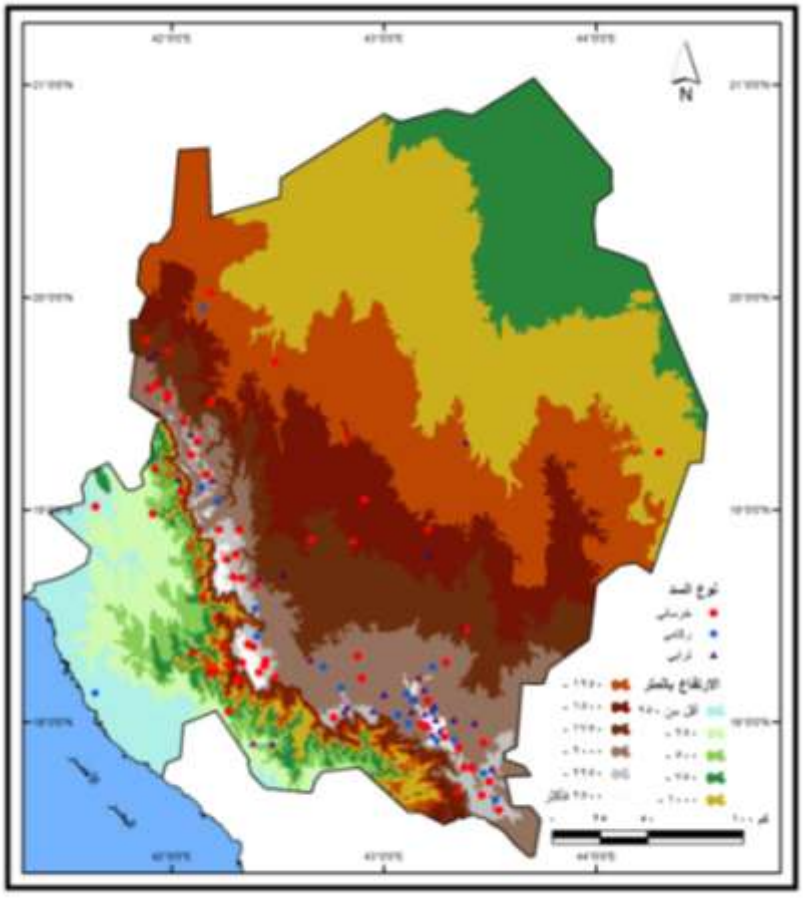
ويتضح من تحليل بيانات الجدول (7) والشكل (8) أن 77 سداً تقع على ارتفاعات تزيد على 2000 متراً فوق مستوى سطح البحر، تشكل نسبة 68.1% من جملة السدود بالمنطقة، منها 44 سد استعاضة، و 18 سد شرب، و 15 سد تحكم، و سد حماية واحد.

geosp.net/vol-4/numero-9

جدول (7) توزيع السدود في منطقة عسير حسب الارتفاعات

فئة الارتفاع (م)	المساحة (كم2)	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الإجمالي	%
250 -0	3718	1	0	0	1	2	1.8
500 -250	3812	0	0	0	1	1	0.9
750 -500	2119	2	0	0	1	3	2.7
1000 -750	10321	3	0	0	0	3	2.7
1250 -1000	20261	1	0	0	1	2	1.8
1500 -1250	15054	6	0	1	2	9	8.0
1750 -1500	10061	4	0	0	2	6	5.3
2000 -1750	8306	5	1	0	4	10	8.8
2250 -2000	8283	25	10	0	9	44	38.9
2500 -2250	1817	12	3	1	7	23	20.4
3000 -2500	542	7	2	0	1	10	8.8
الإجمالي	84294	66	16	2	29	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.



شكل (٨) توزيع السدود بالنسبة لفئات ارتفاع السطح بمنطقة عسير

بينما يقع 27 سداً على مناسيب تتراوح مابين 1000 – 2000 متراً فوق مستوى سطح البحر، تشكل نسبة 23.9% من جملة السدود بالمنطقة، وتضم 16 سد استعاضة، و 9 سدود شرب، و سد تحكم واحد، و سد حماية واحد.

في حين تقع 9 سدود على مناسيب تقل عن 1000 متراً فوق مستوى سطح البحر، تشكل نسبة 8.1% من جملة السدود بالمنطقة، وتضم 6 سدود استعاضة، و 3 سدود شرب، ولا يوجد على هذه المناسيب سدود تحكم أو حماية.

د – معيار انحدار السطح:

يظهر تأثير انحدار سطح الأرض في حصاد المياه بمواضع السدود واضحاً بين المرتفعات والسفوح شديدة الانحدار وبين المنخفضات أو المناطق المستوية، حيث تكون التربة رقيقة وحجرية في مناطق السفوح شديدة الانحدار، ومن ثم تتعرض الطبقة العلوية من تربة السفوح للانجراف بتأثير الجريان المائي، بينما تكون التربة سميكة ناعمة في المناطق المستوية.

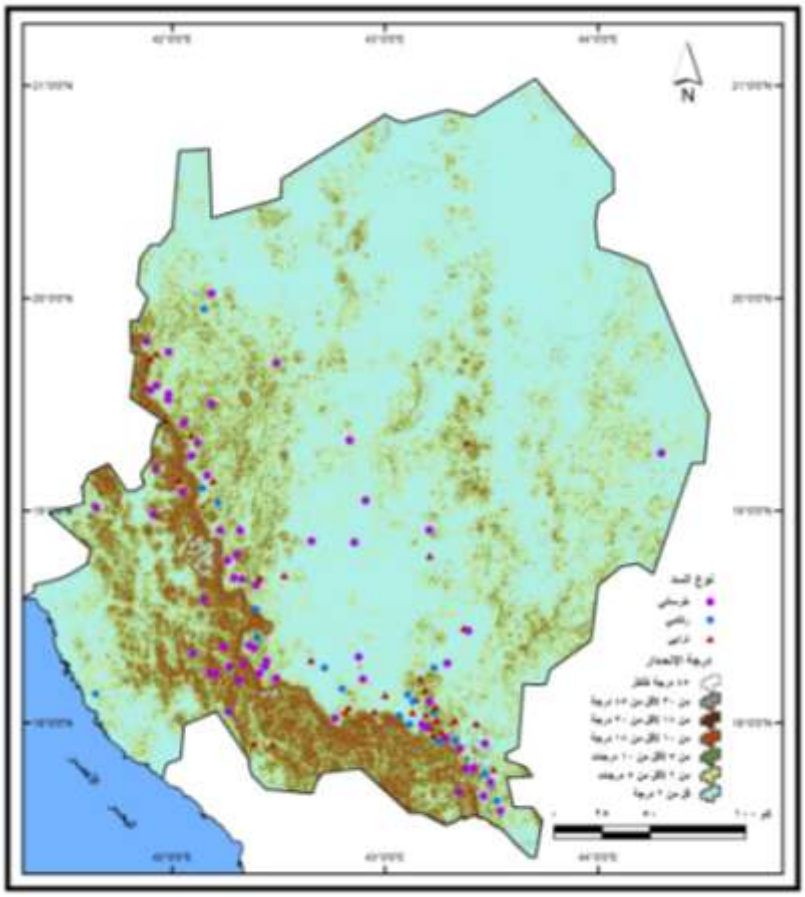
جدول (8) توزيع السدود في منطقة عسير حسب انحدار السطح

الانحدار	المساحة كم2	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الإجمالي	%
من صفر لأقل من 2	51284	21	9	0	10	40	35.4
من 2 لأقل من 5	18550	27	5	1	8	41	36.3
من 5 لأقل من 10	8717	9	1	1	6	17	15.0
من 10 لأقل من 18	3933	9	1	0	4	14	12.4
من 18 لأقل من 30	1450	0	0	0	1	1	0.9
من 30 لأقل 45	321	0	0	0	0	0	0.0
من 45 فأكثر	39	0	0	0	0	0	0.0
الإجمالي	84294	66	16	2	29	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (8) والشكل (9) وجود 40 سداً بنسبة 35.4% تقع في أراضي شبه مستوية يتراوح انحدارها مابين صفر لأقل من 2 درجة، وتشمل 21 سد استعاضة، و 10 سدود شرب، و9 سدود تحكم، ولا يوجد سدود حماية بهذه المناطق نظراً لقلة الانحدار الذي لا يشكل خطورة كبيرة لحدوث سيول مدمرة.

geosp.net/vol-4/number-9



شكل (٩) توزيع السدود بالنسبة لدرجات الانحدار بمنطقة عسير

يوجد 41 سداً بنسبة 36.3% تقع في تقع في أراضى شبه مستوية يتراوح انحدارها مابين 2 لأقل من 5 درجة، وتشمل 27 سد استعاضة، و8 سدود شرب، و5 سدود تحكم، وسد حماية واحد، وتقع بيقة السدود التي يبلغ عددها 32 سداً تشكل نسبة 28.3% في مناطق يتراوح انحدارها مابين 5 لأقل من 30 درجة وتضم 18 سد استعاضة، و 11 سد شرب، سدين تحكم، وسد حماية واحد.

في حين لم يتم إنشاء أية سدود في المناطق التي يزيد انحدارها على 30 درجة لما تمثله من خطورة على المنشات الهندسية للسدود.

وقد تم تطبيق معيار انحدار السطح باعتباره أحد المعايير الطبوغرافية اعتماداً على طبقة الانحدارات، وتم تحديد المعيار المقبول لانحدارات سطح الأرض التي تقع ضمنها مواضع السدود بالانحدارات التي تتراوح مابين صفر – 11 درجة وفقاً للمعايير العالمية، بحيث تكون الأرض التي تقع عليها مواضع السدود منبسطة أو ذات انحدارات خفيفة (الكفرى، 2008، ص14).

geosp.net

هـ – معيار اتجاه الانحدار:

يؤثر اتجاه انحدار السفوح الجبلية في كمية الرطوبة ونظام الأمطار، حيث تتلقى المنحدرات الشرقية كميات أكبر من الأمطار مقارنة مع المنحدرات الغربية التي تشكل مناطق ظل مطري، كما تتعرض السفوح الجنوبية والشرقية إلى قدر أكبر من الإشعاع الشمسي مقارنة بالسفوح الشمالية والغربية (فضة، ودريم، 2013، ص26)، وهذا يؤدي إلى تفاوت الغطاء النباتي من غطاء نباتي كثيف في السفوح الشمالية والشرقية، إلى غطاء نباتي خفيف ومبعثر في السفوح الجنوبية والغربية (الغامدى، 2009، ص1)؛ مما يؤثر بشكل مباشر في كمية حصاد المياه بمواضع السدود.

جدول (9) توزيع السدود في منطقة عسير حسب اتجاه الانحدار

الاتجاه	المساحة كم2	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الإجمالي	%
مستوي	2185	3	0	0	0	3	2.7
شمالي	12035	8	0	0	4	12	10.6
شمالي شرقي	13226	11	2	0	3	16	14.2
شرقي	11908	8	4	0	4	16	14.2
جنوبي شرقي	8909	6	2	0	3	11	9.7
جنوب	7577	7	0	1	6	14	12.4
جنوب غرب	8253	5	5	1	5	16	14.2
غرب	9582	14	1	0	1	16	14.2
شمال غرب	10619	4	2	0	3	9	8.0
الإجمالي	84294	66	16	2	29	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.

