مجلة جامعة الملك عبدالعزيز: علوم الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة، م٢١ ع١، ص ص: ٢٦٥-٢٨٢ (٢٠١٠م/١٤٣١هـ)
DOI: 10.4197/Met. 21-1.15

تقدير معدلات التسرب السطحي والصرف العميق خلال طبقات التربة لوادي نعمان

عبدالله سعد الوقداني

قسم علوم وإدارة موارد المياه – كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة

جامعة الملك عبدالعزيز – ص. ب. ٨٠٢٠٨ ، جدة ٢١٥٨٩

المملكة العربية السعودية

awagdani@kau.edu.sa

المستخلص. تهتم هذه الدراسة بتقدير معدلات تسرب المياه من خلال سطح التربة، ومعدلات اختراق المياه الرأسي لطبقات التربة تحت السطحية بوادي نعمان، الواقع جنوب غرب مدينة مكة المكرمة. وتم قياس عمق ومعدل التسرب باستخدام طريقة الأسطوانة المزدوجة في ثمانية عشر موقعا بوادي نعمان وروافده الرئيسة. وتم استخدام جهاز التشتت النيتروني بأحد المواقع على المجرى الرئيس للوادي لتقدير تغير قيم رطوبة التربة، ومعدلات اختراق المياه الرأسي، وتقدم جبهة البلل خلال طبقات التربة. وكانت أهم استنتاجات الدراسة أن معدلات التسرب السطحي بالوادي وفروعه عالية جدا، حيث كانت القيمة المتوسطة لمعدل التسرب حوالي ٢سم/دقيقة، ومتوسط قيم معدلات التسرب الابتدائي والنهائي ٣,٧ و١,٦ سم/دقيقة على التوالي. وأشارت نتائج تجربة

جهاز التشتت النيتروني إلى أن أقصى قيمة رطوبة تربة تم تسجيلها في طبقات التربة المختلفة بلغت حوالي ٢٤٪. وقد ارتفعت قيم رطوبة التربة إلى أكثر من ٢٠٪ عند أعماق التربة المختلفة بعد مرور ١٠ دقائق فقط على بداية التجربة، مما يشير إلى سرعة تقدم جبهة البلل بالتربة. وأظهرت الدراسة أن هناك علاقة رياضية خطية تربط بين زمن وصول جبهة البلل وعمق التربة، واستخدمت تلك العلاقة في تقدير زمن وصول المياه إلى أعماق التربة المختلفة. وأشارت نتائج تطبيق العلاقة المستنتجة إلى أن جبهة البلل يمكن أن تصل إلى عمق حوالي ٢٥ مترا بالتربة خلال حوالي ساعتين، بشرط وجود مياه فائضة على سطح التربة.

الكلمات الدالة: التسرب– جهاز التشتت النيتروني – وادي نعمان– المملكة العربية السعودية.

مقدمة

تعتبر عملية تسرب المياه خلال التربة السطحية واحدة من أهم العلاقات المائية للتربة التي تعتمد عليها الإدارة الفعالة لأحواض الأودية، الصغيرة منها والكبيرة، على حد سواء (Tripathi *et al.*, 2005). كما تتحكم عملية تسرب المياه خلال التربة في العمليات الهيدرولوجية الأخرى بالوادي، مثل وقت نشوء السيول، وحجمها، وقيم رطوبة التربة. ويعتمد معدل التسرب الذي يصف مقدرة التربة على تسريب المياه لداخلها على عدة خصائص للتربة، مثل سهولة دخول المياه، وسعة تخزين التربة، ومعدل اختراق المياه للتربة. ويتحكم في معدل التسرب عدة عوامل مثل قوام التربة، وبنيتها، ونوع وكثافة الغطاء النباتي، والمحتوى الرطوبي للتربة، ودرجة حرارتها، إضافة إلى شدة هطول المطر (FAO, 1985). وقد أشار عدد من الباحثين مثل كوخ وآخرون (Koch *et al.,*

