Water Harvesting and Flood Risk Mitigation in Baalbek-Hermel Using GIS(Case Study: Wadi al-Turkman Basin)

Dr. Iyad ABBAS*

(Received 6 / 4 / 2025. Accepted 7 / 10 / 2025)

□ ABSTRACT □

The Baalbeck-Hermel region in Lebanon suffers from the issue of floods and floods, due to the presence of arid lands and degraded valleys that receive rainfall in a short time, forming torrential floods that destroy agricultural lands and villages, causing serious material and human damage.The research aims to harvest rainwater and prevent the risks of torrents and floods resulting from severe and sudden rainstorms in Wadi al-Turkman (Baalbek-Hermel region), to protect citizens and their property, protect the soil from erosion, store a quantity of water to water crops and natural vegetation, develop the region, and maintain a sustainable environment.This research made a preliminary estimate of the number and type of facilities, their locations, and quantities of works based on DEM topographic maps 30□30m at a scale of 1/50000 using GIS software, and this estimate is subject to modification in the design study phase, depending on the field audit and the accuracy of the available data and data. The choice of stone or gabion walls is related to the building materials available at the site.

The research recommends planting forest trees and annual wild plants, establishing green barriers through appropriate agroforestry to stabilize the soil, and stopping logging for heating purposes.

Keywords: Flood prevention, rainwater harvesting, stone walls, green barriers, Baalbek-Hermel.

Copyright **:**Latakia University journal (Formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Associate Professor – Department of Topography - Faculty of Civil Engineering - Latakia University (Formerly Tishreen) - Latakia- Syria.**

حصاد المياه ودرء مخاطر الفيضانات في بعلبك–الهرمل باستخدام الـ GIS (حالة دراسة: حوض وادي التركمان)

د. إياد محمد عباس*

(تاريخ الإيداع 6 / 4 / 2025. قُبِل للنشر في 7/ 10 / 2025)

□ ملخّص □

تعاني منطقة بعلبك–الهرمل في لبنان من مشكلة السيول والفيضانات، لوجود أراض قاحلة وأودية متدهورة تتلقى شدات مطرية خلال وقت قصير، فتتشكّل سيول جارفة ومدمّرة للأراضي الزراعية والقرى مسبّبة أضراراً مادية وبشرية جسيمة.

يهدف البحث إلى حصاد مياه الأمطار، ودرء مخاطر السيول والفيضانات الناتجة عن العواصف المطرية الشديدة والمفاجئة في وادي التركمان (منطقة بعلبك–الهرمل)، لحماية المواطنين وممتلكاتهم، وحماية التربة من الانجراف، وتخزين كمية من المياه لسقاية المزروعات والنباتات الطبيعية وتنمية المنطقة، والحفاظ على بيئة مستدامة.

أنجز هذا البحث تقديراً أولياً لعدد المنشآت ونوعها وتحديد مواقعها، وتقدير كميات أعمالها اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية DEM 30×30m وبمقياس 1/50000 وباستخدام برنامج GIS، وهذا التقدير قابل للتعديل في مرحلة الدراسة التصميمية، تبعاً للتدقيق الحقلي ودقة البيانات والمعطيات المتوافرة. كما أن اختيار الجدران الحجرية أو الغابيونية يرتبط بمواد البناء المتوافرة في الموقع.

يوصي البحث بزراعة الأشجار الحراجية والنباتات البرّية الحولية، وإقامة الحواجز الخضراء من خلال الزراعات الحراجية المناسبة لتثبيت الترب، والتوقف عن قطع الأشجار بهدف التدفئة.

الكلمات المفتاحية: درء مخاطر الفيضان، حصاد مياه الأمطار، الجدران الحجرية، الحواجز الخضراء، بعلبك–الهرمل.

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)– سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY–NC–SA 04

* استاذ مساعد – قسم الهندسة الطبوغرافية والمساحية – كلية الهندسة المدنية –جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)– اللاذقية – سوريا.

مقدمة:

تمتد معظم أراضي المنطقة العربية ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة. وتتسم بندرة المياه وتواتر فترات جفاف والتي زادت حدتها بسبب التغيرات المناخية. وتشير التوقعات المستقبلية إلى أن كميات الهطول المطري خلال الخمسين عاماً المقبلة سوف تنخفض بنسبة 20% في معظم أقاليم الوطن العربي [1]. والهطل المطري لايكفي الاحتياجات الأساسية للإنتاج الزراعي؛ لأنّ توزّعه الزماني والمكاني غير متوازن خلال موسم نمو النباتات، ويهطل المطر الغزير فجأة فوق مساحات غير كبيرة ولمدة قصيرة عادةً، لذلك فهو لايدعم زراعة مجدية اقتصادياً. كما أنه يحصل على شكل عواصف عشوائية، لا يمكن التنبؤ بها، فيضيع معظم المياه الهاطلة بالتبخر والجريان، مما يؤدي إلى تكرار فترات الجفاف خلال موسم نمو النباتات. ويؤدّي سطح التربة وبنيتها دوراً مهماً في جريان المياه ورشحها، وتغذية المياه الجوفية، ويمكن أن تسبب مياه الجريان السطحي انجراف التربة وفقدانها، وتشكيل الأخاديد على سطح الأرض.

يمكن أن تجري عملية حصاد المياه بصورة طبيعية أو بتدخل الإنسان، ويمكن مشاهدة الحصاد الطبيعي في أعقاب العواصف المطرية الشديدة، إذ تجري المياه إلى المناطق المنخفضة مشكِّلة بُركاً يستثمرها المزارع في سقاية مزروعاته. ويمكن حصاد الأمطار باستخدام المنشآت المناسبة لاستعماله في المنطقة المستهدفة، لتأمين مياه للاستخدامات المنزلية وسقاية الحيوانات واستدامة البيئة.

أنجزت دراسة لحصاد مياه الأمطار والسيول في مواقع معينة من المملكة العربية السعودية، للاستفادة من المياه في أول فترات هطولها واستخدامها لشرب الحيوانات والماشية بجانب الاسترزاع الرعوي، وإنتاج المحاصيل الحقلية والأعلاف، إضافةً إلى المحافظة على الغطاء النباتي والتنوع الحيوي وحفظ الأصول الوراثية للنباتات في مواقعها الطبيعية وإعادة إعمار النباتات المتدهورة [2].

وقامت دراسة بتطوير إطار عمل للنمذجة المتكاملة، يربط بين نموذج تخزين مياه الأمطار والجريان السطحي، ونموذج الطلب على المياه للاستخدامات المختلفة. تم اختبار النموذج من خلال دراسة حالة في "ملبورن"، باستخدام سلسلة زمنية مسجلة لهطول الأمطار لمدة 85 عاماً (بعد التحقق من صحة نموذج الفيضان باستخدام برنامج MIKE-FLOOD. فأظهرت النتائج أن التنفيذ المكثف لخزانات حصاد مياه الأمطار في منطقة الدراسة أمر ممكن اقتصادياً، ويمكن أن يقلل من الأضرار السنوية المتوقعة في مستجمعات المياه بنسبة تصل إلى حوالي 30%. تعد مساحة التخزين والتوزيع الزمني لهطول الأمطار من العوامل المهمة التي تؤثر على أداء التخزين للحد من الفيضانات [3].

وقيمت دراسة قدرات تقنيات حصاد مياه الأمطار المحلية لاستخدامها كحل قابل للتطبيق للتخفيف من الفيضانات. من خلال تحليل الأداء الهيدروليكي لأكثر تقنيات حصاد مياه الأمطار المحلية استخداماً في المناطق الواقعة جنوب الصحراء الكبرى، من حيث تقليل ذروة التدفق وتقليل حجم التخزين على مستوى الحقل والحوض. كما أنجزت هذه الدراسة أول تطبيق علمي لـ HEC-RAS كنموذج لهطول الأمطار والجريان السطحي [4].

