جامعة الملك سعود، م١٥، مجلة العلوم الهندسية (٢)، ص ص ١-٢٣ (١٤٢٣هـ/٢٠٠٣م)

الخصائص الهيدرولوجية لوادي الليث

عبد الله سعد الوقداني

قسم علوم وإدارة موارد المياه، كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة، جامعة الملك عبد العزيز

ص.ب ٨٠٢٠٨، جدة ٢١٥٨٩، المملكة العربية السعودية

(قدم للنشر في ٢٠٠١/٠٥/٢٨م؛ وقبل للنشر في ٢٠٠٢/٠٣/١٣م)

ملخص البحث. تتضمن هذه الدراسة جمع بيانات المناخ والأمطار والسيول وتحليلها وإيجاد الخصائص التضاريسية المهمة من الناحية الهيدرولوجية لحوض وادي الليث الذي يعدّ من أكبر وأهم أودية جنوب غرب المملكة العربية السعودية. ووجدت الدراسة أن الأمطار على الوادي أغزر ما تكون في فصل الربيع وأن السيول تحدث في الوادي طوال العام. كما تم إيجاد العلاقة الاحتمالية بين قيم المطر اليومية العظمى المحتملة وفترات التكرار. وتم استخدام نموذج المنحنى المائي التضاريسي لتقدير السيول المتوقعة لفترات تكرارية مختلفة. واتضح من قيمة تصريف ذروات السيول أنها مهددة لكل من الأرواح والممتلكات بالمنطقة.كما بينت الدراسة أن البيانات الهيدرولوجية بالمنطقة شحيحة مما يحتم المزيد من العناية برصدها وتوافرها للباحثين والمهتمين.

المقدمة

تقع منطقة وادي الليث في جنوب غرب المملكة العربية السعودية حيث تتميز تلك المنطقة

بغزارة الأمطار مقارنة بباقي مناطق المملكة وتعد أوديتها الأغنى بالمصادر المائية ولاسيما السطحية منها ، حيث تشكل السيول بها حوالي ٦٠٪ من إجمالي السيول بالمملكة. ويتميز وادي الليث إضافة إلى وقوعه ضمن منطقة هيدولوجية مهمة بكبر المساحة والتنوع الطبوغرافي وكونه أحد خمس أودية سبق اختيارها من قبل وزارة الزراعة والمياه لتكون أودية تجريبية جهزت بعدد كبير من محطات قياس الأمطار وأخرى لقياس السيول إضافة إلى محطة مناخية وقد قامت بذلك شركة ديمز ومور وتتوافر البيانات الهيدرولوجية ضمن التقارير المعدة من قبل الشركة للوزارة [١].

وعلى الرغم من غزارة الأمطار على منطقة وادي الليث إلا أن كميات كبيرة منها تذهب هدرا ولا يستفاد منها حيث تصب في البحر الأحمر كسيول جارفة مهددة الأرواح والممتلكات بالمنطقة. وقد أدت السيول بالوادي إلى ارتفاع المياه في الشوارع وداخل المنازل بمدينة الليث الواقعة بمصب الوادي وكذلك تصدع وتهدم المباني والمنشآت وتدمير الطرق [٢].

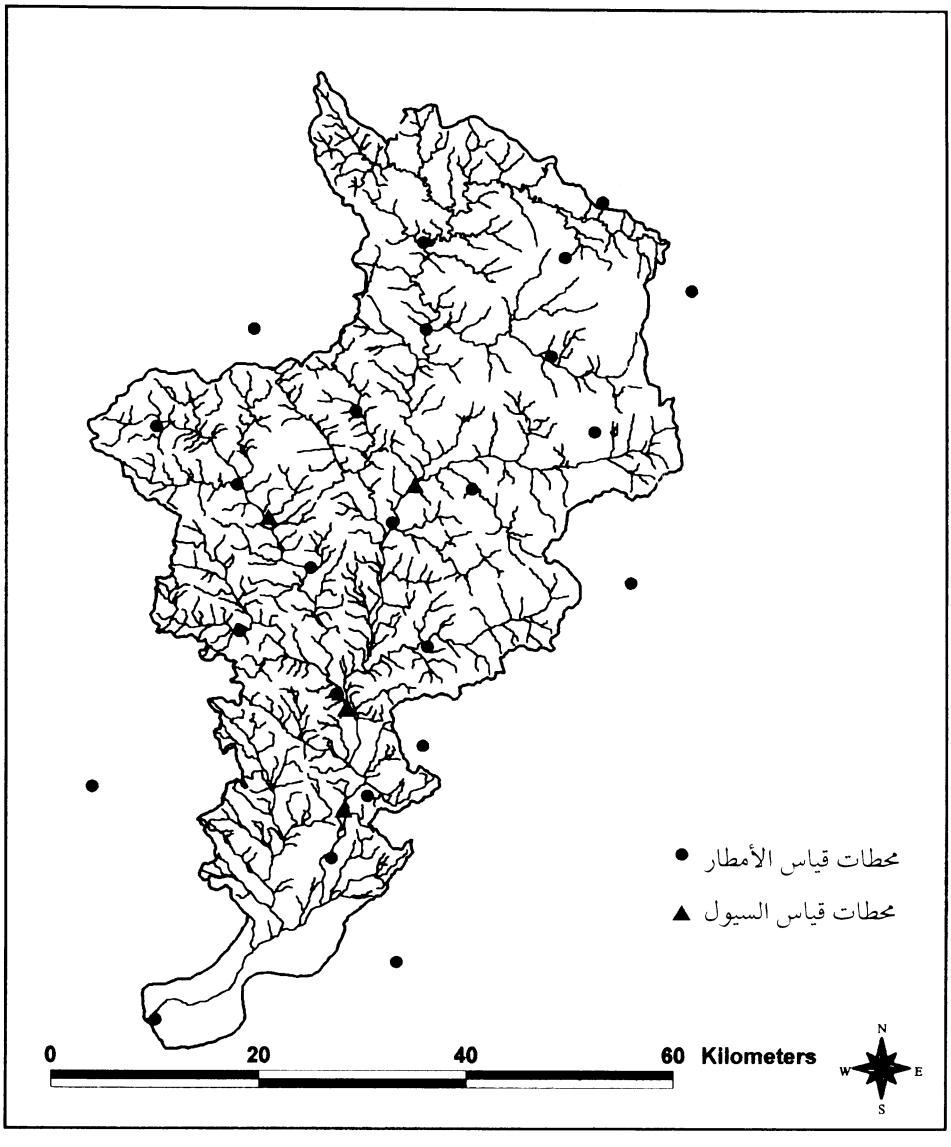
وقد حظي وادي الليث بعدد من الدراسات السابقة منها دراسة شركة ديمز ومور المذكورة والتي نتج عنها عدد من التقارير تشمل معلومات عن المياه السطحية والمناخ و تصنيف الأراضي. كما أجريت دراسة عن العيون وتصنيفها بوادي الليث [٣]. وكذلك تمت دراسة نمذجة المياه الجوفية بالوادي [٤]. وتهدف الدراسة الحالية إلى تسليط الضوء على هيدرولوجيا الوادي وجمع البيانات المتوافرة للعناصر الهيدرولوجية الضرورية وتحليلها للاستفادة القصوى من تلك المصادر المائية بالوادي وحماية الأرواح والممتلكات المعرضة لخطر سيول الوادي الجارفة. والعناصر التي تمت دراستها هي المناخ ، التضاريس ، الأمطار والسيول.

