الملاءمة المكانية لإختيار أنسب موقع للسد علي وادي أبو حاد أحد أودية الساحل الغربي لخليج السويس، مصر

إبتهال يوسف المغاوري سيد

تحت إشراف

أ.د. متولي عبدالصمد عبد العزيز

د. عبد الفتاح السيد عبد الفتاح حجازي

الملاءمة المكانية لإختيار أنسب موقع للسد علي وادي أبو حاد أحد أودية الساحل الغربي لخليج السويس، مصر *

إبتهال يوسف المغاوري سيد [١]
تحت إشراف
أ.د. متولي عبدالصمد عبد العزيز [٢]
د. عبد الفتاح السيد عبد الفتاح حجازي [٣]

المستخلص:

يهدف هذا البحث إلي الحد من المخاطر الناتجة عن تكرارية السيول خاصة بعد أحداث سيل (٢٠١٦)،ذلك من خلال تطوير نموذج ملاءمة مكانية لإختيار أنسب مواقع للسدود على وادي (أبو حاد) في الصحراء الشرقية، لحماية مدينة رأس غارب من أخطار السيول الفجائية، والتي تعد ذات أهمية اقتصادية كبيره، وتعتمد الدراسة على مجموعة من المعايير المختلفة لتحديد أفضل موقع للسدود، من خلال تطوير نموذج ملاءمة يُعنى بتحليل العوامل المورفومترية، والهيدرولوجية، وحجم الجريان المائي، وأقصى تصرف للسيول،وقد تم استخدام بيانات NASA power، ونموذج إتفاع رقمي بدقة ٥ أمتار، وتشمل الدراسة فحص حالة السدود القائمة، وأسباب حدوث سيل رأس غارب عام ٢٠١٦، والتدابير المتخذة لحماية المنطقة، من بناء سدود جديدة، كما تم توظيف برامج تحليلية مثل(HEC-HMS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتقدير أقصى جريان سطحي وحجم المياه المتدفقة باستخدام نموذج (SCS type2) وبالاعتماد على (Hypothetical Storm) تناقش الدراسة العوامل المؤثرة في إختيار مواقع السدود، بما في ذلك المعايير الطبوغرافية، الجيولوجية، واستخدامات الأراضي، وتأثير هذه العوامل على تصميم وبناء السدود، كما توضح النتائج أهمية التخطيط الدقيق، والاعتماد على معايير متعددة؛ لضمان حماية المدن والمناطق الحيوية من الكوارث الطبيعية.

كلمات مفتاحية: الملاءمة المكانية – المورفومتري - الهيدرولوجي – محاكاة – السدود .

١. مقدمة:

١,١. الموقع الفلكي والجغرافي:

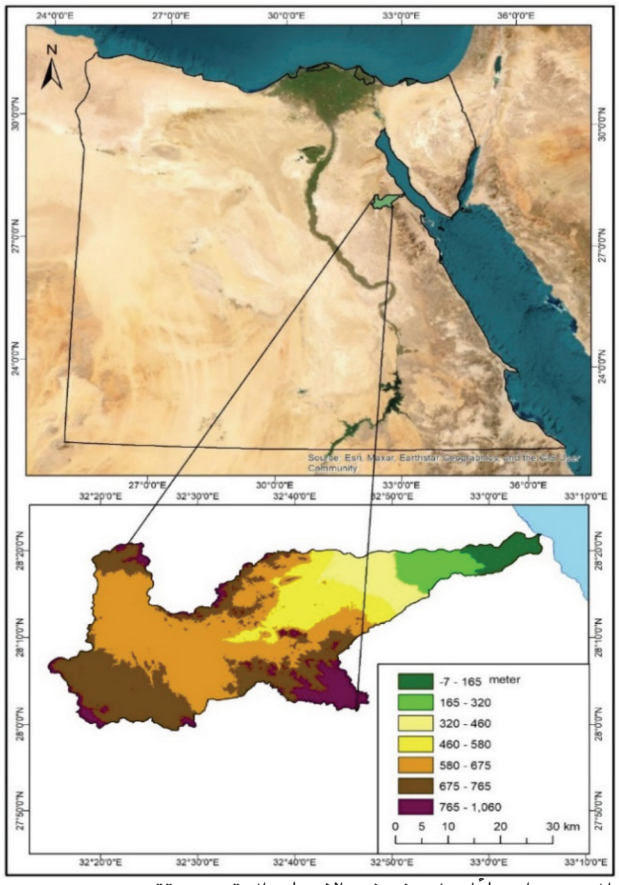
يقع حوض وادي (بو حاد) في الجزء الجنوبي الغربي لخليج السويس جنوب مدينة الزعفرانة بالصحراء الشرقية، وترجع أهمية دراسة هذا الوادي لوجود ثاني أهم المدن علي خليج السويس، وهي مدينة رأس غارب ذات الأنشطة الاقتصادية المتعددة ،والتي تبعد حوالي ٢١٠كم من مدينة السويس، و٣٢٠كم من مدينة القاهرة، وتتحدد بخطي طول 15′ 32° و 8′ 33° شرقًا، ودائرتي عرض 28 ° و21′ 28° شمالًا، يغطي مساحة نحو ٢١, ١٦٣٤كم٢، ويمكن الوصول إليه من خلال طريق رأس غارب – الغردقة من الشمال، ثم طريق رأس غارب – المنيا(شيخ فضل) بإتجاه الغرب، ويمتد هذا الطريق في بطن وادي أبو حاد، ومن هنا تم تشييد مجموعة أعمال الصناعية لحماية الطريق من ناحية ومدينة رأس غارب من ناحيةً أخري، خاصة بعد السيل الجارف الذي أصاب تلك المدينة في يومي ٢٧-٢٨ من اكتوبرعام ٢٠١٦م ، صوره (١).

(*) بحث مستل من رسالة ماجستير بعنوان نظام معلومات جغرافي لمواقع السدود على أودية الساحل الغربي لخليج السويس دراسة في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، جامعة القاهرة، لعام ٢٠٢٣، اعداد ابتهال يوسف المغاوري، تحت اشرف أ.د متولي عبدالصمد عبد العزيز ، أ.م.د عبدالفتاح سيد عبدالفتاح.

(١) مدرس مساعد الجيومورفولوجيا ونظم المعلومات الجغرافية قسم الجغرافيا كلية الآداب جامعة القاهرة .ebtehalyoussef@cu.edu.eg

(٢) استاذ الجغرافيا الطبيعية ونظم المعلومات المعلومات الجغرافية قسم الجغرافيا جامعة القاهرة، ووكيل كلية الآداب mitwalli2000@gmail.com .

(٣) استاذ مساعد بكلية الآداب جامعة القاهرة وطيبة بالمدينة المنورة، abdelfattah.ashour87@gmail.com



المصدر: اعتمادًا علي نموذج الارتفاع الرقمي بدقة٥متر، وبيانات world Imagery

شكل (١): موقع حوض وادي ابو حاد

٢,١. أهمية البحث:

يهدف البحث إلى بناء نموذج ملاءمة مكانية؛ لإختيار انسب المواقع للسدود لحماية مدينة رأس غارب من أخطار السيول الفجائية التي تصيب الأودية الجافة بالمناطق المدارية، وذلك من خلال وضع مجموعة من المعايير للتوصل لأفضل موقع للسد، مع دراسة الوضع المورفومتري والهيدرولوجي وعمل محاكاة لحجم الجريان المائي وأقصي تصرف لسيل ٢٠١٦ بمنطقة رأس غارب بالإعتماد علي بيانات NASA power ونموذج إتفاع رقمي بدقة ٥متر منتج من بيانات GPS من خلال طرق الاستيفاء، ويرجع أهميه دراسة هذا الوادي؛ لوجود ثاني أهم المدن على خليج السويس وهي مدينه راس غارب، والتي توجد بها العديد من الأنشطة الاقتصادية، وتعد مركز عمراني مهم.

٢,٢. أهداف البحث:

١- التعرف على الخصائص الجيولوجية والتضاريسية والمورفومترية والهيدرولوجية لمنطقة الدراسة.

٢- التعرف علي تكرارية السيول وأكثرها تأثيرًاعلي المنطقة وبشكل خاص سيل اكتوبر لعام ٢٠١٦ واسباب حدوثها.

٣- تقييم مواقع السدود الحإلية والتعرف على المعايير لإختيار أنسب المواقع لإنشاء السدود.

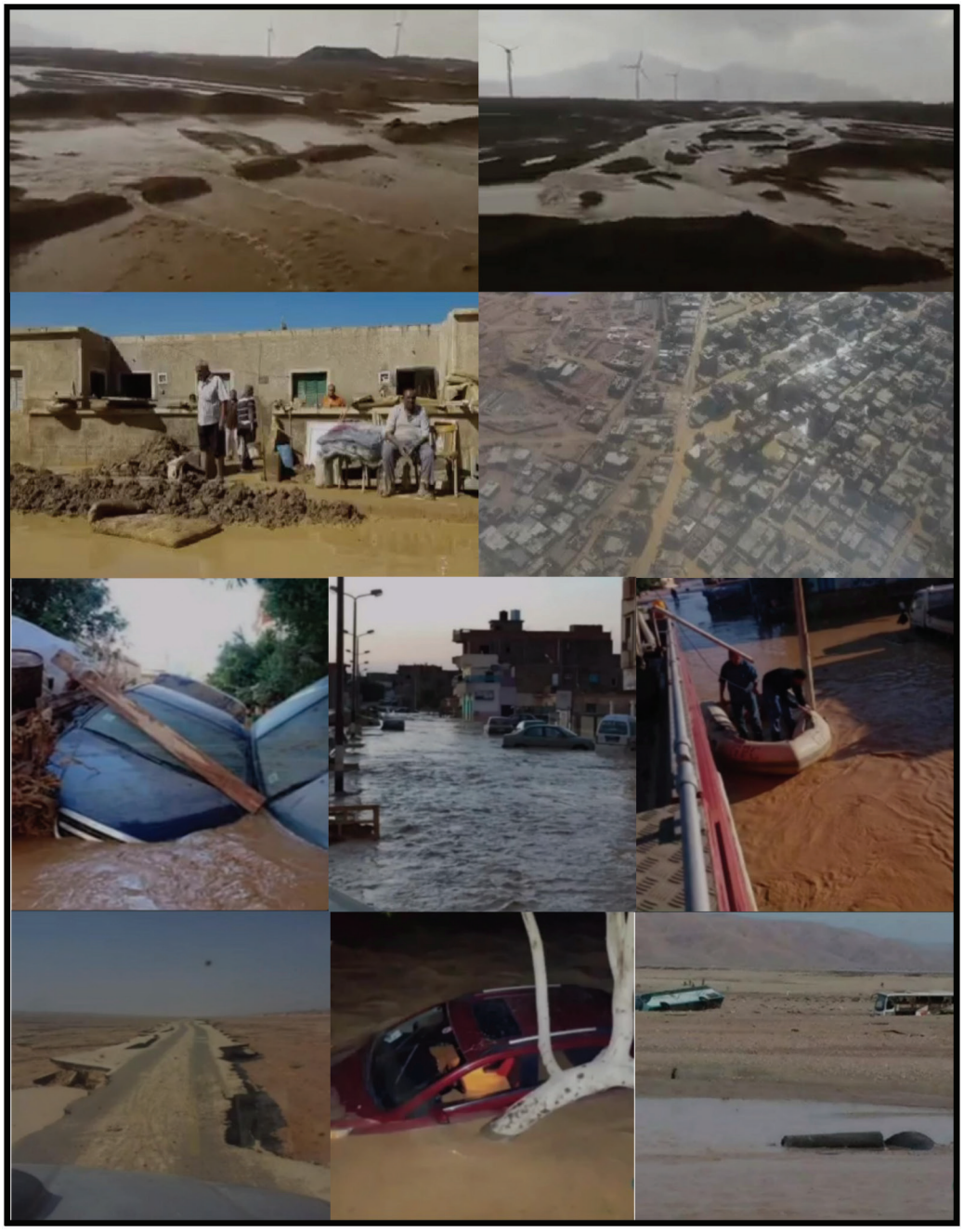
٤- وضع مقترحات لإقامة بعض أعمال الحماية على أودية الدراسة من أجل تحقيق جوانب التنمية.