قامت دراسة في حوض وادي الموجب–جنوبي الأردن بتحديد المواقع المحتملة لحصاد مياه الأمطار، باستخدام النمذجة المكانية المتعددة المعايير. من خلال تحديد أفضل المواقع من الحفائر والسدود الصالحة لتجميع المياه اعتماداً على تقانة نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بعد RS. وخلصت الدراسة إلى تحديد مدى ملاءمة الحوض المدروس لإقامة مشاريع الحصاد المائي من خلال تحديد أربعة مستويات للملاءمة. وتم اقتراح إقامة سدين مائيين وعشرة حفائر. وأوصت الدراسة بضرورة تبني استراتيجيات إدارة الأحواض المائية في المناطق الجافة في أراضي الحوض [5].

أنجزت دراسة لتحديد المواقع الملائمة لأماكن تجميع مياه الأمطار والسيول في مدينة إب في اليمن، وباعتماد معايير تحديد نظم حصاد المياه. تم تحديد 3 مواقع مثلى لأماكن تجميع مياه الجريان السطحي لتغذية المياه الجوفية، كما تم اقتراح إقامة سد ترشيحي لحصاد المياه مع تنفيذ آبار الشحن، واقترح إنشاء حاجز مائي على مجرى الوادي وإنشاء حفر مائية اصطناعية في مواقع محددة [6].

أهمية البحث وأهدافه:

تعاني منطقة بعلبك–الهرمل من مشكلة السيول، لا توجد أنهار ذات جريان دائم تفيض أحياناً، بل توجد أراض قاحلة وأودية متدهورة تتلقى شدات مطرية خلال وقت قصير (ساعة أو أقل من ساعة)، فتتشكّل سيول جارفة ومدمّرة، التي تجرف الأراضي الزراعية والمزروعات، وتفيض على القرى مسبّبة أضراراً مادية وبشرية جسيمة.

وفي مشروع جرى تنفيذه عام 2006م في منطقة القاع ولاحقاً في منطقة عرسال بالاشتراك مع مركز أكساد، ظهرت العديد من المناطق في الجرود التي تعرّضت للتدهور بفعل الممارسات البشرية الخاطئة، بسبب القطع العشوائي للأشجار الحراجية. فتصبح هذه المناطق أكثر عرضة للكوارث بعد إزالة الغطاء الحرجي أو النباتي عن المنحدرات، لأنّ هذه التربة تصبح هشّة وخالية من الجذور، فلا تبقى متماسكة مع بعضها البعض، لذا عند تعرّضها لشدات مطرية كبيرة وقصيرة المدة، فإنّ المياه تجرف التربة في طريقها إلى الوديان مسبّبة أضراراً بالغة.

كما تعاني هذه المنطقة في نفس الوقت من نقص المياه، خاصّةً خلال فصل الصيف الطويل، لذلك يتمتع مشروع حصاد المياه وتنظيم الجريانات في المسيلات المائية بأهمية كبيرة [7].

يهدف البحث إلى حصاد مياه الأمطار، ودرء مخاطر السيول والفيضانات الناتجة عن العواصف المطرية الشديدة والمفاجئة في بعلبك–الهرمل من خلال اقتراح مجموعة منشآت مائية لدرء المخاطر وحصاد المياه فيها، وذلك بهدف حماية المواطنين وممتلكاتهم، والحفاظ على التربة من الانجراف، وتخزين كمية من المياه لسقاية المزروعات والنباتات الطبيعية وتنمية المنطقة، والحفاظ على بيئة مستدامة.

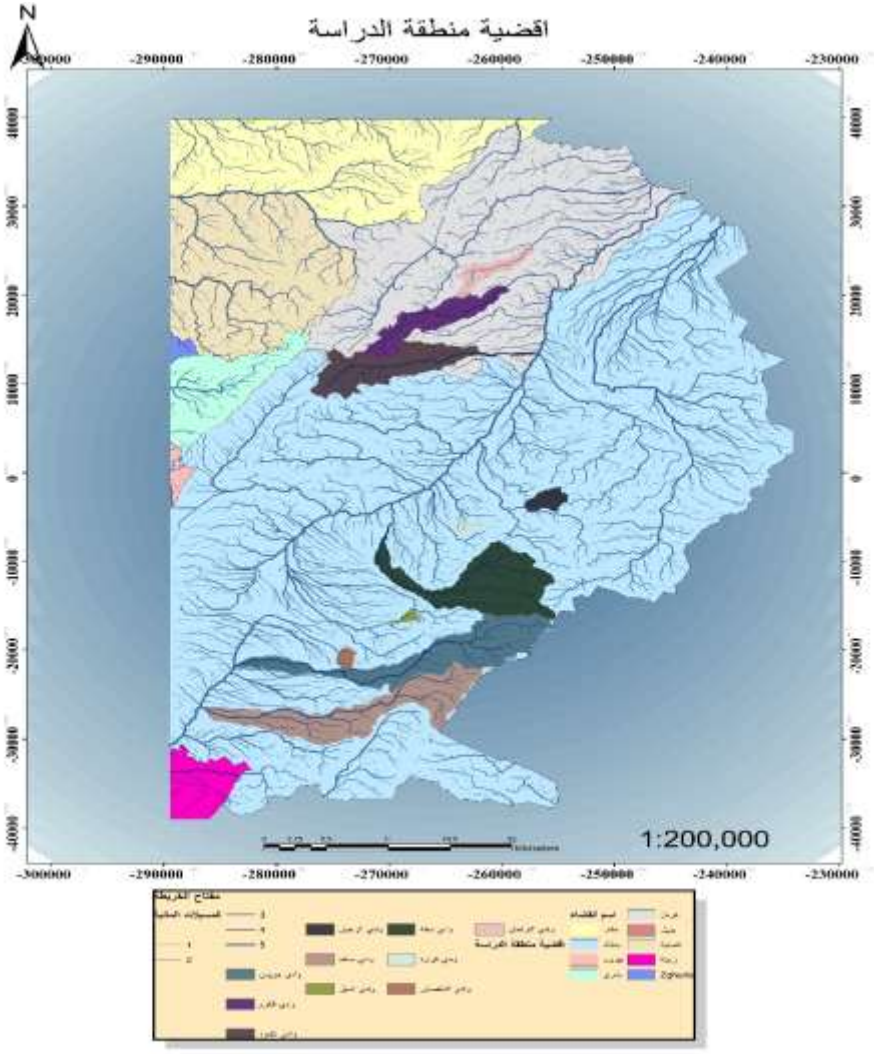
طرائق البحث ومواده:

تتوافر في منطقة البحث من خلال تقييم الفيضانات السابقة والسيول التي اجتاحت المنطقة، عشرة أودية ومجاري مائية فرعية التي تصب في مجرى النهر (وادي الفعرا–وادي غريبان–وادي الكرم–وادي الكرازة–وادي نحلة–وادي الرعيان–وادي السيل–وادي سباط–وادي الشقفصلي–وادي التركمان)، وهي الأودية التي يطلب درء مخاطر الفيضانات والسيول فيها، واقتراح ودراسة منشآت درء المخاطر وحصاد المياه فيها.

تتوافر في منطقة المشروع الشكل 1 بيانات كثيرة تساعد في إعداد دراسات حصاد المياه ودرء مخاطر الفيضان (الجدول–1):

تحتاج دراسة منشآت درء مخاطر السيول وحصاد المياه في منطقة المشروع إضافة للبيانات المتوافرة. معطيات الهطل اليومي الأعظمي خلال عدة سنوات، خاصة خلال فترات حدوث الفيضانات السابقة، ولابد من قياسات فعلية لبعض العواصف المطرية المسجلة خلال الفيضانت والسيول التي حدثت في منطقة المشروع. وسنكتفي باقتراح منشآت درء مخاطر السيول والفيضانات في حوض وادي التركمان. وسنعتمد برنامج **GIS** نظام المعلومات الجغرافي في إعداد واستنتاج كل خرائط هذه الدراسة بدءاً من استنتاج الأحواض الساكبة للأودية المدروسة، وصولاً إلى تحديد مواقع منشآت درء مخاطر السيول والفيضان، وتحديد أبعادها وحجوم أعمالها.