الموقع والتضاريس

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من المنطقة الجنوبية من المملكة كما تبعد حوالي ٢١٠كم إلى الجنوب من مدينة جدة. ويحد حوض وادي الليث خطي طول ٤٠ درجة، ١٥ دقيقة و٤٠ درجة، ٤٥ دقيقة شرقا ودائرتي عرض ٢٠ درجة، ١٠ دقائق و٢١ درجة، ١٠ دقائق شمالا. وتحيط بالوادي جبال السروات المرتفعة من الجهة الشرقية وكثبان رملية من الجهة الشمالية والجنوبية والبحر الأحمر من الجهة الغربية.

يعتبر وادي الليث من الأودية الكبيرة بالمملكة وقد تم في هذه الدراسة استخدام ثمان خرائط طبوغرافية ذات مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠ لاستخلاص كل من حدود الوادي وشبكة مجاري التصريف به. وتم الحصول على الخرائط من قبل وزارة البترول والثروة المعدنية. ويظهر الشكل رقم (١) خريطة لكل من حدود الوادي و شبكة التصريف به. ويتضح من الشكل أن الوادي مستطيل الشكل تقريبا ويضيق عرضه في مناطقه السفلية حتى يصل لما يقارب كيلومترين فقط. وقد كانت المساحة الإجمالية لحوض الوادي ٣٣٧٧ كيلومترا مربعا.

وتم تصنيف المجاري المائية في الوادي إلى عدد من الرتب حسب تصنيف Strahler [٥] والذي ينص على أن المجاري المائية ذات الرتبة الأولى هي تلك التي تنشئ في أعلى الوادي وعندما يلتقي مجريان لهما نفس الرتبة فإن المجرى الناتج عن التقائهما يصنف برتبة تزيد بواحد عن رتبتيهما. و في حالة كون أحد المجريين الملتقيين ذو رتبة أعلى من الآخر فإن المجرى الناتج يصنف برتبة مساوية لرتبة الأعلى منهما. وتساوي الرتبة التضاريسية للوادي رتبة المجرى المائي ذو الرتبة الأعلى ضمن مجاري الوادي. وقد وجد أن وادي الليث من الرتبة السادسة ويوضح الجدول رقم (١) عدد المجاري المائية ومتوسط أطوالها حسب رتبها وكذلك متوسط المساحات التي تصب في كل منها.



شكل رقم (١). شبكات مجاري التصريف ومواقع محطات قياس الأمطار والسيول بحوض وادي الليث.

جدول (١) الخصائص التضاريسية لوادي الليث

الخاصية		القيمة	الخاصية	القيمة
عدد المجاري المائية	الرتبة الأولى	٥٨٩	المساحة (كم^{٢})	٣٣٧٧
	الرتبة الثانية	١٢٤	المحيط (كم)	٤٢٠
	الرتبة الثالثة	٢٧	طول المجرى الرئيس (كم)	١٦٣
	الرتبة الرابعة	٨	طول الوادي (كم)	١١١
	الرتبة الخامسة	٢		
	الرتبة السادسة	١	كثافة قنوات التصريف (كم/كم^{٢})	٠.٦٨
متوسط أطوال المجاري المائية (كم)	الرتبة الأولى	٢.٣٦	نسبة الإستدارة	٠.٢٤١
	الرتبة الثانية	٣.٤٢	نسبة النسيج (١/كم)	١.٧٩
	الرتبة الثالثة	٨.١	نسبة الدقة	٥.٤٧
	الرتبة الرابعة	١٦	تكرارية المجاري المائية (١/كم^{٢})	٠.٢٢
	الرتبة الخامسة	٤٠.٧٦	نسبة الاستطالة	٠.٥٩
	الرتبة السادسة	٥٣.٥		
متوسط المساحات التي تصب بالمجاري المائية (كم^{٢})	الرتبة الأولى	٣.٣٤	نسبة هوتون للتشعب	٣.٦٥
	الرتبة الثانية	٤.٩٣		
	الرتبة الثالثة	١١.٣٦		١.٩٧
	الرتبة الرابعة	٢٨.٦٣		
	الرتبة الخامسة	٣٠.٤٢	نسبة هورتون للمساحات	٤.٠٥
	الرتبة السادسة	٢١٧.٦٣		

وتم حساب عدد من الخصائص التضاريسية المهمة للوادي كما هو موضح بالجدول بعضها مباشر مثل المساحة، المحيط، طول المجرى الرئيس (main stream length)، طول الوادي

(basin length) والأخرى غير مباشرة مثل كثافة مجاري التصريف (drainage density)، نسبة الاستدارة (circularity ratio)، نسبة النسيج (texture ratio)، نسبة الدقة (fineness ratio)، تكرارية المجاري (channel frequency)، نسبة الاستطالة (elongation ratio)، ونسب هورتون لكل من التشعب (bifurcation ratio)، الأطوال (length ratio)، المساحات (area ratio) ويمكن الحصول على المزيد من المعلومات عن تعريف تلك الخصائص وطرق حسابها بالإطلاع على عدد من المراجع مثل [٦] و [٧] وغيرهما.

