

التقييم الهيدرو - جيومورفي لمدينة بيرو

في حوض المجر (القلمون الأعلى)

غزوان محمد أمين سلوم^{1*}، عبد الحي حسن حاج أحمد²، ميراى المهدي القاسم³

1 أستاذ في قسم الجغرافيا/ كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة دمشق.

Ghazwan.sallom@damascusuniversity.edu.sy

2- مدرس في قسم الجغرافيا / كلية الآداب والعلوم الإنسانية الثانية، جامعة دمشق.

Abdulhi.hajahmad@damascusuniversity.edu.sy

3- ماجستير في التخطيط الإقليمي/ المعهد العالي للتخطيط الإقليمي، جامعة دمشق.

merai.alkasem@damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

تتعرض مدينة بيرو خلال فترات متباعدة لسيول خطيرة، تدخلها من ثلاثة مخائق تحيط بها من الجنوب، والغرب، هي: قرينة، اسكفتا، المشكونة، تتجمع مياهها من حوضات التصريف المائي الواقعة على جانبي مجرى وادي المجر، وذلك في الفترة الممتدة بين (تشرين الثاني - شباط).

تم وضع عشرة معايير جيومورفو-هيدرو لوجية كمية، لتحديد درجة خطورة الحوضات المائية في تشكل السيول التي تمر من مدينة بيرو، وهي: المساحة، الطول، انحدار السطح، شكل الحوض، كمية التصريف المائي، كثافة أعداد المجاري المائية، كثافة أطوال المجاري المائية، نسبة الترافد المرجح، ابتعاد مخارج الحوضات عن المدينة، واتساع الخوانق. فجاء ترتيبها، من أقلها خطورة إلى أشدها، على النحو الآتي: اسكفتا، رأس المعرة، المشكونة، الجبة، عسال الورد..

تشرف على المدينة من جهتيها الجنوبية والغربية منحدرات متباينة في اتساعها، متشابهة في أشكالها، تستقر فوقها العديد من الكتل الصخرية، وبالتحديد عند الأقسام العليا والوسطى، يغلب عليها الشكل المكعب، تتوزع وفق نمطين (متراكم- متفرق)، متوافقة مكانياً مع نهايات المجاري السيلية، ومساقطها عند الجروف الصخرية.

تمثلت أسباب الأخطار (المؤكدة والمحتملة) بالإضافة إلى العوامل الطبيعية، باختيار السكان مواقع غير آمنة، لتوسعهم العمراني والزراعي والخدمي. فقد احتلت الأحياء الجديدة، قيعان الأودية، وأسرة مجاريها السيلية، كما في مخائق أودية: قرينة، اسكفتا، والمشكونة. وأسفل الانهيارات الصخرية، كما في نبع كوشل، والشبل، على السفح الغربي لجبل رأس مارون، وجبل العريض، وسفح وادي اسكفتا.

تم إعداد خريطين تطبيقيتين، حُصصت الأولى لحل المشكلات الخارجية التي تهدد المدينة، ويقصد بها السيول، عبر منظومة من السدات وأبار التخزين.

أما الثانية، فتضمنت تحديد المواقع الخطيرة والأمنة للتوسع العمراني والخدمي في المدينة، وفق معايير جيومورفو-هيدرو لوجية.

الكلمات المفتاحية: بيرو، اسكفتا، جيومورفولوجي، تقييم، السيول.

تاريخ الإيداع: 2024/04/29

تاريخ القبول: 2024/07/24



حقوق النشر: جامعة دمشق -
سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق
النشر بموجب الترخيص
CC BY-NC-SA 04

Hydro-geomorphic assessment of Yabroud city In the Majjar Basin (Upper Qalamoun)

Ghazwan Mohamad Ameen Salloum*¹, Abdulhai Hasan Hag Ahmad²,
Mirai Almehdi Alkasem³

1* Professor in the Geography Department/College of Arts and Human Sciences, Damascus university. Ghazwan.sallom@damascusuniversity.edu.sy.

2 Lecturer in the Geography Department / Second College of Arts and Humanities, Damascus University.

Abdulhi.hajahmad@damascusuniversity.edu.sy

3 Master's degree in Regional Planning/Higher Institute of Regional Planning, University of Damascus.

merai.alkasem@damascusuniversity.edu.sy.

Abstract:

The city of Yabrud is exposed, during frequent periods, to dangerous floods, which enter from three gorges surrounding it from the south and west: Qurayna, Eskafta, and Mashkouna. Its waters collect from the drainage basins located on both sides of the Wadi Al-Majjar stream, during the period between (November - February).

Ten quantitative geomorpho-hydrological criteria were developed to determine the degree of danger of water basins in the formation of torrents that pass through the city of Yabroud, which are: area, length, surface slope, shape of the basin, amount of water drainage, density of numbers of water courses, density of lengths of water courses, ratio Likely convergence, the ovaries' exits are moving away from the city and Widening of the gorges. They were ranked in order, from least dangerous to most dangerous, as follows: Asakfta, Ras al-Maarat, Mashkouna, Jubbah, Asal Al ward..

The city is overlooked from its southern and western sides by slopes varying in width and similar in shape. On top of them rest many rock blocks, specifically in the upper and middle sections. They are predominantly cubic in shape, distributed according to two patterns (accumulated - scattered), spatially compatible with the ends of torrent streams. Its locations are on rocky cliffs.

The causes of the dangers (confirmed and potential), in addition to natural factors, were residents choosing unsafe sites for their urban, agricultural, and service expansion. The new neighborhoods occupied the bottoms of the valleys and the beds of their torrent streams, as in the gorges of the valleys: Qurayna, Iskafta, and Mishkouna. And below rockslides, as in the Kushal spring and Al-Shibl, on the western slope of Ras Maroun Mountain, Jabal Al-Aridh, and at the foot of Wadi Eskafta.

Two applied maps were prepared, the first of which was devoted to solving the external problems that threaten the city, namely floods, through a system of dams and storage wells. The second included identifying dangerous and safe sites for urban and service expansion in the city, according to geomorpho-hydrological standards.

Keywords: Yabrud, Skepta, Geomorphology, Evaluation, Floods.

Received: 29/04/2024

Accepted: 24 /07/2024



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

1- المقدمة:

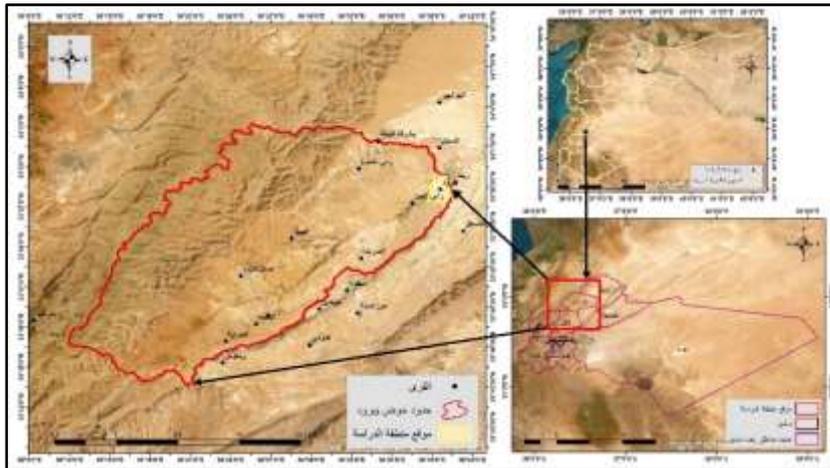
تُعنى الدراسات الهيدرو- جيومورفولوجية - الحضريّة بدراسة العلاقات المتبادلة بين عناصرها الثلاث، حيث تؤثر المظاهر المائية-التضريسية، بالتجمعات العمرانية، وتتأثر بها. ولعل هذه العلاقة هي أفضل تطبيق لمفهومى الحتمية والإمكانية في الجغرافية، فيظهر الأول في فرض شروط الخصائص الطبيعية على عملية التنمية الحضريّة، في حين يتجلى الثاني، في تحويل كامل المشهد التضريسي إلى مظهر حضري.

تتميز مدينة بيرود بموقعها الجغرافي، فهي أول مدينة تستقبل مياه مجرى وادي المجر، والتي انتهت إليه من حوضات التصريف المائي الواقعة على جانبيه. ما يجعلها في مواجهة مباشرة مع سيول عارمة كل عقدين أو ثلاثة. كما فرض عليها امتدادها العمراني في منخفض سهلي تحيط به الجبال من جميع جهاته، تعرضها لاحتمال خطر تحرك الكتل الصخرية المنتشرة على المنحدرات المشرفة عليها، والتي تتوزع وفق نمطين: متراكم، ومبعثر. وبالتالي فإن تقييم وضع المدينة على المستوى المائي (الهيدروولوجي) والتضريسي (الجيومورفولوجي) يكشف النقاب عن حقيقة مستويات هذه المخاطر. ويسهم في تحديد نقاط ضعف المدينة، وقوتها. وتوجيه التخطيط العمراني والمحلي، وطرح نموذج يمكن تبنيه على المستوى الإقليمي.

2- منطقة البحث:

على الرغم من أن هدف البحث، هو تقييم الوضع الهيدرو-جيومورفي لمدينة بيرود، إلا أن ذلك تطلب توسعاً في حدود منطقة الدراسة، لتشمل جميع الحوضات المائية التي تمر مياهها السطحية وحمولتها السيلية من المدينة، وهي بالمجمل تمثل مجموع المجاري السيلية التي تنقل مياه السفوح الداخلية لمنخفض القلمون الأعلى، بين جبل لبنان الشرقي، وسلسلة جبال القلمون الأولى، نحو مجراه الرئيس، الذي يحتل أدنى نقاطه، ويعرف بوادي المجر.

تقع مدينة بيرود عند تقاطع دائرة عرض ($33^{\circ}57'56''$) شمال خط الاستواء، مع خط الطول ($36^{\circ}40'7''$) شرق غرينتش، وتبعد عن العاصمة دمشق حوالي (77) كم. في حين ينحصر منخفض المجر بين دائرتي عرض ($33^{\circ}43'42''$) ($34^{\circ}03'01''$) شمالاً، وخطي طول ($36^{\circ}11'39''$) ($36^{\circ}41'8''$) شرقاً. الشكل (1)



الشكل (1) موقع منطقة البحث وحدودها.

3- أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من كونه يندرج ضمن الأبحاث الجغرافية التطبيقية، التي تسهم في تفسير أسباب حدوث الاخطار الطبيعية، واقتراح الحلول المناسبة لها، وتحدد المواقع الآمنة للتوسع العمراني.

4- مشكلة البحث:

تعاني مدينة بيروود مخاطر مؤكدة، تتمثل بالسيول التي تهدد الأراضي الزراعية، والعمرانية، والبنية التحتية من خدمات ترفيهية وطرق، بالإضافة إلى المواقع الأثرية. ومخاطر محتملة كحركة الكتل الصخرية المتراكمة أو/والمبعثرة على منحدرات الجبال المحيطة بها، مع احتياجات مائية واضحة في ظل مناخ متوسطي - جبلي شبه جاف.

5- أهداف البحث:

- I. تحديد المخاطر الهيدرو-جيومورفية التي تؤثر في مدينة بيروود.
- II. اقتراح سبل مواجهة المخاطر الهيدرو-جيومورفية.
- III. تحديد المناطق الأكثر أماناً، بهدف توجيه التوسع العمراني نحوها.
- IV. إعداد خريطتين تطبيقيتين، عن مخاطر المدينة، وتصنيف درجة خطورة الحوضات النهرية مع مواقع السدات.

6- مناهج البحث:

استخدامت المناهج التالية: الوصفي - التحليلي، والاستقرائي، والاستنتاجي. والأسلوبين الكمي والكارتوغرافي.

7- منهجية البحث:

اتبعت منهجية مباشرة في عرض المشكلات التي تعاني منها المدينة -دون اتباع المنهجية التقليدية التي تبدأ بعرض مفصل للعوامل الجغرافية- وتفسيرها من خلال تحليل أسبابها، ثم اقترحت مجموعة من الحلول من وجهة نظر هيدرو- جيومورفولوجية.

8- أدوات البحث:

- I. خريطة جيولوجية رقعة دمشق مقياس 1/200.000.
- II. خريطة جيروود الطبوغرافية مقياس 1:50.000
- III. خريطة النبك الطبوغرافية مقياس 1:50.000
- IV. خريطة عسال الورد الطبوغرافية مقياس 1:50.000
- V. برنامج ArcGIS 10.8 لإنشاء قاعدة بيانات مكانية، والتحليل المكاني.
- VI. نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة 12.5 متر الصادر عن وكالة ناسا.