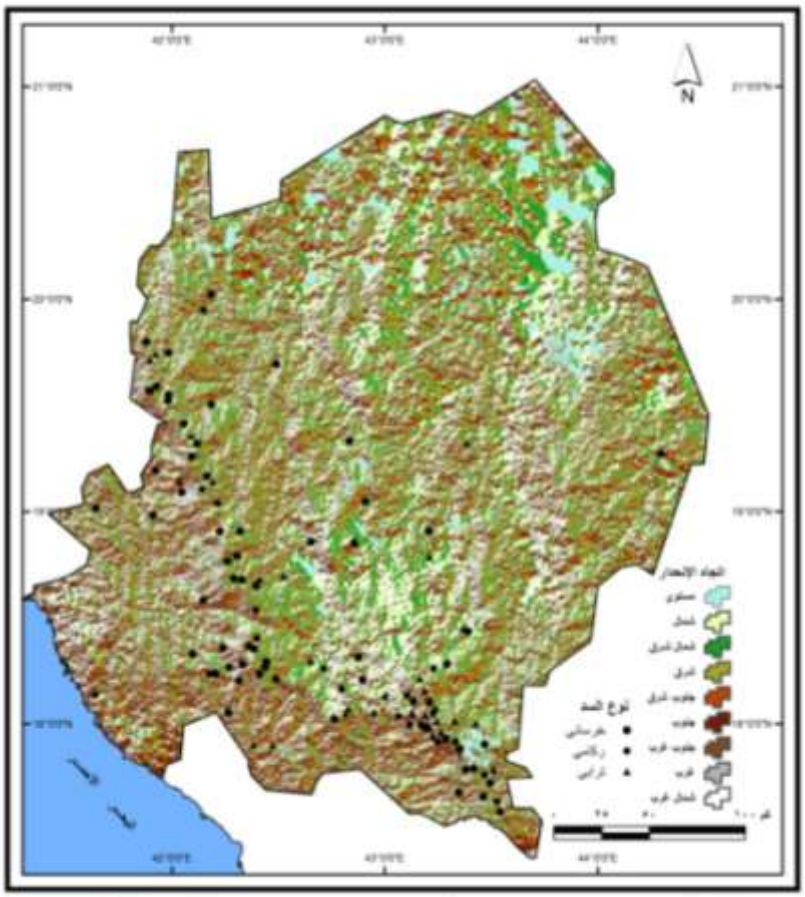
ويتضح من تحليل بيانات الجدول (9) والشكل (10) أن 43 سداً بنسبة 38.1% تقع في المواضع ذات الاتجاهات الشرقية والشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية، وهى تضم 25 سد استعاضة، و 10 سدود شرب، و8 سدود تحكم، بينما لا تشمل أيه سدود حماية.

geosp net /vol-4/number-9

يوجد 41 سداً بنسبة 36.2% تقع في المواضع ذات الاتجاهات الغربية والشمالية الغربية والجنوبية الغربية، وهى تضم 23 سد استعاضة، و9 سدود شرب، و8 سدود تحكم، وسد حماية واحد.

يوجد 12 سداً بنسبة 10.6% تقع في أراضى تتجه انحداراتها صوب الشمال، وتضم 8 سدود استعاضة، و4 سدود شرب، في حين يوجد 14 سداً بنسبة 12.4% تقع في أراضى تتجه انحداراتها صوب الجنوب، وتضم 7 سدود استعاضة، و 6 سدود شرب، وسد حماية واحد، بينما ضمت الأراضي المستوية 3 سدود استعاضة فقط تشكل 2.7% من جملة السدود في منطقة عسير.

وقد تم تطبيق معيار اتجاه انحدار السطح باعتباره احد المعايير الطبوغرافية اعتماداً على طبقة اتجاه الانحدار، وتم تحديد المعيار المقبول لاتجاه انحدارات سطح الأرض التي تقع ضمنها مواضع السدود بالاتجاهات الشمالية الغربية والغربية، بحيث تستقبل الأرض التي تقع عليها مواضع السدود أكبر كمية تساقط مطري.



شكل (١٠) توزيع السدود بالنسبة لاتجاهات انحدار السطح بمنطقة عسير

و – المعيار المناخي:

تعد مياه الأمطار والتي ينتج عنها المجاري المائية أحد الموارد المائية الرئيسة في المملكة العربية السعودية، ويقتصر استخدام هذه المياه على المناطق الجنوبية الغربية في منطقة عسير، التي تتلقى أكبر قدر من كميات الأمطار في المملكة، ويعتمد كثير من الحقول الزراعية المدرجة على السفوح الشرقية لجبال عسير على مياه الأمطار، وتستغل مياه الأودية العديدة في الزراعة، وذلك بإقامة السدود التي تحول مياه الفيضانات إلى الأراضي الزراعية الواقعة على جانبيها، أو تستغل في زراعة قيعان الأودية بعد تشربها لمقادير كبيرة من المياه.

وتؤثر الخصائص المناخية خاصة المطر بشكل رئيسي على حصاد المياه بالسدود من خلال كمية التساقط المطري، وشدة تساقط المطر وتوزيع، ويلاحظ أن الأمطار تقل بدرجة واضحة في المناطق الساحلية المنخفضة وتأخذ في الزيادة كلما اتجهنا إلى الداخل حيث الأراضي الجبلية المرتفعة، حيث تزيد كمية الأمطار السنوية في الإقليم الجبلي عن 300 مم، بينما تتراوح بين 100 –300 مم في إقليم التلال والهضاب، وتتناقص في النطاق الساحلي الواقع غربي منطقة الدراسة لتبلغ أقل من 150 مم.

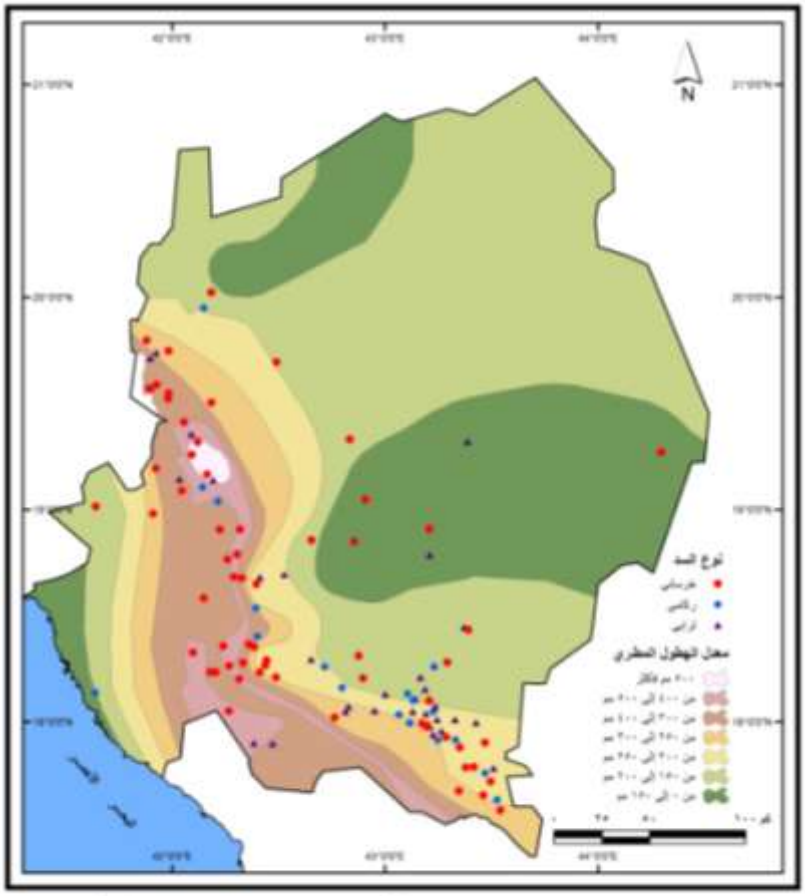
ونظراً لموقع منطقة عسير الفلكي فهي تتبع النظام الموسمي في سقوط الأمطار، فمعظم الأمطار تسقط في فصلي الصيف والخريف وذلك لهبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية، في حين تتأثر المناطق الشمالية بالرياح الشمالية الغربية؛ مما يؤثر على ارتفاع نسبة الأمطار بها شتاء.

جدول (10) توزيع السدود في منطقة عسير حسب خطوط تساوى المطر

معدل التساقط المطري (مم)	المساحة كم2	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الإجمالي	%
500 مم فأكثر	327.4	2	0	0	2	4	3.5
من 400 إلى 500	2833.1	5	0	0	7	12	10.6
من 300 إلى 400	8106.7	10	2	0	8	20	17.7
من 250 إلى 300	6141.9	11	2	1	3	17	15.0
من 200 إلى 250	8415.7	22	7	0	4	33	29.2
من 150 إلى 200	37209.0	12	5	1	2	20	17.7
أقل من 150	21029.4	4	0	0	3	7	6.2
الإجمالي	84294.0	66	16	2	29	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على بيانات الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.

geosp.net/vol-4/numéro-9



شكل (١١) توزيع السدود حسب نطاقات المطر المتساوي بمنطقة عسير

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (10) والشكل (11) أن معظم السدود تقع ما بين خطى المطر المتساوي 150 – 400 مم، حيث بلغ عددها 90 سداً تشكل نسبة 79.6% من جملة السدود في المنطقة عسير، وغالبية هذه السدود من نوع سدود الاستعاضة حيث بلغت 55 سداً، بالإضافة إلى 17 سد شرب، و 15 سد تحكم، وسدين حماية، بينما بلغ عدد السدود التي تقع فوق خط المطر المتساوي 400 مم فأكثر 16 سداً تشكل 14.2%، وهى تضم 7 سدود استعاضة و9 سدود شرب ولا يوجد بها سدود تحكم أو حماية، في حين بلغ عدد السدود المقامة دون خط المطر المتساوي 150 مم 7 سدود تشكل نسبة 6.2%، وتشمل 4 سدود استعاضة و3 سدود شرب.

ويعد المعيار المناخي – خاصة كمية الأمطار – من أهم المعايير المحددة لمواضع إنشاء السدود، نظراً لأن كمية الأمطار تعد من العوامل المحددة لعمليات الحصاد المائي بصورة عامة، والسدود الصغيرة خاصة، (عزيز، وأحمد، 2014، ص27)، حيث يؤثر ذلك في كمية التصريف المائي بالأودية ومقدار

geosp net

التغذية المائية للسدود، ويحدد المعيار المناخي لمواضع إنشاء السدود في النطاق الذي يستقبل كميات مطر سنوي تزيد على 50 مم (Awawdeh et,.al.,2010)، إلا أن منطقة عسير تتسم بارتفاع معدلات التساقط المطري، ومن ثم فقد اعتبرت المواضع التي تستقبل كميات مطر كبيرة تتعدى 200 مم سنوياً أكثر المواضع ملائمة لإنشاء السدود، في حين تقل أهمية المواضع التي تستقبل كميات مطر أقل.