المناخ

تتوافر البيانات المناخية للوادي في محطة مناخية واحدة فقط تقع في الجزء السفلي من الوادي وهي تابعة لوزارة الزراعة والمياه (J003). وتشمل تلك البيانات معدلات درجة الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة النسبية وسرعة الرياح و التبخر والإشعاع الشمسي والسطوع الشمسي وذلك للفترة بين عامي ١٩٨٤ و ١٩٨٧م [١]. وقد تراوحت قيم المتوسط الشهري لدرجات الحرارة ما بين ٢٦مْ إلى ٣٦مْ بمتوسط سنوي يبلغ ٣٢مْ أما أعلى وأقل درجة حرارة للفترة من ١٩٨٤ إلى١٩٩٢م فكانت ٤٩مْ في يوليو و ١٥مْ في يناير. وبخلاف المناطق الداخلية من المملكة فقد سجلت المنطقة قيم عالية للرطوبة حيث كانت القيمة المتوسطة الشهرية التي سجلتها المحطة حوالي ٥٤٪. وسجلت أشهر فصلي الخريف والشتاء القيم الأعلى للرطوبة بمتوسط شهري ٦٣٪ بينما سجلت أشهر الصيف القيم الأصغر بمتوسط شهري قدره ٣٩٪ وسجلت أشهر فصل الربيع قيم وسطية حيث بلغ المتوسط الشهري لها ٤٩٪. وكانت أعلى قيم للإشعاع الشمسي الشهري في شهر إبريل حيث بلغت ٢٢.٠ ميجا جول/يوم.م^{٢} أما أقل القيم فكانت في شهر ديسمبر ١٣.٩ ميجا جول/يوم.م^{٢}. بينما بلغ متوسط الإشعاع الشمسي السنوي ١٨.٨ ميجا جول/يوم.م^{٢} وقد

كان متوسط مدة السطوع الشمسي السنوي ٨,٧ ساعة. وقد كانت أعلى قيمة متوسط تبخر شهري ٥٥٦مم في شهر يوليو وأقل قيمة متوسط شهري كانت ٢٠٢مم في شهر ديسمبر أما مجموع التبخر السنوي فقد بلغ ٤١٩٥ مم وهي معدلات عالية نظرا لوجود المحطة المناخية في أسفل الوادي قرب البحر حيث المناخ الحار والرطوبة العالية ولا تتوافر المعلومات المناخية للأجزاء العليا من الوادي ذات المناخ المعتدل صيفا والبارد شتاء.

الأمطار

تتميز منطقة وادي الليث بكونها من المناطق التي تهطل عليها الأمطار بغزارة مقارنة بباقي المناطق في المملكة. كما يتميز وادي الليث بوجود عدد كبير من محطات قياس الأمطار داخل حدوده أو بالقرب منها وذلك نظرا لقيام وزارة الزراعة والمياه باختياره كأحد خمسة أودية تجريبية وعليه فقد قامت شركة ديمز و مور عام ١٩٨٤م بإنشاء ٢٥ محطة مسجلة لقياس كل من عمق المطر والزمن وقد توقفت المحطات عن العمل بنهاية عام ١٩٨٧م أي أن فترة التسجيل كانت حوالي أربعة سنوات فقط. ويوجد في أسفل الوادي محطتين تابعتين لوزارة الزراعة والمياه وقد أمكن الحصول على قيم أعماق المطر اليومية لهما للفترة مابين عامي ١٩٦٦م و ١٩٩٩م ويبين الشكل رقم (١) مواقع تلك المحطات بوادي الليث. وتحمل كل من تلك المحطات رقما تعريفيا مستقلا حسب تصنيف وزارة الزراعة والمياه لمحطات قياس الأمطار. وحيث إن وادي الليث يتميز بالتنوع الطبوغرافي فإن المحطات تقع على ارتفاعات مختلفة فوق سطح البحر تتباين ما بين ٦ أمتار للمحطة J108 و ٩٤٠ مترا للمحطة J253.

وتم حساب متوسطات أعماق الأمطار السنوية والشهرية لجميع المحطات حيث كانت أعلى القيم للمحطة J227 ، فقد بلغ معدل المطر السنوي لها حوالي ٣٥٠ مم بينما كانت القيمة الأقل للمحطة J252 حيث بلغت حوالي ٤١مم. ويوضح الشكل رقم (٢)

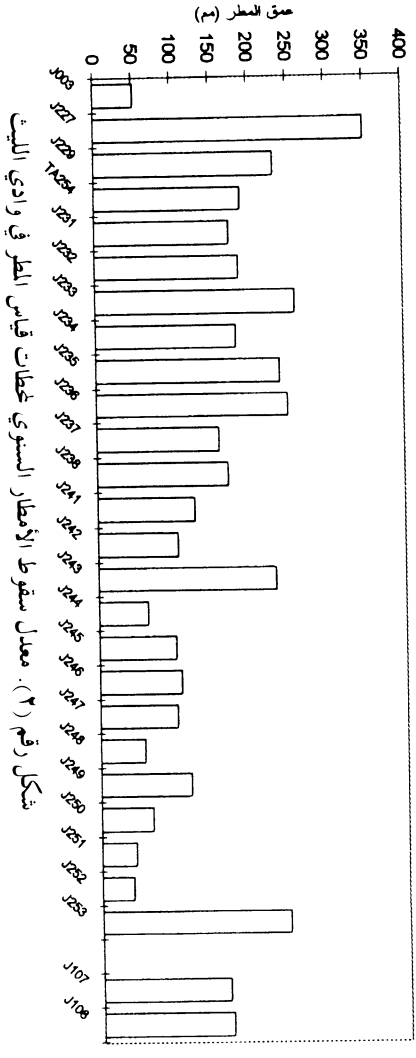
معدل عمق المطر السنوي للمحطات بالوادي حيث يتضح أن عمق المطر السنوي قل عن ١١٠مم لحوالي نصف عدد المحطات وتراوح بين ١٥٠ و ٢٦٠ مم للنصف الآخر باستثناء المحطة J227.

تم استخدام بيانات الأمطار المتوافرة لحساب متوسط المطر السنوي والشهري على الوادي باستخدام طريقتي المتوسط الحسابي ومضلعات ثيسن والتي تقوم على مبدأ تقسيم الوادي إلى مضلعات كل منها يمثل محطة قياس مطر وتتناسب مساهمة المحطة في حساب المتوسط مع مساحة المضلع الذي يمثلها. وقد بلغ متوسط المطر السنوي ١٥٤مم حسب طريقة المتوسط الحسابي و ١٥٨مم حسب طريقة المضلعات ويعود الفرق الطفيف بين القيمتين إلى توزع المحطات بالوادي بصورة شبة منتظمة.

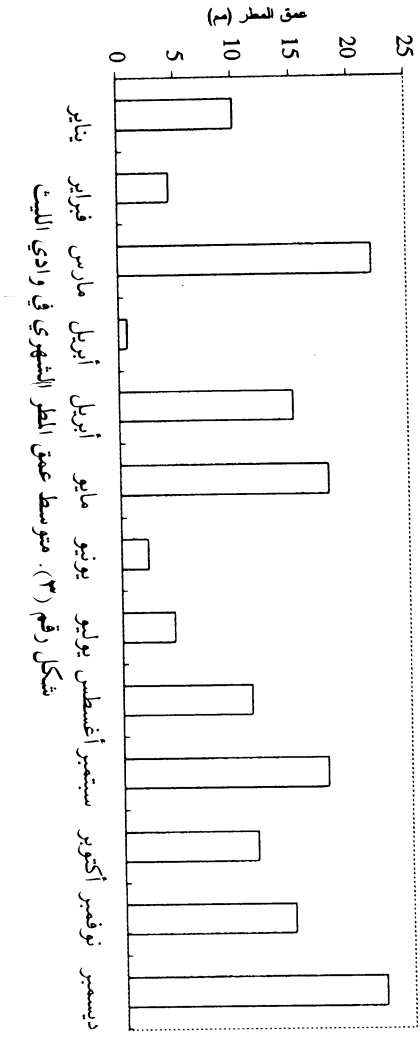
ويوضح الشكل رقم (٣) قيم متوسط المطر الشهري لوادي الليث حيث يظهر أن فصل الربيع هو الفصل الأغزر مطرا وإن كانت هناك كثافة للأمطار خلال فصلي الخريف والشتاء وتقل الأمطار بصورة ملحوظة في فصل الصيف. وقد كان شهر مارس الأغزر مطرا بعمق متوسط قدره حوالي ٢٤مم بينما سجل شهر يونيو أقل القيم حيث بلغت حوالي مليمترين فقط.