9- الدراسات السابقة:

تناولت القليل من الدراسات المنطقة بالبحث، حيث قام (ناصر وأبو عياش، 2006) بإعداد دراسة قيمة لصالح هيئة الطاقة الذرية، بعنوان: (دراسة المسألة المائية والتغيرات المناخية في حوض القلمون)، قدما فيها معلومات جيولوجية، ومائية، ومناخية تفصيلية عن منخفض القلمون عموماً. وما يؤخذ عليها أنها اعتمدت على اعتبارات غير مبررة في حساب الميزانية المائية مع عدم ذكر المعادلات المعتمدة، فكانت الكميات تقديرية. وكذلك تناولت دراستا (Alrawi & Others 2022) (Alrawi & Others 2023)

حوض القلمون بأكمله من مرتفعاته الجنوبية الغربية، وحتى منتهاه في وادي نهر العاصي. حُصت الأولى لرسم خرائط مناطق المياه الجوفية المحتملة. والثانية لتحديد أفضل مواقع إنشاء السدود والسدات المائية، وتبرز أهمية الدراستين، باستخدامها العديد من المدخلات: كنسيج التربة، والانحدار، وهطول الأمطار... إلا أن الدراستين افترقا إلى التدقيق والتحري الميداني، ومن الأخطاء الفادحة، اقتراح بناء سد عند مدينة بيروود، واختيار آخر في منطقة صدعية، وثالث فوق المجرى الرئيس -المجر- دون إي اعتبار لقيمة الأراضي الزراعية. في حين قدمت الهيئة العامة للاستشعار عن بعد بالتعاون مع الهيئة العامة للموارد المائية، دراسة بعنوان: **دراسة المساقط المائية في سوريا، وتحديد المناطق المأمولة لمشاريع حصاد المياه (منطقة القلمون) باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافي (2013)**. اتسمت بإدخال متغيرات متعددة، كالتوزع الصخري، والحالة التكتونية، والانحدار، والمناخ، والمجاري المائية، والتجمعات السكانية، واستخدام الأراضي. وتم إعداد الخرائط لجميع هذه المتغيرات، ومن نتائجها، تحديد المواقع المثلى للسدود والسدات، والتي بلغ عددها 105 مواقع. إلا أن الخريطة النهائية، أعطت لكل منها، رمزاً واحداً، كما افترقت إلى التدقيق والتحري الموقعي، فقد تم اختيار موقع سد وحيد قبل مدينة بيروود، يقع شمال عسال الورد، في منطقة جبلية مرتفعة -متصدعة، ولم يلق حوضا وادبي اسكفتا والمشكونة الأهمية الخاصة، رغم خطورتها.

10- مفهوم الجيومورفولوجيا الحضرية:

تُعنى الجيومورفولوجيا الحضرية urban geomorphology بدراسة التغيرات التي يحدثها الإنسان في المشهد التضريسي، من خلال تحويل مكوناته، من تضاريس وعمليات طبيعية إلى حضرية (Pareta & Prasad. 2012. P 1-2). وقد أجادت (Thornbush. 351. 2015) القول: بأنها بحث متعدد التخصصات، سريع التطور، يدرس التأثيرات الإيجابية والسلبية، المباشرة وغير المباشرة، للتحضر في أشكال التضاريس الأرضية، وتأثير الأخيرة في مظاهر النشاط البشري.

تركز الجيومورفولوجيا الحضرية على تقييم الإمكانات الطبيعية لمنطقة ما، وتحديد العوامل والعوائق الجيومورفية، بهدف اختيار الطرق الأنسب لتوجيه التوسع العمراني (Daoudi & Niang. 2021. P 1217-1218). بمعنى آخر، فإنها تبحث في الضوابط التضريسية التي تقيد التنمية الحضرية أو/وتوجهها، لدعم استراتيجية الإدارة الحضرية الحالية والمستقبلية (Paula. 2020.17-18).

وعليه فقد حدد علماء الجيومورفولوجيا أهدافهم فيما يخص التنمية الحضرية (Siddiqui. Ud.6) على النحو التالي: (1) منع النمو الحضري من تدمير الموارد القيمة. (2) تقييم الموارد اللازمة للتنمية وتقييمها. (3) الحد من التأثيرات غير المرغوب فيها للتنمية الحضرية في العناصر الجيومورفية. (4) التنبؤ باحتمالات استجابات التضاريس الأرضية للتنمية الحضرية. (5) تقييم التأثير المحتمل للمخاطر الجيومورفولوجية على المجتمع الحضري.

تتناول الجيومورفولوجيا - الحضرية مواضيعها في البيئات الجبلية، على مستويين: يضم الأول التجمعات السكانية ذاتها، وما يتبعها من أراضي ضمن حدودها الإدارية، في حين يتسع الثاني ليشمل المدى الهيدرو-جيومورفي، أو الحيز الجغرافي لشبكات التصريف المائي، والتي تنتهي مياهها إلى التجمعات المعنية بالدراسة. لذلك فهي تتداخل مع مفهومين رئيسيين: إدارة أحواض التصريف المائي Management of drainage basins، وإدارة المنحدرات management of slopes، باعتبارهما من مكونات منظومة الإدارة الإقليمية المتكاملة.

11- المخاطر الهيدرو- جيومورفية في مدينة بيروود:

تقوم التجمعات السكانية في مواقع تؤمن لها شروط الاستقرار، والاستمرار، والتوسع، والأخير يمكن أن يكون منظماً، يأخذ بالحسبان التوازن بين التحضر والخصائص المكانية للموقع. أو عشوائياً، فيضع مناطق التوسع في مواجهة مباشرة مع المخاطر هيدرو- جيومورفية (Brandolini & Others. 20210. 2-3). وقد ظهر مؤخراً ما بات يعرف بالضعف الجيومورفي للبيئات الحضرية، geomorphological vulnerability of urban environments، ويتمثل بالمشكلات الجيومورفية التي قد تعانيها كالسيول، والهبوط الأرضي، والانهيارات الصخرية (Martín-Díaza & Others. 2018.p 60-61). وفي مدينة ببيرود، يمكن تصنيف المخاطر، إلى مؤكدة، متمثلة بالسيول. ومحتملة، هي الكتل الصخرية المنتشرة على منحدرات المشرفة على المدينة.

أ/11- خطر السيول:

توصف الفيضانات في الأحواض الجبلية بالخاطفة flashy أو السريعة، ما يكسبها ثلاث صفات مدمرة (السرعة، الفجائية، القوة)، ما يعني أن هاشم النجاة من خطرهما، سيكون ضيقاً. وتتدخل عدة عوامل لرفع مستوى خطورتها، كمساحة منطقة التصريف، وانحدار المجرى، وخصائص السفوح، وإمدادات الرواسب، وتدفقات الحطام. (Stoffel. 2016. 24-25).

تعرضت مدينة ببيرود لسيول عارم عام (1968) م، كان مصدره حويضة اسكفتا ورأس المعرة، تسبب بتدمير بعض المنازل المقامة عند مخنق اسكفتا، وحرك كتلاً صخرية بلغت أبعاد بعضها (3×3.5×2.5) م³. وبلغ ارتفاعه عند المخنق (4) أمتار. الصورة (1)، تلاه سيل عام (1988) م، الذي دخل المدينة من وادي قرينة، ومصدره حويضة الجبة ورأس المعرة، منتهياً إلى مدينة صدد. وقد حدث آخر السيول عام (2021) م، تاركاً آثاره على جدران المنازل في السوق الرئيس. صورة (2). بعد أن دمر قسماً من طريق الإسفلت على حدود منطقة المشاتل، وذلك لمسافة (15-17) م وبعمق (50-60) سم، كما اقتلع الإسفلت مخلفاً حفرة بطول (20) متراً، إضافة إلى تدمير جدار الحماية الخاص ببحيرة قرينة. الصور (3-4-5).



الصورة (1) الحد الذي بلغه ارتفاع سيل عام (1968) م عند مدخل مخنق اسكفتا.

الصورة (2) أثر مياه سيل عام 2021 في جدران المنازل.



الصورة (3) تدمير قسم من طريق الإسفلت/ وادي قرينة.



الصورة (5) سيل عام (2021) م/ من الشابكة.



الصورة (4) انهيار جدار حماية بحيرة قرينة.

ب/11- خطر الانهيارات الصخرية:

يقصد بالانهيارات الأرضية landslide، كافة أنواع حركة المواد على السفوح، مهما اختلفت موادها بين صخرية وطينية وتربية، وتضم: السقوط falling، أو الانقلاب toppling، والانزلاق sliding، والانتشار spreading، والتدفق flowing. (UNISDR. 2017. 2). يسود منها في منطقة البحث، السقوط والانقلاب من الجروف الصخرية. تتوزع الكتل الصخرية في منطقة البحث، وفق نمطين:

I. المتراكم: وفيه تتجمع الكتل الصخرية متجاورة، أو متراكمة فوق بعضها البعض، وترتبط مكانياً بمواقع الممرات العميقة التي حفرتها المجاري المائية في أعالي جبال راس مارون - المعروف بمار مارون - مثل وادي كوشل والشبل. الصور (6)، وموضع واحد من جبل العريض، بجوار مغارة محمد، وموقعين عند نهاية مخنق اسكفتا، وعلى سفحي جبل بلاطة المشكونة.



الصورة (6) تجمع الجلاميد والكتل الصخرية عند نبع كوشل.

II. **المبعثر:** وهو الأكثر سيادة، تنتشر وفقه الكتل الصخرية منفرد، أو متباعدة مع مسافات واسعة خالية منها، إلا انها تستقر على مسافات تراوح بين (10-50) متراً بعيداً عن المباني الحديثة، أو الطرقات والحدائق والمنتزهات. صورتان (7-8).



الصورة (8) كتل صخرية مستقرة على منحدر ينتهي إلى الطريق المؤدي إلى رأس العين.



الصورة (7) كتل مبعثرة فوق السطح الشمالي لجبل رأس مارون

13- التحليل والمناقشة:

13/أ- أسباب خطر السيول:

لما كان من المستحيل في هذه البيئات، إجراء قياسات مباشرة لسرعة التيار المائي أثناء ذروة الفيضانات، لأسباب تتعلق بالسلامة والتقانة. فإن التقديرات المعتمدة على المعادلات الرياضية هي الأساس في تقييم خطورتها، ولتحديد العوامل التي تقف وراء خطورة السيول، تم اختيار سبعة معايير، يمكن قياسها رياضياً، وهي:

I- حساب حجم الجريان السطحي لكل حوض:

تم تطبيق معادلات الهطل الفعال وعامل الجريان لحساب حجم الجريان السطحي للحوضات الثانوية، وذلك خلال الأشهر الماطرة (شهر تشرين الأول إلى شهر أيار) للفترة الزمنية بين العام الهيدرولوجي (1991-1992) م والعام الهيدرولوجي (2021-2022)م، ويتطلب حساب حجم الجريان المائي السطحي للأحواض المائية، تطبيق سلسلة من المعادلات الرياضية الملحق (1)، وهي:

I/أ- الهطل الفعّال:

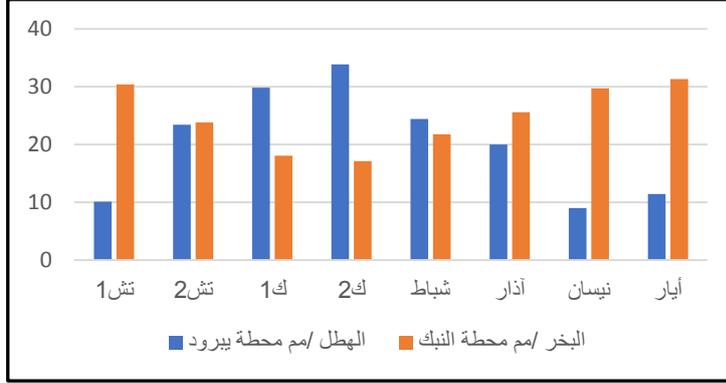
يُعبّر الهطل الفعّال عن العلاقة بين الهطل والتبخر (الفرق بين كمية الهطل والتبخر). تم حساب الهطل الفعّال خلال الأشهر الماطرة الممتدة من شهر تشرين الأول حتى شهر أيار بالاعتماد على محطة بيرود المطرية، ومحطة النبك المناخية كون المنطقة المدروسة لا يوجد فيها محطة مناخية.

I/أ/1- الهطل:

بلغ معدل الهطل في محطة بيرود (162) ملم. وتباين معدل الهطل ضمن العام الهيدرولوجي، الذي راوح بين (9) ملم في شهر نيسان و (33.8) ملم في شهر كانون الثاني (هيئة الأرصاد الجوية)، الشكل (2)، الملحق (2).