٢,٣. الدراسات السابقة:

- دراسة (متولي عبدالصمد عبد العزيز،٢٠٠١)، والذي تضمنت فحواها دراسة وادي وتير (احد اودية الساحل الغربي لخليج العقبة) من حيث خصائصه الجيولوجية، وأهم القوانين والمعادلات لحساب الخصائص الموفومترية، والخصائص الهيدرولوجية.

- دراسة (عبدالرحمن علي العذبة،٢٠١٧)، يهتم الكتاب بدراسة هندسة مصادر المياه، من حيث التحليل الهيدرولوجي، والهيدروليكي، والتصاميم الهيدرولويكية، كما تضمن بعض المعايير لإختيار انسب مواقع للاعمال الصناعية للحماية من اخطار السيول، والأثر البيئي للمشاريع الصناعية كسدود.

- دراسة (محمد أحمد بدوي عطا الله، ٢٠٢١)، وقد تضمنت الدراسة المخاطر الهيدروجيومورفولوجية والطبيعية بمراكز العمران بالساحل الغربي لخليج السويس، مركزة على أخطار الجريان السيلي، الزلازل، وحركة المواد. وتضمنت الدراسة سيناريوهات لتقدير خطورة الجريان السيلي بأحواض التصريف، مع تقييم جيومورفوبيئي للتنمية المستدامة والتخطيط المستقبلي. تم تحليل ملاءمة الأنشطة العمرانية، السياحية، الزراعية، والصناعية للتنمية الآمنة بالمنطقة



المصدر: احد سكان المدينة.

صورة (١): منطقة الدراسة اثناء أحداث سيل ٢٠١٦
خلال يومي ٢٧-٢٨ من اكتوبر علي مدينة رأس غارب.

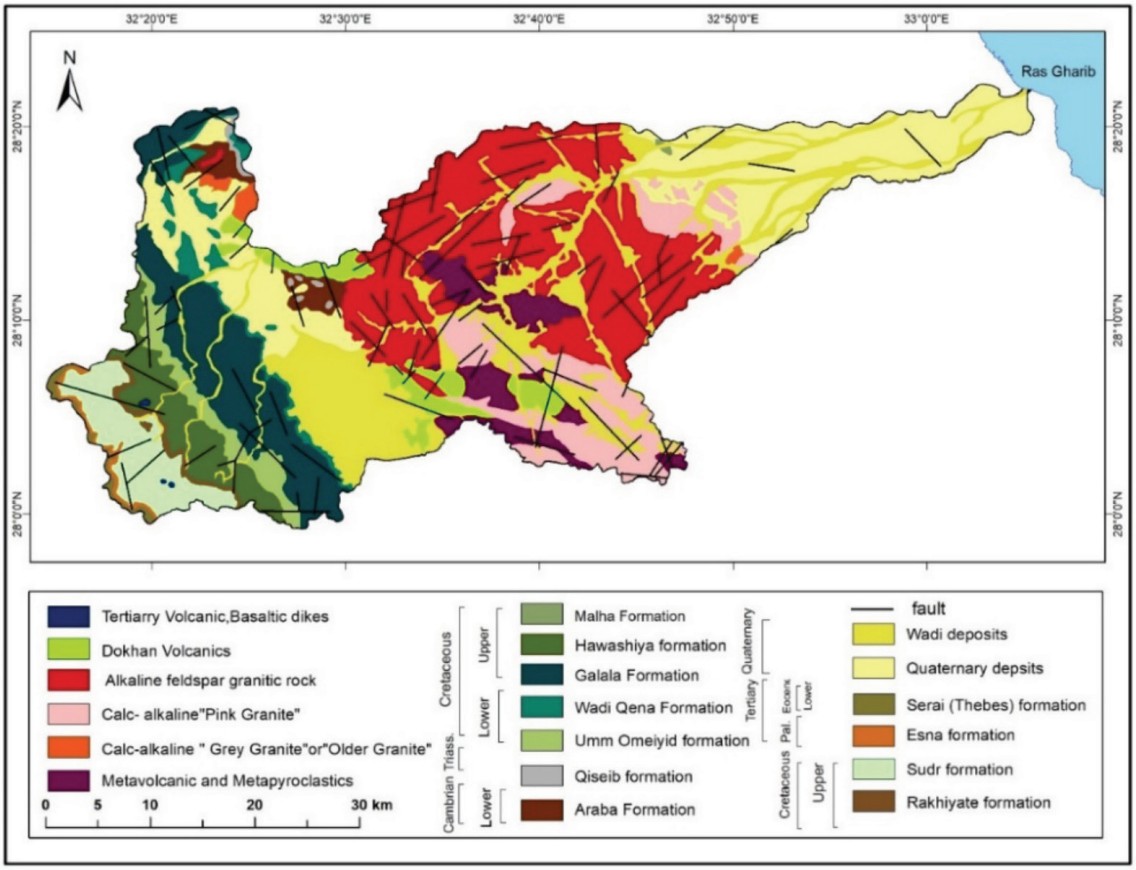
٢,٤. مصادر الدراسة:

اعتمدت الدراسة علي مجموعة من الخرائط بمقاييس مختلفة لفترات زمنية مختلفة مثل خرائط Coral Conoco لعام ١٩٨٧انتاج الهيئة المصرية العامة للبترول مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠ والخرائط الطبوغرافية مقاييس (١:١٠٠,٠٠٠- ١:٢٥٠,٠٠٠) ،وتمت الاستعانة بأطلس التربة الأفريقي لعام ٢٠١٣م مقياس (١: ١٠٠٠,٠٠٠) للتعرف علي مكونات التربة الموجودة في المنطقة، كما اعتمدت الدراسة على مجموعة من البيانات الإحصائية وقد كان أهمها البيانات المُناخية في الفترة بين (١٩٩١-٢٠٢١م)، تم الاعتماد على بيانات GPS لإنتاج نموذج إرتفاع رقمي بدقة مكانية ٥ أمتار، وتعد الدراسة الميدانية أهم مصادر جمع المادة العلمية للوقوف علي مواقع السدود المقامة الحالية، وقد تم ذلك في ٦يناير لعام ٢٠٢٣ وتم استخدام جهاز لقياس

درجة الإنحدار(ابني ليفيل) لقياس زوايا جوانب السد، وجهاز GPS لتحديد مواقع الاعمال الصناعية القاءمة، وشريط القياس، واستند تحليل بيانات الدراسة ونمذجتها إلى مجموعة من البرامج وذلك لإستخلاص شبكة الحوض والخواص الهيدرولوجية والتضاريسية باستخدام برنامج ArcGIS Desktop 10.3، مع عمل محاكاة للعاصفة التصميمية لسيل ٢٠١٦، اومن خلال عمل محاكاة لعاصفة ١٠٠عام وذلك باستخدام برنامج HEC- Hyfran Plus، HMS 4.10،كما تم تحديد مواقع السدود الحالية والتطور الزمني لإنشاءها باستخدام برنامج Google Earth Pro.

٢. الخصائص الجيولوجية:

تتنوع التكوينات ما بين رواسب الحجر الرملي متمثلًا في تكوين عربة مع تداخلات بحرية ترجع إلي الكمبري الأسفل، وتكوينات الكريتاسي متمثلة في تكوين المالحة، وتكوين قنا من حجر رملي أبيض وكنجلوميرات، وتكوين الجلالة من رواسب بحرية وحجر جيري، وكذلك تكوين حواشية من رواسب بحرية واصداف وكربونات مع طبقة رقيقة من الحجر الرملي، وتكوين ضوي، كما تتوزع تكوينات من الزمن الثالث تتبع الباليوسين والأيوسين الأسفل متمثلًا في تكوين إسنا وتكوين سرايا والذي يتميز بالحجر الجيري الطباشيري الغني بالمحار والنيموليت، كما يعد حوض أبو حاد بداية للصخور النارية متمثلة في جبال البحر الأحمر من جبل سمر العبد والذي يتكون من جرانيت وردي في بعض أجزاءه، والجرانيت الرمادي، او الجرانيت القديم في أجزائه الاخري والتي تمت تجويتها بشكلٍ كبير، كما يظهر جبل غارب من صخور جرانيتية وفلسبارٍ قلوي(Conoco Coral ,1987)، كما ينتشر علي الجانب الايمن للوادي تكوينات بركانية يخترقها العديد من القواطع الرأسية والأفقية، كما بصورة(٢)، وشكل(٢).



المصدر: اعتمادًا علي خريطة الجيولوجية بمصر(بني سويف) المنتجة من Conoco بمقياس ١:٥٠٠٠٠٠ عام ١٩٨٧، وبرنامج ARC Map10.3

شكل(٢): التكوينات الجيولوجية بمنطقة وادي ابوحاد.

المصدر: الدراسة الميدانية ٦ يناير ٢٠٢٣

صورة (٢): تكوينات الجرانيت الوردي علي الجانب الايسر من مجري وادي أبو حاد (ناظرًصوب الشمال).