وقد أمكن جمع قيم الأمطار اليومية لثمانية عشر محطة من المحطات وتم استخلاص قيم المطر اليومية العظمى لها. ويوضح الجدول رقم (٢) أكبر عمق مطر يومي سجلته كل محطة خلال فترة التسجيل المتوافرة لها وتاريخ ذلك الهطول. وقد شهد يوم الخامس عشر من نوفمبر لعام ١٩٩٦م كما يوضح الجدول أكبر قيمتين للهطول اليومي وقدرهما ١٥٣ و ١٣٩، ٩مم بالمحطتين J108 وJ109 على التوالي. والمحطتان المذكورتان تقعان أسفل الوادي ومن المتوقع أن تسجل المحطات الواقعة أعلى الوادي أعماق أكبر لو توافرت المعلومات لها خلال تلك الفترة. ولكن حسب المعلومات المتوافرة فقد كانت أكبر قيمة للمحطات الأخرى هي ١٢٩مم وذلك يوم ٢ مارس عام ١٩٨٦م للمحطة J249.

ويلاحظ أن أغلب القيم العظمى قد حدثت أثناء فصلي الربيع والشتاء وقد حدث بعضها أثناء فصلي الخريف والصيف أي أنه من المحتمل أن تحدث تلك القيم وبالتالي السيول الجارفة في أي من هذه الفصول وإن كانت تختلف من حيث احتمال الحدوث.



شكل رقم (٢). معدل سقوط الأمطار السنوي لخطات قياس المطر في وادي الليث



شكل رقم (٣). متوسط عمق المطر الشهري في وادي الليث

جـــدول رقم (٢). قيم المطر اليومية العظمى في بعض محطات وادي الليث

رقم المحطة	السنة	الشهر	اليـــوم	القيمة اليومية العظمى (مم)
J234	١٩٨٦	أكتوبر	١٩	٣٢.٦
J235	١٩٨٦	يوليو	٣٠	٥٤
J237	١٩٨٦	يوليو	٣٠	٥٥.٨
J238	١٩٨٥	أبريل	٣٠	٤٦
J241	١٩٨٦	أغسطس	٢٨	٣٥.٨
J242	١٩٨٧	أغسطس	٩	٣٩
J243	١٩٨٥	ديسمبر	١٩	٥٠.٢
J244	١٩٨٧	ديسمبر	٥	٢٩.٨
J245	١٩٨٤	ديسمبر	١٩	٥٢.٨
J246	١٩٨٧	مارس	٣	٤٢.٨
J247	١٩٨٦	مارس	٢	٤٤.٤
J248	١٩٨٧	مارس	٣	٤٨.٢
J249	١٩٨٦	مارس	٢	١٢٩
J250	١٩٨٧	مارس	٣	٤٤.٢
J251	١٩٨٧	مارس	٤	٤٠.٨
J253	١٩٨٧	مايو	٢٥	٧٨.٦
J107	١٩٩٦	نوفمبر	١٥	١٣٩.٩
J108	١٩٩٦	نوفمبر	١٥	١٥٣

وتم استعمال طريقة جامبل [٨ و ٩] لإيجاد العلاقة الاحتمالية بين أقصى عمق مطر يومي مع فترة التكرار المناظرة والتي تعرف بأنها العدد المتوسط للسنوات التي يتوقع للحدث أن يتكرر خلالها مرة واحدة على الأقل. وتم إيجاد العلاقة الإحصائية للمحطتين

J107 و J108 فقط وذلك لتوافر البيانات بهما لفترة ٣٤ سنة حيث إنه من المعروف أن طريقة جامبل تحتاج أن تتوافر بيانات الأمطار اليومية لخمس سنوات على الأقل وهو ما لم يتوافر لباقي محطات قياس الأمطار بالوادي. ويوضح الجدول رقم (٣) قيم الأمطار اليومية العظمى المتوقعة بطريقة جامبل لفترات تكرارية مختلفة. وقد تجاوزت القيم المتوقعة للفترة التكرارية ١٠٠ سنة قيمة ٢٠٠مم للمحطتين مما يؤكد على غزارة الأمطار بالوادي وأهمية دراسة وإدارة مصادر المياه به.

جدول رقم (٣). قيم أعماق المطر اليومية العظمى (مم) المتوقعة لفترات تكرارية مختلفة

رقم المحطة	الفترة التكرارية بالسنوات					
	٢	٥	١٠	٢٠	٥٠	١٠٠
J107	٣١	٦٠	٨٢	١١٥	١٦٥	٢٠٥
J108	٤٨	٧٤	٩٨	١٣٥	١٩٠	٢٥٠
متوسط جميع المحطات	٣٦	٥٦	٦٦	٧٥	٨٥	٩٢

أما بالنسبة لباقي المحطات بالمنطقة فقد تم استخدام طريقة تقريبية تعتمد على ترتيب القيم تصاعديا ومن ثم حساب فترة التكرار بقسمة عدد البيانات زائدا واحد على ترتيب القيمة بين البيانات ومن ثم استخدام طريقة التقريب الخطي لإيجاد العلاقة بين القيمة وفترة التكرار ويمكن التعرف على المزيد عن تلك الطريقة بالاطلاع على عدد من المراجع مثل [١٠]. وقد تم إيجاد عمق المطر المناظر لكل من الفترات التكرارية الست المختارة. ومن المعروف أن هذه الطريقة تعطي قيم أصغر من طريقة جامبل ولكنها الطريقة المتاحة للاستفادة من بيانات السنوات القليلة المتوافرة لأغلبية المحطات. كما يوضح الجدول رقم (٣) قيم أعماق المطر اليومية العظمى المتوسطة على الوادي للفترات التكرارية والتي تم حسابها حسب طريقة مضلعات ثيسن واستخدام القيم الناتجة من العلاقة بين عمق المطر

والفترة التكرارية لكل محطة قياس مطر. ومن الواضح أن قيم المتوسطات أقل من قيم المحطتين J107 وJ108 ويعود ذلك لكون المحطتين تقعان قرب مخرج الوادي ولا تمثلان إلا منطقة صغيرة منه وبالتالي فإن الوزن الذي تعطيه طريقة مضلعات ثيسن لقيمهما صغير وبالتالي يقلل من تأثيرهما على القيمة المتوسطة المحسوبة وكذلك ما ذكر أن الطريقة المستخدمة لأغلب المحطات عادة ما تعطي قيم أقل من تلك الخاصة بطريقة جامبل المستخدمة للمحطتين.