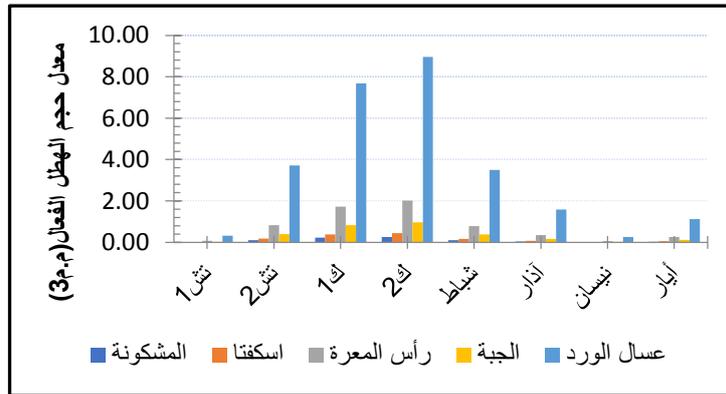
I/أ/2 - البخر:

تم حساب البخر من خلال تطبيق معادلة إيفانوف خلال الأيام الماطرة ضمن كل شهر من الأشهر الماطرة الممتدة من شهر تشرين الأول إلى شهر أيار كون معادلة إيفانوف تفترض توفر مصدر للرطوبة (حاج أحمد. 2019-2020. 27). وبلغ معدله (198) ملم، وراوح بين (17) ملم في شهر كانون الثاني، و(31) ملم في شهر أيار. الشكل (2)، الملحق (2).



الشكل (2) معدلات الهطل في محطة بيروود، ومعدلات البخر في محطة النيك بين العام (1991-1992) م والعام (2021-2022) م.

لوحظ من خلال حساب حجم الهطل الفعّال (م.م³) في الحوضات الثانوية، الشكل (3)، الملحق (3). وجود تباين معدل حجم الهطل الفعال بين الحوضات المدروسة زمانياً ومكانياً، وراوح بين (0.80) م.م³ في حوضية المشكونة، و(27.1) م.م³ في حوضية عسال الورد، وبلغ (1.3) م.م³ في حوضية اسكفتا، و(2.9) م.م³ في حوضية الجبة، و(6.1) م.م³ في حوضية رأس المعرة. وتركز معدل حجم الهطل الفعّال الأعظمي في شهري كانون الأول وكانون الثاني، ففي شهر كانون الأول راح بين (-0.23- 7.7) م.م³، وفي شهر كانون الثاني راح بين (-0.26- 9) م.م³.



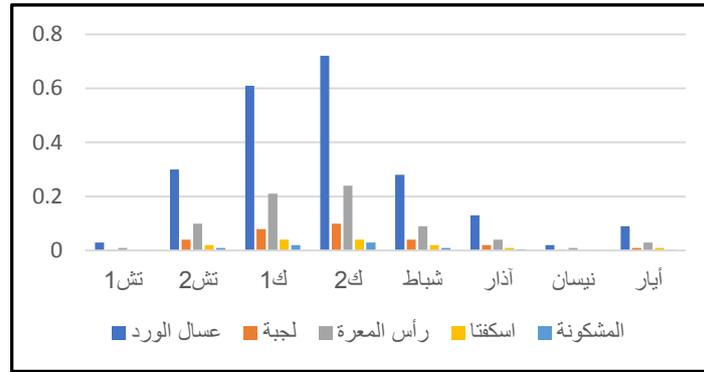
الشكل (3) معدل حجم الهطل الفعّال بين العام (1991-1992) م والعام (2021-2022) م.

أما معدل حجم الهطل الفعال الأصغري فتركز في شهري تشرين الأول ونيسان، ففي شهر تشرين الأول راح بين (0.01-0.32) م.م³، وفي شهر نيسان راح بين (0.01-0.26) م.م³، وذلك في كل من حوضية المشكونة وحوضية عسال الورد على التوالي. ب/ I-- حساب عامل الجريان:

حُسِب عامل الجريان بالاعتماد على متوسط درجة انحدار السطح، واستخدامات الأراضي في الحوضات. الملحقان (4-6) وتراوح عامل الجريان بين (0.08) في حوضه عسال الورد، لاتساع مساحة الحوض، والتي ترتبط بعلاقة عكسية مع عامل الجريان، و(0.12) في حوضه رأس المعرة، وبلغ (0.10) في بقية الحوضات.

ج/ I - حجم الجريان السطحي:

حُسِب حجم الجريان السطحي في الحوضات المختارة بالاعتماد على حجم الهطل الفعّال وعامل الجريان، ويلاحظ من الملحق (5). التباين الكبير في حجم الجريان الشهري، على مستوى الحوضه الواحدة، وفيما بين الحوضات الثانوية، فقد احتلت أشهر: كانون الثاني، كانون الأول، تشرين الثاني، شباط، آذار، المراتب الخمس الأولى على التوالي من حيث كمية الجريانات المائية السطحية. الشكل (4).



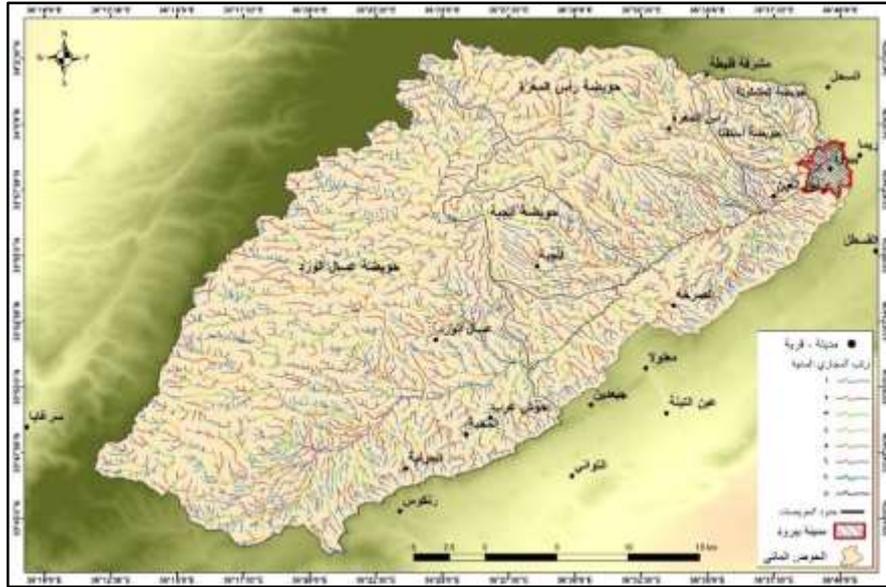
الشكل (4) حجم الجريان المائي الشهري م/م/3 للفترة بين العام 1991-1992م والعام 2021-2022م

II- كثافة أعداد المجاري المائية، أو ما يطلق عليه كثافة التصريف Drainage Density. وتدلل على نصيب وحدة المساحة من أعداد مجاري الشبكة المائية، وكلما كانت قيمها عالية، كانت شبكة المجاري المائية أعلى كفاءة في نقل المياه والحمولة، وكانت كمية المياه المتسربة أقل (Ritter & Others. 1995.154). ما يعني نظرياً، أن الحوضات ذات الكثافات العالية، أعلى قدرة على توليد جريانات مائية خطيرة مقارنة بنظيراتها الأقل كثافة، ويلاحظ من الملحقين (7-8) أن الحوضات تتدرج تصاعدياً في قيم كثافة أعداد مجاريها المائية، على النحو التالي: (عسال الورد، المشكونة، رأس المعرة، الجبة، اسكفتا). ولهذا المؤشر دلالة على مدى تقطع السطح (النسيج الطبوغرافي)، فكلما ارتفعت قيمتها، دل ذلك على تعرض السطح للحت بمعدلات أكبر، وبالتالي إنتاج كميات أكبر من الحمولة، ما يرفع من خطورة السيول، وقد وقعت جميع الحوضات ضمن فئة النسيج المعتدل، حسب تصنيف (Morisawa 1985.140)، باستثناء حوضه عسال الورد، ذات النسيج الخشن.

III- كثافة أطوال المجاري المائية، أو ما يطلق عليه، تكرارية المجاري Stream Frequency، والتي تماثل سابقتها بمدلولها الجيومورفي. ويلاحظ من الملحق (7-8) أن الحوضات تتدرج تصاعدياً في قيم كثافة أطوال مجاريها المائية، وفق الترتيب الآتي: (عسال الورد، الجبة، اسكفتا، المشكونة، رأس المعرة).

IV- نسبة الترافد: يطلق عليها نسبة التشعب Bifurcation Ratio، وتعكس كيفية انتشار المجاري المائية، وهندسة ترافدها. ولنمط شبكة المجاري المائية تأثير مباشر في خصائص المياه الجارية، فمن البديهي القول: إن شبكة التصريف الشجرية، قادرة على إنتاج سيول ذات قدرة تدميرية عالية، مقارنة بالنمط الريشي، وذلك لوصول كميات متراكمة من المياه والحمولة إلى نقطة الترافد الرئيسية، بفترة زمنية واحدة. بينما تتحرك المياه عبر المجرى الرئيس في الشبكات الريشية، على دفعات متتالية، ويلاحظ من الشكل (5) أن شبكة المجاري المائية، تتخذ في عموم المنخفض، نمطين رئيسيين، هما: الريشي، والشجري، متوافقة بذلك مع الوضع البنيوي للمنخفض، الذي يمثل طية مقعرة، يحتل مجرى وادي المجر محورها، وتنتهي مجاريها المائية ذات الانتشار الشجري، من جناحيها إليه وفق توزيع ريشي.

رُتبت المجاري المائية وفق تصنيف سترهler (Strahler.1957.914)، الشكل (5) فبلغت قيمة أعلى رتبة في عموم شبكة المجاري المائية لمنطقة البحث، الثامنة، وكانت من أعلاها رتبة إلى أنداها (عسال الورد، رأس المعرة، الجبة واسكفتا، المشكونة)، ويظهر الملحق (8) نسبة التشعب، والتشعب المرجح Weighted Bifurcation Ratio (أرثر سترهler، 1997، 211)، والتي يستفاد منها، في تقدير حجم المياه والحمولة التي تنتهي إلى مجرى الرتبة الأعلى من مجاري الرتب الأدنى. وبالتالي فكلما ارتفعت قيمتها، دل ذلك على كميات أكبر تنتهي إلى المجاري المستقبلية، والمتجهة نحو مخارج الأودية. وقد بلغ معدل التشعب المرجح لعموم المنطقة (5.8)، وللحوضات الثانوية على النحو الآتي: لكل من حوضه اسكفتا والجبة (5.2)، رأس المعرة (5.8)، عسال الورد (5.9)، وأعلاها حوضه المشكونة (7.5). الملحق (9). وهو ما يمكن اعتماده ترتيباً لمدى خطورتها في حجم كمية المياه والحمولة المنصرفة منها.

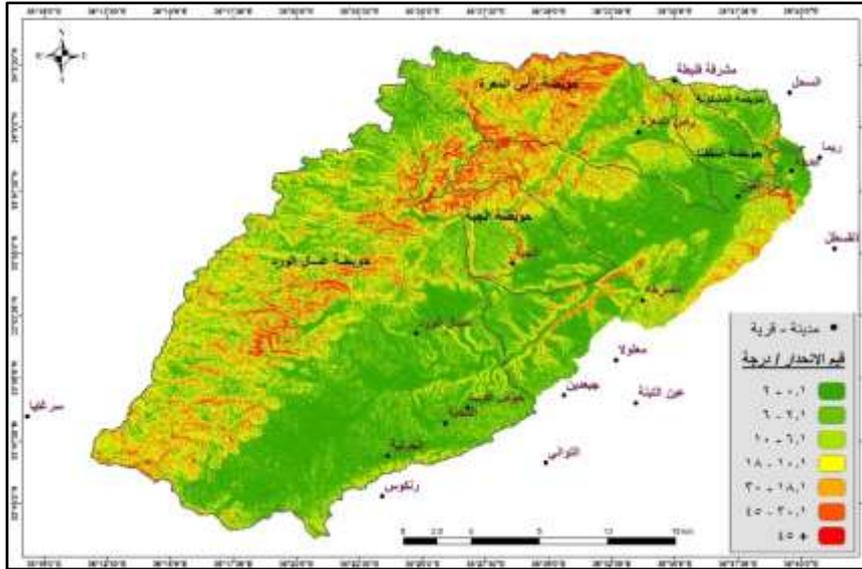


الشكل (5) رتب المجاري المائية في حوضه بيرود

V- انحدار سطح الحوض: توصف العلاقة بين الانحدار، وسرعة المياه المنصرفة من الحوض النهري بالطردية. فزيادة الانحدار يعجل من انصراف المياه، وبالتالي يقلل كمية الفاقد بالتسرب، فتمتلك بذلك المياه قدرة عالية على ممارسة العمليات الجيومورفية من حت ونقل، وبالتالي التدمير. ويلاحظ من الملحق (10) أن الحوضات تتدرج تصاعدياً حسب قيمة متوسط زوايا انحدار

سطحها، على النحو الآتي (المشكونة، اسكفتا، عسال الورد، الجبة، رأس المعرة). إلا أن توزيع زوايا انحدار السطح التفصيلي هو الأهم، فوجود أسطح شديدة الانحدار في القطاعات العليا، يكسب المياه الجارية - رغم قلة كمياتها- سرعة تتخامد بالاتجاه نحو سافلة الوادي قليل الانحدار، في حين يرفع السطح المنحدر للقطاعات الوسطى والدنيا، من سرعة المياه ذات الكميات الأكبر، فيكسبها قدرة أعلى على التدمير. والعكس صحيح، فيما يخص انخفاض قدرة المياه الجارية على الحث والنقل مع انخفاض درجة انحدار قاع المجاري المائية، فتجنح إلى الترسيب.