٣. الخصائص الجيومورفولوجية:

٣,١. حوض وادي أبوحاد:

يبلغ مساحة حوض وادي أبوحاد نحو ١٥٩٦,٥، بمحيط ٢٩٧كم، وأقصي طول ٨٧,٧٤كم، وأقصي عرض٣٩,٤كم، مع كمية تصريف محتمل نحو ٤١٤٦,٦كم٣، وأقصي تصرف محتمل نحو ٦٩,٢٥كم٣ (٤) ، مع نسبة تضرس ٥١، وقيمة وعورة ٣,١١، وترجع أهمية التعرف علي أبعاد الحوض إلي أنه يمدنا بمصدر لمعرفة الموارد المائية وأخطار السيول اذا ماتم سقوط السيول علي جزء أو كل الحوض بشكل عام، والذي قد ينتج عنه العديد من الكوارث سواء علي الأنشطة الإقتصادية أو أخطار علي الأرواح والتي تعد من أهم أسباب إختيار مواقع بناء السدود، لحماية المنطقة.

٣,٢. شبكة وادي أبوحاد:

ويتكون حوض وادي أبو حاد من ٤٠٨٩ مجري موزع علي ٧ رتب، وتم حسابها بطريقه (Strahler, 1957) من المجاري بإجمالي طول ٣٠٦٣,٢٣ كم، بمعدل تكرار للمجاري نحو٢,٦، وتصل نسبة التشعب المرجح حوالي ٢,١٣، ويعد المعامل االمثالي لأي وادٍ هو ٣ ؛وبذلك فإن وادي أبوحاد ينخفض عن االمثالية بنحو ٠,٤ أي هو أقرب إلى االمثالية، أما عن معدل بقاء المجري وتنخفض القيم بشكل عام في المناطق المتضرسة او المتقطعة وتبلغ نحو ٠,٥٢، ويصل معدل النسيج الطوبوغرافي تبعا لمعادلة سميث (1950) (Harris & Sjøvold, 2004)

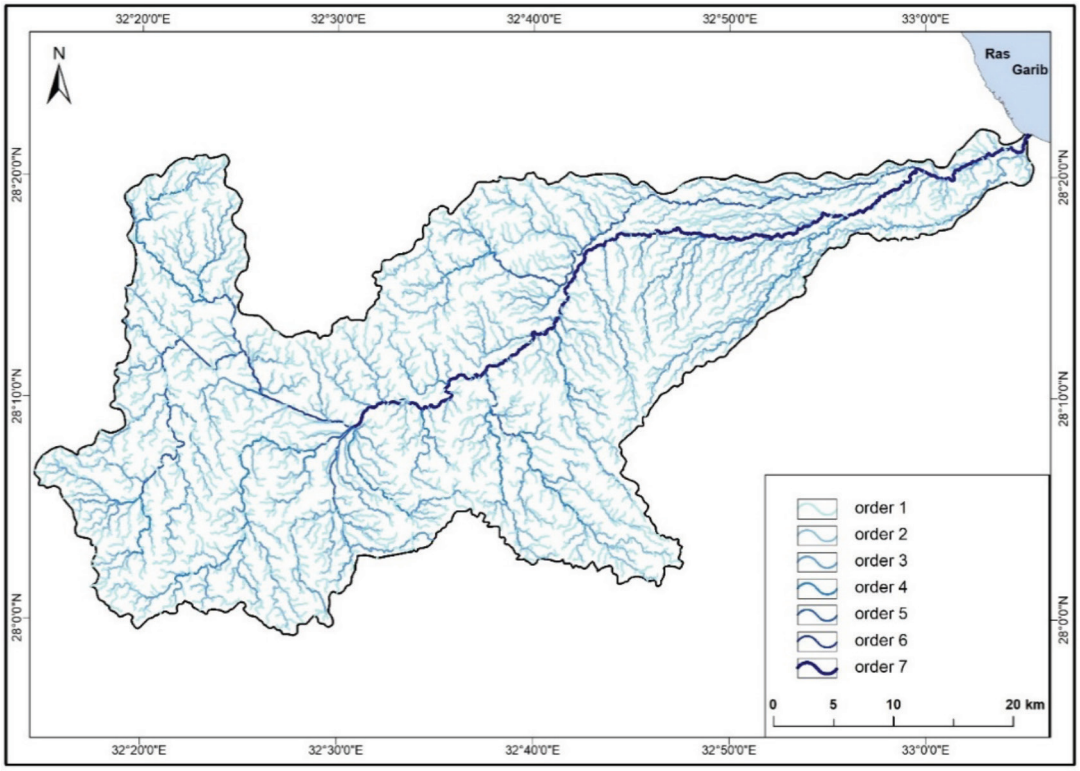
(T= H/P) حيث H تمثل عدد المجاري، P تمثل محيط الحوض(بكم)) نحو ٤,٢٧ ، والذي يعد من الأحواض متوسطة النسيج Medium Texture ، وترجع أهميتها بإعتبارها أحد العناصر المهمة لبناء نموذج الملاءمة المكانية لإختيار مواقع السدود.

٣,٣. الخصائص التضاريسية:

٣,٣,١. درجة الإنحدار Slope:

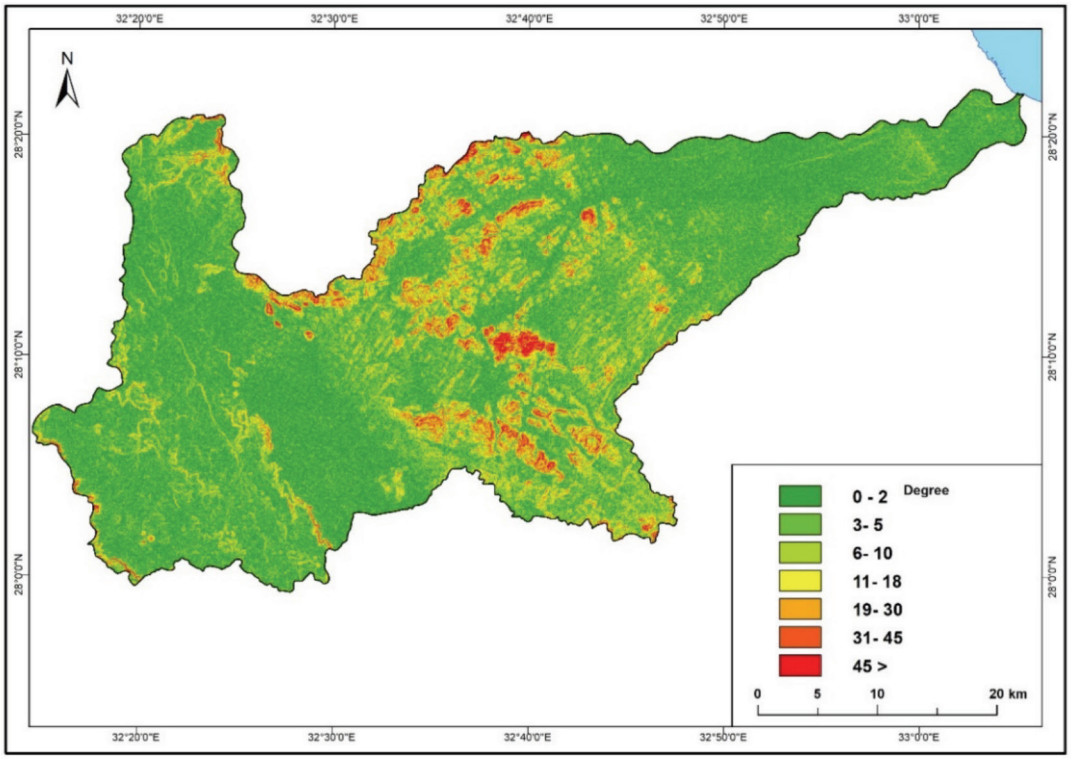
ترجع أهمية إنشاء خريطة لدرجات الإنحدار للتعرف علي أنسب مواضع الإنحدار في الوادي التي يمكن من خلالها تخير الموقع الأنسب لبناء السد، وقد تم انتاج خريطة لدرجات الإنحدار اعتمادًا علي تصنيف Young 1972، حيث نجد أن الإنحدارات تكون شديدة وشديدة جدًا وقد تصل إلى كونها رأسية أكثر من ٤٥ ° في وسط الحوض، بينما نجدها مستوية إلى انحدارات لطيفة ومتوسطة عند الجزء الأعلي والادني للحوض، ومع ذلك عند التخطيط لبناء سد ما فلابد من ملاءمة درجة إنحداره مع موضع السد ما بين ٠-١١ ° وفقًا للمعايير العالمية، إلا أنه يفضل إيجاد جوانب للوادي أكثر اقترابًا ليكونا أكتاف السد سواء من إتجاه واحد أو من إتجاهين، كما يوضح شكل(٤).

(٤) ب – بالاعتماد علي معادلة فولر Fuller's من مرجع (عبدالصمد،٢٠٠١،ص٦١) تنص علي= Q2.33 0.79 A 12 حيث Q تمثل كمية التصرف، حيث A تمثل مساحة الحوض وذلك لحساب حجم التصريف اما عن أقصي تصرف محتمل تم الإعتماد علي معادلة الاتية وهي = 0.24 Qb 0.69 Ad حيث Q_b تمثل أقصي تصرف، حيث A_d تمثل مساحة حوض التصريف.



المصدر: اعتمادًا علي نموذج الارتفاع الرقمي المنتج من بيانات GPS وأدوات التحليل Hydrology بالاعتماد علي برنامج ARC Map 10.3

شكل (٣): شبكة التصريف المائي بحوض وادي أبو حاد.



المصدر: اعتمادًا علي نموذج الارتفاع الرقمي المنتج من بيانات GPS بالاعتماد علي برنامج ARC Map

شكل (٤): درجات الإنحدار بحوض وادي أبو حاد.