السيـــــول

لقد قامت شركة ديمز و مور بتركيب أربع محطات لقياس السيل في الوادي كما هو موضح على الخريطة في الشكل رقم (١) وهي المحطات ذوات الأرقام التعريفية J415 ، J416 ، J417 وJ418 حسب ترقيم وزارة الزراعة والمياه. وتقع المحطة رقم J415 على مخرج وادي سلبه في شمال حوض وادي الليث أما المحطة رقم J416 فتقع على مخرج وادي ذرى في غرب الوادي ثم تأتي محطة رقم J417 لتقع في وسط وادي الليث عند تقاطع وادي مستنقع مع المجرى الرئيس لليث لتجمع مياه السريان السطحي القادمة من حوالي ٦٠٪ من مساحة الوادي. وفي النهاية تأتي المحطة رقم J418 بالقرب من مخرج الوادي لتجمع المياه من حوالي ٨٥٪ من مساحة الوادي.

وتتوافر بيانات السيول للمحطات المذكورة لفترة أربع سنوات متتالية من عام ١٩٨٤م إلى عام ١٩٨٧[١]. وتم حساب القيم المتوسطة الشهرية للسيول في المحطات الأربع كما هو موضح في الجدول رقم (٤). ووجد أن السيل يحدث في الوادي على مدار العام ويتضح من قيم السيل في المحطات الأربع أن شهر مارس يتمتع بقيم عالية للسيل ويأتي بعده شهري يناير و مايو• وقد لا تعطي المتوسطات الحسابية فكرة واضحة عن التوزيع الزماني للسيول على المنطقة وذلك نظرا لقصر فترة تسجيل السيول المتوافرة. فعند حدوث سيل كبير في إحدى السنوات فإنه يؤثر تأثيرا كبيرا على المتوسط والعكس صحيح.

وسجلت محطات قياس السيول الأربع بوادي الليث عددا كبيرا من السيول خلال الفترة من عام ١٩٨٤م إلى عام ١٩٨٧م بلغ ١٣٣ حادثة سيل خلال فترة ٤٤ شهرا بمعدل تقريبي ٣ سيول في الشهر أي ٣٦ سيلا في السنة و هو معدل مرتفع مقارنة بأكثر الأودية بالمملكة. واستحوذت أشهر سبتمبر، أكتوبر ومايو على ٧٣ حادثة سيل أي أكثر من نصف حوادث السيل في الوادي حيث سجلت ٢٨ ، ٢٧ و١٨ حادثة على التوالي. وعلى الرغم من ذلك فلم يكن شهر سبتمبر هو الأغزر سيلا من حيث الكمية مما يعني أن هناك أشهر تتميز بكثرة عدد حوادث السيل وأشهر أخرى تتميز بعظم كميته.

جدول رقم (٤). قيم المتوسط الشهري لتدفق السيول (متر مكعب/ث)

الشهر	المحطة			
	J415	J416	J417	J418
يناير	٦.٣٩	١.٩٥	٩.٠١	١٤.٨٩
فبراير	٠.٣٣	٠.٤٥	٠.٧٤	٥.٢٤
مارس	١٣.٥١	١.٩٨	٩.١٧	٣٧.٥٣
أبريل	٣.٦٩	٠.٤٨	٦.٠٣	١٤.٣٥
مايو	١٦.٤٠	٠.٤٧	٨.٢٤	١٦.٠٩
يونيو	١.٤١	٠.٢٥	٢.٠٠	٩.٧٣
يوليو	٠.٤٦	٢.٥٦	١.٩٣	٧.٦٠
أغسطس	٣.١٢	٠.٦٦	٨.٠١	١٩.٥٣
سبتمبر	٥.٨٢	٠.٨٨	٧.٣٠	١٠.٧٨
أكتوبر	١.٥٨	١.٠٠	٣.٩٠	١٨.٦٨
نوفمبر	١.٨٠	١.٠٢	٣.٥٤	٨.٢١
ديسمبر	١.٧٣	١.٠٤	٦.٧٠	٩.٩٠

ولم تسجل جميع المحطات الأربع سيلاً في نفس اليوم إلا في ثمان حالات فقط بنسبة حوالي ٦٪ من عدد السيول المقاسة مما يؤكد أن المطر نادرا ما يهطل على سائر أرجاء الوادي في نفس اليوم. وقد حدث أن سجلت ثلاث من المحطات سيلاً في نفس اليوم و ذلك ١٩ مرة و بنسبة ١٤ ٪ وغالبا ما كان السيل يسجل فقط في محطة واحدة (٥١ حالة) أو محطتين (٥٥ حالة) بنسبة ٣٨٪ و ٤١٪ على التوالي. وتبين هذه النتائج أن عدد السيول الجارية في الوادي كبير وأن الأمطار الهاطلة على حوضه غير منتظمة مما يؤكد على أهمية وجود محطات لقياس الأمطار والسيول في الوادي ولفترات زمنية طويلة حيث إن المعلومات المستقاة من قياسات عدد محدود من السنوات قد لا تكون كافية للاستخدام في كثير من الدراسات الهيدرولوجية لاسيما عندما يكون الهدف الرئيس للدراسة حماية الأرواح والممتلكات.

ويوضح الجدول رقم (٥) قيم معامل السيل السنوي للمحطات الأربع والذي يمثل نسبة عمق السيل إلى عمق المطر الذي نتج عنه ذلك السيل. و قد تراوحت قيم معامل السيل ما بين ٠,٠٠٨ و ٠,٠٤٧. وهي قيم منخفضة ولكنها في نطاق القيم المتوقعة في المناطق الجافة نظرا لطبيعة الرسوبيات في الوادي وارتفاع درجة الحرارة. حيث إن الطبقة السطحية من التربة المغطية لمجاري الوادي تتكون غالبا من الرمل مما يؤدي لتسرب جزء كبير من مياه الأمطار من خلالها إلى خزانات المياه الجوفية. ويؤدي ارتفاع درجة الحرارة في المنطقة إلى تبخر كميات أخرى كبيرة من مياه الأمطار الهاطلة على الوادي.