ز – المعيار الهيدرولوجي:

يرتبط المعيار الهيدرولوجى بشبكات التصريف المائي في الأودية الرئيسة التي تنحدر على مرتفعات منطقة عسير، سواء تلك الأودية المنحدرة غرباً إلى البحر الأحمر، وأهمها وادي يبا ووادي كحلي ووادي عتود ووادي ريم، أم الأودية المنحدرة شرقاً ذات التصريف الداخلي وأهمها وادي بيشة ووادي تثليث ووادي حبونة ووادي جلا (شكل 12). وتبرز العلاقة بين الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف ونظام الجريان السطحي وتغذية الخزانات الجوفية (الجبورى، 2011، ص327).

شكل (١٢) توزيع السدود بالنسبة لأحواض وشبكة التصريف

وتشتمل منطقة عسير على عدد من الأودية الداخلية التي تتجه شرقاً ويبلغ مساحة أحواضها حوالي 78.000 كم2، وتبلغ كمية تصريفها السنوي 168.4 مليون م2، والأودية الخارجية التي تتجه غرباً نحو سواحل البحر الأحمر والتي يبلغ مساحة أحواضها حوالي 14163 كم2، وتبلغ كمية تصريفها السنوي 546.000 مليون م3 (Kenzo,1976,p97) .

وتشترك أحواض التصريف في منطقة عسير في مجموعة من الخصائص العامة أهمها:

- التجانس النسبي للتكوينات الجيولوجية التي تمتد عبرها أحواض تصريف الأودية.
- تتميز أحواض التصريف في منطقة عسير بزيادة اتساعها بالاتجاه صوب المصب وذلك لزيادة أعداد الروافد وبالتالي زيادة مساحة أحواض التصريف وزيادة كمية التصريف ويصاحب ذلك اتساع عرض للمجرى وزيادة عمقه وقلة أحجام الرواسب وضعف انحدار القطاع الطولي للمجري الرئيسي (الودعانى، 2014، ص28).
- عادة ما تمتلئ المسيلات المائية في حوض التصريف في أعالي الوادي السيلي بالجلاميد والتكوينات كبيرة الحجم والرواسب الحصوية مما قد يؤدي إلى تحرك تلك الكتل مع المياه المتدفقة في حين يتميز قاع الحوض أو القناة الرئيسة بالعمق والاستقرار وتأخذ شكل حرف v وتسود عمليات النحت الرأسي وإن كانت تتراكم في قاعة الجلاميد والتكوينات الخشنة.
- كثرة المجاري التي ترفد الأودية على اختلاف رتبها، ويرجع ذلك إلى طبيعة التكوين الصخري لمناطق الأحواض الغنية بالشقوق والفواصل حيث تعمل كمسارات عند تجمع مياه الأمطار فيتكون عدد كبير من الروافد تتجمع فيها كميات كبيرة من المياه وعند وصولها إلى المجرى تزيد من كمية التدفق المائي.

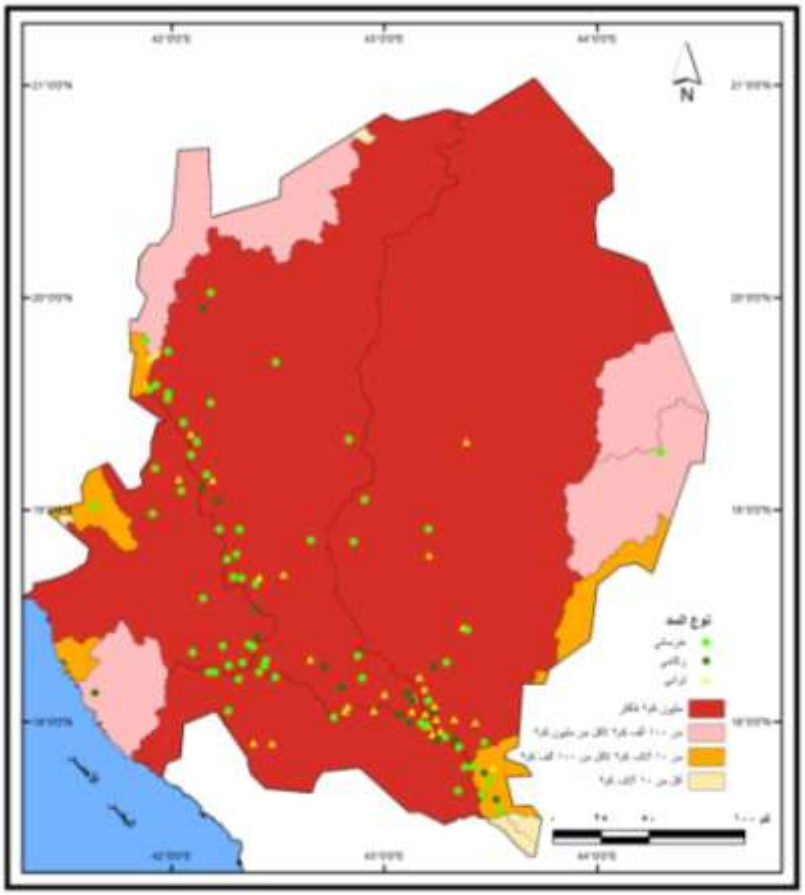
ويحدد المعيار الهيدرولوجي حجم المياه السطحية التي تجري في حوض التصريف، وحجم التخزين في بحيرة السد في السنوات المطرية حيث يرتبط ذلك بكمية تساقط الأمطار، ومعامل الجريان السطحي، ومساحة حوض التصريف التي يجب أن تكون كافية لملء بحيرة التخزين، ومن ثم يجب أن تكون مواضع السدود المشيدة لغرض حصاد المياه ضمن شبكة المسيلات المائية بأحواض التصريف (زيدان، وجبار، 2011، ص210)، ويمكن التعبير عن المعيار الهيدرولوجي لأحواض التصريف بمعامل الشكل[1] والذي يعطى دلالة على قدرة أحواض التصريف على تغذية السدود بالمياه الكافية وقدرتها على استيعاب كمية المياه المخزنة

1- المعيار الهيدرولوجى لحوض التصريف = 0.5 – P(A) 0.282

حيث أن P تمثل محيط الحوض التصريف (كم)، و A تمثل مساحة حوض التصريف (كم2) (احمد، 2013، ص60).

geosp.net /vol-4/numéro-9

أمام السد، ومن ثم فقد اعتبرت المواضع التي تتضمنها أحواض التصريف كبيرة المساحة أكثر ملائمة لإنشاء السدود عن المواضع التي تتضمنها أحواض التصريف الأقل مساحة.



شكل (١٣) المعيار الهيدرولوجي لتقييم مواضع السدود

ح –المعيار البيدولوجي:

يتأثر تكوين ونشأة التربة وتطورها بخمسة عوامل رئيسة هي: التركيب الجيولوجي والتضاريس والمناخ والعوامل البيولوجية، وكلها تمارس عملها خلال فترة زمنية طويلة يشار إليها عادة بعامل الزمن (حمادة، 2010، ص41)، ومن ناحية أخرى يؤثر نوع التربة التي تتساقط عليها الأمطار على حصاد المياه وكمية المياه المحجوزة أمام السد، حيث يلعب قوام التربة دوراً رئيساً في التأثير على معدل الإرتشاح والناقلية الهيدروليكية للتربة، حيث أن التربة الرملية والحصوية يزيد فيها معدل الإرتشاح مقارنة بالتربة الطمية والطينية، كما أن وجود الفراغات والمسام وبقايا جذوع الأشجار يؤثر على عملية الإرتشاح (الشيخ، 2006، ص4).

وتصنف منطقة الدراسة إلى أربع وحدات أرضية مختلفة تضم مجموعات التربة المتباينة وهي:

- ترب السهول الفيضية: وهي المتكونة على ضفاف مجارى الأودية الرئيسة في المنطقة على هيئة مصاطب متفاوتة في امتدادها العرضي وارتفاعها وبعدها عن المجرى.
- ترب مجارى قيعان الأودية وهي تمثل نطاق قيعان الأودية الرئيسة.
- الترب المتكونة من رواسب الجاذبية الأرضية والموجودة بالقرب من المنحدرات أو المرتفعات الجبلية المحيطة بالأودية.
- الترب المحلية المتكونة بالمرتفعات خاصة مرتفعات المنطقة الجنوبية الغربية (العمرى، 1998، ص35).

جدول (11) توزيع السدود في منطقة عسير حسب نوع التربة

نوعية التربة	المساحة كم2	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الاجمالي	%
توري أورثنتس	14015	4	0	0	1	5	4.4
يودي سامنتس	981	0	0	0	0	0	0.0
هابل أكوبتيس	1730	1	0	0	1	2	1.8
كامب أورثيدس	4898	0	0	0	0	0	0.0
توري فلوفنتس	3517	22	7	1	6	36	31.9
كالسي أورثيدس	1902	0	0	0	1	1	0.9
أراضي صخرية	2435	7	1	0	0	8	7.1
سال أورثيدس	113	0	0	0	0	0	0.0
توري سامنتس	10557	0	2	0	1	3	2.7
حجارة بركانية	2829	0	0	0	0	0	0.0
جيسي أورثيدس	41317	32	6	1	19	58	51.3
الإجمالي	84294	66	16	2	29	113	100

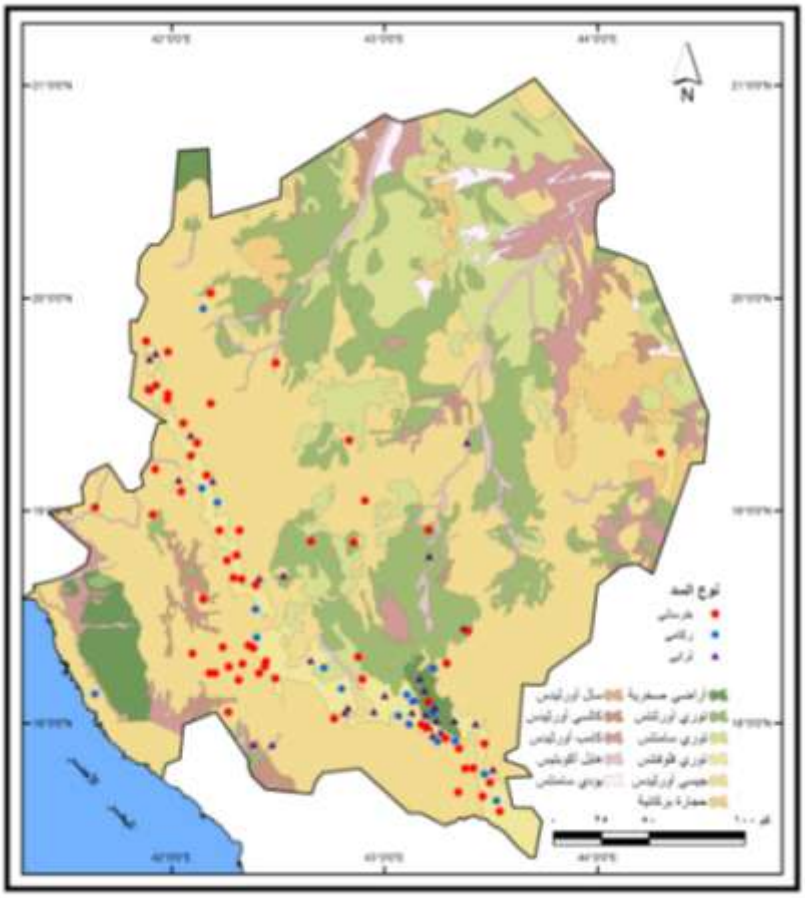
المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على خريطة التربة الصادرة عن وزارة الزراعة والمياه عام 1986م، وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة 1436هـ.