٤,٣. الأمطار والجريان السطحي:

تقع منطقة الدراسة ضمن الإقليم الصحراوي الجاف، الذي تقل فيه كمية الأمطار، وقد تتفاوت من عام لآخر، تتأثر عملية الجريان السطحي بدرجة تركز المطر Rain Intensity، وطول فترة الهطول Duration of Rainfall، ونوع العاصفة ما بين العواصف الإنقلابية والتي تتميز بغزارة الأمطار ومحدودية المساحة، والعواصف الإعصارية ذات الإمتداد الأوسع، فجاءت فكرة البحث في التعرف علي أسباب حدوث سيل رأس غارب لعام ٢٠١٦، وهنا تم حساب الحد الأقصى المتوقع لقيمة الجريان السطحي في اليوم الواحد لعام ٢٠١٦م ، وفقا لمعادلة (ball1937) حيث تعتمد هذه الطريقة علي متغيرين هما مساحة الحوض، وأقصي كمية مطر في اليوم الواحد، في محطة رأس غارب لعاصفة يوم ٢٧-٢٨أكتوبر بإجمالي تساقط ٤٤ ملم، حيث تم بناء نموذج رياضي (الهيدروجراف) بالنتائج المستنتَجة من الدراسات الجيولوجية والمورفولوجية والمتيورولوجية السابقة، ونظرًا لعدم توافر بيانات مقاسة عن السيول بالمنطقة تم إستخدام أحد الطرق الصناعية (Hypothetical Storm) بطريقة SCS Type، لحساب المنحنيات الهيدروجرافية لحوض التصريف، وذلك للحصول علي هيدروجراف مياه السيول لتصميم الأعمال الصناعية المناسبة لحماية المنشآت القائمة بالمراوح الفيضية، مع وضع في الاعتبار كمية الفواقد والتسرب (curve number)، والتي بلغت قيمته نحو ٧٢,٥، و كذلك زمن التباطؤ ١٤,٩ ساعة، حيث تراوح أقصي جريان سطحي ٦٨,٨ م٣/يوم، مع حجم مياه ٥٢٧٥ ألف/م٣، زمن الوصول لأقصي تصريف ١٠,٤٥ ساعة، وإجمالي حجم فواقد ٣٩,٠١ملم، وعند مقارنتها مع أودية أخري في نفس الأقليم مثل وادي غويبة لنفس العاصفة لعام٢٠١٦ والتي بلغ أقصي تساقط في يوم٣٠ نوفمبر بإجمالي تساقط ٨٦ملم، وفي محطة الزعفرانة وسانت أنطونيو كانت العاصفة في يومي ٢٧-٢٨ أكتوبر بإجمالي تساقط ٥٣ملم، و محطة بئر عريضة في يوم ١ ديسمبر بإجمالي تساقط ٣٠ملم وصل

السيل بوادي غويبة الذي يقع إلي الشمال من وادي أبو حاد عند مدينة العين السخنة لأقصي جريان له نحو ٧٣٩,٧ م٣/يوم مع حجم مياه ٦١٨٦٢,٢ألف/م٣، رغم أن مساحة (٣٠٣٣,٦١كم٢) ثلاث أضعاف مساحة حوض أبو حاد، فعند الحكم علي كمية الأمطار الساقطة علي مدينة رأس غارب نجد أنها ليست بالكميات الغزيرة التي تؤدي إلي حدوث هذا السيل.

وقد أرجع البعض حدوث هذا السيل إلي اتحاد مياه كلا من وادي أبوحاد ووادي الدرب، وساعد ذلك وجود مدق يتصل بين وادي الدرب وطريق شيخ فضل-رأس غارب الذي يمتد في بطن وادي أبوحاد (مقابلة شخصية، ١٤سبتمبر٢٠٢٢)، كما يتضح في شكل(٦)، وبالتالي تم إنشاء سد علي وادي الدرب وذلك في عام٢٠١٧م بعد أحداث سيل مدينة رأس غارب ٢٠١٦م، بإرتفاع يقدر نحو ٣٠متر بعرض ١٠متر، بطول ٤٢١متر، يمتد هذا الحاجز بذراعين وبحيرة كبيرة تصل مساحتها نحو١٩٣،١٧الف/كم٢ صوره(٣)، جدول(٢)، ومن خلال عمل محاكاة لسيل مدينة رأس غارب ٢٧-٢٩ اكتوبر لعام٢٠١٦م، وبمعلومية مساحة كلا الحوضين (حوض وادي أبوحاد١٦٣٤,٢كم٢- حوض وادي الدرب ١٦٠,٢٢كم٢)، تم حساب كلا من حجم التصريف لوادي أبوحاد والذي قدر بنحو ٥٣١٤,٧الف/م٣، و وادي الدرب قدر بنحو٨٠٩الف/م٣ بأجمالي حجم تصريف نحو٦١٢١,٧ الف/م٣ بمتوسط٣٠٦١الف/م٣، ويصل أقصي جريان سيلي لوادي أبو حاد٦٩,٧م٣/يوم، ووادي الدرب نحو١٣م٣/يوم، بإجمالي يصل نحو٨٢,٤م٣/يوم، وبمتوسط ٤١,٢م٣/يوم.

جدول (١): تقدير أقصى جريان سطحي (م٣/ثانية)، وحجم المياه (ألف /م٣) خلال العاصفة المطيرة ٢٠١٦م

الحوض	أقصي جريان سطحي (م٣/يوم)	حجم المياه (ألف/م٣)	إجمالي كميه الأمطار (مللم)	زمن الوصول لأقصي تصرف (ساعة)	حجم الفواقد (مللم)
أبو حاد	٦٨,٨	٥٢٧٥	٤٤,١	١٠,٤٥	٣٩,٠١

المصدر: اعتمادا علي بيانات www.nasapower.com ، وبرنامج Hec-Hms 4.10

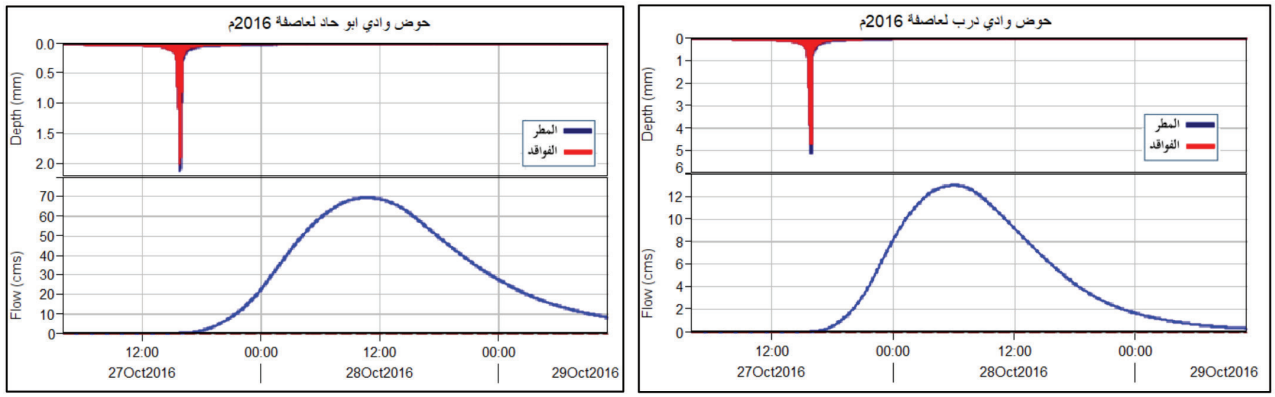
المصدر: الدراسة الميدانية ٦ يناير ٢٠٢٣

صورة(٣):سد وادي الدرب

جدول (٢): حجم التصريف(١٠٠٠م٣)، وأقصى تصرف (م٣/يوم) لعاصفة ٢٠١٦م

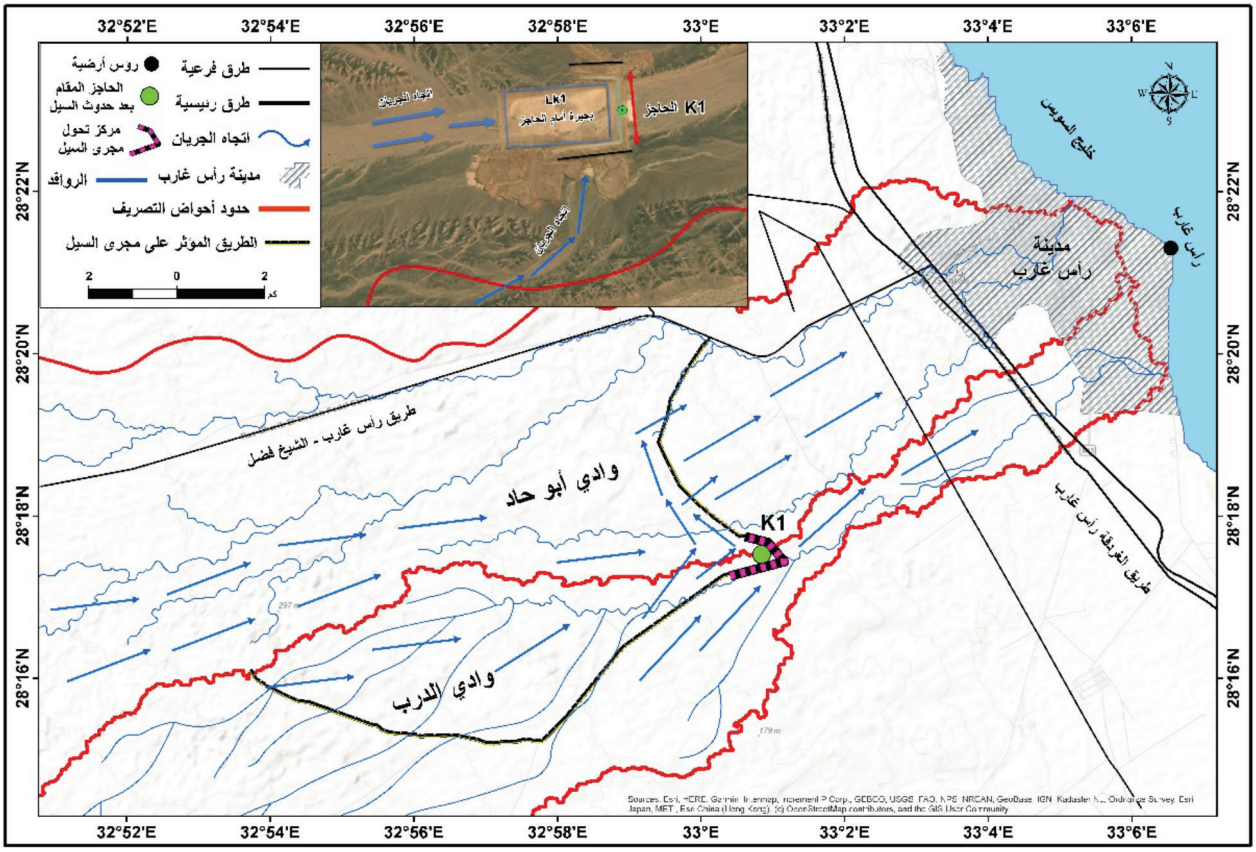
الاحواض	حجم التصرف (١٠٠٠م٣)	أقصى تصرف (م٣/يوم)
وادي أبو حاد	٥٣١٤،٧	٦٩،٧
وادي درب	٨٠٩	١٣
اجمإلي السيل	٦١٢١،٧	٨٢،٤
المتوسط	٣٠٦٠،٨٥	٤١،٢

المصدر: اعتمادا علي بيانات www.nasapower.com ، وبرنامج Hec-Hms 4.10



المصدر: اعتماداً على البيانات المناخية لأقصي امطار سقطت في إليوم الواحد لعام ٢٠١٦
من خلال بيانات www.nasapower.com وباستخدام برنامج HEC

شكل (٥): منحني أقصى تصرف للسيل، وأقصي كميه امطار سقطت لحوض ابوحاد ودرب لعام ٢٠١٦م



المصدر: Google earth pro,V.7.3.6، ARC Map 10.3

شكل (٦) اتصال مجري وادي الدرب مع وادي أبوحاد اثناء سيل ٢٠١٦م، وموقع سد K1،.