جدول رقم (٥). قيم أعماق المطر والسيل السنوية ومعامل السيل

المحطة	السنة	عمق المطر (مم)	عمق السيل (مم)	معامل السيل
J415	١٩٨٥	٢٣٩	١,٩١	٠,٠٠٨
	١٩٨٦	٢٤٣	٦,١٦	٠,٠٢٥
	١٩٨٧	٢٦٠	٩,٦٤	٠,٠٣٧
J416	١٩٨٥	١٤١	٤,٨٣	٠,٠٣٤
	١٩٨٦	٢٤٦	٥,٥٢	٠,٠٢٢
	١٩٨٧	١٧٠	١,٩٦	٠,٠١٢
J417	١٩٨٥	٢١٩	٢,٢٣	٠,٠١
	١٩٨٦	٢٢٩	٥,٢٠٤	٠,٠٢٣
	١٩٨٧	٢٣٢	٢,٩٧	٠,٠١٣
J418	١٩٨٥	١٦٩	٣,٥٥	٠,٠٢١
	١٩٨٦	٢٠٧	٩,٦٨	٠,٠٤٧
	١٩٨٧	١٧٦	٤,٧٦	٠,٠٢٧

وقد أمكن الحصول على عدد من المنحنيات المائية للسيول المقاسة في محطات قياس السيول الواقعة في الوادي وأتضح منها أن المنحنيات المائية للسيول في الوادي تتميز منحنياتها الصاعدة بسرعة الصعود وكذلك الحال بالنسبة للمنحنيات الهابطة التي تتميز بسرعة الهبوط ويعود ذلك لخصائص كل من المطر والوادي. حيث إن الأمطار عندما تكون قصيرة المدة كبيرة الشدة فإن ذلك يؤدي وخلال فترة زمنية وجيزة لتوافر عمق من الماء يفوق قدرة الطبقة السطحية للوادي على التسريب مما يعجل بسرعة تكون السيول في مجاري الوادي. وتلعب طبيعة الوادي الجبلية والميول العالية للمجاري المائية دورا رئيسا في سرعة تحرك مياه السيول الناشئة إلى المناطق السفلية من الوادي. وتعرف هذه النوعية من السيول بالفيضانات السريعة (flash floods) وهي عادة ما تشكل خطورة على الأرواح

والممتلكات نظرا لسرعة تحركها وارتفاع قيمة تصريف الذروة لها.

وقد لوحظ أن عددا من المنحنيات المائية للسيول يوجد لها أكثر من ذروة (قيمة عظمى للتدفق) أي أن تدفق السيل يصل إلى قيمة عظمى ثم يتراجع لفترة من الزمن ثم يعاود منحنى السيل الصعود مرة أخرى إلى أن يصل لذروة أخرى قبل أن يبدأ في الهبوط. ويمكن أن يفسر ذلك لكون بعض الأمطار في المنطقة ذات طبيعة متقطعة. و من المعروف أن السيل رد فعل طبيعي من قبل الوادي للمطر ولكنه يتخلف عنها بفترة زمنية تعرف عادة بزمن التأخير (time lag) فعندما يكون المطر ذا طبيعة متقطعة فإن المنحنى المائي للسيل يعكس تلك الخاصية باتخاذه الشكل الموجي من حيث الصعود ثم الهبوط حسب فترات استمرار المطر وانقطاعه. وقد يعود سبب تعدد الذروات بمنحنى السيل إلى عدم تزامن وصول تدفق الذروة من الأحواض الفرعية لمخرج الوادي وتزداد احتمالية تلك الظاهرة في الأحواض ذات الشكل المستطيل و المجرى الرئيس الطويل -مقارنة بالأحواض المستديرة- كما هو حال وادي الليث و بالتالي يؤدي إلى تأخير وصول السيول الناشئة في الأحواض الفرعية العلوية فقد لا تصل إلا بعد أن تبدأ السيول الناشئة في الأحواض الفرعية السفلية في الاضمحلال وعندئذٍ يبدأ المنحنى المائي الكلي للوادي في الصعود مرة أخرى.

حساب المنحنيات المائية للسيول

لا تغطي فترة بيانات السيول إلا مدة قصيرة وغير كافية للتعرف على قيم ذروات السيول المتوقعة لفترات تكرارية طويلة. ولذلك فقد تم استخدام النموذج التضاريسي الوحدوي (geomorphological instantaneous unit hydrograph, GIUH) للتنبؤ بردود فعل الوادي الهيدرولوكية عند تعرضه لقيم مختلفة من أعماق المطر. ويعتبر النموذج التضاريسي الوحدوي ملائما للتطبيق للمنطقة نظرا لعدم اعتماده بصورة رئيسة على

البيانات المناخية من ناحية عددها أو طول الفترة الزمنية التي تتوافر لها. ويقوم النموذج المذكور بحساب المنحنيات المائية مستخدما المعلومات التضاريسية والمناخية كمدخلات حيث يتطلب عدد المجاري المائية من كل رتبة وأطوالها والمساحات التي تصب في كل منها والتي سبق حسابها وبيان قيمها في الجدول رقم (١) وكذلك عمق المطر ومدته.

تم اقتراح النموذج للمرة الأولى من قبل Rodrigues-Iturbe and Valdis [11]. وقد افترض في هذا النموذج أن التوزيع الاحتمالي (probability distribution) لزمن مرور الماء في المجاري المائية من النوع الأسي (exponential distribution). كما تم تعريف المنحنى المائي اللحظي الوحدوي التضاريسي (GIUH) للأودية بناء على المعلومات التضاريسية المقاسة لتلك الأودية حيث عُرِّف المنحنى المائي الوحدوي التضاريسي بأنه مساو للدالة الإحصائية (density function) لوقت وصول نقطة من الماء تسقط في أي موقع من الوادي إلى مخرج الوادي. وتم تطوير النموذج لاحقا من قبل العديد من الباحثين مثل Gupta, [١٢] و Kirshen and Bras [١٣] و غيرهم. ويتطلب النموذج - إضافة إلى معلومات الأمطار - المعلومات التضاريسية التفصيلية و التي تشمل أطوال و ميول ورتب المجاري المائية في الأودية وكذلك المساحات التي تصب في كل من هذه المجاري. ويستند النموذج في تصنيفه لرتب المجاري المائية على النمط التضاريسي المقترح من Strahler [٥].