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (11) والشكل (14) أن حوالي نصف عدد السدود تقع في أراضى التربة جيسي أورثيدس، حيث بلغت 58 سداً تشكل نسبة 51.3% من جملة السدود بمنطقة عسير، بينما يقع

geosp.net /vol-4/numéro-9

36 سداً تقع أراضى التربة توري فلوفنتس بنسبة 31.9%، وتضم هاتين الفئتين مجتمعة 83.2% من جملة السدود، وتشمل 54 سد استعاضة، و25 سد شرب، و13 سد تحكم، وسدين حماية.

بينما تتوزع بقية مواضع السدود في أراضى ذات تربات مختلفة منها الأراضي الصخرية التي ضمت 8 سدود تشكل 7.1% من جملة السدود بالمنطقة، منها 7 سدود استعاضة وسد تحكم.



شكل (١٤) توزيع السدود بالنسبة لأنواع التربة بمنطقة عسير

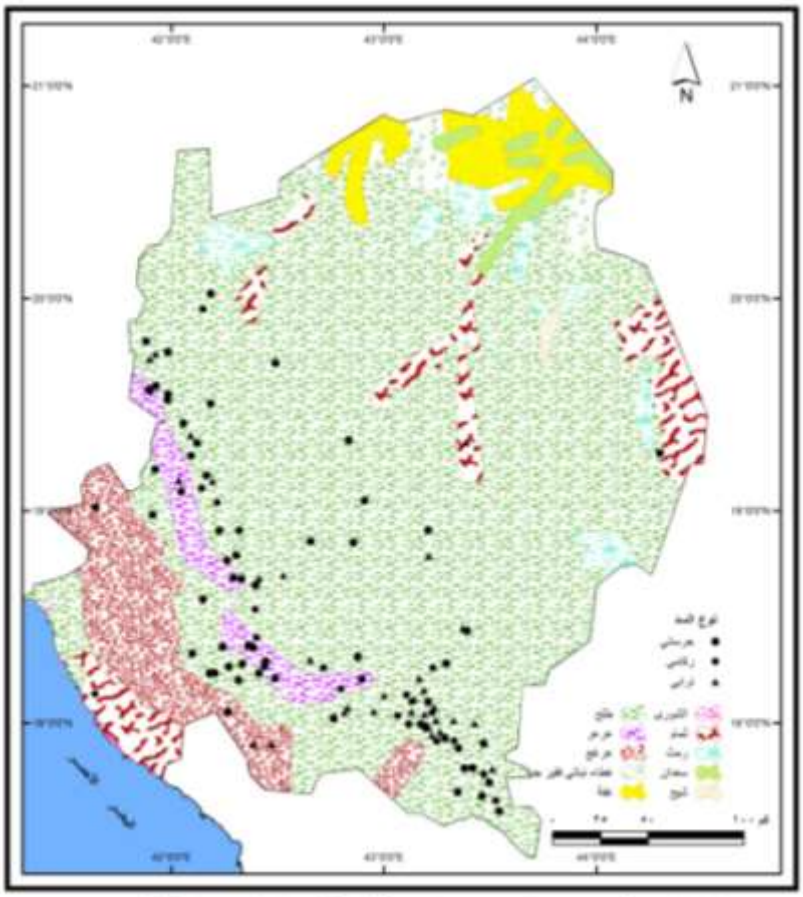
ط -معيار الغطاء النباتي:

يرتبط انتشار ووجود النباتات، بالعوامل الطبيعية كالمناخ والتضاريس والتربة، حيث تعد هذه العوامل من أهم المحددات في تنوع النبات الطبيعي واختلاف كثافته من إقليم إلى أخر، حيث تنتشر النباتات بشكل متجانس مع الأقاليم المناخية (حمادة، 2010، ص53)، ويؤثر الغطاء النباتي في حصاد المياه بمواضع السدود من خلال: زيادة الناقلية الهيدروليكية، وزيادة تكوين ظاهرة البقع المائية وبالتالي تزيد عملية التبخر، كمل يشكل الغطاء النباتي حواجز أمام المياه وبالتالي زيادة كمية الماء المعرضة للتبخر.

جدول (12) التوزيع المساحي لأنواع النبات الطبيعي في منطقة عسير

النوع	المساحة (كم2)	النوع	المساحة (كم2)
ثمام	5553.35	عرعر	2482.75
رمث	2539.81	عرغج	6481.01
سعدان	1148.54	غطاء نباتي فقير جدا	1597.50
شيح	175.74	غفة	3213.85
طلح	61056.24	الشورى	45.21
الإجمالي	84294.00		

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على خريطة توزيع الغطاء النباتي، مشروع الدراسات التخطيطية الشاملة لمنطقة عسير، الدراسات البيئية والطبيعية 1431هـ، وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.



شكل (١٥) توزيع السدود بالنسبة للغطاء النباتي بمنطقة عسير

تشتهر عسير بغاباتها الكثيفة، ومراعيها الغنية؛ وذلك بسبب عامل الارتفاع، وكمية سقوط الأمطار؛ حيث نمت أنواع من الأشجار بما يتناسب، ومعدلات الارتفاع في المنطقة، ودرجة ميول السطح، وتقع منطقة عسير في شرق المنطقة النباتية السودانية المتميزة بغناها الفلوري، وبتنوع غطائها النباتي؛ وذلك نظراً لوقوعها جنوب مدار السرطان، مما يعرضها للرياح الموسمية المحملة بالأمطار، بالإضافة إلى ارتفاع المنطقة، وانخفاض متوسط درجات الحرارة، وزيادة كمية الأمطار، وارتفاع رطوبة الهواء؛ مما وفر لهذه المنطقة غطاء نباتي معتدل يتألف بشكل أساسي من غابات يسودها نبات العرعر، والزيتون البري (العتم) والغفة والثمام والعرغج، كما يتضح من الجدول (12) والشكل (15).

ي –معيار الغطاء الأرضي:

تشهد منطقة عسير نمواً سكانياً متزايداً واكبه نمواً عمرانياً واقتصادياً كبيراً؛ مما يتطلب تشييد السدود التي تكفل تدبير الاحتياجات المائية اللازمة لتلبية متطلبات التنمية الاقتصادية والاجتماعية بالمنطقة، وقد ينتج عن تدخل الإنسان العشوائي المتمثل بالقطع الجائر للأشجار والشجيرات، والذى ينتج عنه تعرية التربة وتعرضها للانجراف، كما تعانى بعض أجزاء منطقة عسير من الاستغلال السيئ للأرض عن طريق التوسع الزراعي والرعي الجائر والنمو العمراني، الأمر الذي أدى إلى زيادة الضغط على الموارد المائية والبيئية بالمنطقة بشكل قد يهدد بمشاكل بيئية كبيرة تعوق عمليات التنمية المنشودة.

ويعد معيار الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض المعيار العاشر الذي يجب الإحاطة به في عملية تقييم مواضع السدود لغرض تنمية حصاد المياه بمنطقة عسير، حيث تعد مناطق الاستخدامات البشرية بمثابة المناطق المستهدفة التي تستخدم فيها المياه التي يجرى حصادها، ومن ثم فانه ينبغي أن تكون مواضع السدود المشيدة لغرض حصاد المياه بعيدة قدر الإمكان عن شبكة الطرق والتجمعات العمرانية والمناطق الزراعية ومناطق الغابات والمراعى والمناطق الصناعية والسياحية والاستعمالات الخاصة، بينما قد يكون من الملائم تشييد السدود في المناطق الجبلية ومجارى الأودية ومناطق البحيرات والمستنقعات والأراضي الصحراوية وأراضى الفضاء.

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (13) والشكل (16) أن معظم مساحة منطقة عسير تمثلها الأراضي ذات الغطاء الطبيعي، حيث شكلت نسبة 96.2% من جملة مساحة المنطقة، ويتنوع الغطاء الأرضي ما بين مناطق سفوح الجبال والمنحدرات، ومناطق السبخات، ومناطق الحرات، والمناطق الجبلية غير المستغلة، ومجارى الأودية والسيول، والأراضي الفضاء من الهضاب والسهول، ومناطق الكثبان الرملية، والأراضي الصحراوية.

geosp.net/vol-4/numéro-9

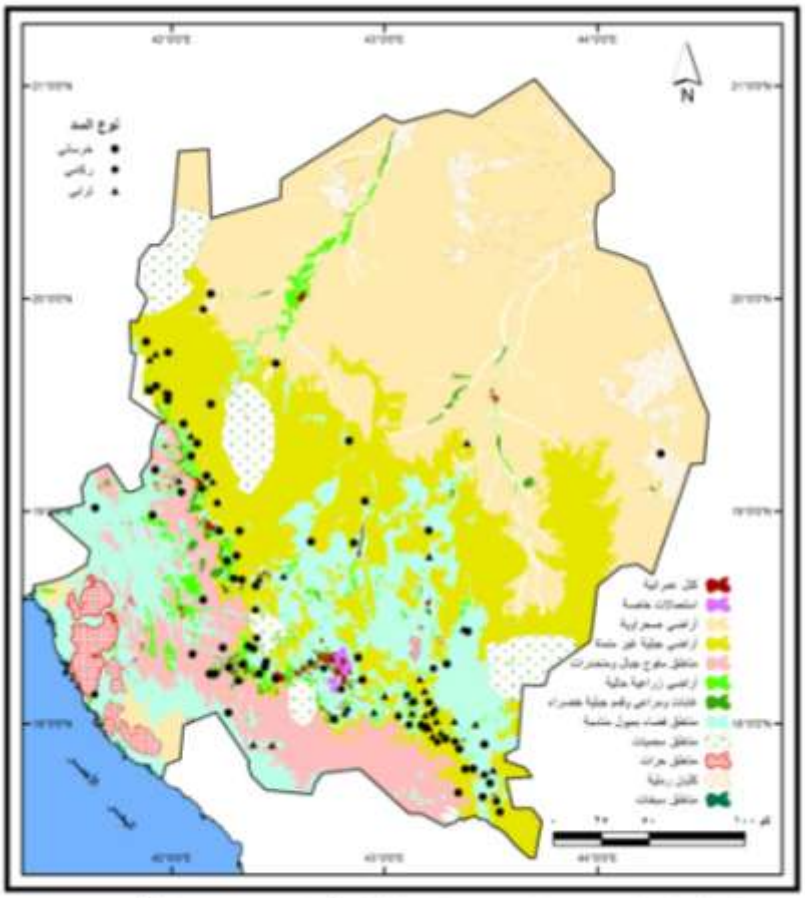
بينما شكلت استعمالات الأراضي المعمورة نسبة 3.8% من جملة مساحة المنطقة، وشملت التجمعات العمرانية والمناطق الزراعية ومناطق الغابات والمراعي والقمم الخضراء والمناطق الصناعية والمناطق السياحية وشبكة الطرق والاستعمالات الخاصة والمطار.