يلاحظ من الشكل (6)، والملحق (10). والذي حددت فيه زوايا انحدار سطح الأرض، وفق تصنيف يونغ (Young 1972:173). وجود منطقتين متباينتين في انحدار سطحهما، يفصل بينهما خط قليل التعرج، يمتد من غربي بلدة المشرفة، وحتى نهاية المنخفض مروراً بشمال غرب بلدة عسال الورد، تسود إلى جنوبيه الشرقي أراضي شبه مستوية إلى متوسطة الانحدار، فراوحت زواياها بين (1-10) درجة، وتشكل مجتمعة ما نسبته (39.8%) من المساحة العامة، وهي أراضٍ تمتد من بطون أودية الجزيرة، ووادي المجر من مدينة بيرود حتى النهاية الجنوبية الغربية للمنطقة. وأودية السريح شمالي قرية حوش عرب، وشرقي بلدة عسال الورد. في حين تنتشر الأسطح متوسطة الانحدار على امتداد قفا كويستا معلولا- بيرود. أما فئات الانحدار الشديد، وفوق الشديد، وحتى الرأسية، فتمتد على القطاع الأعلى من سفح جبل لبنان الشرقي، كما في أراضي رأس المعرة وحتى الجبة، مع انتشار أقل نسبياً غربي منطقة عسال الورد، لتستحوذ على (38.9%) من إجمالي مساحة الحوض. وبالتالي فإنه يفترض مع هذا التوزيع أن تتميز أحواض تصريف الجانب الغربي والجنوبي من منطقة البحث، بزمن تصرف مياه أقصر من مقبلاتها نحو مجرى وادي المجر، وبالتالي مدينة بيرود.



الشكل (6) زوايا انحدار حوضه بيرود

بينت الدراسة التفصيلية لانحدار أسطح الحوضات الثانوية، وجود تباين واضح بينها، حيث تسود فئات الانحدار المتوسطة وما دونها، في القطاعات الدنيا والوسطى من حوضتي المشكونة واسكفتا المتجاورتين، بنسبة (83.2%) (79.2%) على التوالي، وما تبقى فهي أراضٍ فوق المتوسطة إلى الشديدة، ثم الرأسية، وتوزع في القطاعات العليا منهما، مع حزام من منحدرات شديدة، تتمثل

بجروف بلاطة المشكونة ومخنقي وادي اسكفتا والمشكونة. أما حويضة رأس المعرة فتختلف عنهما، بارتفاع ملحوظ في نسبة الأراضي ذات الانحدارات فوق المتوسطة وحتى الرأسية، حيث بلغت (45.9%) وتنتشر في القطاعات العليا عند أراضي جرف شعاب عسايل وشعاب التفاح وشعب المسيب. بينما ترتفع نسبة الأراضي ذات الانحدارات دون المتوسطة في حويضة الجبة، لتصل نسبتها إلى (63.7%)، وذلك وسط الحويضة وجنوبها، في حين تمتد الأراضي المنحدرة وشديدة الانحدار في القطاع الأعلى، حيث أراضي الجرف وجبل الباروح. وتخفض زوايا الانحدار في عموم حويضة عسال الورد، حيث تمتد الأراضي متوسطة الانحدار فما دونها، على ما نسبته (71.9%) من مساحته، وتقع جنوب البلدة في أراضي بلدة الطفيل ووادي السريح، وشرقها في أراضي بلدة حوش عرب، وسهل المجر، في حين تنتشر الأراضي الجرفية والمنحدرة، شمالها عند نهاية جبل الباروح، ودولاب البيدر، وغربها، كما في قرنة التفاحة وجرف النهاشي.

V- **قرب أو بعد الحويضات عن مدينة بيرود:** كلما كانت مخارج الأودية قريبة من مدينة بيرود، قُصر زمن وصول مياهها وحمولتها إلى المباني والمزارع. ويلاحظ من الشكل (8) أن مخارج الحويضات الثانوية تبتعد تدريجياً عن مدينة بيرود وفق الترتيب التالي (اسكفتا، المشكونة، رأس المعرة، الجبة، عسال الورد). إلا أنه تجدر الإشارة هنا، إلى أن لانحدار قاع مجرى منخفض المجر، والذي يمثل المسافة الفاصلة بين مخارج الحويضات، ومدينة بيرود- دور مهم في زيادة قدرة المياه أو إضعافها. وعلى اعتبار أن انحدار قاع المجرى، ينخفض تدريجياً، ويبطئ نحو مدينة بيرود، فإن سرعة المياه تشهد انخفاضاً مماثلاً، مع أخذ كميات الحمولة المتزايدة بعين الحسبان. وبالتالي يرفع من كميات المياه المفقودة بالتسرب، والاحتجاز، والتبخر، كما هو الحال في حويضة عسال الورد. في حين تتجه مياه حويضة اسكفتا مباشرة، وبانحدارات ملموسة نحو المدينة، أما بقية الأحواض فيفصل بينها وبين مجرى وادي المجر، أرض قليلة الانحدار، وواسعة أو مفتوحة، ما يعني انخفاض سرعة المياه المنصرفة منها.

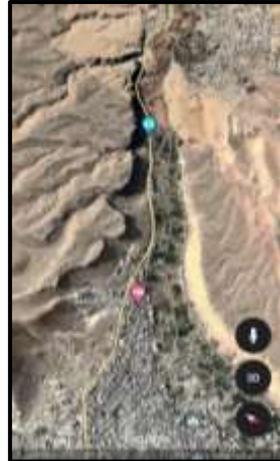
VI- **الخصائص المورفومترية (الشكلية) لأحواض التصريف المائي:** يؤثر شكل الحوض وأبعاده، في السلوك الهيدرولوجي للمياه الجارية، حيث يرتبط زمن تصريف مياه الشبكات المائية، بعلاقة عكسية مع طول الحوض، ويلاحظ من الملحق (11) أن الحويضات الثانوية، تمتلك أطوالاً تزيد وفق الترتيب الآتي: (المشكونة، اسكفتا، الجبة، رأس المعرة، عسال الورد). وبالتالي فأولها أخطر، وآخرها أقلها خطورة. أما أشكال الأحواض المائية، فتعكس بشكل مباشر على كميات المياه المنصرفة منها، وزمن تصريفها، وتحديد زمن حدوث قمة فيضان أو عدم وجودها، فكلما كان قريباً من الدائري أو الكمثري Pear- shape، ارتفعت درجة خطورته، وتميز بوجود قمة فيضان واضحة (سلوم، نعمان. 2018. 246) ويتناسب زمن وصولها إلى مخرجه، حسب موقع الاتساع من الحوض، فإن كان تفلطحه في قطاعه الأعلى، كما في حويضة رأس المعرة، أعطى قمة فيضان متأخرة، ويحدث العكس مع وجود الاتساع قرب المصب، كما في حويضة عسال الورد، وبالتالي هو الأخطر وفق هذا المتغير، في حين تأتي الحويضات المتسعة في قطاعها الأوسط، بين هذا وذاك من حيث الخطورة. ومع تطبيق معادلة معامل التفلطح Selby. (1985.295)، لوحظ أن أشكال الحويضات تقترب من الشكل الكمثري (المثلثي) وفق الترتيب التصاعدي التالي: رأس المعرة، المشكونة، اسكفتا، الجبة، عسال الورد. إلا أن هناك إشكالية أثرت في مصداقية نتائج معادلة التفلطح، فحوض عسال الورد، أكثرها تفلطحاً، إلا أن تفلطحه معكوس عما هو معروف، حيث يتسع أكثر ما يكون عند مخرجه، وليس عند عاليته. كما أن الملاحظة البصرية، تؤكد أن حويضة رأس المعرة أكثر تفلطحاً من حويضتي المشكونة واسكفتا.

تم إعداد الملحق (12) لتحديد درجات الخطورة لكل حوض، باستخدام عشرة معايير، وهي: مساحة الحوض، قصر الحوض، انحدار السطح، شكل الحوض - التلطح - كثافة عداد المجاري المائية، كثافة أطوال المجاري المائية، نسبة الترافد المرجح، كمية المياه والقرب من المدينة. والتي ترتبط بعلاقات طردية مع خطر السيول*. وقد أُضيف إليها معيار نوعي، هو شكل مخرج الحوض، وأعطى مخرج اسكفتا أعلى قيمة، كونه ضيق ومباشر على 498 المدينة، تلاه مخرج المشكونة، الضيق والأبعد عن المزارع، ثم رأس المعرة فالجبة، وعسال 499 الورد. فكانت نتيجة التصنيف، ترتيب الحوضات المائية من أخطرها إلى أقلها خطورة، على 500 النحو الآتي: اسكفتا، رأس المعرة، المشكونة والجبة، عسال الورد. وهو ترتيب يوافق في مصداقيته الأحداث الخطيرة لعامي (1968-1988) م. ومصادر مياه سيولها. الشكل (8).

يوجد بعض العناصر التضريسية الخاصة، التي لا تظهرها الصور الفضائية والخرائط الطبوغرافية، وتم الكشف عنها بالتحري الميداني، فدخل المياه الجارية إلى المدينة، يتم عبر ثلاثة أودية مختلفة في خصائصها الجيومورفية، هي وادي قرينة، ومخرج وادي اسكفتا، ومرفض وادي المشكونة. يتميز الأول والذي تنتهي إليه مياه أحواض رأس المعرة، والجبة وعسال الورد وما بينها من أراضٍ، بطوله البالغ (1.5) كم، واتساعه الذي يراوح بين (150-200)م، مع شكل مخروطي، فيبدأ ضيقاً وينتهي واسعاً نحو المدينة. الصورة (9). في حين يتصف مخرج وادي اسكفتا بضيقه وقصره، فلا تزيد أبعاده على (20) متراً (250) متراً على التوالي. الصورتان (10-11). أما مخرج مياه حوض المشكونة، فيأتي وسطاً بينهما، فهو أقل انحداراً، وأكثر اتساعاً من سابقه باتجاه المدينة. مع بعد مخرجه عن طرف المدينة نحو (1.4) كم، كما أن مياهه تتوزع منتشرة فوق الأراضي الزراعية أولاً. الصورة (12).



الصورة (10) مخرج وادي اسكفتا



الصورة (9) وادي قرينة

* تم تحديد درجة خطورة كل حوض، في توليد السيول من خلال الخطوات التالية:

- 1- ترتيب الحوضات تصاعدياً حسب القيمة الفعلية لكل معيار من المعايير العشرة، وقد حددت بين (1-5) حسب عدد الأحواض.
- 2- أعطى كل مؤشر قيمة تناسب مرتبة الحوض من الترتيب التصاعدي السابق، فمثلاً كان أكبرها مساحة، عسال الورد، وأخذ القيمة (5)، في حين كانت هذه الحوض الأبعد عن المدينة، فاتخذت القيمة (1). وهكذا..
- 3- تم جمع النقاط التي حصلت عليها كل حوض فكانت أكثرها خطورة اعلاها مجموعاً، وأقلها خطورة، أقلها مجموعاً.



الصورة (12) القطاع الأدنى من وادي المشكونة



الصورة (11) مخرج وادي اسكفتا ناظراً نحو الشمال

لا يقل التعدي على التضاريس السطحية، خطراً عما ينتج عنها من مخاطر بحد ذاتها، فعدم ترك مساحة آمنة تتيح المجال لعملياتها بالحدوث، يجعلها في مواجهة مباشرة مع مظاهر النشاط البشري. وقد امتد العمران والاستثمار الزراعي حتى شغل كامل مساحة سرير مجرى وادي المجر في وادي قرينة، ومعظم مساحة مخرج مخرج وادي اسكفتا، وذلك دون معالجة مسبقة لمشكلة السيول. الصورتان (13-14).



الصورة (13) البستنة في سرير مجرى وادي قرينة.