ولكي يتم حساب دالة التوزيع الاحتمالي لزمن وصول نقطة الماء إلى مخرج الوادي فإنه لابد من حساب احتمالية سقوط نقطة الماء في مسار معين من المسارات الممكنة في الوادي بحيث تصل إلى مخرج الوادي ومن ثم تضرب تلك القيم في التوزيع الاحتمالي لزمن الوصول للمخرج. فإذا كان T_γ هو زمن وصول نقطة الماء إلى مخرج الوادي عندما تتبع المسار γ و$f_{T\gamma}(t)$ هي احتمالية أن تتبع نقطة الماء المسار γ و Γ هي مجموعة المسارات

الممكنة بالوادي فإن دالة التوزيع الاحتمالي لزمن وصول نقطة الماء إلى مخرج الوادي تأخذ الصيغة التالية. ويمكن الاطلاع على المزيد من التفاصيل والتطبيقات للنموذج بعدد من المراجع مثل [١١-١٦].

$$GIUH(t) = \sum_{\gamma \in \Gamma} f_{T_\gamma}(t) P(\gamma)$$

وقامت مجموعة مصادر المياه بمعهد MIT في الولايات المتحدة الأمريكية بإصدار برنامج على الحاسب الآلي للنموذج التضاريسي اللحظي الوحدوي. وتم تطبيق النموذج على عدد من الأودية في مصر من خلال البرنامج المشترك بين MIT وجامعة القاهرة [١٧]. ويمكن تلخيص عملية تشغيل البرنامج كالتالي: تدخل المعلومات التضاريسية للأودية الفرعية التي تصب في الوادي الرئيس كل على حدة ثم يستخدم مبدأ التراكب (superposition) لتجميع المنحنيات المائية اللحظية في مخارج الأودية الفرعية مع أخذ زمن التأخير بين تلك المخارج ومخرج الوادي الرئيس في الاعتبار. أما فيما يتعلق بتقدير تسرب المياه عبر التربة فيستعين النموذج بطريقة SCS وذلك عن طريق تقدير رقم المنحنى للوادي (curve number) [١٨]. كما يتطلب النموذج تقدير السرعة المتوسطة للجريان في المجاري المائية للوادي و يستخدم النموذج الجداول المعدة من قبل US Navy [١٩].

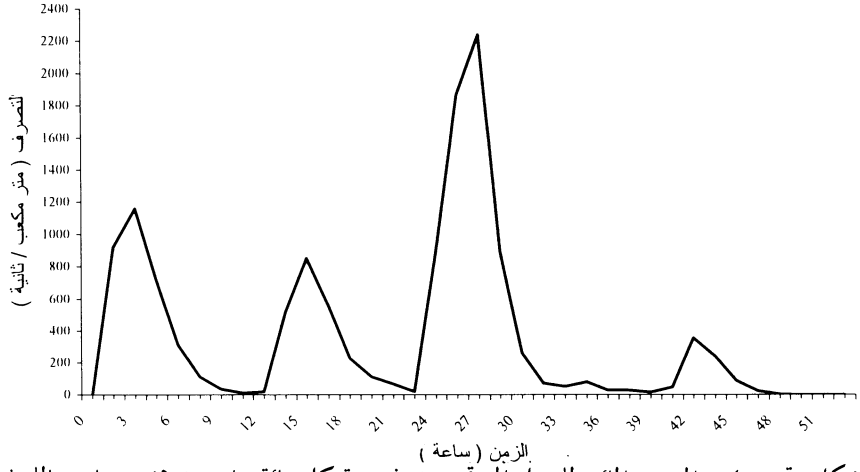
وتم في الدراسة الحالية استخدام النموذج التضاريسي الوحدوي لحساب المنحنيات المائية المتوقعة و لفترات تكرارية مختلفة (٢، ٥، ١٠، ٢٠، ٥٠ و١٠٠ سنة) عند مخرج حوض الوادي قرب مدينة الليث. واستخدمت قيم أعماق المطر العظمى المتوسطة المتوقعة لكل من الفترات المذكورة والتي تم إيجادها سابقا كما هو موضح في الجدول رقم (٣). وفيما يتعلق بزمن المطر فالمعلومات المتوافرة عنه محدودة ماعدا حالات المطر التي نتج عنها سيل وسجلت من قبل محطات شركة ديمز و مور. ولا توجد معلومات كافية عن مدة استمرار المطر عند هطوله على منطقة الدراسة وبناء على ذلك فقد اختيرت مدة مطر تساوي ساعة ونصف كمدخل للنموذج التضاريسي الوحدوي في هذه الدراسة نظرا لعدم

توافر منحنيات الشدة-المدة-التكرار للمنطقة. وقد تم اختيار تلك المدة وهي قصيرة نسبيا لكي تكون قيمة تحفظية حيث إن السيول الناشئة من أمطار ذات مدة قصيرة تكون قيم التصرف عند ذرواتها أعلى من تلك الناتجة من أمطار ذات مدة أطول وذلك عندما تكون تلك الأمطار لها نفس العمق. وعموما تحتاج هذه النقطة لمزيد من الدراسة المبنية على جمع معلومات كافية عن مدة هطول الأمطار على المنطقة ولفترة زمنية طويلة كافية لإنتاج منحنيات الشدة-المدة-التكرار للمنطقة.

وأدخلت المعلومات السابقة لبرنامج النموذج التضاريسي الوحدوي وتم حساب كل من حجم السيل وتصريف الذروة المتوقعة للفترات التكرارية الست المذكورة. ويوضح الجدول رقم (٦) قيم كل من حجم السيل وتصريف الذروة لكل فترة تكرارية وتعد تلك القيم ذات أهمية قصوى لتصميم المنشآت الهيدرولوكية كالسدود والجسور والعبارات وغيرها. وكمثال على المنحنيات المائية المنتجة للوادي يوضح الشكل رقم (٤) المنحنى المائي للسيل المتوقع حدوثه مرة كل مائة عام في وادي الليث. ويظهر من الشكل أن المنحنى المائي متعدد الذروات ويمكن أن يعزى ذلك بصورة رئيسة إلى الشكل المستطيل للوادي وطول المجرى الرئيس للوادي حيث يصل السيل القادم من الأحواض الفرعية العليا للوادي إلى مخرج الوادي بعد فترة زمنية طويلة نسبيا من وصول ذروات السيول القادمة من الأحواض السفلى. وقد تمت ملاحظة ظاهرة تعدد الذروات في عدد من المنحنيات المائية المتوافرة لمحطات قياس السيل بوادي الليث.

جدول رقم (٦). قيم حجم وذروة السيل المتوقعة لفترات تكرارية مختلفة

الفترة التكرارية (سنة)	٢	٥	١٠	٢٠	٥٠	١٠٠
حجم السيل (مليون متر مكعب)	١.٦٧	١٦.٤٤	٢٩.١١	٤١.٤٠	٥٦.٩٧	٦٩.٤٠
ذروة السيل (متر مكعب/ثانية)	٥٤	٥٣١	٩٣٩	١٣٣٦	١٨٣٨	٢٢٣٩



شكل رقم (٤). المنحنى المائي للسيل المتوقع حدوثه مرة كل مائة عام عند مخرج وادي الليث

الاستنتاجات والتوصيات

يعد وادي الليث أحد أهم أودية المملكة العربية السعودية من الناحية الهيدرولوجية حيث يقع في منطقة غزيرة الأمطار وكثيرة السيول كما يتميز بكبر مساحة حوضه. وعلى الرغم من تلك الأهمية التي يتمتع بها الوادي إلا أن البيانات الهيدرولوجية لا تتوافر إلا لعدد قليل من السنوات وبالتالي فإنه يوصى بإعادة تشغيل محطات قياس الأمطار والسيول والمناخ بمنطقة الوادي نظرا لأهمية مصادر المياه به ولخطورة سيوله على الأرواح والممتلكات.