جدول (13) مساحة الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض بمنطقة عسير

البيان	إجمالي مساحة الاستخدام	%
التجمعات العمرانية	1020.6	1.2
المناطق الزراعية	1563.0	1.9
مناطق الغابات والمراعي والقمم الخضراء	331.0	0.4
المناطق الصناعية	2.6	0.003
المناطق السياحية	159.3	0.2
شبكة الطرق	40.2	0.05
الاستعمالات الخاصة	126.0	0.2
المطار	7.2	0.01
إجمالي فرعى الاستعمالات العمرانية (الجزء المعمور)	3249.9	3.8
مناطق سفوح الجبال والمنحدرات	6228.0	7.4
مناطق السبخات	16.0	0.02
مناطق الحرات	1381.0	1.6
المناطق الجبلية (غير مستغلة)	21501.8	25.0
الأودية ومجارى السيول	1830	2.2
الأراضي الفضاء (هضاب– سهول)	14253.5	16.8
مناطق الكثبان الرملية	3368.0	4.0
الأراضي الصحراوية	32256.0	38.4
إجمالي فرعى (الاستعمالات الطبيعية)	80834.1	96.2
إجمالي عام (مساحة المحافظة)	84084	100.0

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على خريطة استخدامات الأرض بمنطقة عسير، مشروع الدراسات التخطيطية الشاملة لمنطقة عسير، 1431هـ.

bcsp.net /vol 4/num 2-9



شكل (١٦) توزيع السدود بالنسبة للغطاء الارضي بمنطقة عسير

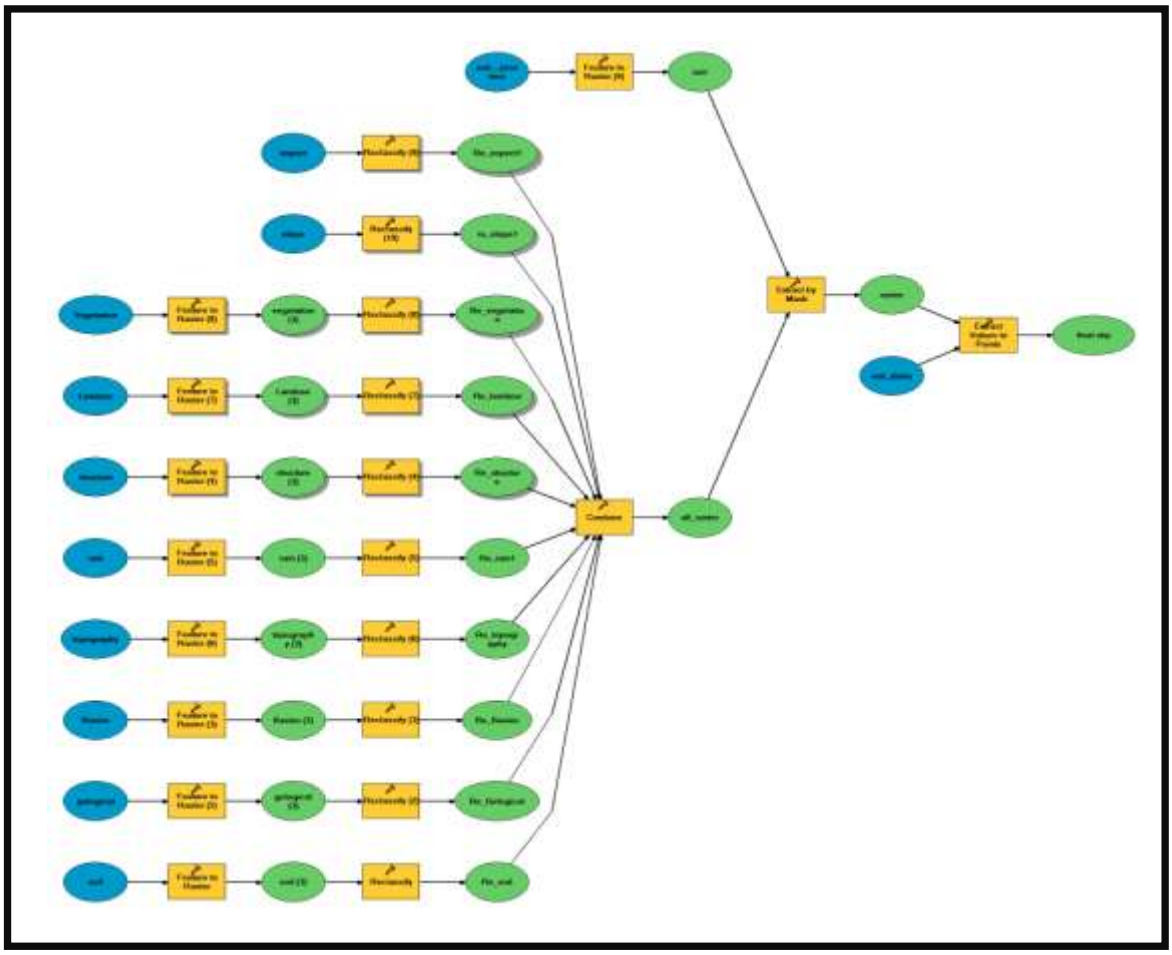
2- النموذج المستخدم في تقييم مواضع السدود بمنطقة عسير:

بعد استعراض معايير تقييم مواضع السدود، يمكن نمذجة البيانات الخاضعة للدراسة والتحليل في ضوء نموذج يعبر عن البيانات بصورة مجمعة، كما يوضحها شكل (17).

وقد تم إتباع أساليب التحليل المكاني لتحديد درجة الملائمة لمواضع السدود، مستعيناً بتقنيات نظم المعلومات الجغرافية كأدوات تحليل الملائمة Suitability Analysis مثل: Spatial Analyst التي تتميز بقدرتها على تحليل البيانات وخاصة المكانية والمرتبطة بقاعدة البيانات الوصفية التي تبين خصائص المواضع والتعرف على درجة الملائمة، وتعمل هذه التقنية على صياغة فرصة لاستكشاف وتحليل الموضع بأسلوب تراكمي من خلال تحليل مجموعة من الطبقات الرئيسة المشكِّلة لبيانات الموضع سواءً أكانت البيانات وصفية أم مكانية والتي تعمل على تحديد مدى ملائمة الموضع من عدمه.

geosp.net

وقد تم إنتاج الخرائط التحليلية الرقمية من خلال جمع مجموعة الصفات لموضع معين عن طريق الأسلوب التراكمي Cumulating Overlay Method لمجموعة من الطبقات المكونة للموضع (Lengley & Batty, 1996)، كما تم استنتاج الحسابات التراكمية باستخدام البيانات الشبكية، إذ يتميز أسلوب التحليل المكاني الشبكي بقدرته العالية في التعامل بإسلوب النمذجة.



شكل (17) النموذج المستخدم في تقييم مواضع السدود بمنطقة عسير

ومن خلال إجراء أسلوب التطابق التراكمي لجميع المعايير المستخدمة في التقييم، تم استنتاج خريطة التقييم النهائي الموضحة بالشكل (18) حيث خلصت مرحلة التحليل المكاني للموقع إلى تحديد ثلاث مناطق تتفاوت في درجة ملاءمتها لمواضع السدود، ويتسم كل منها بدرجة حساسية بيئية مستمدة من الخصائص الموضعية المشاركة في التقييم.

جدول (14) درجة ملائمة مواضع السدود بمنطقة عسير

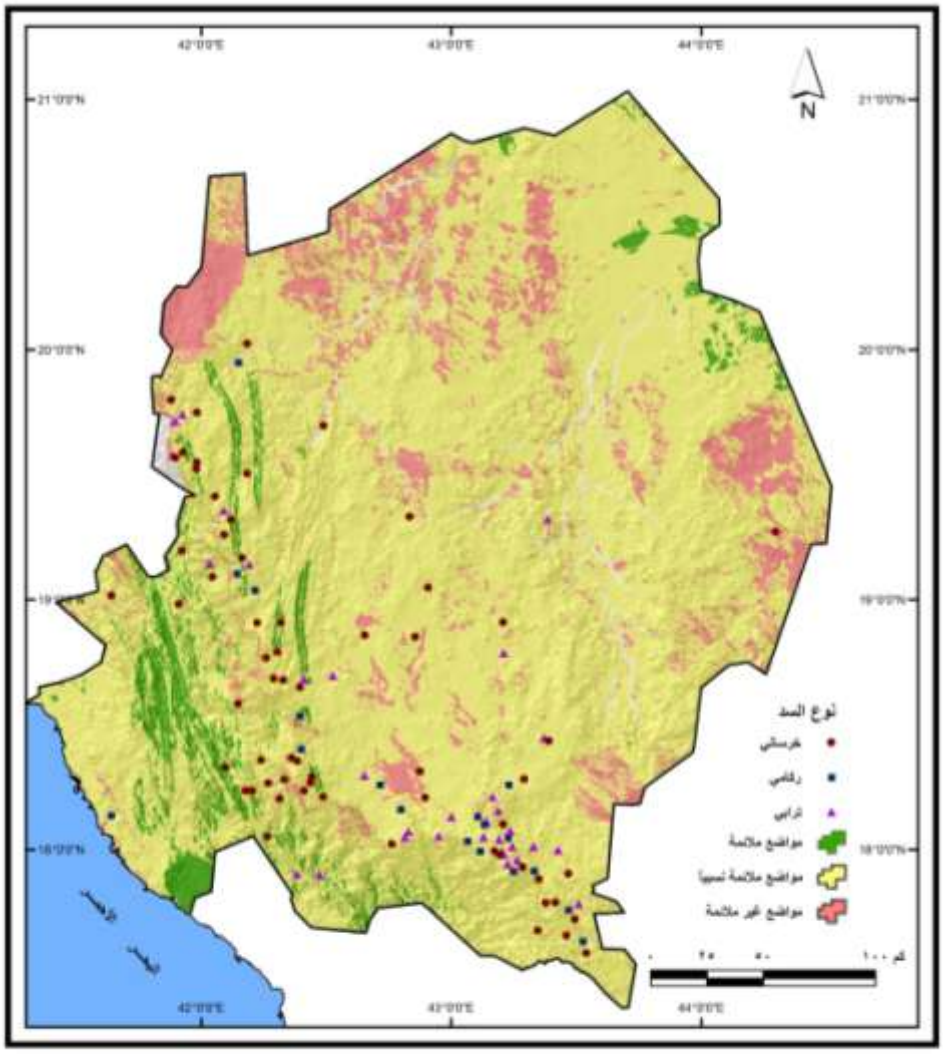
النوع	استعاضة		تحكم		حماية		شرب		الإجمالي	
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%
ملائم	2	3.0	0	0.0	0	0.0	3	10.3	5	4.4
ملائم نسبيا	64	97.0	15	93.7	2	100	24	82.7	105	92.9
غير ملائم	0	0.0	1	6.3	0	0.0	2	7.0	3	2.7
الإجمالي	66	100	16	100	2	100	29	100	113	100.0

المصدر: الجدول من إعداد الباحث إعتماداً على تطبيق معايير التقييم والنمذجة الألية.