وبالتالي تم عمل دراسة ميدانية وسؤال أهل المدينة والعاملين بها أفادوا بأن سيل ٢٠١٦م الذي أصاب المدينة لم يكن بسبب غزارة الأمطار وكمياتها، ولكن كان بسبب الأعمال الصناعية عند جبل أبو حماد عند كيلو ٧٠ لتحديد طريق الشيخ فضل- رأس غارب، ومع وجود بحيرة مائية في تلك المنطقة أدت أعمال الحفر إلي وجود شق فإندفعت مياه البحيرة من خلاله نحو المدينة بسرعة كبيرة بسبب كميات المياه المنصرفة من البحيرة، حيث تعرضت المدينة لمياه غزيرة من طريق الشيخ فضل تسببت في وفاة ستة أشخاص وتلف السيارات وانهيار عدد من أسوار المباني الحكومية كما غمرت المياه المنازل حتى الطابق الأول نتيجة إرتفاع منسوب إلي متر ونصف إلي مترين، وقد تم الاستعانة بمباني المدارس كبديل مؤقت لإيواء الأهالي الذين تأثرت منازلهم بالسيول، وتسببت سرعة جريان السيل في جلب العديد من الرواسب والحيوانات النافقة، مما أدي إلي شلل تام بالمدينة، كما أدي إغلاق طريق رأس غارب-الزعفرانة. (عبد الحكيم، ٢٠٢١، ص١٣٤). فكان دور الدولة هنا بعد تعويض الأهالي ٩٠ منزلًا تم تدميره جراء هذا السيل بمساكن الروضة ، ولمحاولة التقليل والحد من خسائر الأرواح والممتلكات من خلال تغيير مسار مجاري بعض الأودية بعيدًا عن المدينة، وإقامة الحواجز بوادي أبو حاد ووادي الدرب وذلك في عام ٢٠١٧م، حتي لا تحدث السيول مرة أخرى تأثيراتها السلبية على الحياة المدنية بمدينة رأس غارب.

٤. السدود القائمة بوادي أبو حاد:

لدراسة هذا الوادي أهمية كبيرة لما للوادي من موقع جغرافي مهم، وذلك لقربه من ثاني أكبر مدينة في منطقة الدراسة سكانياً واقتصادياً وهي مدينة رأس غارب، والتي قدرت مساحتها ١٣كم٢ في عام ٢٠٢٠م، بالإضافة إلي السيول التي حدثت بالمنطقة، والتي جعلت أصحاب القرار يتجه نظرهم إليها بوضع العديد من الأعمال الصناعية بالوادي لحماية المدينة، فقد أظهرت الدراسة الميدانية لعام ٢٠٢٣ وجود أربع حواجز حديثي النشأه اثنان منهم عند المصب، وهما عباره عن ذراعين تجمع فيهما شبكة كثيفة ويصبان في مروحة أبوحاد المقام عليها مدينة رأس غارب، والأخريين من الأودية شديده الانحدار من المرتفعات

الغربية من جبل سمر العبد(١٠٧٣م)، وجبل مذبح غنم المقايدة(١٠١٤م)، وجبل أم عضلة(٨٣١م)

٤,١. حالة السدود الحالية من خلال الدراسة الميدانية:

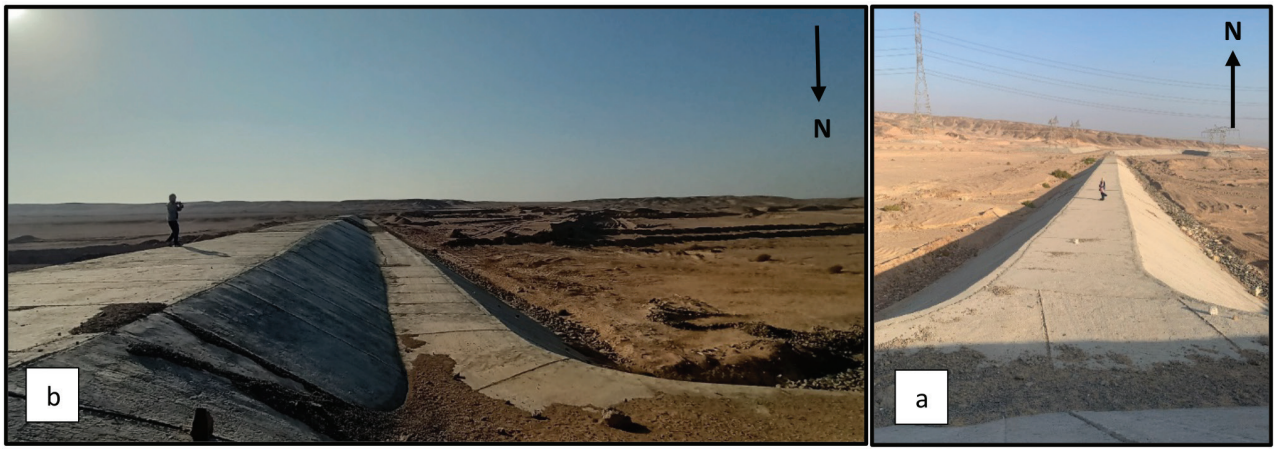
جدول (٣) المواصفات الفنية للحواجز بوادي أبوحاد.

الأعمال الصناعية القائمة	الإتفاع	الطول (متر)	العرض (متر)	الميل الأمامي	الميل الخلفي	السعة التخزينية مليون/م٣	ملاحظات
سد (AH1)	١٠	٣٩٥	٤	١:٣	١:٤	١،٠٣	يمتد الحاجز بذارعين ناحية الشمال بطول١٨متر و في ناحية الجنوب٨, ٣٣ متر، يتكون من مدرجين امام السد.
سد (AH2)	١٠	٦٣٥	٤	١:٣	١:٤	٠،٧٦	يمتد له ذراع في الشرق بطول ١متر
سد (AH3)	١٠	٦٧٣	٤	١:٣	١:٤	٠،٨١	يمتد له ذراع ناحية الشرق بطول ١ م

المصدر: اعتمادًا على برنامج ARC GIS 10,4، والدراسة الميدانية لعام ٢٠٢٣

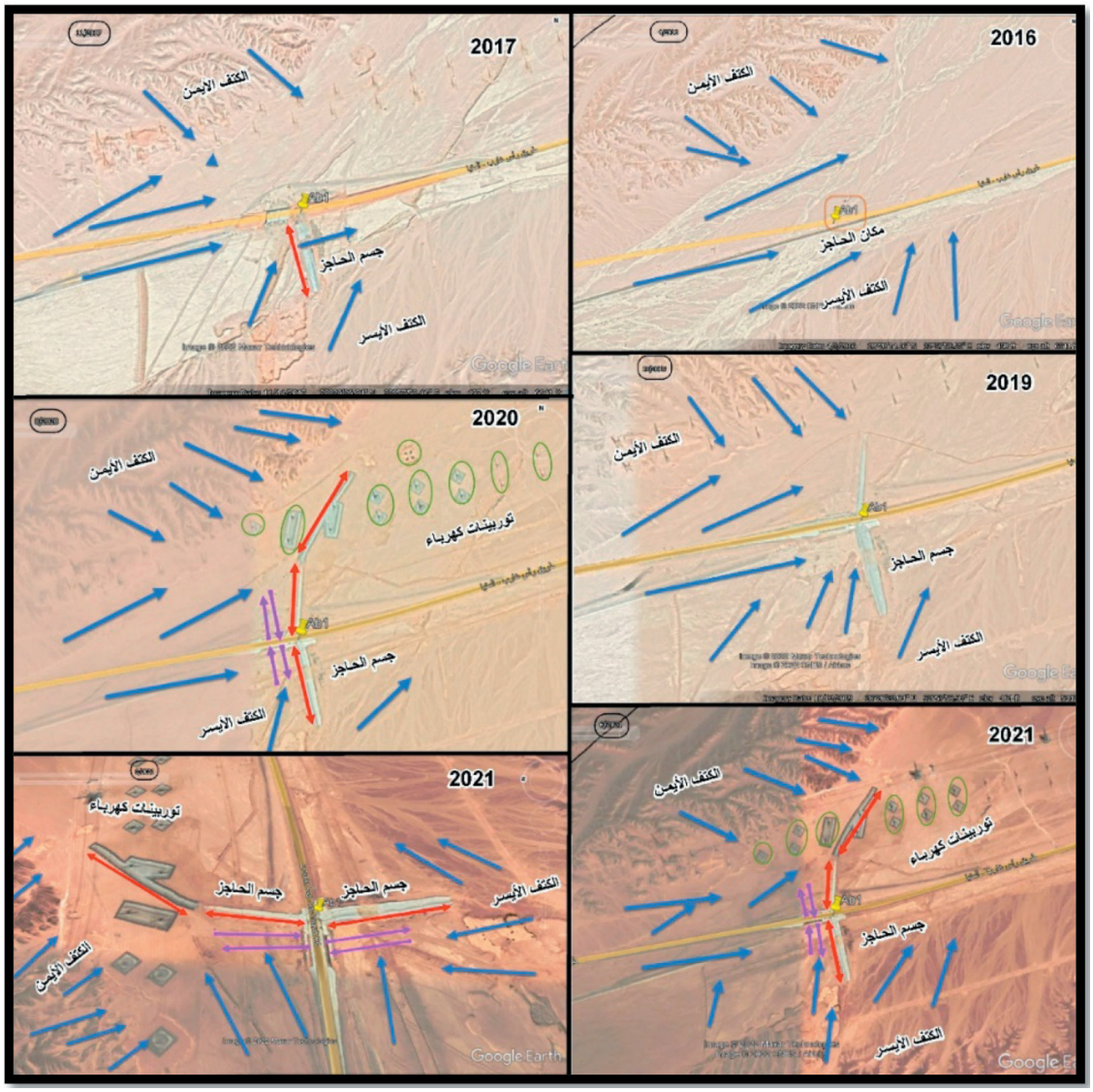
• حاجز AH1:

يقع احداثي هذا الحاجز فيما بين٣٢° ١ ,٥٨° ٨, ٣٤°شرقًا، و٢٨° ١٧,٧ ١٠,٦° شمالًا، بطول ٣٩٥متر، بعرض ٤متر، وتصل مساحة البحيرة أمام الحاجز٢٠٥,٥ الف/م٢،بمساحة تخزينية تصل إلي ١,٠٣ مليون/م٣، وهو حاجز مغطي بالأسمنت، وفي المنتصف مغطي بكسر الرخام، و يتم وضع فرشة خلف السد مكونة من كسر الرخام، وذلك لتقليل سرعة المياه بعد عبورها عبر السد، وبهذا يتم استخدام المواد الخام المتوفرة حول الوادي لتقليل تكلفة البناء والنقل، كما تم بناء العديد من الحواجز تحيط أعمدة محولات الضغط العالي، بالإضافة إلي قناة صناعية ممتدة ناحية الشمال الشرقي تتجمع فيها المياه في بحيرة تخزينية؛ وذلك لإبعاد مياه السيل عن محطة الكهرباء، وفي هذه المحطة يتم تجميع الكهرباء من مولدات الطاقة المتجددة بفعل الرياح القادمة من الجنوب عند جبل الزيت نحو أكثر من ٢٥٠توربين كهرباء وترتبط بالكهرباء القادمة من سمالوط ، ومحطات الكهرباء الأخري، وقد تزامنت مراحل تطور بناء الحاجز مع بداية ظهور محطات الكهرباء كما في شكل(٧) ،مع بناء بربخ أسفل الطريق بجوار الحاجز؛ ليتم تفريغ المياه من كلا الجانبين أثناء حدوث سيل قوي حتى لا يؤثر ذلك على جسم الطريق، وبالتالي على جسم الحاجز المقام صوره(٤).