الصورة (14) بساتين مخرج وادي اسكفتا

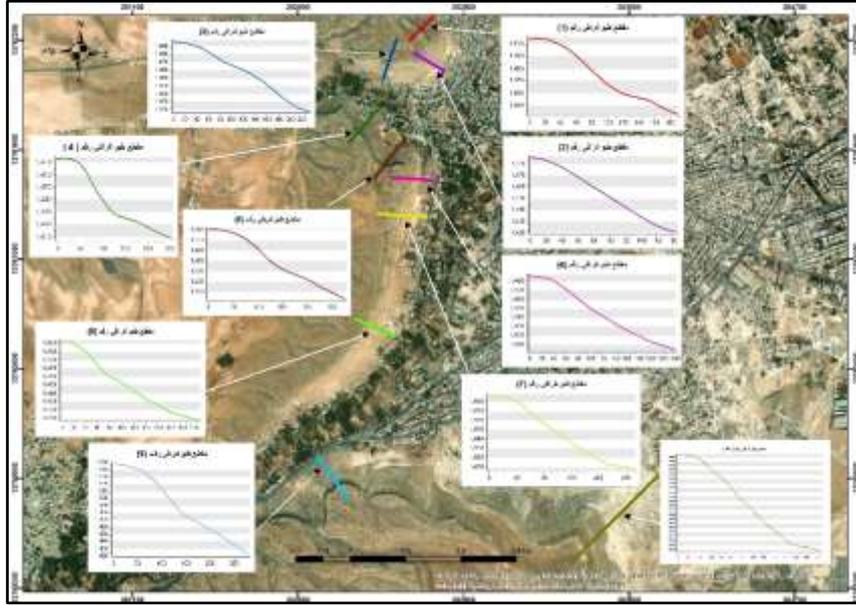
ب/13- تحليل أسباب خطر الانهيارات الصخرية، وعوامل أمانها:

تجتمع في منطقة البحث جملة من العوامل التي حددت طبيعة المخاطر الناجمة عن استقرار الكتل الصخرية فوق السفوح، أو أسفل قواعد الجروف الصخرية، ويمكن تحديدها في مجموعتين:

1/ب- خصائص السفوح:

يتم تعريف عامل أمان السفوح، على أنها تغلب قوى المقاومة على قوى الحركة أو اجهادات القص، ويقف وراء هذا التوازن أو عدمه، العوامل الجيومورفية التالية:

I. **شكل السفوح:** تتخذ معظم السفوح شكلاً يوافق كونها واجهات كويستا بيرود- معلولا، حيث يظهر الجرف الصخري، يليه تحذب طفيف، ثم استقامة في الوسط، مع زوايا انحدار تتراوح بين (10-15) درجة، وأحياناً تصل إلى (25) درجة، وينتهي السفوح بتقعر بسيط. كما في المقاطع (1-4-5-6-7-8-9-10) الشكل (7)، ومن شأن هذا النمط، أن ينتج كتلاً صخرية مكعبة تسقط من الجرف، وتستقر عند قاعدته، إلا إذا ارتبطت مكانياً بالمسلات، فإنها ستتحرك نحو القطاع الأوسط، والأدنى.



الشكل (7) توزيع المقاطع الطبوغرافية في منطقة البحث

II. **زاوية انحدار السفوح:** من أهم ضوابط حركة المواد على سطح الأرض، فوجود سفوح ذات زوايا انحدار منخفضة، يمثل عامل أمان، بسبب تعطيل حركة المواد بانخفاض تأثير الجاذبية فيها. في حين أن زوايا الانحدار الشديدة، تُنتج إجهادات قص كبيرة، ترفع من قابلية المواد للحركة (Çellek, 2022, 86). وقد سبق القول: إن زوايا الانحدار السائدة للسفوح المشرفة على المدينة، تتراوح بين (10-25) للقطاعات دون الجروف.

III. **طول السفوح:** يؤدي دوراً مهماً في تحديد مدى الخطر، فكلما زاد طوله، بعدت المسافة بين الكتل الصخرية وما دونها من مظاهر نشاط بشري. وقد لوحظ ميدانياً، أن أطوال سفوح واديّ اسكفتا والمشكونة، وجبل العريض تتراوح بين (50-200) متراً، في حين تتراوح أطوال السفوح الغربي والشمالي لجبل رأس مارون بين (200-400) متر.

IV. نظام الكسور في الطبقة الصخرية المكونة للجرف: أكدت الدراسة الحقلية، حقيقة ارتباط بعض الكتل الصخرية الأيلة للسفوح، بكسور موازية للجرف، ومع وجود نحور في وسط أو أقدام هذه الكتل، فإن انقلابها أو سقوطها، وتراجع الجرف، أمر حتمي. الصورة (15).



الصورة (15) شق رأسي بعمق نحو (7) أمتار، في جرف جبل العريض.

V. انتشار العديد من الأودية فوق قفا الكويستا: تصنف ضمن المجاري المائية التابعة، التي تجري مياهها بشكل موافق لانحدار السطح، وتنتهي بمساقط رأسية نحو المدينة، مع إعادة عمل ينابيع مواكبة لها، تقع أسفلها، مسببة تراجع الجبهة جزئياً، بما يعرف بالحت الينبوعي Spring Erosion، والذي يعمل على هدم الجروف من قواعدها بفعل خروج مياه الينابيع من أسفلها (جودة.2003. 115)، كما هو الحال عند نبع كوشل، وجبل الشبل في وادي قرينة. الصورة (16). وما يعزز هذا الرأي، ندرة وجود ظاهرة تقطع الجبهة في سفح جبل العريض، والذي تتحرك فوقه المياه الجارية، باتجاه معاكس لجبهته. ويفسر هذا الترابط، تباعد توزع الكتل المتراكمة في بقية السفوح، وهو ما أتاح مساحات واسعة من المنحدرات لتكون قابلة للاستخدامات الآمنة.



الصورة (16) الكتل الصخرية المتراكمة أسفل الجرف، عند مخارج مجرى الشبل.

2/ب- خصائص الكتل الصخرية:

يغلب الشكل المكعب أو المضلع على الكتل الصخرية، وهو عامل أمان جيومورفي، فالشكل المزوى، يعني اتساع سطح الاحتكاك بين الكتلة الصخرية والأسطح المرتكزة عليها، وبالتالي ارتفاع تأثير قوى العطالة على الحركة الناتجة عن الوزن والجاذبية.

إن ضخامة الكتل الصخرية، واتساع سطح الاحتكاك بينها وبين المنحدرات التي تستقر فوقها، عامل أمان ولا ريب، لكن وجودها على مسافات قريبة من الطرقات وبعض المباني، يدفع بالاتجاه نحو البحث عن محرض على الحركة، يفوق قدرة المجاري المائية الهزيلة، أو الأمطار بأعلى غزارتها. فكان لا بد من الكشف عن الوضع الزلزالي للمنطقة، وعلى الرغم من عدم توفر سجل زلزالي طويل الأمد لعموم سورية، إلا أن دراسة (Ambraseys 1989. 399-401 & Barazangi) أكدت أن حدوث زلازل كبيرة، من درجة (+6.5) ريختر، أمر نادر الحدوث، فخلال الفترة بين (1100 - 1988) م، وقعت عشرة أحداث مهمة، على ثلاثة فترات قصيرة، مع تكرارية راوحت بين (200-350) سنة. ويعد صدع سرغايا، الذي يبعد عن منخفض المجر نحو (50) كم أخطر مصدر للزلازل في المنطقة، أخطر الصدوع في المنطقة، فقد تسبب في إحداث أكثر الزلازل تدميراً، حيث أكدت دراسة (Gomez 2003. 658-663 & Others) المعتمدة على التغيرات القديمة والجيومورفية لحركات الهولوسين على صدع سرغايا، ودلائل حفر الخنادق، والتأريخ بالكربون المشع، حدوث خمس حالات تمزق سطحية، خلال ما يزيد على (6500) سنة الماضية، نتج عن الحدث الأخير إزاحة جانبية يسارية بمقدار (2-2.5) م، وهو ما قد يتوافق مع واحد من اثنين من الزلازل الموثقة تاريخياً خلال القرن الثامن عشر (1705)م و(1759)م، كما أوضحت العلاقات الكرونولوجية بين الدلائل الصخرية والتكتونية أن متوسطة عودة زلازل بقوة (7) ريختر، يبلغ حوالي (1300) سنة، إلا أن دراسة لاحقة، قام بها (Elias.2015.3) خالف نتائجها ما سبق، وأكدت على أن لصدع سرغايا القدرة على إنتاج مثل هكذا زلازل كل (2000) سنة. وبالتالي فإن تحرك الكتل الصخرية بفعل الزلازل أمر مستبعد على المدى القريب.

14- الحلول والمقترحات:

تنصح الدراسات الجيومورفولوجية- الهيدروولوجية باتباع أساليب متنوعة في مواجهة المشكلات الطبيعية، فمنها القاسي والصلب، وتنتمي إليها السدود، والإكساء الحجري للواجهات المعرضة للحدوث. ومنها المرن، اللين، كزراعة الأشجار والعشب، محققين بذلك شرط الاستدامة (Thornbush. 2015. 350-352). ويمكن القول إن الحلول الجغرافية- الجيومورفية للمشكلات سابقة الذكر، تنطلق من مبدئين، إما تغيير شكل التضريس، أو/والتحكم بالعملية الجيومورفية. لا تخلو المدينة من إجراءات حماية قامت بها البلدية، كالجدران الإسمنتية أسفل المنحدرات التي تستقر عليها بعض الكتل الصخرية في محيط المشفى الوطني، أو تشجير منحدرات جبل رأس مارون والمشكونة، مع استخدام الإكساء الحجري، والحواجز الحديدية كما في منتزهات قرينة، وتحويل أقسام من سفوح جبل بلاطة المشكونة والسفح الشمالي لجبل رأس مارون إلى مدرجات، الصورة (17)، وتحريجها. والسدات الترابية، كتلك التي أقيمت على عرض مجرى سيل فليطة -اسكفتا، بارتفاع (5) أمتار، قبيل دخوله مخنق وادي اسكفتا. صورة (18).



الصورة (17) سفح جبل رأس مارون المدرج.



الصورة (18) السدة الترابية في مجرى فليطة المتجهة نحو مخنق اسكفتا.

كما قام أحد سكان المدينة بإنشاء مجمع مائي لمياه عين كوشل، ما سيساعد على منع إغراق المنشآت الترفيهية، التي بنيت أسفل حدور الجبل أمام الكتل الصخرية المتراكمة، وعلى الرغم من خطورة الموقع الذي أنشئ عليه خزان التجميع، الصورة (19). إلا أن خطر تحرك الكتل الصخرية المزواة التي تعلوه، رهن بحدوث محرض استثنائي.



الصورة (19) خزان تجميع مياه عين كوشل، مشروع أبو جندل، يشير السهم إلى بعض الكتل الصخرية التي تعلو المنشأة.

إلا أن حدوث جريانات سطحية تتجاوز المدينة عبر طرقها، يؤكد وجود هدر مائي دائم، وخطر متباعد الحدوث. بفعل السيول التي تنتهي إلى نهر العاصي في الشمال الشرقي في بعض السنوات المطيرة. وبالتالي فإن أفضل الطرق لتحويل الخطر إلى منفعة، هو ضمن إطار ما يعرف بحصاد المياه، (RWH) Rainwater harvesting، والذي يعني ((إدارة جمع مياه الأمطار بغية توفيرها للاستخدامات المنزلية والزراعية بالإضافة إلى دعم النظام البيئي)) (Mekdaschi & Liniger.2013). وهي تقنيات معروفة في منطقة الشرق الأوسط منذ (9000) سنة، تمثلت بالسدود الترابية، والسدات، والخزانات، والفجارات (Alik.2017.8-11). بل إن فجارة الصالحية، التي تمتد من شمال غرب المدينة، بطول (3) كم، منها (2) تحت الأرض، وقد ردمت برواسب السيول لأكثر من

(800) عام، إلى أن تم تنظيفها، وإعادتها للعمل عام (1935) م (صالح وهبة. 2014. 815). ويتكون هذا النظام من ثلاثة عناصر (سلوم، صيام: 2018، 341)، هي:

1. مستجمع المياه: هو المنطقة العليا من حوض التصريف المائي، تكون متسعة وتضيق تدريجياً نحو المجرى الرئيسي، حيث يتم اختيار موقع وسيلة الحجز.

2. منشأة التخزين: الوسيلة التي يتم فيها حفظ المياه، وتختار حسب كمية الجريان، وطبيعة الموقع، مثل الخزانات أو البرك أو في صهاريج تحت الأرض، وتفضل الأولى لحجز مياه الحويضات من رتبة 1-2 (Suni & Others. 2023.2).

3. نظام النقل: كالأنابيب أو القنوات المغلقة أو الضيقة، لضمان عدم ضياع كميات كبيرة من المياه بالتبخر أو التسرب.

يعتمد اختيار المواقع المناسبة لـ RWH على عدة شروط (Ammar & Others. 2016.108) مثل: كمية الأمطار، والانحدار، ونوع التربة، وشبكة المجاري المائية، واستخدام الأراضي. وفي عام 2003، أدرجت منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة ستة معايير رئيسية لتحديد مواقع حصاد المياه: المناخ، والهيدرولوجيا، والتضاريس، والهندسة الزراعية، والتربة، والاقتصاد الاجتماعي.