تم الحصول على البيانات المكانية المستخدمة في هذه الدراسة من عدة جهات رسمية ومصادر وطنية موثوقة في لبنان. تضمنت هذه المصادر: وزارة الأشغال العامة والنقل، وزارة الزراعة، وزارة الطاقة والمياه، وزارة البيئة، وزارة الشؤون البلدية والقروية، ومديرية الأرصاد الجوية اللبنانية. كما تم الاستفادة من بيانات المركز الوطني للبحوث العلمية (CNRS)، ومنظمة الأغذية والزراعة (FAO).



الشكل (1) الموقع العام

الجدول(1) بيانات إعداد دراسات حصاد المياه ودرء مخاطر الفيضان

الخارطة الطبوغرافية والميول واتجاه الميل.	خارطة خصوبة التربة وخارطة الترب (بيدولوجيا).
خارطة مواقع بحيرات هضابية موجودة أو مقترحة.	خارطة جيولوجية بمقياس 1/200000.
خارطة مواقع بحيرات في المناطق المنخفضة والوديان (بحيرتان تخزين كل واحدة منها 0.7 مليون م^3 ومتوسطة الأولوية).	خارطة المناطق المروية ومناطق الصرف الزراعي، والمناطق المقترحة للري مستقبلاً.
خارطة مواقع بحيرات طبيعية صغيرة وتخزينها قليل.	خارطة هيدروجيولوجية ومناطق المأمولية المائية.
خارطة توزع المناطق السكنية والقرى والبلدات.	مناطق وجود المحميات البيئية والمحميات الطبيعية.

مناطق وجود الكارست.	خارطة مناطق انتشار الغابات الطبيعية.
خارطة المناطق المعرضة للغمر نتيجة الفيضانات والسيول.	خارطة المسامية.
خارطة المناطق المعرضة للزلازل (متوسطة ومنخفضة).	خارطة الهطولات المطرية السنوية.
خارطة مراكز حماية المياه (الينابيع والآبار).	خارطة الغطاء النباتي.
خارطة الفوالق والقسمات الخطية.	خارطة الأحواض الساكبة.
خارطة توزع الينابيع المائية ومناطق تغذيتها.	خارطة استخدامات الأراضي.
خارطة التغذية الرشاحة للحوامل المائية.	خارطة انتشار المقالع.

1. المنهجية المستخدمة:

استخدمنا المنهجية التالية لتحقيق أهداف البحث وتحديد المواقع المناسبة لمنشآت حصاد المياه ودرء مخاطر الفيضانات:

1. جمع البيانات والخرائط المتاحة.
2. تحليل مكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS).
3. تحديد مواقع وأبعاد المنشآت المقترحة.
4. اقتراح تدابير داعمة.

2. موقع منطقة البحث

يقع المشروع في منطقة بعلبك – الهرمل في البقاع الشمالي، بين خطي طول "50 '05 ^{0}36-"13'26 ^{0}36 وخطي عرض "37 '32 ^{0}34 - "37 '46 ^{0}33. وتشكّل جزءاً من وادي نهر العاصي ووادي نهر الليطاني، وتقع على السفوح الشرقية لجبال لبنان الغربية، وعلى السفوح الغربية لسلسلة جبال لبنان الشرقية.

والأحواض المائية التي تشكّل المشروع هي جزء من أعالي حوض نهر العاصي في البقاع الشمالي، وجزء من أعالي حوض نهر الليطاني (الشكل–1).

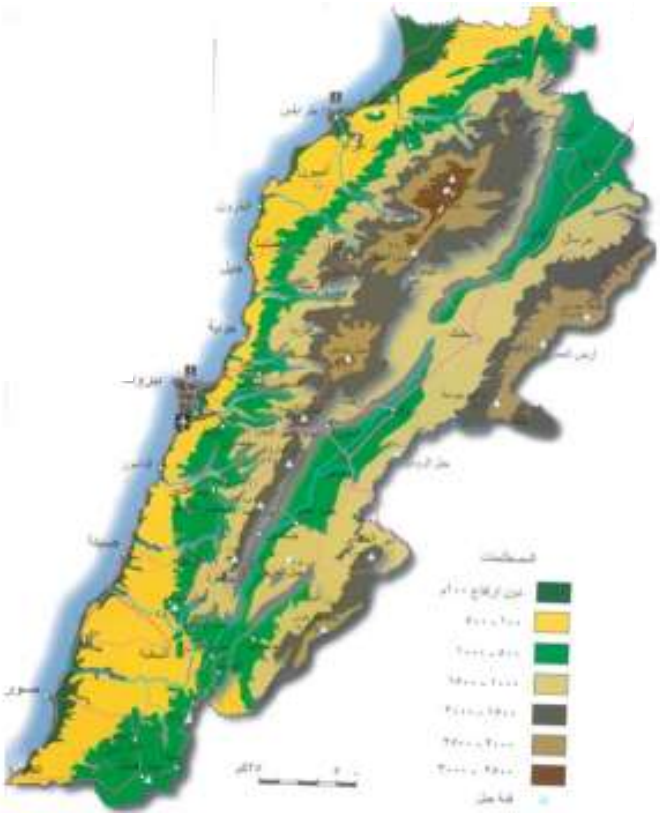
3. الخصائص الطبيعية

الوضع الطبوغرافي

تتألّف منطقة البحث من منحدرات جبلية ذات ميول شديدة من الغرب والشرق، يتوسطها سهل البقاع الشمالي المنبسط. وهي جزء من منحدرات جبال لبنان الغربية والشرقية. وتنتشر الوديان ذات الميول الشديدة والضيقة على السفوح، أهمها: وادي الكرم؛ وادي جريبان؛ وادي التركمان... (الشكل 2).

توجد قمم عديدة من الجهتين الغربية والشرقية، أعلاها بارتفاع 3088m (القرنة السوداء)، وأخفض نقطة 1100m، وتتراوح ارتفاعات سطح الأرض بين 790m و2420m [8].

لايظهر عمق مجاري المسيلات على الخرائط بالدقة الكافية، ولا يمكن استنتاجه من الخرائط الطبوغرافية؛ لذلك لايمكن رسم مقطع عرضي في المجرى عند مواقع المنشآت، وسنلجأ لتقدير أبعاد هذه المجاري اعتماداً على الخرائط الطبوغرافية المتوافرة. على أن يُستدرك ذلك في الدراسة التصميمية للمنشآت الهندسية (السدات المائية الترابية والبيتونية والحجرية وغيرها). [8].



الشكل (2) الخارطة الطبوغرافية للبنان.

البنية الجيولوجية

تشكّل منطقة البحث جزءاً من الانهدام العربي الافريقي، الذي يمتد من البحر الأحمر عبر لبنان (سهل البقاع) إلى سورية (سهل الغاب، وسهل الروج). وتنتشر فوالق إقليمية (فالق اليمّونة...) باتجاه جنوب غرب – شمال شرق، وتسايرها فوالق وشقوق كثيرة من مقاييس مختلفة، كما توجد فوالق وشقوق متعامدة معها، تقسّم الصخور، وتزيد مساميتها ونفوذيتها، فتتسرّب مياه الأمطار عبرها بكميات كبيرة، وتنشط عمليات الكارست وتشكّل الكهوف.