ويتضح من قيم الخصائص التضاريسية المحسوبة أن الوادي من الرتبة السادسة وتعد المجاري المائية قليلة في الوادي إلى حدٍ ما بناء على صغر قيمة كل من كثافة قنوات التصريف و تكرارية المجاري المائية. كما تدل نسبة الاستدارة الصغيرة على ابتعاد شكل الوادي عن الشكل الدائري و يستنتج من صغر قيمة نسبة الاستطالة إلى أن شكل الوادي أقرب ما يكون للمستطيل.

واتضح من بيانات الأمطار والسيول المتوافرة أن فصل الربيع كان الأغزر مطرا على المنطقة وأن أكبر السيول تحدث في شهر مارس وأن السيول مستمرة في الوادي طوال العام مما يعني وجوب اتخاذ الاحتياطات اللازمة من أجل حماية الأرواح والممتلكات. كما أظهرت الدراسة انخفاض قيمة معامل السيل للوادي وأن بعض السيول متعددة الذروات. وعموما يجب توخي الحذر فقد لا تكون هذه النتائج قطعية نظرا لقصر الفترة الزمنية التي توافرت لها البيانات.

وتوصي الدراسة بإيجاد منحنيات الشدة-المدة-التكرار (IDF) للوادي حالما تتوافر بيانات الأمطار لفترة كافية وذلك لكي يتسنى معرفة خصائص المطر للفترات التكرارية المطلوب عمل التصاميم الهندسية للمنشآت الهيدرولوكية لها. ومن ثم يتم استخدام تلك الخصائص كمدخلات للنماذج الرياضية للتنبؤ بردود الفعل الهيدرولوكية للوادي والتي تستخدم بدورها لتصميم المنشآت.

شكر وتقدير

يتقدم المؤلف بالشكر والتقدير لجامعة الملك عبدالعزيز بجدة لتوفيرها الدعم المالي للدراسة برقم ٤١٩/٢٠٦.

المراجع

[١] Ministry of Agriculture and Water. "Dames and Moore". *Water Resources Development*, Lith Basin Report, Vol. E. (1988).

[٢] الحارثي، ع.؛ الوقداني، ع. وأمين، ع. "تقييم مخاطر السيول على محافظة الليث بمنطقة مكة المكرمة." *التقرير النهائي للمشروع ٤١٩/٢٠٦*، جامعة الملك عبدالعزيز، جدة (١٤٢١هـ).

[٣] Bazuhair, A. and Hussein, M. "Springs in Saudi Arabia". *1st Saudi Symposium on Earth Sciences*, KAAU, Jeddah (1989).

[٤] Khayyat, H. "Ground Water Modeling." *Unpublished Master Thesis,* Department of Hydrology and Water Resources Management, KAAU, Jeddah, 1996.

[٥] Strahler, A. N. "Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology." *Trans. Am. Gcophys. Union*, 38 (1957), 913-920.

[٦] Al-Wagdany, A. S. and Rao, A. R. "Geomorphologic Characteristics and Instantaneous Unit Hydrograph of Indiana Watersheds." *Technical report No. CE-EHE-94-1*, Purdue University, Indiana, USA. (1994).

[٧] Gregory, K. J. and William, D. *Drainage Basin Form and Process*. London : Edward Arnold, 1983.

[٨] Gumbel, E. J. "Statistical Theory of Extreme Values for Some Practical Application. " *National Bureau of standards*, Applied Mathematics Series, 33 (1954).

[٩] Gumbel, E. J. *Statistics of Extremes*. New York: Columbia University Press, 1958.

[١٠] Benson, M. "Plotting position and economic planning." *J. Hydrology Div.*, 88, November (1962), 57-71.

[١١] Rodriguez-Iturbe, I. and Valdes, J. B. "The Geomorphologic Structure of Hydrologic Response." *Water Resources Research*, 15 (1979), 1409-1420.

[١٢] Gupta, V. K.; Waymire, E., and Wang, C. T. "A Representation of an Instantaneous Unit Hydrograph from Geomorphology." *Water Resources Research*, 16 (1980), 855-862.

[١٣] Kirshen, D. M. and Bras, R. L. "The Linear Channel and Its Effect on The Geomorphologic IUH. "*J. of Hydrology*, 65 (1983), 175-208.

[١٤] Allam, M. N. and Balkhair, K. S. "Case Study Evaluation of Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph." *Water Resources Management* 1(1987), 267-291.

[١٥] Al-Wagdany, A. S. and Rao, A. R. "Estimation of the Velocity Parameter of Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph." *Water Resources Management*, 11(1997), 1-16.

[١٦] Alghamdi, M. H. "Hydrologic Response of Wadi Al-Ahsaba in Al-Baha Region." *Unpublished Master's Thesis*, Department of Hydrology and Water Resources Management, KAAU, Jeddah, Saudi Arabia. 1998.

[١٧] Mubarak, I.; Salam M.; Dorrah, El-Hassan, H. K.; Salam F. and Farag, H. "Flash Floods Hazards Prevention in Upper Egypt Village, Case Study of El-Edwa Village (Aswan)." Cairo University-MIT, *Tech. Planning Program.* 1981.

[١٨] U.S. Soil Conservation Service. *Engineering Field Manual for Soil Conservation Practices,* Chap. 14. Washington, D.C.: U. S. Dept. of Agriculture, 1975.

[١٩] U. S. Navy. TP-PW-5. Washington, D.C., 1977.

Hydrological Characteristics of Alleeth Basin

Abdullah Saad Al-Wagdany

Department of Hydrology and Water Resources Management, Faculty of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture, KAAU, P.O. Box 80208, Jeddah 21589, S.A.

(Received 28 May, 2001 ; accepted for publication 13 Mars, 2002)

Abstract. The current study presents analysis of available meteorological, rainfall and runoff data and description of geomorphologic characteristics of Alleeth basin which is one of the largest basins in the south western region of the Kingdom of Saudi Arabia. The relation between maximum probable rainfall depth and corresponding return period was investigated for the basin. Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph model was used to estimate runoff values for different return periods. The study concluded that spring season has the highest rainfall occurrence and runoff is occurring during all seasons of the year. The values of peak runoff discharges suggested that runoff in the basin is life and properties threatening. The hydrological data for the region was available for short period and it is recommended to give it better consideration in the future.