ولذلك لا تحليل الوضع الجيولوجي لمدينة بيرود والمنخفض عموماً، حيث تقع المدينة فوق تكوينات الإيوسين الأوسط، وهي من صخور الحجر الكلسي - الحواري، والمارل، والحجر الكلسي - الصوان. أما على مستوى حوض بيرود، فتشكل صخور دور السينوماني من العصر الكريتاقي الجانب الشمالي الغربي للحوض، أو السفح الجنوب الشرقي من جبل لبنان الشرقي، وهي مكونة من الحجر الكلسي، والدولومي، والمارل. في حين يتكون الجانب الجنوبي الشرقي، أو سلسلة جبال القلمون الأولى من صخور الحجر الكلسي، والحجر الكلسي الحواري، والمارل الإيوسينية، تليها صخور الحجر الرملي، والمشبكات أو الرصيص أو الكونغلوميرا، والطين، والمارل، والحجر الكلسي، والصوان، الميوسينية- البليوسينية، والتي تتكشف أيضاً على امتداد البيدمنت - أقدام السفوح- وأجزاء واسعة من حوض المجر الأعلى بين عسال الورد وحوش عرب، وشمالى معلولا. بينما تحتل التوضعات الرباعية من المشبكات والحجر الرملي واللوم الرملي، واللوم الكلسي، الأراضي الأدنى في الحوض، بين بلدات الجبة وراس المعرة وبيرود. وبالتالي فإن الصخور المكونة للمرتفعات الجبلية وسفوحها، يغلب عليها الحجر الكلس والمارل، وهي متباينة النفاذية، بينما تسود المكونات الرباعية المنفذة في أدنى المنخفض.

أكدت دراسة (Alrawi. et al: 2023) وجود صدع رئيس يمر وسط حوض المجر، ويبدأ من منتصفه متابعاً باتجاه شمالي شرقي - جنوبي غربي، يتعامد عليه أربعة صدوع في محيط مدينة بيرود، في حين تنتشر ستة صدوع قصيرة، متوازية، بمحاور شرقية- غربية، غربي بلدة عسال الورد، داخل الأراضي اللبنانية.

بناءً على ما سبق، مكن اقتراح شبكة حصاد المياه على النحو الآتي:

1- السدات والسدود الاعتراضية: الغاية منها اعتراض المياه الجارية أولاً، واحتجاز كميات منها، أو من حملتها للتخفيف من قدرة السيل التدميرية، وقد تم اختيارها في مواقع وفق معايير محددة، الشكل (8) مثل: ضيق المجرى، الابتعاد عن الأراضي الزراعية، وجود مساحة تخزينة بالقرب من الطريق المار من المجاري، وأن تكون رتبة المجرى فوق (3) ليتوفر حاصل مائي يقلل خطر مياه السيول، كما يمكن إنشاء سدات متعاقبة ينخفض ارتفاعها تدريجياً كلما اتجهنا نحو مخارج الأودية، كما في وادي رأس المعرة. ومن المواقع المرشحة لها، شمالي أرض العوجات غربي رأس العين عند مخرج وادي مراح، وغربي بلدة الجبة، وعلى وادي المشرفة (فليطة) الذي ينتهي إلى وادي اسكفتا. ولم يتم اختيار مواقع للسدات على حوض عسال الورد، لابتعادها عن مدينة

بيروود، والسماح للمياه المتدفقة بإرواء كامل الوادي الزراعي، وهو بتريته اللحية- السيلية والرملية، وقلة انحداره، كفيل بتسريب كميات تضعف الجريان باتجاه المدينة. معظم السدات المقترحة، ستكون بمثابة خزانات ترشيح percolation tanks، تبنى فوق تكوينات منفذة، لتغذية المياه الجوفية. وهي مناسبة لانحدارات أكبر من 10%. (Alik.2017.11-25). وقد حسبت كميات المياه التي يمكن أن تحتجزها هذه السدات، الملحق (13). وكانت على النحو الآتي: المشكونة (0.06) م³، م³، اسكفتا (0.03) م³، رأس المعرة شمالية (0.17) م³، رأس المعرة جنوبية (0.35) م³ وبدون الشمالية (0.18) م³- الجبة (0.09) م³. وهي كميات تعادل من مجموع حجم الجريان السطحي الشهري، ما نسبته على التوالي (8.75) % (4.29) % (24.3) % (50) % (12.9)%. وقد استدعى اختيار مواقع السدات، إجراء حسابات هيدرولوجية لحجم الجريان السطحي، وباحتمالات متعددة، على النحو التالي:

أ/1- حجم الجريان باحتمالات متعددة في حوضات السدات المقترحة:

تم حساب الجريان باحتمالات متعددة بالاعتماد على علاقة (cs/cv) الموافقة لقيمة (cv)، وذلك بالاعتماد على جداول كريتشكي ومينكل التي تتضمن ثوابت تحويل (kp) لكامل الاحتمالات التي يتم من خلالها الحصول على قيم الجريان باحتمالات متعددة (حاج أحمد. 2019-2020. 84). وحسبت الاحتمالات وفقاً للحاجة إلى المياه ودرجة التنظيم للمجرى المائي، فالاحتمال (P=1%) يفيد في المنشآت المتعلقة بدرء الفيضان (عيسى. 2013. 573).

ب/1- الثوابت الإحصائية للجريان السنوي:

حُسب متوسط الخطأ النسبي الحسابي (σx) وراوح بين (13.5) في سدتي رأس المعرة (شمالية/ جنوبية)، و(15) في سدة اسكفتا، وهو واقع ضمن الحدود المسموح بها (± 15) (عيسى. 2022. 179). فراوح معدل حجم الجريان (\bar{X}) بين (0.03) م³ في سدة اسكفتا، و(0.35) م³ في سدة رأس المعرة/ جنوبية. وراوح معامل التغير (cv) بين (0.75)، و(0.88)، وأما معامل التباين (cs) فقد راح بين (0.93)، و(1.38)، وذلك في كل من سدة اسكفتا و سدتي رأس المعرة (الشمالية والجنوبية) على التوالي الملحق (14).

ج/1- حساب حجم الجريان باحتمالات متعددة:

حُسب حجم الجريان السطحي باحتمالات متعددة (1%، و5%، و10%، و25%). فقد راح حجم الجريان السطحي المتوقع ($\bar{X}p$) باحتمال (1%) بين (0.12) م³، و(1.22) م³، أي احتمال حدوث الفيضان مرة واحدة كل (100) عام. وراوح باحتمال (5%) بين (0.08) م³، و(0.90) م³، أي احتمال حدوث الفيضان مرة واحدة كل (20) عام. وراوح باحتمال (10%) بين (0.07) م³، و(0.74) م³، أي احتمال حدوث الفيضان مرة واحدة كل (10) أعوام. وراوح باحتمال (25%) بين (0.04) م³، و(0.50) م³، أي احتمال حدوث الفيضان مرة واحدة كل (4) أعوام، وذلك في سدتي اسكفتا ورأس المعرة/ جنوبية على التوالي، الملحق (15).

2- آبار تغذية المياه الجوفية: تنتشر بعض هذه الحفر والآبار مع حجرات تحت أرضية، في مواقع كما عند نهاية كوع طريق مخنق وادي اسكفتا، وهو إجراء يمكن تطبيقه في معظم المناطق ذات الحاصل المائي المتوسط، مع ضرورة التناسب الهندسي بين فتحة البئر، وانحدار الموقع، وحجم المياه الجارية، لتأمين شروط مناسبة لغور المياه في الحفر والآبار بكميات جيدة. وتم اختيار مواقعها بشكل يتوافق مع الرتبين 3- 4، في مواقع غير زراعية، وضمن الأراضي السورية. فليست الغاية منها تجميع كامل مياه المجرى، بقدر ما أنها تسمح بتغذية المياه الجوفية، عبر حجز جزء من كمية المياه الجارية، والسماح لما تبقى بإرواء السطح.

3- سدود التخزين الكبيرة: تم استبعاد خيار السدود الكبيرة لعدة أسباب، فأحواض المنحدرات الجنوبية الشرقية قصيرة، وذات شبكات مائية منخفضة الارتفاع، أما حوضات الجانب الشمالي الغربي الأوسع، فتستخدم مرافضها (مخارج الأودية) كأراض زراعية، وهي ذات قيمة عالية في منطقة جبلية، لتأمين الحاجات الزراعية للبلدات على الأقل، أما مجرى المجر، فعلى الرغم من كونه أفضل المواقع لإنشاء سد كبير نسبياً، وذلك لتجمع مياه جميع الحوضات فيه، إلا أن عوائق كثيرة تحول دون ذلك، منها: انتشار الأراضي الزراعية على طولها، وعدم توفر موضع ضيق يسبقه أرض متسعة، وتوافقه مكانياً مع الصدع المحوري في قاع الطية، ونوع الترب النفضية- السيلية، المنفذة، كما أن تخفيف مخاطر حوضات الجبة ورأس المعرة، يغني عن هذا الخيار، فلا فائدة ترجى من بناء سد بعيد حوض عسال الورد، كون المياه السطحية المنصرفة منه، لا تشكل خطراً على مدينة بيرود، فدرجة خطورته (27).

جدير بالذكر أن من أهم أسباب تعاضم خطر السيول، هو ضيق المجاري الدنيا، لذلك فإن توسيعها لمسافات لا تضر بالمواقع الأثرية، كما هو الحال عند منحنى اسكفتا، ووادي المشكونة، يقلل من خطرهما، فاتساع سرير المجرى المائي، يفقد المياه الجارية جزءاً من طاقتها، لاتساع سطح الاحتكاك بين المياه وقاع المجرى.

أما عن المواقع الأمثل للتوسع العمراني، فتقترح الدراسة، التوجه نحو الأسطح قليلة الانحدار، والمتمثلة بقفا الكويستا، أولاً، فهي أراضي واسعة وذات مجاري مائية ضحلة، وتتوفر فيها شبكة طرق وبنية تحتية، تليها أسطح بلاطة المشكونة، إلا أنها تحتاج شبكة موصلات، وبنية خدمية، وهي أقل اتساعاً من سابقتها، وقد تم اختيار ظهر جبل رأس مارون، ثالثاً كونه شديد التحدد، بأودية عميقة. كما يمكن استخدام المنحدرات الخالية من الكتل الصخرية في سفوح جبل رأس مارون، مع استثناء المنحدرات المشرفة على وادي قرينة منه، ومن جبل العريض، لضيقها أولاً، وانحداراتها الواضحة، وتراكم الصخور على مسافات متقاربة.

وإن كان البناء فوق المنحدرات يزيد من تكاليف الإنشاء، إلا ذلك يحقق هدفين، الأول: حماية الأراضي الزراعية من الزحف العمراني، وهي قليلة المساحات، عالية القيمة في ظل الظروف الجبلية شبه الجافة. وثانيهما: تقليل حجم الخسائر التي تلحق بهذه المنشآت والمنازل المبنية فوق الأراضي السيلية- المنخفضة. الصورتان (20)(21)، الشكل (9).



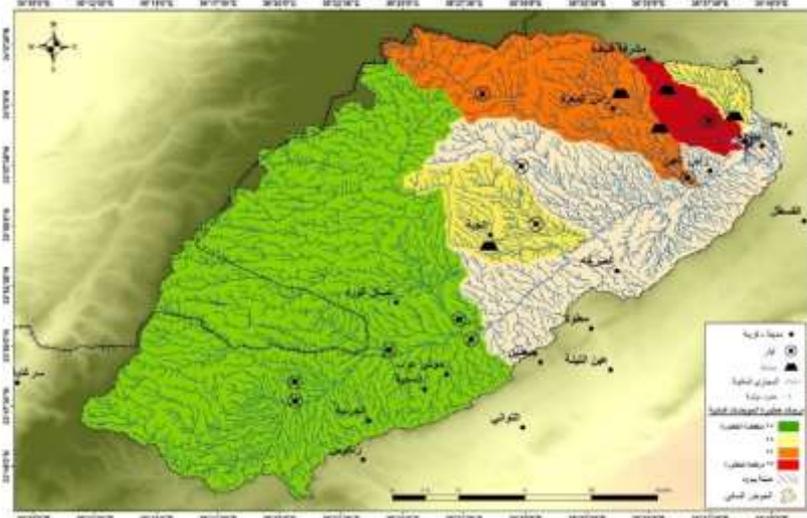
الصورة (20) سفوح جبل رأس مارون الآمنة للتوسع العمراني.