ومن الجدول (14) والشكل (18) والمحق (1) تبين أن معظم مواضع السدود فى منطقة عسير ملائمة نسبياً للمعايير المحددة، حيث بلغ عددها 105 سداً، تشكل نسبة 92.9% من إجمالي السدود فى المنطقة، تشمل 64 سد للاستعاضة، و24 سد للشرب، و15 سد للتحكم، وسدان اثنان للحماية.

بينما ظهرت 5 سدود تشكل نسبة 4.4% من إجمالي السدود تقع فى مواضع ملائمة للمعايير، شملت سدان للاستعاضة، و3 سدود للشرب، فى حين توجد 3 سدود تشكل نسبة 2.7% من إجمالي السدود تقع فى مواضع غير ملائمة، وقد ضمت سدان للشرب، وسداً واحداً للتحكم.

geosp.net/vol-4/numéro-9



شكل (١٨) تقييم مواضع السدود لتنمية حصاد المياه بمنطقة عسير

ثالثاً: تقييم الآثار البيئية والاقتصادية والاجتماعية:

تتحدد إدارة الموارد المائية وتنمية حصاد المياه وفقاً لعدة محددات تشمل:

- المحدد البيئي: ويتمثل في الظروف المناخية والجيولوجية وتأثيرها في الأنماط المعيشية السائدة وكذلك انعكاسات التكنولوجيا المستخدمة على البيئة والصحة العامة.
- المحدد الاجتماعي: ويتمثل في أنماط الاستهلاك ومدى التقبل العام للتقنيات الحديثة ذات الآثار الجانبية الخطرة.
- المحدد التكنولوجي: ويتمثل في تقنيات تقليل الفاقد من التسرب والقدرات التكنولوجية الذاتية والخبرات المتوفرة.
- المحدد الاقتصادي: ويتمثل في التكلفة والعائد.

geosp.net

- المحدد السياسي والقانونى: ويتمثل في التكنولوجيا المطلوبة والقيود السياسية والقانونية المفروضة والأعراف المنظمة لاستخدام الموارد المائية (البغدادى، 2014، ص183)

ويوضح الجدول (14) مجالات تقييم الأثر البيئي والاقتصادي والاجتماعي للسدود في منطقة عسير:

جدول (14) مجالات تقييم الأثر البيئي والاقتصادي والاجتماعي للسدود في منطقة عسير

القضايا البيئية	**جوانب القوة** – التساقط المطري الغزير – التكوينات الجيولوجية الصلبة – الانحدار الشديد للسطح – اهتمام الحكومة بتنمية حصاد المياه	**جوانب الضعف** – عدم وجود موارد مائية كافية باستمرار – جفاف المناخ والظروف الصحراوية – التذبذب الفصلي والسنوي لسقوط المطر – ارتفاع الحرارة وزيادة التبخر
	الفرص – الحماية من السيول والفيضانات. – تقليل الأمراض والأوبئة – تحسين الظروف البيولوجية – تغذية المياه الجوفية – تنمية المراعي الطبيعية والغابات.	**المخاطر** – مخاطر السيول والفيضانات – تعرية وانجراف التربة – زيادة الهزات الأرضية – الهبوط الأرضي – إزالة الغابات والمراعى – التأثير على حركة الحيوان – التأثير على مواطن الطيور
القضايا الاقتصادية	**جوانب القوة** – توفر رؤوس الأموال – تحسين البيئة بموقع السد – تكون بحيرة التخزين وتنميتها	**جوانب الضعف** – البعد عن المراكز الاقتصادية – ضعف الاستثمارات في حصاد المياه
	الفرص – تكثيف وتنويع الزراعة. – تحقيق الأمن الغذائي – تنمية الثروة الحيوانية والغابية. – الاستغلال الأمثل لموارد المياه – زيادة الدخل ورفع مستوى المعيشة – التنمية السياحية	**المخاطر** – فقدان أراضي زراعية – تجريف التربة الخصبة – فقدان ثروة بستانية وغابية وشجرية – التأثير على مراعى الحيوان
القضايا الاجتماعية	**جوانب القوة** – زيادة نسبة السكان الريفيين – احتياج المجتمع للمشروعات المائية – تقبل السكان لتنمية حصاد المياه	**جوانب الضعف** – عدم وجود موارد مياه سطحية – البعد عن مناطق التركز – ضعف خدمات البنية التحتية – النزوح للمدن والمراكز الحضرية
	الفرص – انتقال سكان جدد لموقع السد – إعادة توزيع السكان – تحسين مستوى المعيشة – تطوير المناطق الريفية	**المخاطر** – تهجير السكان من موضع السد وبحيرته – المسائل الأمنية – مخاطر غمر المناطق العمرانية

المصدر: من إعداد الباحث.

geosp.net /vol-4/numero-9

واستناداً إلى الحقائق العلمية فإن السدود في المناطق الجافة إن لم تكن بقصد درء الفيضانات فهي ذات فوائد محددة نوعاً ما، وقد تكون في بعض الأحيان ضارة بالبيئة الزراعية، وذات تأثير سلبي على خزن المياه في بطون الأودية إذ لم تتخذ الإجراءات المناسبة حيال هذا الأمر، ويعود السبب في الأثر السلبي لإنشاء السدود على مجارى الأودية في المناطق الجافة بصورة خاصة إلى تأثير الطمي المنقول والمحمل بكربونات الكالسيوم شحيحة الذوبان في المياه، بالإضافة إلى ذلك فإن الرواسب المتجمعة والمتراكمة في حوض السد تعمل على تقليص التسرب إلى باطن الأودية؛ مما يجعل المياه المخزونة في أحواض السدود عرضة لحرارة الشمس والهواء العاملان الأساسيان في عملية التبخر، إضافة إلى أن عملية ترسب الرسوبيات في خزانات السدود تعد من المشاكل المهمة التي تؤثر بشكل مباشر على أداء الخزانات نتيجة النقصان في سعة التخزين والتي بدورها تؤثر على عملية التشغيل (Issa, et.al. 2013, p.46).

ومن ناحية أخرى؛ فإن إنشاء السدود الصغيرة في هذه المناطق التي تتصف بقلة المياه خلال بعض فترات العام سوف يحسن من ظروفها البيئية ويدعم التنمية المستدامة لهذه المناطق (Al-Taiee & Rasheed, 2011, p.15) ، كما أن عدم إقامة السدود على الأودية بالمناطق الجافة بالذات ذا تأثير سلبي أيضاً على كمية مخزون المياه في بطون الأودية، والسبب هنا يعود إلى أن المواد العضوية المنتشرة في المياه ما تلبث إلا فترة وجيزة من الزمن قبل أن تتحلل فتتمعدن، ومعظم المواد المتمعدنة تنتقل من مياه السيول إلى بطون الأودية، لذا فإن جزء كبير من هذه المواد ضئيلة الحجم تترشح مع مياه السيول وتتجمع في نطاق قريب من سطح الأرض، ومع مرور الزمن تشكل هذه المواد مع الطمي وكربونات الكالسيوم طبقة متصلبة لا ينفذ منها الماء بسهولة؛ مما يؤدي إلى تناقص كمية كبيرة من المياه المخزونة في باطن الأودية تحت الظروف المناخية السائدة.

ومن ثم فإن الخيار الواقعي في مثل هذه الظروف يعتمد على إقامة السدود وبصورة خاصة في المناطق المعرضة للفيضانات، ومن ثم إعادة خزن المياه المتجمعة خلفها إلى باطن الأودية المقامة عليها هذه السدود، وذلك بحقن تلك المياه في باطن الأرض من خلال آبار تغذية اصطناعية يتم حفرها في بحيرة السد وهذا يقلل كثيرًا ما يفقد بالتبخر، وفي هذه الحالة يصبح للسدود دوراً إيجابياً كبيرًا وأساسياً على البيئة الصحراوية الجافة (الشيخ، 2006، صص6-7).

وتجدر الإشارة إلى أهمية القيام بإشراك المجتمع المحلى والقطاع الخاص في عملية إدارة وتنمية حصاد المياه بمنطقة عسير عن طريق تخصيص بعض المشروعات المائية، وتحويل ملكيتها إلى القطاع

geosp.net /Vol 4/numéro-9

الخاص، وتمكينه من إدارة الأنشطة الحكومية ذات الطابع التجاري، وإعطاء القطاع الخاص حرية أكبر، ومساحة أوسع من أجل النمو والمشاركة بفاعلية في الاقتصاد الوطني للمجتمع (الهندى، 2003، ص4).

الخلاصة:

جرى تقييم مواضع 113 سداً في منطقة عسير، لضمان تحقيق الأهداف المرجوة من إنشائها مثل ثبات واستقرار جسم السد، وتحقيق أفضل استغلال للموارد بالمنطقة، وتحقيق التوازن البيئي وتقليل الآثار السلبية من إقامة السد، واستدامة الخدمة التي من أجلها أنشئ السد، وتحقيق أكبر عائد اقتصادي من قيام السد، مع ضمان تحقيق الرضا الاجتماعي لمواطني المنطق ، وقد شملت الدراسة تحليل التوزيع الجغرافي لمواضع السدود من حيث أنواعها وموقعها وتاريخ تشييدها وسعتها التخزينية، ووضعت عشر معايير تم تطبيقها لتقييم مواضع السدود لتنمية حصاد المياه بمنطقة عسير، وشملت المعيار الليثولوجى، والتكتونى، وارتفاع السطح، وانحدار السطح، واتجاه الانحدار، والمعيار المناخي، والهيدرولوجي، والبيدولوجي، والنباتي والغطاء الأرضي.

وأوضحت الدراسة أهمية تقييم مواضع السدود لتفعيل دور تقنية حصاد المياه والتي أصبحت إحدى الآليات المهمة لتنمية الموارد المائية في منطقة عسير والمتمثلة في مياه الأمطار، حتى يمكن الاستفادة منها في الاستخدامات الحياتية المختلفة ومنها توفير احتياجات مياه الشرب للإنسان والحيوان والزراعة وإثراء الغطاء النباتي، وتغذية الخزانات الجوفية، كما أن استخدام هذه التقنيات يمكن أن يسهم بدور مهم في حماية القرى والمدن والبنيات التحتية بالمنطقة، بالإضافة إلى حماية المنشآت والمشروعات الزراعية من أخطار السيول والفيضانات.

وتوصلت الدراسة إلى أن معظم مواضع السدود فى منطقة عسير ملائمة نسبياً للمعايير المحددة، حيث بلغ عددها 105 سداً تشكل نسبة 92.9% من جملة السدود فى المنطقة، بينما يوجد 5 سدود تقع فى مواضع ملائمة للمعايير، و3 سدود تقع فى مواضع غير ملائمة.

geosp.net/vol-4/numéro-9

المصادر والمراجع

أولاً: المصادر والمراجع العربية:

1 - أحمد، صلاح عبد الله (2013): حصاد المياه والتغذية الجوفية في جمهورية السودان، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان، مسقط.

2 - أطلس منطقة عسير (1405هـ): إمارة منطقة عسير، كلية الملك خالد العسكرية، الحرس الوطني، أبها.

3 - البغدادى عبد الصاحب ناجى (2014): الاستراتيجيات العامة لتنمية الموارد المائية السطحية في محافظة النجف الأشرف، مجلة كلية الآداب، جامعة الكوفة، المجلد 1، العدد 20.