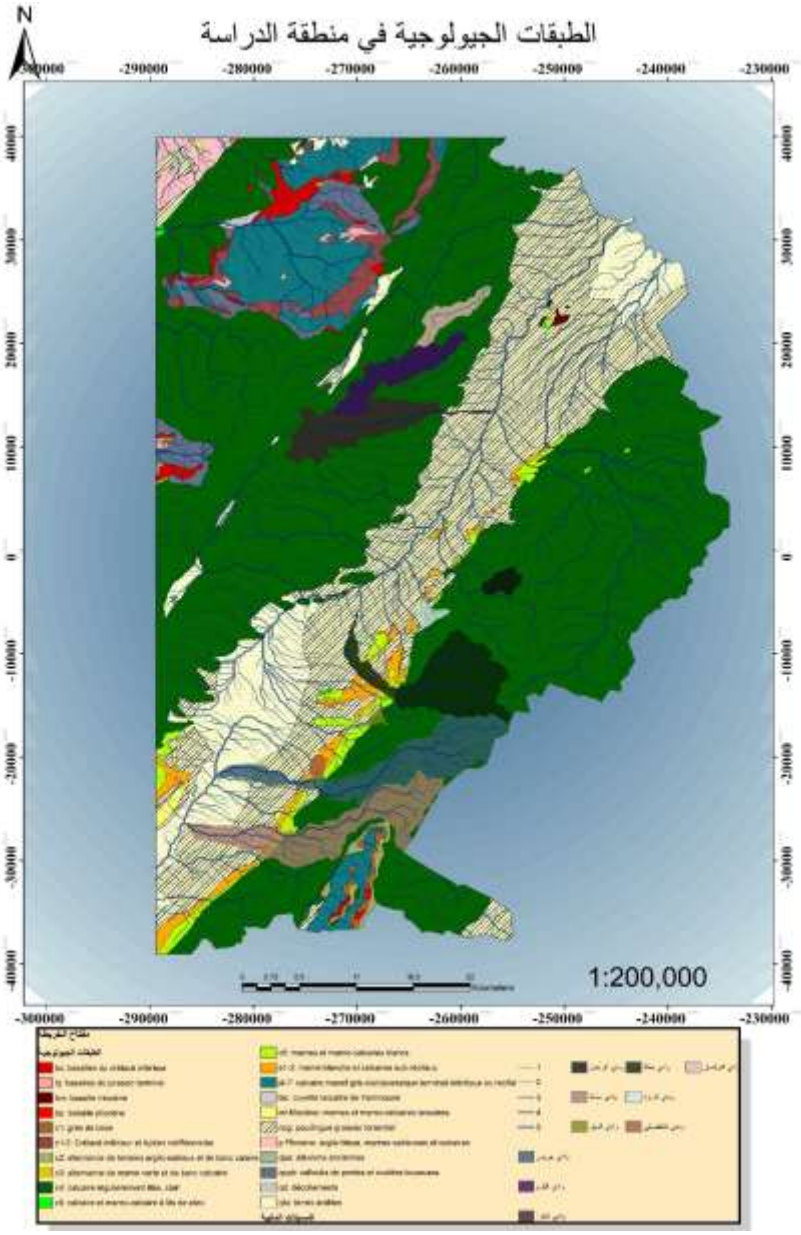
تتكشّف صخور الجوراسي في أعلى القمم الجبلية، وهي تتألّف من صخور كلسية ودولوميتية مشققة. وتتكشّف صخور الكريتاسي قرب القمم الجبلية وعلى منحدراتها المرتفعة، وهي تتألّف من حجر كلسي واسع الانتشار، وحجر رملي مع مارل. بينما تتكشّف توضعات الباليوجين والنيوجين على المنحدرات الغربية لسلسلة جبال لبنان الشرقية، وتتوضع رسوبيات الرباعي عند أقدام الجبال وفي سهل البقاع، وقد تتوضع رسوبيات الرباعي في بعض مجاري المسيلات على المنحدرات، لكنها محدودة الانتشار والسماكة، وهي تتألف من مارل رملي وغضار (الشكل–3).

التربة

تنتشر ترب قليلة السماكة على مساحات صغيرة بين التكشّفات الصخرية على السفوح الغربية والشرقية لمنطقة المشروع، وتربة كلسية في شمال سهل الهرمل على ضفاف العاصي، وفي شمال سهل البقاع على ضفاف نهر الليطاني. ويرتبط نوع التربة بنوع الصخور المنتشرة في المنطقة، أو بمصدر الرسوبيات التي تنقلها المياه الحارية.

تنتج التربة من تفتت صخور المارل على أطراف سهلي البقاع والهرمل. وتنتشر تربة غرينية – رملية في وسط السهل قرب مجرى العاصي ومجرى نهر الليطاني. وتنتشر تربة بنية إلى حمراء أو صفراء فوق الصخور الكلسية، حسب تركيز مركبات الحديد فيها. وتنتشر تربة حمراء إلى صفراء وأحياناً سوداء في مناطق تكشّف الصخور المارلية، كما

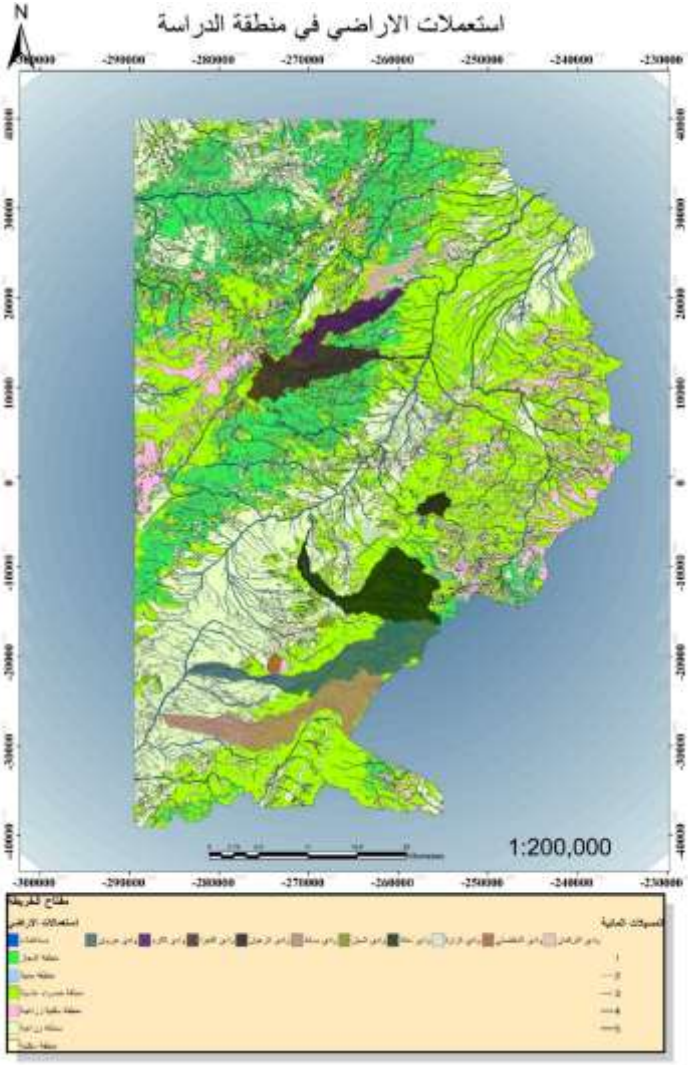
تنتشر تربة كستنائية صفراء في مناطق شبه صحراوية، وترب مختلطة، جرفتها المياه من مناطق متفرقة، ثمّ توضعت في مواقعها الحالية. ومعظم المنحدرات معرّضة لانزلاق وزحف التربة، حسب الميل الطبوغرافي للمنحدرات ونوع التربة.



الشكل (3) الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة.

استعمالات الأراضي

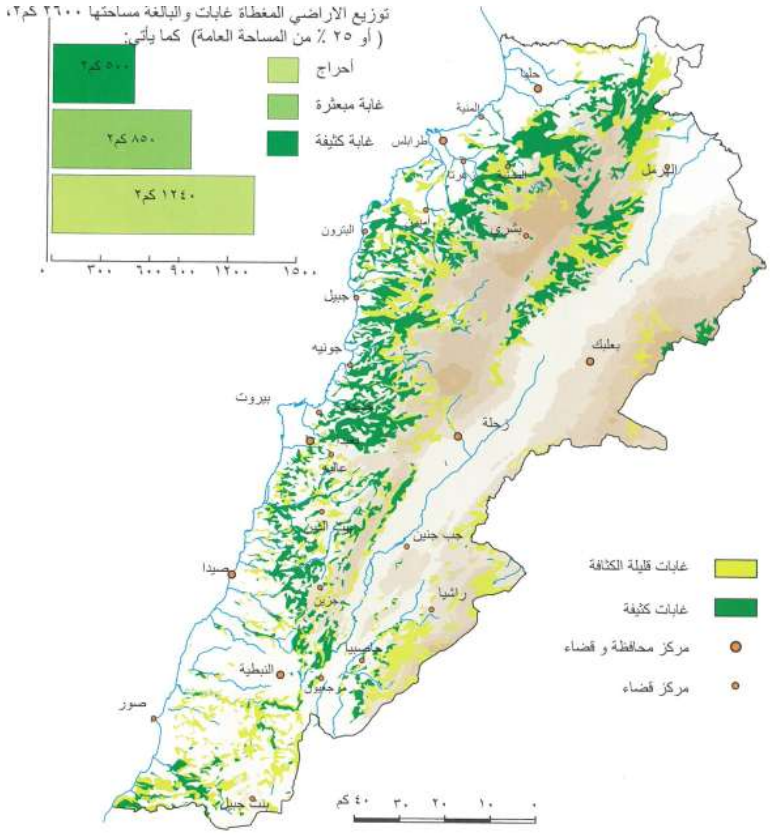
تشغل الأراضي البور معظم مساحة المنطقة المرتفعة والسفوح شديدة الانحدار. وتنتشر الغابات في المرتفعات، حيث تتوافر التربة المناسبة وتهطل الأمطار بمعدلات تكفي لنمو الغابات. وتوجد مصاطب صغيرة مستصلحة في المرتفعات، تُزرع بالمحاصيل والأشجار المثمرة. كما بنى المزارعون مصاطب في مواقع مناسبة لحصاد مياه الأمطار وزراعة النباتات. ونفّذت مؤسسات رسمية ووطنية ودولية مشاريع لحصاد المياه الأمطار واستصلاح الأراضي، وزرعت المصاطب بالنباتات والأشجار الحراجية والمثمرة (الشكل–4).