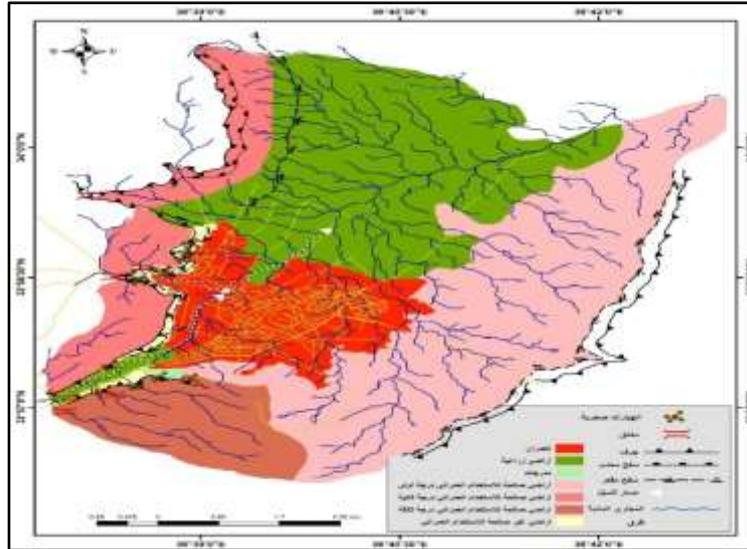
الشرقي لجبل العريض،

الصورة (21) السفح

المؤهل للإعمار بدل أرض السيل. لخلوه نسبياً من الكتل الصخرية.



الشكل (8) تصنيف الأحواض حسب خطورتها في توليد السيول، ومواقع السدات المقترحة



الشكل (9) خريطة المناطق الآمنة والخطرة للاستخدام العمراني في مدينة بيروود

14- النتائج:

1. تمثل السيول أهم المخاطر الهيدرو-جيومورفية التي تؤثر في مدينة بيروود، وظهيرها الزراعي والصناعي، إلا أنها ظاهرة متباعدة زمنياً، فلا تحدث إلا كل عقدين أو ثلاثة.
2. يتدرج دور الحوضات في توليد جريانات سيلية خطيرة على مدينة بيروود، وفق الترتيب التصاعدي التالي: أسكتنا، رأس المعرة، المشكونة، الجبة، عسال الورد.

3. تعد ظاهرة الكتل المتراكمة، منخفضة الخطورة، فهي تتوزع في مواضع قليلة، تاركة أغلب مساحات المنحدرات خالية منها، وهي مواقع قابلة للاستثمار بدرجات مختلفة.
4. يمكن نشر مجموعة من السدات والآبار الترشيفية في مواقع مختارة قريبة من مخارج الأودية.
5. اتباع إجراءات غير اعتيادية، كتوسيع مخانق أودية اسكفتا والمشكونة، والتي تنتهي إلى المدينة.
6. اختيار مواقع المرتفعات والمنحدرات الواسعة للتوسع العمراني، وإقامة المنتزهات، والمنشآت الترفيهية، بعيداً عن أراضي قيعان الأودية- السيلية، وفوق أسطح المرتفعات قليلة الانحدار، ضحلة المجاري المائية.

التمويل:

هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

كلمة شكر:

يتقدم الباحثون بالشكر الجزيل للسادة: أيمن حسين صبيعة، عضو فريق كوشل، والمهندس محمد طه، والمهندس أسامة البغدادي، عضواً مجلس بلدية بيروود، والسيد عماد الدين محمد سعيد الخطيب. على ما قدموه من معلومات قيّمة، ومساعدة كبيرة في الجولات الميدانية.

المراجع:

1. جودة، حسنين جودة: الجيومورفولوجيا: علم أشكال سطح الأرض، مع التطبيق بأبحاث في جيومورفولوجيا العالم العربي، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية. 2003.
2. سترهزر، آرثر: الجغرافيا الطبيعية، ترجمة محمد السيد غلاب، مكتبة الإشعاع الفنية، الإسكندرية. 1997.
3. عبد الحي حاج أحمد: الإدارة المتكاملة للموارد المائية في حوض نهر الخابور، أطروحة دكتوراه، جامعة دمشق، 2019-2020م.
4. عبد السلام. عادل، الشيخ. محمد إسماعيل، حليلة. عبد الكريم: الجغرافية الطبيعية لسورية، منشورات جامعة تشرين، اللاذقية. 2004.
5. عيسى. مريم: الموازنة المائية في سورية وآفاقها المستقبلية من عام 1992-1993-2008-2009 لغاية 2024-2025م، مجلة جامعة دمشق، المجلد 29، العدد 3+4، 2013م.
6. علي الأسعد، غطفان عمار: الهيدرولوجيا، جامعة تشرين، 2006-2007م.
7. عيسى، مريم: معدل الجريان في حوض البسيط- بحث هيدرولوجي تطبيقي، مجلة جامعة دمشق، المجلد 38، العدد الرابع، 2022م.
8. ناصر. رامز، أبو عياش. هشام: دراسة المسألة المائية والتغيرات المناخية في حوض القلمون، الجمهورية العربية السورية، هيئة الطاقة الذرية، قسم الجيولوجيا، ه ط ذ س- ج/ ت ع ق 364. دمشق. 2006.
9. وهبة. صالح: واقع الفجارات في منطقة القلمون وتوزعها الجغرافي وأثرها في الزراعة، مجلة جامعة دمشق-المجلد 30- العدد 2+1. دمشق. 2014.

11. Alik, A.A.;(2017): Evaluating Rainwater Harvesting Systems in Arid and Semi-Arid Regions. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.
12. Alrawi, I.; Chen, J.; Othman, A.A. Groundwater Potential Zone Mapping: Integration of Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) and GIS Techniques for the Al-Qalamoun Region in Syria. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2022, 11, 603. <https://doi.org/10.3390/ijgi11120603>.
13. Alrawi, I., Chen, J., Othman, A.A., Ali, S.S., Harash, F.; 2023: Insights of dam site selection for rainwater harvesting using GIS: A case study in the Al-Qalamoun Basin, Syria, journal homepage: www.cell.com/heliyon, Heliyon, Contents lists available at ScienceDirect, Heliyon 9 (2023) e19795.
14. Alrawi, I., Chen, J., Othman, A.A., Ali, S.S., Harash, F.; 2023: Insights of dam site selection for rainwater harvesting using GIS: A case study in the Al-Qalamoun Basin, Syria, journal homepage: www.cell.com/heliyon, Heliyon, Contents lists available at ScienceDirect, Heliyon 9 (2023) e19795.
15. Ambraseys, N. & Barazangi, M.; (1989): The 1759 Earthquake in the Bekaa Valley: Implications for earthquake hazard assessment in the Eastern Mediterranean Region. Journal of Geophysical Research. DOI:10.1029/JB094IB04P04007.
16. Ammar, A., Riksen, M., Ouessar, M. and Ritsema, C. (2016). Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions: A review. International Soil and Water Conservation Research, 4(2), 108-120.
17. Brandolini, P., Monte, M.D., Faccini, F., Cattoor, B., Zwoliński, Z. & Smith, M. (2021) Geomorphological mapping in urban areas, Journal of Maps, 17:4, 1-5, DOI: 10.1080/17445647.2021.1952671.
18. Çellek, S.; (2022): Effect of the slope angle and its classification on landslides. Himalayan Geology, Vol. 43 (1A), 2022, pp. 85-95, Printed in India.
19. Daoudi, M. & Niang, A. J. (2021) Effects of geomorphological characteristics on urban expansion of Jeddah city-Western Saudi Arabia: a GIS and Remote Sensing Data-Based Study (1965–2020), Journal of Taibah University for Science, 15:1, 1217-1231, DOI: 10.1080/16583655.2022.2026616.
20. Elias, A.R.; (2015): Notes on earthquake hazard in Lebanon. Geology department of the American University of Beirut.
21. Gomez, F., Meghraoui, M., Darkal, A. N., Hijazi, F., Mouty, M., Suleiman, Y., Sbeinati, R., Darawcheh, R., Al-Ghazzi, R., Barazangi, M.; (2003) : Holocene faulting and earthquake recurrence along the Serghaya branch of the Dead Sea fault system in Syria and Lebanon, Geophysical Journal International, Volume 153, Issue 3, June, Pages 658–674, <https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.2003.01933.x>.
22. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>
23. Martín-Díaz, M., Palmab, P., Golijaninc, J., Nofred, J., Olivab, M. & Čengić, N.; (2018): The urbanisation on the slopes of SARAJEVO and the rise of geomorphological hazards during the post-war period, Cities 72, 60-69. journal homepage: www.elsevier.com/locate/cities.
24. Morisawa, M.; (1985): River Form and Processes, Longman, New York.
25. Pareta, K. & Prasad, S.; (2012): Geomorphic effects on Urban expansion: a case study of small town in central India, 14 Annual international conference and exhibition on Geospatial Information technology and Applications. THEME: Geo- Budget: Enabling Sustainable Growth. INDIA GEOSPATIAL FORUM
26. Paula, M. B. G., Cristina, H. R. A., Pedro, B. C.; (2020): Geomorphological Index as support to urban planning, Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 19, no. 1, Universidade Federal do Ceará, Brasil Available in: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273661636003> DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19003>.
27. Ritter, D.F., Kochel, R. C., Miller, J.R.; (1995): Processes Geomorphology, third Edition. Wm. C. Brown Publishers, London.
28. Selby, M.L.; (1985): Earth's Changing Surface, An Introduction to Geomorphology, Clarendon Press.

29. Siddiqui. M.A; (ud): Urban Geomorphology. Department of Geography, Jamia Millia Islamia, New Delhi. <https://kmc.du.ac.in/kmcerp/public/faccentralfile/OTH9216924694514129>.
30. Srtrahler. A.N; (1957): Quantitative Analysis of watershed Geomorphology. Am. Geophs. union.Vol 33.
31. Stoffel. M, Wyżga. B, Niedźwiedz.T, Ruiz-Villanueva.V, Ballesteros-Cánovas. J.A and Kundzewicz. Z.B; (2016) Floods in Mountain Basins: Springer International Publishing Switzerland Z.W. Kundzewicz et al. (eds.), Flood Risk in the Upper Vistula Basin, GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences, DOI 10.1007/978-3-319-41923-7_2.
32. Suni. Y.p.k, Sujono. J, Istiarto; (2023): Identifying potential sites for rainwater harvesting ponds (embung) in Indonesia's semi-arid region using GIS-based MCA techniques and satellite rainfall data, PLoS ONE 18(6): e0286061. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286061>.
33. Thornbush .M;(2015): Geography, urban geomorphology and sustainability, 2015 Royal Geographical Society (with the Institute of British Geographers), Brock University, St Catharines, Ontario, Canada L2S 3A1. Email: mthornbush@brocku.cam.
34. UNISDR;(2017): Landslide Hazard and Risk Assessment. Words into Action Guidelines. National Disaster Risk Assessment . Hazard Specific Risk Assessment.
35. Young. A; (1972): Slope. Olivar and Boyd. Edinbury.
36. Государственный Комитет Сср По Гидрометеорологии И Контролю Природной Среды Государственный Ордена Трудового Красного Знамени Гидрологический Институт Пособие По определению расчетных гидрологических характеристик, Ленинград, Гидрометеоздат, (1984).

الملاحق:

الملحق (1) المعادلات الرياضية المستخدمة

المرجع	المعادلة
الأسعد، وعمار، 2006-2007، ص71	إيفانوف $E=0.0018(25+t)^2(100-f)$ ؛ إذ إنَّ: E: كمية التبخر خلال شهر مقدرة بالملم. t: متوسط درجة الحرارة الشهرية ($^{\circ}C$). f: متوسط الرطوبة النسبية (%).
عيسى، 2022، ص168	كمية الهطل الفعال (ملم): $S_p=(P-E)$ إذ إنَّ S_p : الهطل الفعّال (ملم)، P: الهطل (ملم)، E: التبخر (ملم).
عيسى، 2022، ص169	حجم الهطل الفعّال (م.م ³): $W_{SP}= S_p.A/1000$ إذ إنَّ W_{SP} : حجم الهطل الفعّال (م.م ³)، A: المساحة (كم ²).