المصدر: الدراسة الميدانية ٦ يناير ٢٠٢٣

صورة(٤): طول وارتفاع حاجز AH1 في الجانب الأيمن (a) ، والجانب إليسر(b) من طريق رأس غارب – الشيخ فضل بوادي ابو حاد.



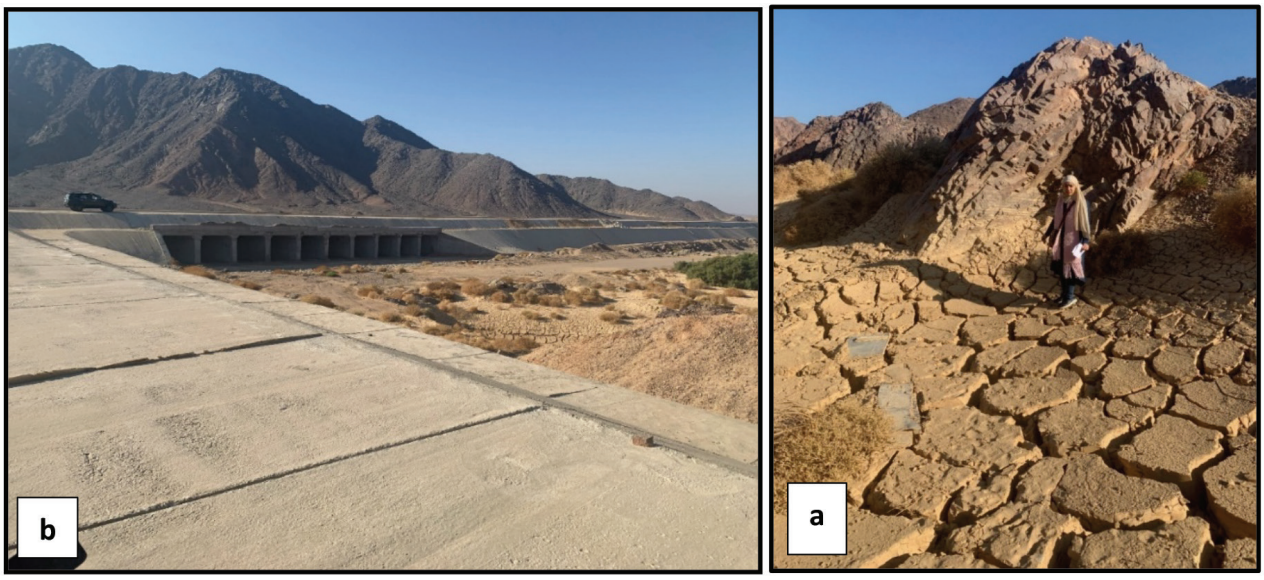
المصدر: Google earth pro,V.7.3.6

شكل (٧) مراحل تطور بناء حاجز AH1 بوادي أبو حاد

• حاجز AH3-AH2:

يقع حاجز Ab3-Ab2 في منتصف حوض أبو حاد عند سلسلة جبال البحر الأحمر، تم إختيار موقع الحاجز تبعًا لقربها من الحوائط الجبلية التي تقلل من طول السد، وتقليل التكلفة المادية عند البناء، وتعد وظيفة هذا الحاجز هي حماية لطريق (رأس غارب–شيح فضل)، وحماية منطقة المصب من خطر السيول المنحدرة من الجبال ذات الإرتفاعات الكبيرة، وهذا الإنحدار الكبير يزيد من خطورتها خاصة مع ضيق القناة المائية المتجهة إلي المصب، الأمر الذي يزيد بدوره من اندفاع المياه وسرعة سريانها تجاه المصب فيزيد من خطورتها؛ فحاجز Ab2 يحجز الأودية المتجه صوب الجنوب، أما عن حاجز Ab3، فهو يحجز الأودية المتجه صوب الشمال، والهدف من إنشاء حاجز Ab3، هو تجميع مياه السيل؛ ومن ثم مرورها أسفل الطريق من خلال قنوات أو برابخ، من ثم تتجمع في البحيرة التخزينية لحاجز Ab2، وبذلك تكون السعة التخزينة لمجموع مياه الحاجزين والتي تقدر نحو١،٥٧مليون/م٣. كما هو موضح في شكل (٨)،صوره(٥).

يقع إحداثي كلا من Ab3-Ab2 فيما بين ٣٢ ٦٠,٩ ١١,٧شرقًا، و٢٨ ١٦,٩ ١٠,١شمالًا، يمتد Ab2 بطول ٦٣،٥متر، ويبلغ مساحة البحيرة نحو١٥٣،٦ ألف/م٢، بسعة تخزينية تصل إلي ٠،٧٦مليون/م٣، ويمتد Ab3 بطول يصل نحو ٦٧،٣متر، وتبلغ سعة البحيرة امام السد ١٦١،٦الف/م٢، بسعة تخزينية تصل إلي ٠،٨١مليون/م٣

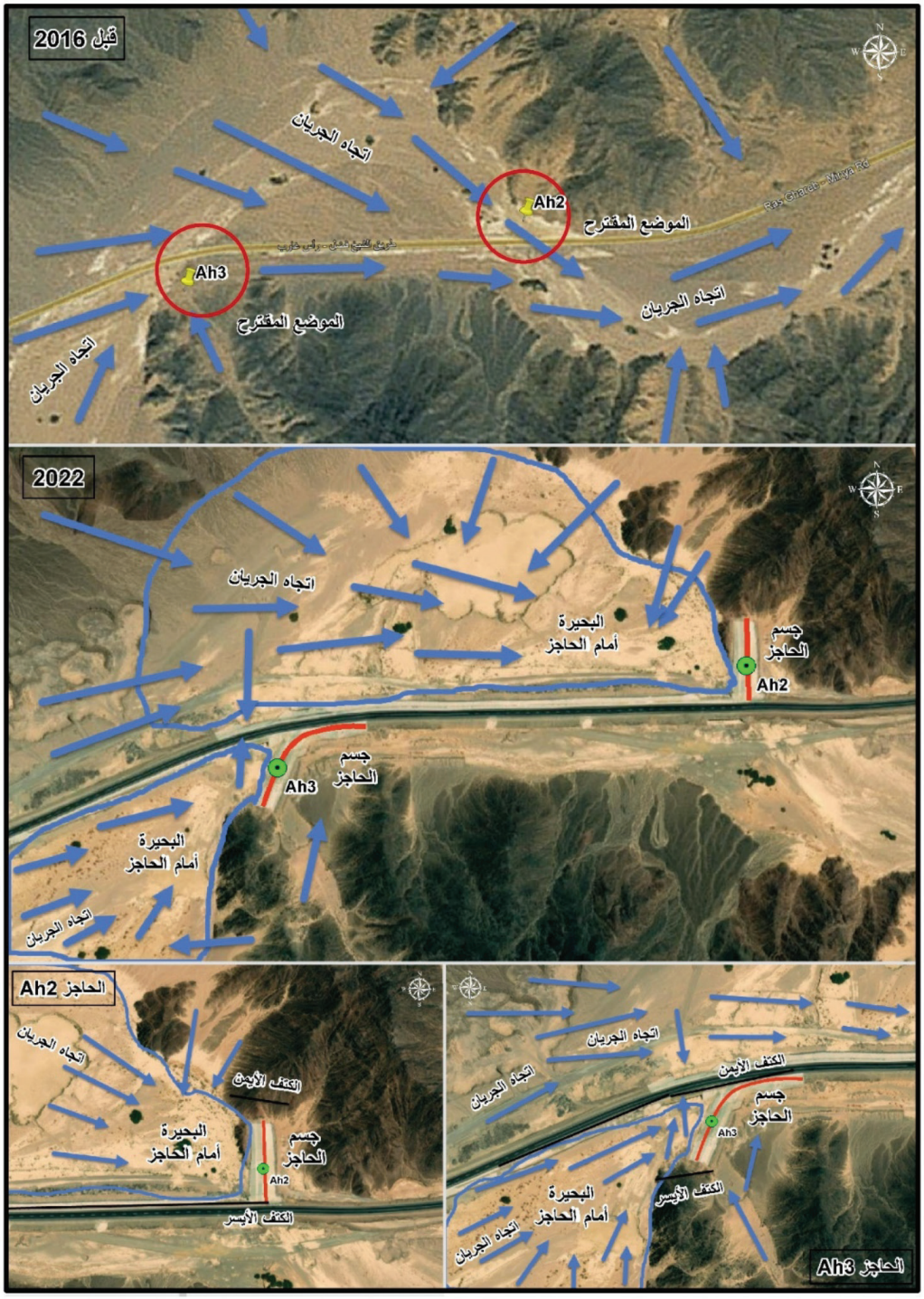


المصدر: الدراسة الميدانية ٦ يناير ٢٠٢٣

صورة (٥): a: كميه الرواسب أمام حاجز AH2 في بحيرة التهدئة ،b: موقع السد القائم AH2 في حوض وادي أبوحاد.

المصدر: الدراسة الميدانية ٦ يناير ٢٠٢٣

صورة (٦): موقع حاجز AH3 على جنوب طريق رأس غارب-الشيخ فضل.



المصدر: Google earth pro,V.7.3.6

شكل (٨) مراحل تطور بناء الحاجز AH3-AH2 بوادي أبو حاد.