الشكل (4) استعمالات الأراضي

النباتات الطبيعية والزراعات

تنمو الأشجار الحراجية على المرتفعات الجبلية الغربية بكثافة قليلة رغم غزارة الأمطار؛ بسبب تكشّف الصخور وانعدام التربة، أو قلّة سماكتها، وانجرافها بالمياه الجارية بعد هطول الأمطار، أو ذوبان الثلوج. وتنمو الأشجار الحراجية على المرتفعات الشرقية بدرجة أقل منه على المرتفعات الغربية؛ بسبب قلة الأمطار مقارنة مع المرتفعات الغربية. وتنمو الأعشاب والنباتات الحولية (البلان؛ والطيون) على المنحدرات الأقل ارتفاعاً. وتنمو الأشجار الحراجية في الوديان بسبب توافر التربة والرطوبة. كما تُزرع الأشجار المثمرة والمحاصيل الزراعية في المساحات قليلة الانحدار، أو على المصاطب، حيث تتوافر تربة مناسبة. كما تُزرع الخضراوات والمحاصيل والأشجار المثمرة في المنطقة السهلية، (الشكل–5) [8].



الشكل (5) الغابات

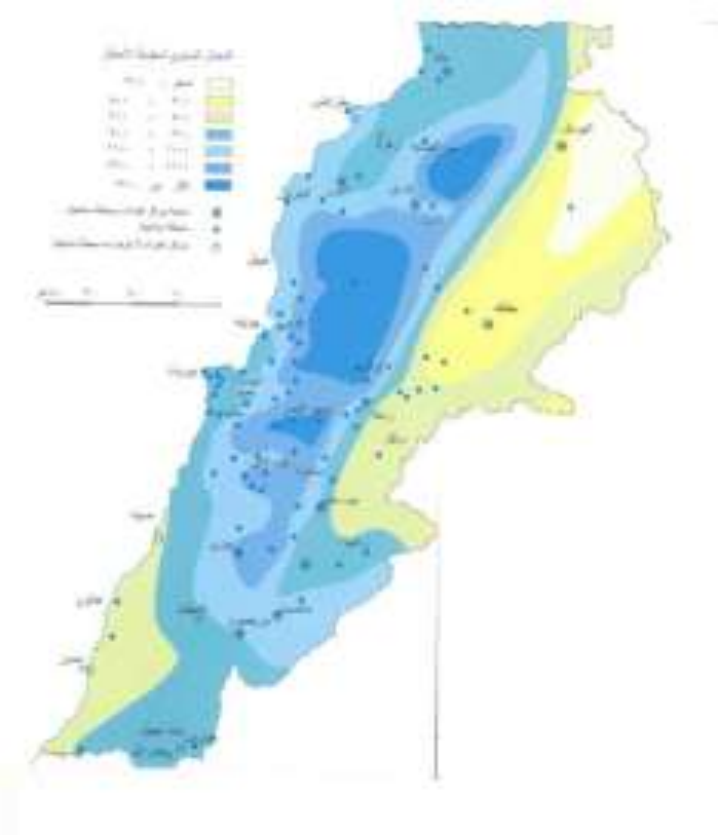
4. الخصائص الهيدرولوجية

الشبكة الهيدرولوجية متطورة في المنطقة، بسبب الطبوغرافيا المعقدة، وغزارة الأمطار فوقها. وتتشكل مسيلات من الدرجة الأولى في أعالي المرتفعات، ثم تتلاقى لتشكّل مسيلات من الدرجة الثانية، ويزداد عمق المسيلات مع ازدياد طولها ومع توافر طبوغرافيا وتشكيلات جيولوجية مناسبة. وتتشكّل وديان عميقة قبل وصولها إلى سهل البقاع، لتصب مياهها في نهر العاصي ونهر الليطاني.

إنّ الشبكة الهيدرولوجية المتطوّرة والميول الشديدة للمنحدرات، تسمح بتشكّل السيول الجارفة بعد هطول أمطار غزيرة فوق المنطقة، وتسبب السيول انجراف التربة والمزروعات وأضراراً اقتصادية متنوّعة، وقد تسبب أضراراً بشرية مؤسفة.

الهطولات المطرية

تسقط معظم الهطولات المطرية فوق المرتفعات، وتزداد غزارتها في المناطق الساحلية والجبال الساحلية، كلما ارتفعنا عن سطح البحر، لكن مفعول الجبال يتأثر باختلاف المواقع، حيث تزداد غزارة الأمطار في المرتفعات المواجهة للبحر، وتقل في المناطق غير المواجهة، ويكاد يختفي هذا المفعول بعد ارتفاع 1000m تقريباً. أما في المناطق الداخلية كالبقاع مثلاً، فتنخفض كميات الهطولات المطرية فيها كونها تقع وراء السلسلة الغربية، كما هي حال الهرمل وبعلبك الواقعة في ظل جبل المكمل والقرنة السوداء، التي تصد الأمطار وتمنع وصولها إلى الداخل. أما منطقة مرجعيون فهي معرضة للهواء الرطب، حيث تعزز الأمطار وتتكدس الثلوج فوق جبل حرمون (الشكل–6) [8].



الشكل (6) الهطولات المطرية

المياه والجريان في الأودية

يعد لبنان بمجمله وتضاريسه المتنوعة الأشكال خزان المياه في المشرق. ويمتاز بغزارة مياهه، وكثرة ينابيعه وجباله المرتفعة وأوديته العميقة، وهي التي أكسبت لبنان ميزاته السياحية، خصوصاً في مجال السياحة الجبلية.

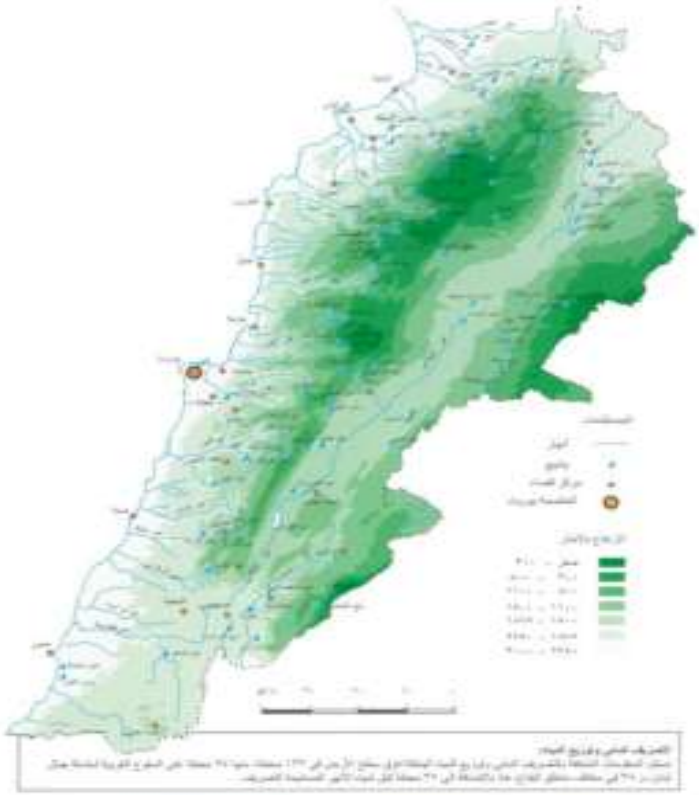
المعدل السنوي لكمية المياه الهاطلة 9200 مليوم م^3، أو مايعادل حوالي مليون متراً مكعباً لكل كيلو متراً مربعاً من مساحة الأراضي اللبنانية. أما متوسط معدلات الهطولات المطرية فهي تبلغ 968 مم سنوياً.