P.Γ.X, 1984, P:63	<p>عامل الجريان: $\varphi = \frac{C2 \cdot \varphi_0}{(A+1)^{n3}} \cdot \left(\frac{IB}{50}\right)^{n2}$ إذ إن: φ : عامل الجريان (%). C2: ثابت تجريبي يعتمد بالنسبة لمناطق الغابات والمناطق الحراجية (1.2)، وفي المناطق الطبيعية الأخرى (1.3). φ_0: متوسط عامل الجريان الذي يتعلق بمتوسط انحدار الحوض (IB). (تأخذ قيم $(\varphi_0, n2)$ من الجدول (11)، الملحق (2)، (P.Γ.X, 1984, P:182). A: المساحة (كم²). n_3: تعتمد في مناطق الغابات والأشجار (0.07)، وفي المناطق الطبيعية الأخرى (0.11).</p>
عيسى، 2022، ص 172	<p>حجم الجريان السطحي: $W_R = W_{SP} \cdot \varphi$ إذ إن: φ: عامل الجريان (%). W_R: حجم الجريان السطحي (م³، م³م): حجم الهطل W_{SP}: حجم الهطل φ: عامل الجريان (%).</p>
Strahler .1957.152	<p>نسبة التشعب $(Ra = No / No + 1)$ حيث: Ra نسبة التشعب No عدد المجاري في رتبة ما. No + 1 عدد المجاري في الرتبة الأعلى. طريقة حساب نسبة التشعب المرجح: 1- ضرب نسبة التشعب للرتبتين بمجموع أعداد مجاريهما 2- مجموع ناتج كل العمليات السابقة. 3- تقسيم الناتج النهائي على مجموع أعداد المجاري للحوض</p>
Horton. 1945. 283	<p>كثافة أطوال المجاري (كثافة التصريف) $Da = \sum L/A$ حيث: Da كثافة أطوال المجاري المائية $\sum L$ مجموع أطوال المجاري المائية. A مساحة الحوض (كم²)</p>
Horton. 1945. 285	<p>تكرارية المجاري المائية (كثافة الأعداد) $Fs = N/A$ حيث: Fs كثافة أعداد المجاري المائية N أعداد المجاري المائية A مساحة الحوض (كم²)</p>
Selby. 1985.295	<p>معامل التفلطح (الشكل الكمثري) $K = L^2 / 4A$ حيث: K معامل التفلطح (كلما صغر كان شكل الحوض كمثري) L: طول الحوض (كم) A: مساحة الحوض (كم²)</p>

عيسى، 2013، 555.	$\bar{X} = \frac{\sum xi}{n}$ ؛ إذ إنَّ: \bar{X} : المتوسط الحسابي. $\sum xi$: مجموع حجم الجريان في السلسلة الهيدرولوجية. n: عدد السنوات.
عيسى، 2013، 555.	؛ إذ إنَّ: $ki = \frac{xi}{\bar{X}}$ k مؤشر معامل التغير، cv:
عيسى، 2013، 555.	$Cs = \frac{\sum (ki-1)^3}{n \cdot cv^3}$ Cs: معامل التباين
عيسى، 2013، 555.	$\sigma x = \pm \frac{cv \cdot 100}{\sqrt{n}}$ متوسط الخطأ الحسابي النسبي. σx :

الملحق (2) معدل الهطل (ملم) في محطة بيروود، ومعدل البخر (ملم) في محطة النيك بين العام (1991-1992) م والعام (2021-2022) م.

المحطة	تش1	تش2	ك1	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	المجموع
بيروود معدل الهطل (ملم)	10.1	23.4	29.8	33.8	24.4	20	9	11.4	162
النيك معدل البخر (ملم)	30.4	23.8	18.1	17.1	21.7	25.6	29.7	31.3	198

الملحق (3) معدل حجم الهطل الفعال (م.م³) في الحوضات المدروسة بين العام الهيدرولوجي (1991-1992) م والعام الهيدرولوجي (2021-2022) م.

الحوض	تش1	تش2	ك1	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	المجموع
المشكونة	0.01	0.11	0.23	0.26	0.10	0.05	0.01	0.03	0.80
اسكفتا	0.02	0.18	0.38	0.44	0.17	0.08	0.013	0.05	1.3

6.1	0.25	0.06	0.36	0.79	2.02	1.7	0.83	0.07	رأس المعرة
2.9	0.12	0.03	0.17	0.38	0.96	0.83	0.40	0.03	الجبة
27.1	1.12	0.26	1.59	3.5	9.0	7.7	3.7	0.32	عسال الورد

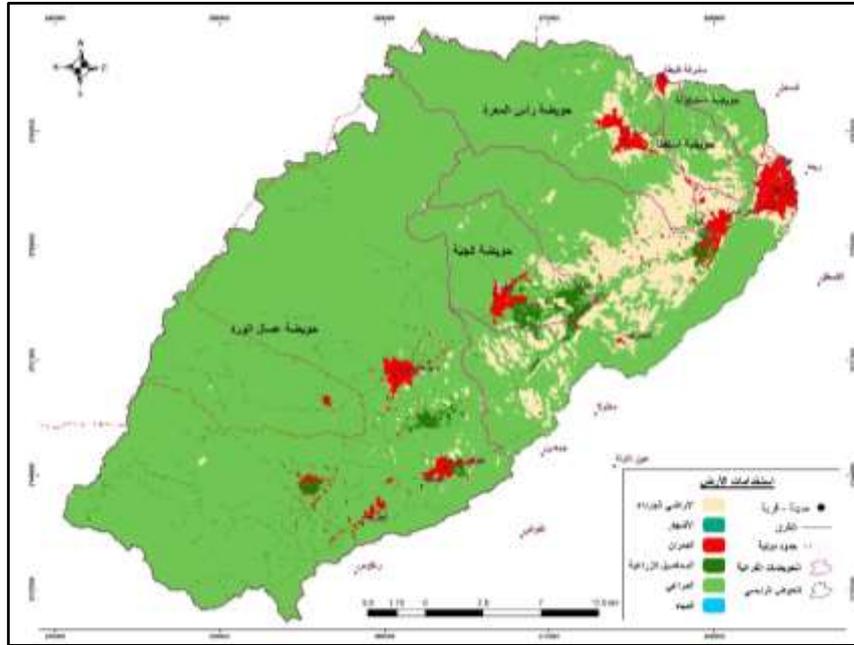
الملحق (4) عامل الجريان في الحوضات المدروسة.

متوسط عامل الجريان	متوسط درجة الانحدار	استخدامات الأراضي	المساحة	الحوضه
0.10	8.09	مراعي، وعمران، وأراضي جرداء	14.26	المشكونة
0.10	8.34	مراعي، وعمران، وأراضي جرداء	23.63	اسكفتا
0.12	12.64	مراعي، ومحاصيل زراعية، وعمران، وأراضي جرداء	108.49	رأس المعرة
0.10	9.37	مراعي، ومحاصيل زراعية، وعمران، وأراضي جرداء	51.95	الجبة
0.08	9.22	مراعي، ومحاصيل زراعية، وعمران، وأراضي جرداء	482.32	عسال الورد

الملحق (5) معدل حجم الجريان السطحي الشهري (م.م³) في الحوضات المدروسة بين العام الهيدرولوجي (1991-1992)م والعام الهيدرولوجي (2021-2022)م.

المجموع	أيار	نيسان	آذار	شباط	ك2	ك1	تش2	تش1	الحوضه
0.08	0.003	0.001	0.005	0.01	0.03	0.02	0.01	0.001	المشكونة
0.13	0.01	0.001	0.01	0.02	0.04	0.04	0.02	0.002	اسكفتا
0.73	0.03	0.01	0.04	0.09	0.24	0.21	0.10	0.01	رأس المعرة
0.29	0.01	0.003	0.02	0.04	0.10	0.08	0.04	0.003	الجبة
2.17	0.09	0.02	0.13	0.28	0.72	0.61	0.30	0.03	عسال الورد

الملحق (6) خارطة استخدامات الأراضي في منخفض المجبر.



الملحق (7) الخصائص المورفومترية لشبكات المجاري المائية

المرتبة	الحوض الرئيسي		المشكوة		اسكفتا		رأس المعرة		الجبة		عسال الورد	
	العدد	الطول كم	ع	ط	ع	ط	ع	ط	ع	ط	ع	ط
أولى	4359	41357.3	69	25.65	130	139.7	528	150.97	251	292.7	2495	7730.5
الثانية	893	7656.9	16	15.62	30	20.33	107	476.9	60	837.5	491	345.29
الثالثة	205	2360.4	1	8.56	7	8.10	25	43.33	14	16.38	111	204.85
الرابعة	51	9207.3	-	-	2	49.0	5	32.78	4	923.	30	117.58
الخامسة	15	684.2	-	-	1	51.7	2	14.95	1	4.18	10	751.8
السادسة	5	616.2	-	-	-	-	1	50.3	-	-	4	15.91
السابعة	2	910.7	-	-	-	-	-	-	-	-	2	910.7
الثامنة	1	29.51	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.19
المجموع	5523	32582.1	86	850.2	171	979.2	669	8319.3	331	175.31	3144	1478.05

الملحق (8) كثافة أعداد المجاري المائية في الحوضات الثانوية

كثافة أطوال المجاري المائية	كثافة أعداد المجاري المائية	الحوضية
11.38	1.93	الرئيس
59.6	6	المشكونة
41.4	7.24	اسكفتا
76.7	6.17	رأس المعرة
3.4	6.37	الجبة
0.59	1.27	عسال الورد

الملحق (9) نسبة الترافد/ الترافد المرجح في الحوضات المائية

النسبة	الحوض الرئيسي	المشكونة	اسكفتا	رأس المعرة	الجبة	عسال الورد
1/2	4.9	4.3	4.3	4.9	4.2	5.1
2/3	4.3	16	4.3	4.3	4.3	4.4
3/4	4		3.5	5	3.5	3.7
4/5	3.4	-	2	2.5	4	3
5/6	5	-	-	2	-	2.5
6/7	2.5	-	-	-	-	2
7/8	2	-	-	-	-	-
المرجح	5.8	7.4	5.2	5.8	5.2	5.9

الملحق (10) مساحة فئات الانحدار لأسطح الحوضات المائية /كم²

الفئة	الحوض الرئيسي	المشكونة	اسكفتا	رأس المعرة	الجبة	عسال الورد
2 - 0.1	249.44	3.37	6.66	16.95	15.48	143.15
6 - 2.1	207.83	5.29	7.24	22.01	13.01	115.76
10 - 6.1	151.52	3.25	4.76	19.68	8.85	87.58
18 - 10.1	117.99	1.36	2.86	18.13	6.56	66.89
30 - 18.1	81.28	0.59	1.43	16.76	4.58	42.87
45-30.1	42.04	0.22	0.53	11.29	2.69	19.77
45 +	11.83	0.08	0.13	3.39	0.78	5.23
المتوسط	9.49	8.09	8.34	12.64	9.37	9.22

الملحق (11) الخصائص الهندسية لحوضات التصريف المائي.

الأحواض	الرئيسي	المشكونة	اسكفتا	رأس المعرة	الجبة	عسال الورد
مساحة الحوض / كم ²	2863.8	14.26	23.63	108.49	51.95	2482.3
طول الحوض / كم	49.34	8.21	9.99	22.76	12.37	35.07
معدل التفلطح	--	1.18	1.06	1.19	0.74	0.12

الملحق (12) التثقيب وتصنيف الحوضات المائية جسي درجة خطورتها في توليد السيول.

الحوض المؤشر	المشكونة	اسكفتا	رأس المعرة	الجبة	عسال الورد
المساحة كم ²	1	2	4	3	5
الطول كم	5	4	2	3	1
الانحدار/ درجة	1	2	5	4	3
التفلطح	2	3	1	4	5
كثافة الأطوال كم/كم ²	4	3	5	2	1
كثافة لأعداد مجرى/ كم ²	2	5	3	4	1
ن. الترافد المرجح	5	2	3	2	4
كمية المياه م.م ³	1	2	4	3	5
البعد عن المدينة	4	5	3	2	1
خصائص المخرج	4	5	2	2	1
المجموع	29	33	32	29	27

الملحق (13) معدل حجم الجريان السطحي (م.م³) في السدات المقترحة بين العام الهيدرولوجي (1991-1992)م والعام الهيدرولوجي (2021-2022)م.

رقم السدة	تش1	تش2	ك1	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	المجموع
المشكونة	0.001	0.008	0.02	0.02	0.01	0.004	0.001	0.003	0.06
اسكفتا	0.0004	0.005	0.01	0.01	0.004	0.002	0.0003	0.001	0.03
رأس المعرة/شمالية	0.002	0.02	0.05	0.06	0.02	0.01	0.002	0.007	0.17
رأس المعرة/ جنوبية	0.004	0.05	0.10	0.12	0.05	0.02	0.003	0.01	0.35
الجبة	0.001	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.001	0.004	0.09

الملحق (14) الثوابت الإحصائية للجريان السطحي في حوضات السدات المقترحة.

السدة	\bar{X}	CV	CS	CS/CV	σx
المشكونة	0.06	0.77	1.03	0.75	13.9
اسكفتا	0.03	0.88	1.38	1.57	15
رأس المعرة/ شمالية	0.17	0.75	0.93	1.24	13.5
رأس المعرة/ جنوبية	0.35	0.75	0.93	1.24	13.5
الجبة	0.09	0.77	1.03	0.75	13.9

الملحق (15) حجم الجريان باحتمالات متعددة في حوضات السدات المقترحة.

الجبة	السدة				ثابت التحويل الاحتمالي/ حجم الجريان المتوقع	P(%)
	رأس المعرة/ جنوبية	رأس المعرة/ شمالية	اسكفتا	المشكونة		
3.16	3.49	3.49	3.89	3.16	KP	1
0.28	1.22	0.59	0.12	0.19	\bar{X}_p	
2.53	2.57	2.57	2.80	2.53	KP	5
0.23	0.90	0.44	0.08	0.15	\bar{X}_p	
2.16	2.11	2.11	2.26	2.16	KP	10
0.19	0.74	0.36	0.07	0.13	\bar{X}_p	
1.52	1.43	1.43	1.46	1.52	KP	25
0.14	0.50	0.24	0.04	0.09	\bar{X}_p	