4 - الجبورى، عبد الحق خلف حمادة (2011): تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد أفضل المواقع لإنشاء سد على وادي الملح في ناحية العلم، مجلة الفراهيدي، كلية الآداب، جامعة تكريت، العدد 8.

5 - الشريف، عبد الرحمن صادق (1995): جغرافية المملكة العربية السعودية الجزء الأول، دار المريخ، الرياض.

6 - الشيخ، عبد الملك عبد الرحمن (2006): حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية، المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية والبيئة الجافة، الرياض.

7 - الطرباق،عبدالعزيز بن سليمان (بدون) ،المياه بالمملكة السياسات والتحديات ، الندوة الاقتصادية للمياه بالمملكة جامعة الملك سعود ، الرياض ، المملكة العربية السعودية.

8 - العسيري، فايز محمد آل سليمان (2014): بناء قاعدة بيانات جيوبيئية لحوض وادي أبها بمنطقة عسير – دراسة جغرافية –، مجلة كلية الآداب ، جامعة المنصورة ، العدد الرابع والخمسون، مصر.

9 - العزي، احمد محمد صالح (2013): التقييم الجيومورفولوجي لحوض وادي النفط باستخدام التقنيات الجغرافية المعاصرة، مجلة جامعة كركوك للدراسات الإنسانية، المجلد8، العدد2.

10 - العمري، عبد الله مناع عبد الرحمن (1998): الخواص البيدولوجية لترب وادي بيشه، رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض.

geosyr.sy/vol-4/numéro-9

11 – العوضي، نادر محمد، ومصطفى، عبد المنعم مصطفى، والعجمي، ضاري ناصر (2008): أخطار تهدد البيئة العالمية، معهد الكويت للأبحاث العلمية، الكويت.

12 – الغامدي، سعد أبو راس (2009): تأثير خصائص التضاريس في التغطية النباتية لمنطقة بلاد زهران بجبال السروات دراسة منهجية في الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية للعلوم الإنسانية والاجتماعية، العدد 13.

13 – الكفري، عبد المجيد (2008): استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد المواقع الملائمة لإقامة سدود لتجميع مياه الأمطار والسيول، الملتقى الدولي جيوتونس، تونس.

14 – المجموعة الاستشارية الهندسية (1423هـ): خرائط الأساس المعدة لمنطقة عسير، الحدود من واقع إحداثيات، دليل المسميات السكانية، أبها.

15 – المديرية العامة للشئون البلدية والقروية لمنطقة عسير (1431هـ): مشروع الدراسات التخطيطية الشاملة لمنطقة عسير.

16 – الهندى، وحيد أحمد (2003): تجارب دولية في تخصيص الموارد المائية، المؤتمر الدولي الثاني للمياه في الدول العربية، بيروت.

17 – الودعانى، إدريس على سلمان (2014): مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غربي المملكة العربية السعودية منظور جيومورفولوجى، مجلة جامعة جازان للعلوم الإنسانية، المجلد3، العدد1، جازان.

18 – حمادة، صفاء عبد الجليل كامل (2010): الخصائص الطبوغرافية وتأثيرها على الغطاء النباتي في محافظة نابلس باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير، كلية الدراسات العليا، جامعة النجاح الوطنية، نابلس.

19 – خضير، احمد عيادة، وعمران، انتظار مهدي (2013): مورفومترية حوض وادي شعيب الركاشي وإمكانية استثماره في حصاد المياه، مجلة العلوم الإنسانية، كلية التربية، جامعة بابل، العدد18.

20 – داود، محمد عبد الحميد محمد (2013): إعادة شحن الخزانات الجوفية اصطناعيا في المناطق الجافة، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان، مسقط.

21 – زيدان، حسين، وجبار، دلال (2011): اختيار مواقع لإنشاء سدود صغيرة في منخفض الكعرة باستخدام تقنيات التحسس النائي والتحليل المكاني، مجلة كلية الهندسة، المجلد17، العدد4.

geosp.net/vol-4/numero-9

22 – عبد الوهاب محمد عامر (2013): المناهج العلمية في مجال حصاد المياه والمياه الجوفية، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان، مسقط.

23 – عزيز، تحسين عبد الرحيم، وأحمد هونة عبدالله كاك (2014): إمكانيات حصاد مياه السدود الصغيرة في مرتفعات شربوت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والتحسس النائي، المجلة الدولية للبيئة والمياه، المجلد3، العدد2.

24 – فضة، إياد حكم، ودريم، عبدالله محمد حسين (2013): تقييم التغيرات المكانية للغابات في جبال السروات بمنطقة عسير جنوب غرب المملكة العربية السعودية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، الملتقي الثامن لنظم المعلومات الجغرافية، بالمملكة العربية السعودية، الدمام.

25 – كليو، عبدالحميد أحمد (1985): الإنسان كعامل جيومورفولوجى ودوره في العمليات الجيومورفولوجية النهرية، رسائل جغرافية، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 80.

26 – مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، مرئية فضائية ETM بدقة تمييز مكانية30م عام 2014م.

27 – ـــــــ، نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة تمييز مكانية 30م.

28 – مصلحة الإحصاء العامة والمعلومات (1431هـ): النتائج الأولية لتعداد السكان، منطقة عسير.

29 – وزارة البترول والثروة المعدنية (1971م): الخريطة الجيولوجية، مقياس 1: 100000.

30 – ـــ، (1402هـ): إدارة المساحة الجوية، الخريطة الطبوغرافية، مقياس 1: 250000.

31 – وزارة الدفاع والطيران (2013م): الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، بيانات غير منشورة للفترة ما بين (1985– 2011م).

32 – وزارة الزراعة والمياه (1986م): أطلس التربة بالمملكة العربية السعودية.

33 – ـــ (1405هـ):أطلس المياه، الرياض.

34 – ـــ(1436هـ): مشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير، بيانات غير منشورة.

35 –وزارة الشؤون البلدية والقروية، أمانة منطقة عسير (1431هـ): مشروع إعداد المخطط الإقليمي لمنطقة عسير، الرياض.

geosp.net/vol-4/numero-9

36 –وزارة المياه والكهرباء ، 2014 / www.mowe.gov.sa).

37 – مهدي، عبد الخالق، والخليوي، عبد الوالي (1999): الجغرافيا النباتية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان.

38 – نعمان، عبدالله عبدالقادر أحمد (2013): تقنيات وطرق مناسبة لحصاد مياه الأمطار كإستراتيجية للتأقلم مع تقلبات هطول الأمطار في المناطق الجافة، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان، مسقط.

39 – هيئة المساحة الجيولوجية السعودية (2012): المملكة العربية السعودية حقائق وأرقام، الرياض.

40 – هيئة المساحة الجيولوجية السعودية (2014): المملكة العربية السعودية (www.sgs.org.sa).

41 – وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه (2011): السدود في سلطنة عمان، مسقط.

ثانياً: المراجع غير العربية:

42- Al-Taiee, T.M. & Rasheed, A.M. (2011): Hydro engineering Feasibility Study of Surface Runoff Water Harvesting in Al-Ajeej Basin, North West Iraq, Tikrit Journal of Eng. Sciences, Vol.18, No.1

43- Awawdeh M., (2010): Mapping Potential Sites for Rainwater Harvesting (Dams) in the Pan-Handle of Jordan Using Geographic Information Systems, 4th International Conference on Water Resources and Arid Environments, Riyadh, Saudi Arabia.

44- Issa, I.E; Al-Ansari, N; Knutsson; S. (2013): Assessment of Sedimentation Characteristics and Capacity Curve for Mosul Dam Reservoir, Iraq, Dams and Water Resources Engineering And Environmental Engineering.

45- Kenzo, T. & Urtec, A.(1976): Southern Region Project Study, Existing Condition, V.1.

46- Lengley, P. A. & Batty, M., (1996): Spatial Analysis: Modeling in A GIS Environment, John Wiley & Sons, Inc, New York.

geosp.net /Vol-4/numéro-9

47- Sorman, A; Abdulrazzak, M. J; Al-Hames, A. (1990): A Proposed Artificial Groundwater Recharge Scheme For Wadi Systems, JKA Univ., Met., Env., Arid Land Agric. Sci., Vol. 1.

48- http://data.albankaldawli.org., 2013

geosp.net /vol-4/numéro-9

ملحق رقم (1)

دائرة العرض	خط الطول	تاريخ الانشاء	الطول (بالمتر)	العرض (بالمتر)	كمية التخزين م3	الغرض من السد	نوع السد	اسم السد	الموقع	التقييم
19.6964	42.48989	1418	507	103	325000000	استعاضة	خرساني	الملك فهد	بيشة	ملائم
18.32932	42.09947	1407	75	13	150000	استعاضة	خرساني	روام	رجال ألمع	ملائم
19.16806	42.16468	1422	92	30	2000000	شرب	خرساني	بدوة	النماص	ملائم
18.85839	42.65544	1404	360	10	150000	شرب	خرساني	البطنة	بيشة	ملائم
19.3193	42.12131	1431	100	21	658000	شرب	خرساني	عوص	النماص	ملائم
18.29719	42.65325	1398	110	11	1000000	استعاضة	ترابي	حجلا	خميس مشيط	ملائم نسبيا
18.78693	43.21043	1404	1150	14	42500000	استعاضة	ترابي	المضة	خميس مشيط	ملائم نسبيا
19.57972	41.88858	1404	250	12	200000	شرب	ترابي	باشوت	باشوت	ملائم نسبيا
19.74074	41.92571	1403	150	14	690000	استعاضة	ترابي	يفيف	بلقرن	ملائم نسبيا
19.71382	41.89706	1404	140	14	750000	تحكم	ترابي	نبا	بلقرن	ملائم نسبيا
18.05042	43.12954	1403	120	4	48000	تحكم	ترابي	السروى	سراة عبيدة	ملائم نسبيا
17.9588	43.26424	1404	170	11	480000	استعاضة	ترابي	العادية	ظهران الجنوب	ملائم نسبيا
17.94208	43.22614	1404	175	10	100000	استعاضة	ترابي	الزهرة	سراة عبيدة	ملائم نسبيا
17.99918	43.42869	1405	130	25	2500000	استعاضة	ترابي	الفيض	ظهران الجنوب	ملائم نسبيا
17.58633	43.54308	1431	66	15	100000	حماية	خرساني	كتام	ظهران الجنوب	ملائم نسبيا
18.13468	43.10586	1400	280	22	1500000	تحكم	ركامي	المحزمة	سراة عبيدة	ملائم نسبيا
18.03477	43.0665	1404	200	11	60000	تحكم	ركامي	العسران	سراة عبيدة	ملائم نسبيا
18.04985	43.22713	1405	120	24	2000000	استعاضة	ركامي	عنم	سراة عبيدة	ملائم نسبيا
17.63468	43.52587	1405	50	10	260000	استعاضة	ركامي	القبضة	ظهران الجنوب	ملائم نسبيا
17.91433	43.24898	1419	90	14	500000	تحكم	ركامي	الجوة	سراة عبيدة	ملائم نسبيا
17.91573	43.33207	1405	160	12	280000	استعاضة	ركامي	الحرجة	ظهران الجنوب	ملائم نسبيا
19.10454	42.14333	1405	170	15	1000000	استعاضة	ركامي	سرابة	النماص	ملائم نسبيا
18.5365	42.39447	1401	130	20	500000	استعاضة	ركامي	الحفة	أبها	ملائم نسبيا
18.26041	42.71589	1402	340	22	6400000	تحكم	ركامي	عنود	خميس مشيط	ملائم نسبيا
18.40276	42.39976	1403	140	14	1400000	استعاضة	ركامي	تهلل	أبها	ملائم نسبيا
18.16248	42.79758	1403	233	8	301000	استعاضة	ركامي	المراغة	خميس مشيط	ملائم نسبيا
18.2122	42.48794	1394	350	33	2130000	شرب	خرساني	أبها	أبها	ملائم نسبيا