نبلغ كمية المياه التي تتبخر من سطح الأرض والتي تحتاجها النباتات، والجريان الجوفي نحو البحر 4400 مليون م^3.

وتبلغ كمية الهطولات الصافية حوالي 4800 مليون م^3، وهي تمثل 52% من الكمية الإجمالية، وتتوزع كالآتي:

- الجريان السطحي 1800 مليون م^3 (37%).
- المياه المتسربة ضمن الجريان الجوفي 3000 مليوم م^3 (ثلثي كمية الهطولات الصافية 63%).

يبلغ حجم التصريف المائي للأنهار اللبنانية (18 نهراً) 3900 مليوم م^3. أما حجم التصريف لبقية المجاري والينابيع فيبلغ 800 مليوم م^3. ويجري فوق الأراضي اللبنانية سبعة عشر نهراً دائمة الجريان، منها أربعة عشر نهراً في سلسلة جبال لبنان الغربية، أما الأنهار الثلاثة الأخرى، فهي النهر الكبير الجنوبي ويجري في الشمال (على الحدود بين لبنان وسورية)، ثم نهر العاصي في البقاع الشمالي، ونهر الحاصباني في الجنوب (الشكل–7) [8].



الشكل (7) الأنهار والينابيع.

5. اختيار مواقع منشآت حصاد المياه ودرء مخاطر الفيضانات

لقد تبيّن وجود شذوذات مفاجئة للأمطار في بعض الأحيان مترافقة مع حبّات من البرد، مضافاً إليها تدهور الغطاء الحراجي والنباتي وعدم وجود تماسك للتربة، قد أدّى إلى نتائج سيئة جداً في فصل الربيع ويمكنها أن تمتد حتى أشهر أيار وحزيران، كما يمكنها أن تظهر بين شهري تشرين الأول وتشرين الثاني؛ أي بعد مرور فترة جفاف معيّنة بحيث تؤدي إلى نتائج كارثية، يفاقمها عدم وجود سياسات لإدارة مخاطر السيول في البلدات المعنية. أظهرت الدراسة [11] أن تدهور الغطاء النباتي وعدم استقرار التربة، إلى جانب غياب السياسات الفعالة لإدارة مخاطر السيول، يزيد من حدة الفيضانات. لهذا كان من الضروري تنفيذ عدد من المنشآت البسيطة بكلفة مناسبة تباعاً للحدّ من الأضرار التي تحصل، ولتأمين الاستفادة القصوى من المياه، وحماية المناطق الجبلية من الفيضانات وانجراف التربة، يمكن تنفيذ مجموعة من الإجراءات والتدابير التي تشمل الهندسة المدنية والزراعية والإدارية، من أهمها [9]:

التدابير الهندسية:

- **بناء السدود والخزانات:** إنشاء سدود وخزانات لحجز المياه والسيطرة على تدفقها، مما يساعد في تقليل خطر الفيضانات، وتأمين المياه لاستخدامها وقت الحاجة.
- **تشييد جدران الحماية:** بناء جدران استنادية لتدعيم المنحدرات لمنع انجراف التربة وحماية المنحدرات من الانزلاق، وتخفيض سرعة الجريان وتلافي الأخطار. ويمكن أن تبنى من الخرسانة المسلّحة، أو من الحجر الطبيعي المتوافر في المنطقة.
- **الحواجز الجافة:** تُبنى من الصخور الكبيرة، وتوضع دون ملاط كي تسمح بتصريف المياه، وتمنع تراكم الضغط على الجدار.

- **إنشاء قنوات التصريف:** إنشاء قنوات وأنظمة تصريف مفتوحة أو مغلقة فعّالة لتوجيه المياه الزائدة بعيداً عن المناطق السكنية والزراعية لحمايتها من الأضرار.
- **السواتر الترابية:** إنشاء سواتر ترابية لحماية المناطق المنخفضة من تدفق مياه الفيضان.

التدابير الزراعية:

- **زراعة الأشجار والنباتات:** زراعة الأشجار المقاومة للجفاف ذات الجذور العميقة مثل الصنوبر والأكاسيا والنباتات العشبية التي تساعد في تثبيت التربة ومنع انجرافها.
- **استخدام تقنيات الزراعة المتدرجة**

- إنشاء مدرجات ومصاطب لزراعة المحاصيل عليها تقلل سرعة جريان المياه وتقلل تآكل التربة وانجرافها، وتزيد تسرب مياه الأمطار، ومن ثمّ تغذية المياه الجوفية.
- غرس الأحزمة الخضراء.
- زراعة أحزمة خضراء من النباتات المحلية حول المنحدرات والمناطق المعرّضة للتآكل لتحسين استقرار التربة، وتحسين التحكم بالجريان على المنحدرات.
- الأحواض الصغيرة: زراعة المحاصيل في أحواض صغيرة لتقليل تدفق المياه وتحسين استقرار التربة.

التدابير الإدارية:

- وضع قوانين وتشريعات قابلة للتطبيق.
- التخطيط العمراني وتنفيذ سياسات ولوائح تقيّد البناء العشوائي في المناطق الجبلية، وتحدّد استخدام الأراضي بأسلوب يراعي المخاطر البيئية، ووضع خطط لتطوير المناطق تطويراً مستداماً.
- حماية المناطق الحساسة، وتصنيف بعض المناطق محميات طبيعية، لحمايتها من التطوير غير المستدام.

تقييم الأثر البيئي: إجراء دراسات تقييم الأثر البيئي للمشروع قبل تنفيذه للتأكد من سلامة الآثار البيئية للمشروع، واستدامة الموارد الطبيعية، وضمان سلامة البيئة الطبيعية.

التوعية والتدريب: تنظيم فعاليات توعية (تنظيم ورش عمل) حول أهمية تطبيق القوانين والتشريعات في الحفاظ على البيئة، وحماية التدابير المنفّذة. وتدريب السكان المحليين حول كيفية التعامل مع الفيضانات وانجراف التربة والإجراءات الوقائية اللازمة. وتدريبهم أيضاً على تقنيات الزراعة المستدامة والإدارة البيئية.

التدابير التكنولوجية:

- استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) .
- استخدام نظم المعلومات الجغرافية لرصد تغيرات التضاريس، وتحديد المناطق الأكثر عرضة للانجراف والفيضانات، وتحليل البيانات الجغرافية لتطوير استراتيجيات وقائية فعّالة.
- تطوير أنظمة إنذار مبكر، من خلال تركيب أنظمة إنذار مبكر في المناطق الجبلية للتنبؤ بالأمطار الغزيرة أو الانهيارات الأرضية، مما يسمح باتخاذ إجراءات وقائية في الوقت المناسب.
- **التطبيقات المحمولة (على أجهزة الخليوي):** تطوير تطبيقات تحذّر السكان من الفيضانات والانهيارات الأرضية وتوفّر إرشادات حول كيفية التصرف في حالات الطوارئ.

يمكن أن نلخص شروط اختيار مواقع منشآت حصاد المياه ودرء مخاطر الفيضانات بالنقاط الآتية (الجدول–2) [10].