٢,٤. العوامل المؤثرة في إختيار مواقع السدود:

السدود هي امتدادات أرضية يتم بنائها بحيث تكون موازية تقريباً للمقطع المائي؛ من أجل منع وصول المياه إلي الأراضي المنخفضة؛ إما حماية، أو تخزين للمياه أمام السد، يعتمد إنشاء السدود بشكل عام علي عدة معايير بعضها معايير طبيعية وأخري بشرية، منها الموقع، وطبوغرافية المنطقة ، والتكوين الجيولوجي للمنطقة، ومسامية الصخور، ونفاذيتها، ونوعية التربة، وكثافه الشبكات المغذية للحوض، وإتجاه انحدارها، كما يؤثر عامل المُناخ، وعوامل بشرية أخري مثل قرب أو بعد السد عن شبكة المواصلات، قرب أو بعد السد من مراكز التجمع العمراني، و طبقًا لكل مما سبق يتم إختيار مواقع السدود كما يلي:

٤,٢,١. طول منتصف المجري المائي من مركز الثقل:

إن إختيار موقع السد من الأهمية بمكان حيث أن المسافة بين السدود على كلا جانبي الوادي ذات أهمية فلابد من وضع السدود في أقصر مسافة بين جانبي الوادي؛ وذلك للتقليل من تكلفة العملية الإنشائية، وبالاعتماد على المسافة الخاصة بالسد وهي طول منتصف المجري المائي من مركز الثقل Centeriodal Flowbath. (براكاش، ٢٠١٧، ص٣٩٣) وتم استخراجه من النموذج الهيدرولوجي لبرنامج HEC-HMS.

٤,٢,٢. المعايير الطبوغرافية:

• **الإنحدار:** تم تطبيق المعايير الطبوغرافية على شريحة الإنحدارات، بحيث يكون الإنحدار مناسبًا للأراضي التي يقع ضمنها مواقع السدود، وبهذا تكون الأراضي التي تقع عليها مواقع السدود منبسطة وذات ميول بسيطة لتجميع أكبر كمية من المياه، وتم الاعتماد على معيار الإنحدار لاقتراح أماكن السدود على ان يكون من (صفر° – 11°) وفقاً للمعايير العالمية، ويختلف ميل جوانب السد من ٣ افقي:١ رأسي، ومن ٤ افقي :١ رأسي (براكاش، ٢٠١٧، ص٣٩٤).

• **الطبيعة التضاريسية لمنطقة السد:** إن وجود الجبال والهضاب المحيطة بالمنطقة من حيث اتساعها وميولها وطبيعة وسعة الوديان المحصورة بينها شرطًا اساسيًا لإقامة السدود، كما تشترط وجود منخفضات طبيعية يمكن استخدامها كخزانات خلف السد. (الربيعي، ٢٠٢٠، ص٧٧)

• **الغطاء النباتي:** تعد كثافة الغطاء النباتي مؤشراً على درجة تماسك التربة او هشاشتها وقابليتها للإنجراف، حيث تؤثر على احتمالية انهيار أو صلابة السد، وذلك بفعل العوامل المناخية المتعددة، ولتلافي ذلك يتم تحريج واستزراع المنطقة بنباتات تعمل على تماسك حبيبات التربة. (الربيعي، ٢٠٢٠، ص٧٧).

٤,٢,٣. المعايير الجيولوجية والتربة:

يجب الأخذ بعين الاعتبار شريحة توزيع التكوينات الصخرية، والتراكيب الجيولوجية في تعيين مواقع السدود، فمن المتطلبات الجيوتقنية لتصميم السدود ،أن تكون المواقع المختارة واقعة علي أرض ذات أساس قوي بعيدة عن التخلعات التكتونية كالصدوع والتفلقات الصخرية التي غالبًا تُمثل نطاقات ذات نفاذية عالية، فالسلم الطبقي لمنطقة الدراسة يظهر توزيع من التتابُعات الطبقية لصخور كربونية تحتوي علي الطبقات الجيرية والدولوميتية المتماسكة والصخور الطباشرية الصوانية و المارلية الطينية الكاتمة، مع وجود صخور جرانيتية وصلبة تتبع الصخور النارية علي جانبي الوادي مما يزيد من صلابة السد المقام، وقد تم تحديد حرم علي أطراف الفوالق الرئيسية من خلال الخريطة الجيولوجية والصور الفضائية بأبعاد (٢٠٠متر) بحيث لا تكون المواقع ضمن هذا الحرم،أما فيما يتعلق بالتربة فيظهر أنماط التربة وتوزيعها فيما سبق فنجد أنه يغلب علي المنطقة التربة الرملية الجيرية ذات الرواسب المنقولة، و رغم أخذ أنواع التربة كمعيار مستقل في عمليات التحليل إلا أنها ليست بالعامل المؤثر بشكل أساسي؛ و ذلك بسبب أن سماكتها قليلة لا تتجاوز المتر كما أن النسبة الأكبر لأنواعها صماء وذات نفاذية قليلة، أما تأثير أنواع التربة ذات الخصوبة العالية فقد تم مراعاتها بشكل غير مباشر عند حساب معيار استخدامات الأراضي ، و يؤثر نوع التربة علي إنشاء وإقامة السد والبحيرة التخزينية (المغاوري، ٢٠٢٣،ص٢٢٦).

٤,٢,٤. معايير استخدامات الأرض:

هناك مجموعة واسعة من الأساليب والأنظمة المتبعة في تخطيط استخدام الاراضي، ولكن تختلف أولويات التخطيط من بلد إلى آخر، إلا أنَّ هنالك مرجعيات وقواسم مشتركة معتمدة بين البلدان في عمليات تقييم استخدام الأراضي؛ كالعناصر الطبيعية والبيئية و عامل التربة، والتضاريس، والمُناخ، والجغرافيا من زراعة وصناعة وسياحة وسكان، و اجتماعية من إنسان واقتصاد، كما يلعب دورًا هامًا عند تقييم اختلاف الإهتمام في استخدام الأرض، فأولويات المستثمر تختلف عن المزارع، كما أن حماية الموارد الطبيعية يتعارض أحيانا مع مصالح الإنسان وانتفاعه الشخصي (برقان، ٢٠١٩، ص ٥٢).

جدول (٤): أنظمة استعمالات الأراضي لوضع مخطط للسدود.

رقم	النوع الأساسي	النوع الفرعي	المعايير
١	الزراعة	كافة المحاصيل بأنواعها	مرفوض
٢	مباني	عمران، منشأة خاصة، مواصلات، طرق	مرفوض
٣	الأراضي الوعرة	جبال، تكشفات صخرية، هضاب	مقبول
٤	الأراضي الرديئة	تكشفات صخرية – ترب فقيرة	مقبول
٥	الأراضي الصحراوية	مراعي، بادية، مقالع	مقبول

المصدر: مركز بحوث موارد المياه،٢٠١٦.

يتضح من الجدول السابق أنَّ الأراضي الوعرة، والأراضي الرديئة ذات التكشفات الصخرية والجبال والتربات الفقيرة هي الأفضل لإنشاء مواقع السدود والآبار الصناعية، أما الأراضي الشجيرية فهي ذات قيمة اقتصادية كبيرة لما تحتويه من أشجار معمرة، إضافة إلى أن أراضي المحاصيل الزراعية التي تنتج الخضروات والفواكه، لا يمكن الاستغناء عنها من قبل السكان وذات قيمة اقتصادية، أما التجمعات السكانية فإنها ذات قيمة اقتصادية عالية أيضًا لساكنيها، ولن يسمح أهلها بإنشاء السدود عليها.

٣,٤. الملاءمة المكانية لإختيار أنسب مواقع لبناء السدود

بوادي أبوحاد:

عند استخدام نظام المعلومات الجغرافية GIS في تحديد مواقع السدود لابد من أن نتعرض لمفهوم أحواض التجميع "Sinks"، وتعرف أحواض التجميع في منطقة ما بأنها منخفضات تتجمع فيها المياه المتدفقة من جميع المسيلات المائية التي تقع في حدود هذه المنطقة، ويتم الحصول عليها باستخدام برنامج النمذجة الهيدرولوجية الذي يعتمد على مخطط رئيسي هو مخطط الإرتفاعات.

الموقع هو بحد ذاته يجب أن يكون حوض تجميع، ولكن ليس كل حوض تجميع يعتبر مناسباً لأن يكون موقعاً مختاراً، وبالاعتماد على المعايير التي تم تحديدها من قبل بما يتلاءم مع ظروف منطقة الدراسة وموضوع البحث ألا وهي تحديد الموقع المناسب لإقامة السدود عليها.

حيث يؤخذ بالاعتبار كل العوامل التي لها علاقة وتأثير في شكل إختيار للموقع الأمثل، وهي الوضع الطوبوغرافي، والوضع الجيولوجي، والخطر الزلزالي، والوضع الهيدرولوجي، واستعمالات الأراضي، والطرق (Prasad, Bhalla، & Palria, 2014) شكل(٩).

تم الاعتماد على الرتب النهرية بداية من الرتبة الرابعة حتي نهاية الرتب إلي المجري الرئيسي ، وتم الاعتماد علي طول المجري المائي من مركز الثقل Centeriodal Flowbath، مع الوضع في الإعتبار بشكل أساسي طبقة الإنحدار ما بين (٠-١١°)، بعد إزالة منها مناطق الضعف في القشرة من التخلعات والأنكسارات بعمل حرم لكل من طبقات الطرق والصدوع والبؤر الزلزالية والمحلات العمرانية بحيث لا تتقاطع، وباستخدام طريقة Float بأخذ متوسط تلك الطبقات من حيث الأهمية باستخدام أداة Map Algebra.

• وبتنفيذ Model Builder تم الإعتماد علي:

١- تقييم العوامل المؤثرة في كل مخطط على تحديد موقع ملائم للعمل.

٢- تحديد كل عامل مؤثر حسب صفاته وخواصه.

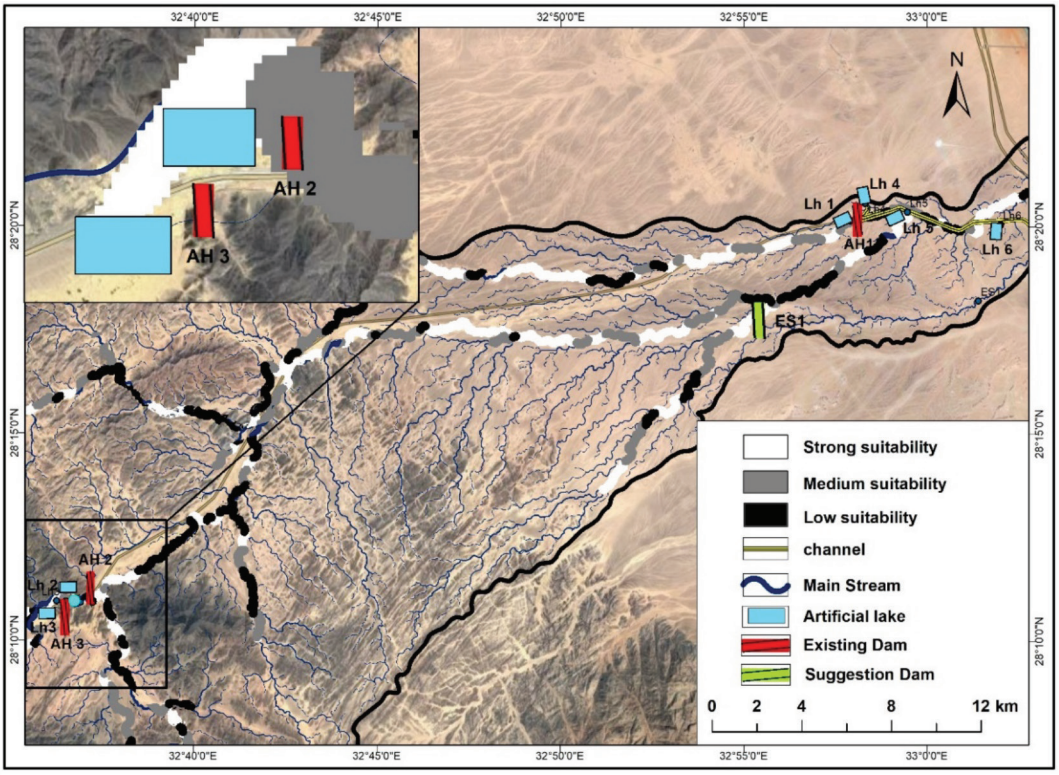
٣- عمل حرم لكل من الطرق والصدوع والبؤر الزلزالية والمحلات العمرانية بحيث لا تتقاطع، عن طريق Disslove مع الإنحدارات التي تم الاعتماد عليها، على أن تكون ما بين صفر درجة ولا تزيد عن ١١ درجة.