geosp.net/vol4/numéro9

ملائم نسبيا	أبها	عشران	خرساني	تحكم	688000	38	111	1405	42.43791	18.26905
ملائم نسبيا	أبها	طبب	خرساني	استعاضة	2000000	10	50	1403	42.36191	18.36749
ملائم نسبيا	أبها	آل عاصم	خرساني	استعاضة	60000	18	70	1404	42.44406	18.29157
ملائم نسبيا	أبها	السودة	خرساني	تحكم	60000	15	28	1404	42.41319	18.23625
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	سروم الحرجة	خرساني	استعاضة	1000000	13	75	1399	43.47091	17.90349
ملائم نسبيا	بلقرن	غضار	خرساني	استعاضة	300000	13	157	1401	41.98361	19.54959
ملائم نسبيا	بلقرن	خثعم	خرساني	شرب	60000	15	50	1404	41.88247	19.79938
ملائم نسبيا	أبها	تمنية	خرساني	شرب	300000	8	100	1403	42.7637	18.023
ملائم نسبيا	خميس مشيط	اثب	خرساني	شرب	1064000	8	95	1405	42.85584	18.85086
ملائم نسبيا	أبها	الماوين	خرساني	شرب	400000	13	120	1404	42.39729	18.65016
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	وادي خضار	ترابي	استعاضة	108000	12	260	1425	43.18775	18.15528
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	القريحاء	ترابي	استعاضة	90000	5	80	1431	43.14172	18.11175
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	ال غيلان	ترابي	استعاضة	150000	14	100	1425	42.95161	18.05593
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	وادي داف	خرساني	تحكم	250000	14	70	1404	43.20805	18.10147
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	هجرة زهير	خرساني	تحكم	350000	18	100	1404	43.29365	18.28306
ملائم نسبيا	رجال ألمع	وسانب	خرساني	استعاضة	182000	20	100	1407	42.2408	18.35815
ملائم نسبيا	رجال ألمع	رادة	خرساني	استعاضة	192000	15	70	1407	42.20546	18.23671
ملائم نسبيا	رجال ألمع	ثعابة	خرساني	شرب	130000	10	100	1403	42.27012	18.26624
ملائم نسبيا	رجال ألمع	العاينة	خرساني	استعاضة	300000	6	80	1403	42.2683	18.05333
ملائم نسبيا	رجال ألمع	ريم	خرساني	شرب	50000	8	55	1403	42.1785	18.23587
ملائم نسبيا	رجال ألمع	حسوة	خرساني	شرب	20000	8	45	1403	42.315	18.20417
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	عراعر	خرساني	تحكم	963000	37	143	1405	43.46266	17.65635
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	شراقب	خرساني	استعاضة	790000	16	70	1404	43.35047	17.88197
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	ال فروان	خرساني	تحكم	150000	18	140	1404	43.49589	17.72234
ملائم نسبيا	النماص	سروم النماص	ترابي	استعاضة	390000	14	110	1420	42.19261	19.14012
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	الرشيد	ركامي	استعاضة	500000	9	90	1420	43.2309	18.25985
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	النخرة	ترابي	استعاضة	350000	9	90	1423	43.20219	17.99306
ملائم نسبيا	محايل	ذهبان	ركامي	استعاضة	2290000	15	250	1417	41.64017	18.13822
ملائم نسبيا	النماص	عياش	خرساني	شرب	481000	17	95	1425	42.05567	19.41208
ملائم نسبيا	المجاردة	بني قيس	ترابي	استعاضة	117000	15	130	1425	42.03401	19.14474

gosi.net/vol4/numero9

ملائم نسبيا	خميس مشيط	ابو خضاعة	خرساني	تحكم	100000	5	65	1404	42.89734	18.20851
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	الرميد	ترابي	استعاضة	90000	7	100	1425	43.20998	17.9815
ملائم نسبيا	النماص	الغرابة	خرساني	استعاضة	1500000	60	120	1425	42.30525	18.79085
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	الوقيرة	ترابي	استعاضة	124000	6	139	1425	43.32892	18.01357
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	افياض الطلحة	ترابي	شرب	748000	9	433	1428	43.51	17.78417
ملائم نسبيا	الدرب	مربة	ترابي	شرب	10000000	38	215	1429	42.38383	17.902
ملائم نسبيا	أبها	عتود تهامة	ترابي	شرب	10000000	37	237	1429	42.47272	17.89961
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	آل درهم	خرساني	استعاضة	86700	15	168	1433	43.17514	17.99394
ملائم نسبيا	خميس مشيط	خضار الحمية	ترابي	استعاضة	1124733	9	648	1433	42.52727	18.69739
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	آل ثابت	ركامي	استعاضة	500000	10	120	1433	43.47028	17.75917
ملائم نسبيا	بلقرن	ثما	خرساني	تحكم	325000	15	145	1402	41.98269	19.52261
ملائم نسبيا	بيشة	مسكة	خرساني	استعاضة	2400000	15	166	1431	42.18588	20.02349
ملائم نسبيا	تنومة	غالبة	ركامي	شرب	2150000	23	133	1431	42.21486	19.03946
ملائم نسبيا	باللسمر	خرص	خرساني	شرب	800000	9	80	1431	42.31944	18.90772
ملائم نسبيا	النماص	الغرة	خرساني	استعاضة	2115000	20	65	1431	42.09247	19.26053
ملائم نسبيا	خميس مشيط	المسيرق	خرساني	استعاضة	200000	18	55	1431	42.90917	19.04833
ملائم نسبيا	بيشة	جاش	ترابي	استعاضة	122000	11.5	175	1431	43.38833	19.32183
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	آل بسام	ترابي	استعاضة	116000	6	190	1431	43.19222	18.04167
ملائم نسبيا	أحد رفيدة	طليحة الشرف	ترابي	استعاضة	150000	9	100	1431	43.37167	18.44667
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	آل عيفة	خرساني	استعاضة	210000	20.5	129	1432	43.41775	17.79078
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	الفقاعيس	ترابي	استعاضة	160000	17	70	1431	43.24583	18.0125
ملائم نسبيا	أحد رفيدة	آل حديلة	ترابي	استعاضة	160000	13	230	1431	42.81381	18.05114
ملائم نسبيا	أحد رفيدة	الصمخية	ترابي	استعاضة	300000	10	232	1432	42.82953	18.07314
ملائم نسبيا	أبها	ريمة	خرساني	استعاضة	150000	8	60	1431	42.38649	18.35501
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	المشرب	خرساني	استعاضة	120000	5	450	1432	43.39167	18.43528
ملائم نسبيا	النماص	الدهناء	خرساني	شرب	12000000	13	70	1404	43.20829	18.90883
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	العيزاء	خرساني	تحكم	150000	11	80	1404	43.19633	17.9785
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	جوف آل معمر	ترابي	استعاضة	400000	13	262	1428	43.16723	18.21192
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	القريحاء	ترابي	استعاضة	26105	7.5	186.5	1433	43.14222	18.11083
ملائم نسبيا	أبها	بهوان	ترابي	استعاضة	1782000	11	507	1431	42.41306	18.68281

pbosp.net/vol4/num6/9

18.90858	42.22506	1431	125	28	300000	شرب	خرساني	سدوان	باللسمر	ملائم نسبيا
17.93158	43.28667	1431	100	14	135000	استعاضة	خرساني	محلاة عراعرة	ظهران الجنوب	ملائم نسبيا
18.76725	42.26144	1431	60	19	240000	استعاضة	خرساني	الخلصة	باللحمر	ملائم نسبيا
17.67753	43.34667	1432	45	11	300000	استعاضة	خرساني	الغائل	ظهران الجنوب	ملائم نسبيا
18.13208	43.00255	1431	200	12.5	500000	استعاضة	ترابي	الهجلة	أحد رفيدة	ملائم نسبيا
19.58885	41.92756	1431	65	15	350000	استعاضة	خرساني	شيهانة	بيشة	ملائم نسبيا
17.78698	43.37952	1432	60	20	305000	شرب	خرساني	الدافعة	ظهران الجنوب	ملائم نسبيا
19.19506	41.923	1432	100	16	600000	استعاضة	خرساني	جربة المجاردة	بارق	ملائم نسبيا
19.08997	42.04672	1432	150	18	500000	استعاضة	خرساني	جبل خاط	المجاردة	ملائم نسبيا
18.98197	41.91125	1434	208	9	275247	استعاضة	خرساني	شرى	بارق	ملائم نسبيا
19.01556	41.64278	1434	234	47	80913300	شرب	خرساني	بيبه	المجاردة	ملائم نسبيا
19.56647	41.89714	1432	95	12	800000	شرب	خرساني	شداد	البشاير	ملائم نسبيا
18.07603	43.23586	1431	50	16	110000	استعاضة	ترابي	وادي العمل	سراة عبيدة	ملائم نسبيا
19.33277	42.83552	1431	201.25	20.5	4642000	استعاضة	خرساني	هرجاب	بيشة	ملائم نسبيا
17.99403	43.11558	1431	195	17	800000	استعاضة	ركامي	قرضان	سراة عبيدة	ملائم نسبيا
19.50439	42.18506	1431	120	25	2000000	استعاضة	خرساني	القوباء	بيشة	ملائم نسبيا
19.74806	41.98442	1431	100	19	2500000	شرب	خرساني	الفوهة	البشاير	ملائم نسبيا
18.58353	42.14894	1431	130	23	62000	استعاضة	خرساني	مرة	محايل	ملائم نسبيا
18.67806	42.32972	1431	70	13	250000	شرب	خرساني	صبح	أبها	ملائم نسبيا
18.68472	42.2925	1431	70	25	700000	شرب	خرساني	عمق بللحمر	النماص	ملائم نسبيا
19.35528	42.09083	1431	60	15	500000	شرب	ترابي	طريف	النماص	ملائم نسبيا
19.95	42.15	1432	420	49.25	68410000	حماية	ركامي	تبالة	بيشة	ملائم نسبيا
18.10083	43.13222	1434	114.18	41	390000	استعاضة	ركامي	حلباء	سراة عبيدة	ملائم نسبيا
18.31268	42.87685	1404	120	25	4200000	تحكم	خرساني	تندحة	خميس مشيط	غير ملائم
18.27994	42.33365	1403	55	9	35000	شرب	خرساني	العوص	رجال ألمع	غير ملائم
19.27083	44.29861	1430	205	27	9809600	شرب	خرساني	ترجس	النماص	غير ملائم

من عمل الباحث اعتمادا على بيانات وزارة المياه والكهرباء

geosp.net/vol4/numéro9