الجدول (2) شروط اختيار مواقع منشآت حصاد المياه ودرء مخاطر الفيضانات

1. الشروط الطبوغرافية وانحدار الأرض.	8. الظروف الهيدرولوجية.
2. خصائص التربة، واستعمالات الأراضي.	9. الشروط البيئية.
3. الغطاء النباتي.	10. الظروف الاقتصادية والاجتماعية.
4. توافر مواد البناء اللازمة للإنشاء.	11. النشاطات الزراعية والنباتات المزروعة والمقترحة.
5. استخدامات المياه.	12. الزيارات الحقلية وتدقيق مواقع المنشآت المقترحة.
6. توافر الأراضي للإنشاء.	13. مواقع المناطق المأهولة لتحديد المراكز الحضرية.
7. الخصائص الجيولوجية.	

الحلول المقترحة لمنشآت درء مخاطر السيول والفيضانات

تبعاً للظروف المختلفة والخصائص المتاحة لمنطقة العمل، يمكن أن تكون المنشآت المقترحة ضمن الأودية أو على المنحدرات (الجدول–3):

جدول (3) حلول منشآت درء مخاطر السيول والفيضاتات

1. الجدران الحجرية الكنتورية.	4. السدود الحجرية الغابيونية.
2. السدود الحجرية.	5. الحفائر.
3. السدود الترشيحية.	6. البحيرات الجبلية.

النتائج والمناقشة:

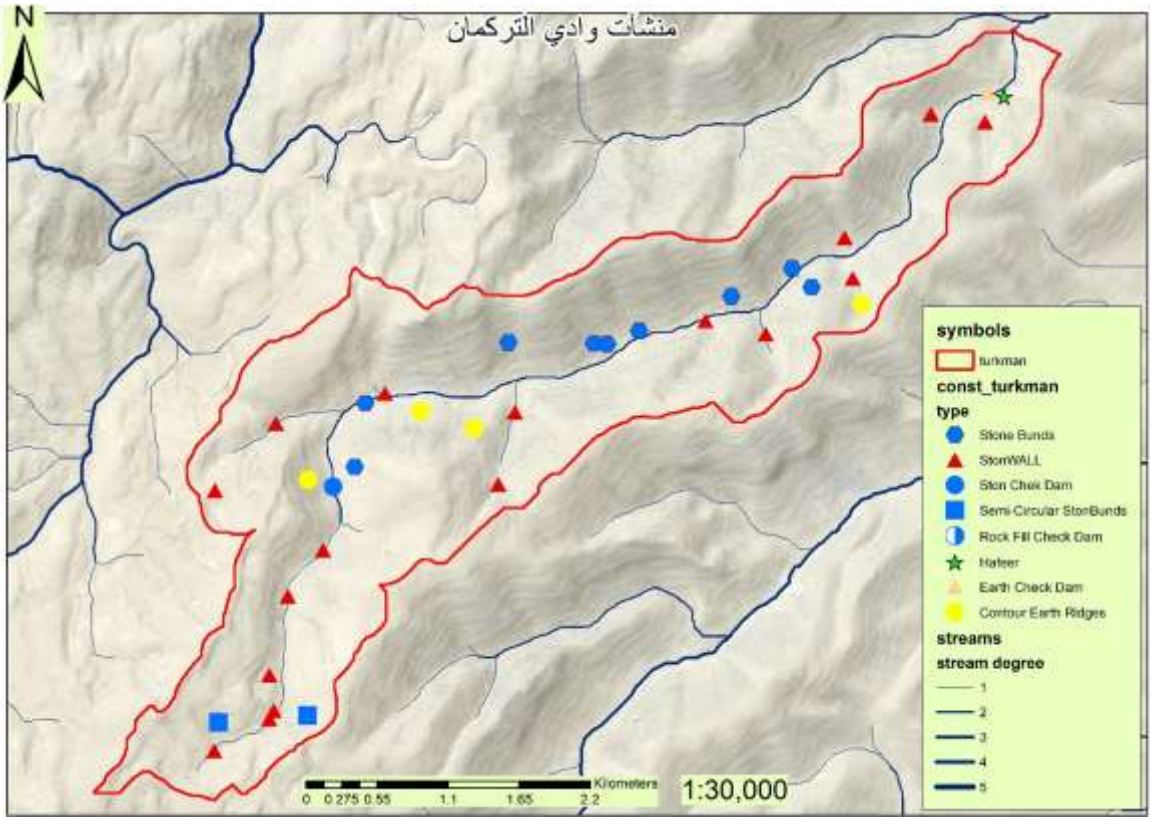
اقتراح منشآت حصاد المياه ودرء الفيضانات في الأودية (وصف لكل منشأة)

اعتمدنا في اختيار مواقع المنشآت المائية ونوعها على مجموعة معايير، واعتمد حجم المنشأة على الخصائص الطبوغرافية للموقع، واعتمد حجم التخزين في الخزانات والسدّات المائية على الصفات الهندسية للموقع وعلى الحاجة للمياه. وفيما يلي وصف مختصر لحوض وادي التركمان والمنشآت المقترحة فيه:

حوض وادي التركمان

مساحة الحوض $12.3\ km^2$، وطول الحوض 14.7 km، ووسطي الهطولات المطرية يتراوح بين 300-900 mm كما تتراوح الارتفاعات الطبوغرافية بين 1145-2180 m.

يوضح الشكل8، الأحواض الساكبة الجزئية لوادي التركمان، ومنشآت درء مخاطر الفيضان وحصاد المياه فيه، والجدول4 يوضح المنشآت في حوض وادي التركمان، و جدول (5) يوضح كميات الأعمال التقريبية لحوض وادي التركمان



الشكل (8) يوضح منشآت حوض وادي التركمان.

الجدول (4) المنشآت في حوض وادي التركمان.

م	المنشأة المقترحة		الإحداثيات (درجات عشرية)	الأبعاد التقريبية (m)	حجم التخزين (m^3)	الميزات الرئيسية
.1	جدار حجري (3 جدران)		36. 284 34. 347	طول الجدار (عرض المجرى)=15-20 ارتفاع الجدار=0.6		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية. ميل المجرى المائي=6% الهطولات المطرية: 600mm
.2	حواجز هلالية		36.284 34.349	ارتفاع الحاجز= 0.3–0.2		للري بجوار الأشجار الحراجية.
.3	جدار حجري		36. 289 34. 350	طول الجدار(عرض المجرى)= 18 ارتفاع الجدار=1		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.4	جدار حجري		36. 289 34. 350	طول الجدار(عرض المجرى)= 18–20 ارتفاع الجدار=1		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.5	حواجز ترابية هلالية		36.292 34.350	ارتفاع الحاجز= 0.3–0.2		للري بجوار الأشجار الحراجية.
.6	جدار حجري		36. 289 34. 353	طول الجدار(عرض المجرى)= 18 ارتفاع الجدار=1		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.7	جدار حجري		36. 290 34. 358	طول الجدار(عرض المجرى)= 18		لدرء مخاطر الفيضان وري