٤- يتم استخدام كل من مخرجات النموذج بعمل متوسط لجميع المعايير المنتجة من النموذج.

٥- يتم وضع طبقة كنتورية لعمل ترجيح للأماكن المُثلي لإقامة السد، وذلك لتحقيق ارتفاع جيد لجوانب السد، مع اتساع المنطقة أمام السد لتسمح بتكوين بحيرة لتخزين مياه السيل، ويطلق عليه (ملاءمة ترجيحية).

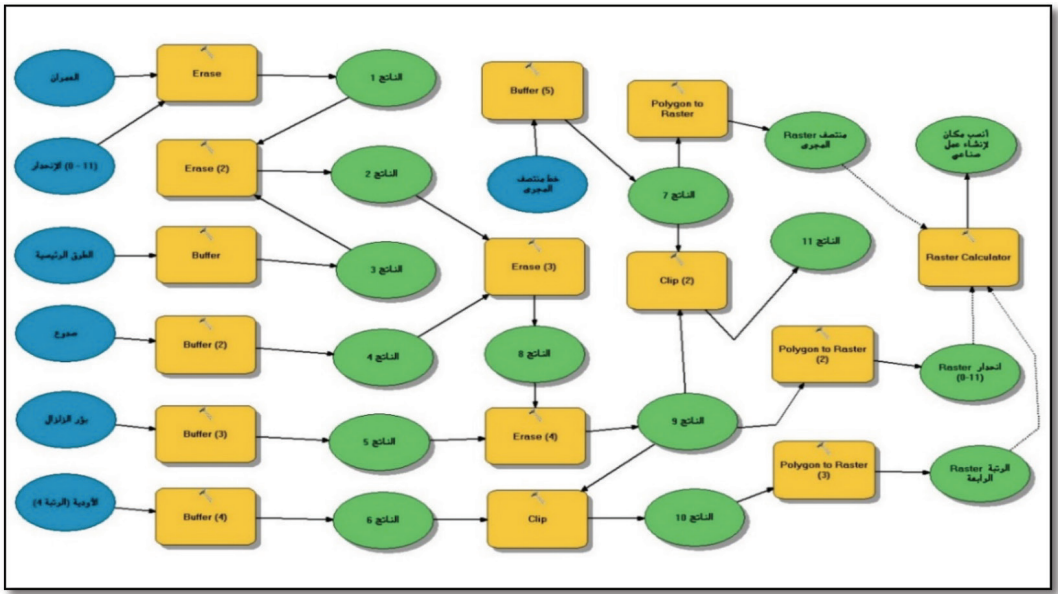
نتيجة لعدم استيعاب الأعمال القائمة لكميات مياه السيول

المتوقعة، فقد تم اقتراح أحد من الأعمال الصناعية لكي تستوعب باقي كميات المياه عند الأزمنة التكرارية خاصة عند الزمن التكراري ١٠٠ عام، وانطلاقًا من المنهجية التي تم ذكرها، وباعتماد المعايير التي حددناها فقد تم إجراء عدة تقاطعات بين المخططات(الشرائح) وذلك للوصول إلى تحديد المواقع الملائمة لإقامة السدود.



المصدر: بالاعتماد علي برنامج ARC Map 10.3 و اداة Model Builder

شكل (٩) نموذج تخطيطي للملاءمة المكانية الترجيحية لاختيار أنسب المواقع لإنشاء السدود.



المصدر: بالاعتماد علي برنامج ARC Map 10.3 و اداة Model Builder

شكل (١٠): النموذج المقترح لأماكن الأعمال الحماية الصناعية القائمة والمقترحة في وادي أبو حاد.

هناك العديد من النماذج أو برامج الحاسوب التي طورت لتحليل نماذج الإرتفاعات الرقمية واستخلاص البيانات منها في التطبيقات الهيدرولوجية وقد صمم نموذج تخطيطي للملاءمة المكانية الترجيحية والتي من خلالها أستنبطت أنسب المواقع لإقامة عمل حماية للحد من خطر السيول، وذلك عن طريق بعض المعاملات والمعايير الدقيقة لإنشاء هذا النموذج التخطيطي كما في الشكل (٩).

بعد تطبيق (Model Builder) السابق توضيحه ظهر في منطقة الدراسة العديد من المواقع الملائمة لاقتراح الحواجز والسدود إلا أن بعض هذه المواقع تشابهت مع الاعمال الصناعية المقامة بالفعل بالمنطقة، كما يظهر في شكل (١٠)، وقد تم حساب شدة السيل عند مخارج الأودية للأحواض، ويقدر الحجم الكلي لمياه السيول عند مخرج الوادي بحوالي ٩,٢ مليون متر٣ اذا ماتم سقوط الأمطار علي الحوض بشكل كامل، كان المكان المقترح في القطاع الأوسط للوادي على الرتبة الخامسة لحجز المياه المتدفقة، وقد تم اقتراح موقع واحد، وذلك لوجود ٤ حواجز مقامه في الوادي، وبذلك يكون العدد كافي لاحتياج المنطقة، ويقع الحاجز المقترح فيما بين ٣٢° ٣,٥٥ ′ ٣٣,٢ ″ شرقًا، ٢٨° ١٧,٦ ′ ١٠,٦ ″ شمالًا، بطول ٨٤٤متر، بسعة تخزينية تصل إلي١,٥مليون/كم٣، ويقع هذا الحاجز على منسوب ٢٠٠م ويصب فيه روافد من وادي أبو حاد يتراوح منسوب منابعها ما بين٧٣٠-٦٣٠متر، ويقترب منابع هذه الروافد لخط تقسيم المياه بينها وبين وادي الدرب وقد تتصل في بعض المناطق مما يزيد من خطورة تجميع مياه السيل فتزيد من خطورتها.

5. الخاتمة:

يتضح مما سبق في هذا البحث أهمية حماية البيئة من المخاطر التي تهددها، وخاصة عند مدينة رأس غارب علي الساحل الغربي لخليج السويس، نظرًا لموقعها الإستراتيجي المهم، فالمخاطر لاتتوقف علي المخاطر الطبيعية ومنها السيول فقط ، ولكن تدخل الأنسان في تغيير البيئة المحيطة به أدي إلي تعاظم خطورة السيل، والآثار الناجمة عنه، مما يدعونا إلى ضرورة زيادة وعي السكان بالمحافظة علي طبيعة البيئة، تم استخدام مجموعة من الأساليب الكمية والإحصائية لتقدير حجم جريان سيل أكتوبرلعام ٢٠١٦، مع تقييم السدود الموجوده الحالية وحساب السعة التخزينية، مع وضع مجموعة من المعايير لاقتراح موقع سد جديد، وبذلك يتناسب إجمالي السعة التخزينية للسدود الموجودة والمقترحة، مع إجمالي حجم الجريان السيلي الذي قد يحدث عند تقدير عمق الأمطار خلال ١٠٠عام والتي كانت نحو ٣٤,٥مم ،وذلك لحماية مدينة رأس غارب من أضرار السيول.

6,1. المراجع باللغة العربية:

- البرقان، احمد، (٢٠١٩)، تخطيط استخدام الأراضي، دار النشر الأكاديمية.
- المغاوري، ابتهال يوسف ،(٢٠٢٣)، نظام معلومات جغرافي لمواقع السدود علي أودية الساحل الغربي لخليج السويس، رسالة ماجستير، غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
- الربيعي،أحمد،(٢٠٢٠)، دراسات في هندسة السدود، دار الكتب العلمية.
- براكاش، اناند، عبدالرحمن علي العذبة (٢٠١٧)، هندسة مصادر المياه "التصاميم والطرق الأساسية"،جامعه الملك سعود.
- تقرير الاقتصادي،(٢٠١٦)، حماية المنطقة الصناعية بشمال غرب خليج السويس (المنطقة الصناعية بشمال غرب خليج السويس (المنطقة الشمالية والجنوبية)، وزارة الموارد المائية والري، المركز القومي لبحوث المياه، معهد بحوث الموارد المائية.
- عبدالصمد، متولي عبد العزيز على (٢٠٠١): حوض وادي وتير، شرق سيناء "دراسة جيومورفولوجية"، رسالة دكتوراة، جامعة القاهرة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
- عبد الحكيم، ايمان محمد(٢٠٢١م): الضوابط البيئية للنمو العمراني في مدن رأس غارب وسفاجا والقصير دراسة في جغرافية المدن، رسالة دكتوراة، جامعة القاهرة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
- عطا الله، محمد أحمد بدوي، (٢٠٢١): تقييم المخاطر الهيدروجيومورفولوجية والطبيعية على مراكز العمران بالساحل الغربي لخليج السويس بمصر "دراسة في الجيومورفولوجية البيئية والتنمية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة

دكتوراة، جامعة العريش، كلية الآداب، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية.

٢,٦. مراجع باللغة غير العربية:

* **Harris, E. F., & Sjøvold, T.** (2004). Calculation of Smith's Mean Measure of Divergence for Intergroup Comparisons Using Nonmetric Data. Dental Anthropology Journal, 17(3), 83-93.

* **Strahler, A.** (1957): Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. Transaction American Geophysical Union. Vol. (38). No. (6).

* **Prasad, H. C., Bhalla, P., & Palria, S.** (2014). Suitability analysis of water harvesting structures using remote sensing and GIS – A case study of Pisangan watershed, Ajmer District, Rajasthan. Department of Remote Sensing and Geo-informatics, MDS University.