م	المنشأة المقترحة		الإحداثيات (درجات عشرية)	الأبعاد التقريبية (m)	حجم التخزين (m^3)	الميزات الرئيسية
				ارتفاع الجدار=1		الأشجار الحراجية.
.8	جدار حجري		36. 293 34. 361	طول الجدار(عرض المجرى)= 18 ارتفاع الجدار=1		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.9	سدة حجرية		36.294 34.366	طول=50 ارتفاع =3 طول البحيرة= 50	3500	لدرء مخاطر الفيضان والري
.10	حواجز كونتورية ترابية		36.291 34.366	ارتفاع = 0.2–0.3		لدرء مخاطر الفيضان (الكتف اليميني)
.11	حواجز كونتورية حجرية		36.295 34.367	ارتفاع = 0.2–0.3		لدرء مخاطر الفيضان (الكتف اليساري)
.12	جدار حجري		36. 284 34. 365	طول الجدار(عرض المجرى)= 18 ارتفاع الجدار=1		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.13	جدار حجري		36. 289 34. 370	طول الجدار(عرض المجرى)= 15 ارتفاع الجدار=1		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.14	جدار حجري		36. 298 34. 372	طول الجدار(عرض المجرى)= 15 ارتفاع الجدار=1		تتوضع على المسيلات الصغيرة، لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.15	متون (حواجز) حجرية		36.299 34.371	ارتفاع الحاجز=0.5		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.16	مصاطب كونتورية حجرية		36.301 34.371	الارتفاع 0.4 ~ 0.5		لدرء مخاطر الفيضان وللري
.17	مصاطب كونتورية حجرية		36.305 34.370	الارتفاع 0.4 ~ 0.5		لدرء مخاطر الفيضان وللري
.18	جدار حجري		36. 308 34. 366	طول الجدار= 30 ارتفاع الجدار=0.5–0.6		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.19	جدار حجري		36. 310 34. 371	طول الجدار= 20 ارتفاع الجدار=2		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.20	حواجز كونتورية حجرية		36. 380 34.376	ارتفاع = 0.2–0.3		لدرء مخاطر الفيضان.
.21	متون (حواجز) حجرية وقد تكون غابيونية		36.315 34.376	طول الحاجز: 100 ارتفاع الحاجز=1–0.5		تتوضع على المنحدرات بجوار الطريق، لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.22	متون (حواجز) حجرية وقد تكون غابيونية		36.316 34.376	طول الحاجز: 100 ارتفاع الحاجز=1–0.5		تتوضع على المنحدرات بجوار الطريق، لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.23	متون (حواجز) حجرية وقد تكون		36.319 34.377	طول الحاجز: 50 ارتفاع الحاجز=1–0.5		تتوضع على المنحدرات بجوار الطريق، لدرء مخاطر الفيضان

م	المنشأة المقترحة		الإحداثيات (درجات عشرية)	الأبعاد التقريبية (m)	حجم التخزين (m^3)	الميزات الرئيسية
	غابيونية					وري الأشجار الحراجية.
.24	جدار حجري		36. 326 34. 378	ارتفاع الجدار=2		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.25	حواجز كونتورية حجرية		36. 328 34.379	ارتفاع = 0.2–0.5		تتوضع على الكتف اليساري بمناسيب مختلفة وأطوال مختلفة لدرء مخاطر الفيضان.
.26	جدار حجري		36. 330 34. 377	ارتفاع الجدار=2 طول الجدار=20		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.27	حواجز كونتورية حجرية		36. 333 34.382	ارتفاع = 0.5		تتوضع على الكتف اليساري بمناسيب مختلفة وأطوال مختلفة لدرء مخاطر الفيضان.
.28	حواجز كونتورية حجرية		36. 332 34.382	ارتفاع = 0.5		تتوضع على الكتف اليميني بمناسيب مختلفة وأطوال مختلفة لدرء مخاطر الفيضان.
.29	حواجز كونتورية ترابية		36. 338 34.381	ارتفاع = 0.5		تتوضع بمناسيب مختلفة وأطوال مختلفة لدرء مخاطر الفيضان.
.30	جدار حجري		36. 338 34. 381	ارتفاع الجدار=2–1 طول الجدار=15		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.31	جدار حجري		36. 337 34. 384	ارتفاع الجدار=2–1 طول الجدار=30		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.32	جدار حجري		36. 344 34. 393	ارتفاع الجدار=2–1 طول الجدار=20		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية. ونشر المياه.
.33	جدار حجري		36. 349 34. 392	ارتفاع الجدار=2–1 طول الجدار=30–25		لدرء مخاطر الفيضان وري الأشجار الحراجية.
.34	سدة حجرية بقناة تحويل إلى خزان أرضي		36.348 34.395			لدرء مخاطر الفيضان والري
			36.349 34.394	70x70x5	24500	

جدول (5) كميات الأعمال التقريبية لحوض وادي التركمان

نوع المنشأة	عدد المنشآت	كمية الأعمال	وحدة القياس
جدار حجري	19	294	m^3
متون حجرية كونتورية	9	2550	متر طولي
متون حجرية غابيونية	3	575	متر طولي
حواجز هلالية	2	550	متر طولي
سدات حجرية	2	الأبعاد وحجوم التخزين موضحة في الجدول 4	

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. تعد هذه الدراسة تقدير أولي لعدد المنشآت ونوعها، وتحديد مواقعها، وتقدير كميات أعمالها.
2. تم تحديد 19 جداراً حجرياً بإجمالي طول 294 متراً، و9 متون حجرية كنتورية بطول 2550 متراً، بالإضافة إلى 3 متون غابيونية (575 متراً) وحواجز هلالية (550 متراً). هذه الأعداد والأطوال تعكس الحاجة إلى تدعيم المنحدرات وتقليل انجراف التربة، خاصة في المناطق ذات الميول الشديدة.
3. عدد المنشآت ونوعها ومواقعها قابل للتعديل في مرحلة الدراسة التصميمية، تبعاً للتدقيق الحقلي ودقة البيانات والمعطيات المتوافرة.
4. اعتمد تقدير حجم المنشآت على الخرائط الطبوغرافية DEM 30×30m وخرائط طبوغرافية 1/50000.
5. يحتاج تصميم السدّات والخزانات رفعاً طبوغرافياً حقلياً بدقة مناسبة، لإنجاز تصميم جيد وحساب الكميات بدقّة.
6. اختيار جدران حجرية أو غابيونية يرتبط بمواد البناء المتوافرة في الموقع.

التوصيات:

1. زراعة الأشجار الحراجية (أرز؛ صنوبر ...) في أماكن انتشار الترب السميكة نسبياً على سفوح جبال لبنان الغربية (الهطل المائي أكثر من 500 mm/year)، وزراعة نباتات تتحمل الجفاف على سفوح جبال لبنان الشرقية. وتُزرع الشجيرات والسنديان في أماكن انتشار الترب قلية السماكة.
2. زراعة النباتات البرّية الحولية (البلان والطيّون وغيره) التي تنمو في المنطقة، حيث توجد تربة رقيقة بين الأشجار.
3. تحسين الغطاء النباتي في مناطق المستجمعات المائية في الوديان، من خلال العمل على تنمية المراعي وعدم الرعي الجائر بهدف الحفاظ على الغطاء النباتي.
4. إقامة الحواجز الخضراء من خلال الزراعات الحراجية المناسبة لتثبيت الترب، والتوقف عن قطع الأشجار بهدف التدفئة.

References:

[1] Arab League, Arab Organization for Agricultural Development, National Workshop on Water Harvesting and Artificial Recharge in the Arab World, (In Arabic), Oman, March 2013.

[2] A. Al-Sheikh, Rainwater and floodwater harvesting and its importance for water resources in Saudi Arabia, In: Proc. Second International Conference on Water Resources and Dry Environments,(In Arabic) , Riyadh, Saudi Arabia, 2006.

[3] B. Jamali, P.M. Bach, A. Deletic, Rainwater harvesting for urban flood management – An integrated modelling framework, *Water Research*, Vol. 171, 115372, 2020.

[4] E. Comino, M. Rosso, Rainwater harvesting techniques as an adaptation strategy for flood mitigation, *Journal of Hydrology*, Vol. 586, 124880, 2020.

[5] Potential sites selection for water harvesting using multi-criteria spatial modeling in Wadi Mujib Basin, South Jordan, Journal of Arab Universities for Arts,(In Arabic). Vol. 9, No. 1, pp. 137-174, 2022.

[6] A. Naji, M. Al-Warafi, Determining suitable sites for rainwater harvesting for artificial groundwater recharge in Ibb Basin, Yemen, using Remote Sensing and GIS, *Journal of Educational Sciences and Islamic Studies*,(In Arabic). Vol. 24, July 2022.

[7] Advisory Center for Studies and Documentation, *Al-Miah Al-Daiaa and its role in bridging the water gap in Lebanon*, Dialogues and Issues,(In Arabic), Issue 26, January 2023.

[8] A. Faour, Atlas of Lebanon, Geographic Institution, 2007.
[9] Arab League, *Arab Organization for Agricultural Development*, Report on Enhancing the Use of Water Harvesting Technologies in Arab States (In Arabic), 2002.
[10] FAO, *Water Harvesting for Improved Agricultural Production*, 1994.
[11] A. Ammar, M. Riksen, M. Ouessar, C. Ritsema, Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions: A review, *International Soil and Water Conservation Research*, Vol. 4, No. 2, pp. 108-120, 2016. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.03.001