2005) إلى أن العوامل التي تؤثر على التسرب كثيرة ومعقدة. وقد طور عدد من الباحثين نماذج رياضية لتمثيل التسرب مثل جرين وأمت (Green and Ampt, 1911)، وكوستياكوف (Kostiakov, 1932)، وهورتون (Horton, 1933 & 1942)، وفيليب (Philip, 1957). واستخدمت تلك النماذج لتمثيل عملية التسرب في العديد من المناطق بالعالم. ويتطلب التطبيق الناجح لنماذج التسرب أن يتم تقدير معاملات تلك النماذج باستخدام قياسات حقلية للتسرب (Bonnel & Williams, 1986; and Mbagwu, 1994). وقد قام العديد من الباحثين بدراسة معدلات التسرب السطحي للمياه خلال التربة ومعدلات الاختراق للمياه لطبقات التربة منذ عدة عقود مثل شايلدز (Childs, 1969)، وشايلدز وبيوردي (Childs and Byordi, 1969)، وميللر وآرستاد (Miller and Arstad, 1971). يستخدم جهاز التشتت النيتروني لتقدير قيم الرطوبة بطبقات التربة وتغيرها مع الزمن. و يقوم الجهاز بإطلاق نيترونات عالية الطاقة تتصادم مع أنوية ذرات الهيدروجين الموجودة بالماء، أو بالتربة الرطبة، مما يؤدي إلى تباطؤها وانعكاسها مرة أخرى إلى الجهاز، الذي يقوم بدوره بقياس عدد النيترونات البطيئة المرتدة (Scanlon *et al*., 1997). ويتم تحويل قراءات عدد النيترونات إلى قيم رطوبة التربة عن طريق معايرة الجهاز باستخدام قراءة الجهاز في الحقل مع القياسات الحقيقية لرطوبة التربة المقاسة بطريقة التجفيف في الفرن. وقد قام عدد من الباحثين باستخدام جهاز التشتت النيتروني في دراسة حركة المياه في التربة في العديد من مناطق العالم. فقد قام ستيفنز ونولتن (Stephens and Knowlton, 1986) باستخدام جهاز التشتت النيتروني في دراسة حركة المياه في التربة، وتغذية المياه الجوفية في منطقة شبه جافة بالمكسيك. و استخدم هيوز وسامي (Hughes and Sami, 1992) جهاز التشتت النيتروني لمراقبة تغير رطوبة التربة مع الزمن بعد حدوث السيول بوادي بجنوب أفريقيا. وقد قدر رجب وآخرون (Ragab *et al*., 2003) نسبة مياه الأمطار التي تتسرب من خلال أسطح ثلاثة

أنواع من الطرق باستخدام جهاز التشتت النيتروني بمدينة ولينجفورد (Walingford) ببريطانيا.

وقد قام عدد من الباحثين بدراسة التسرب ومعدلات اختراق المياه للتربة بأودية منطقة مكة المكرمة والمملكة العربية السعودية، حيث قام كيوان (Kiwan, 2000) بدراسة معدلات حركة المياه في المنطقة الغير مشبعة، واستنتاج معدلات التدفق المائي بين طبقات التربة السطحية بمنطقة هدى الشام الواقعة شمال مدينة مكة المكرمة. كما قام عوض الله وآخرون (Awadallah *et al*., 1995) بدراسة تهدف إلى مقارنة معدلات حركة المياه في التربة الناتجة عن القياسات الحقلية والمقدرة بالحاسب الآلي بمنطقة هدى الشام. قد قام كيوان ومشاط (Kiwan and Mashat, 2000) بدراسة الفواقد المائية لمنطقة هدى الشام أثناء معدلات تساقط المياه بنظم الري بالرش، واستنتاج معدلات الاختراق المائي لسطح التربة، والمفقود من المخزون المائي للجو. وقد تمت دراسة كل من الأمطار، والتربة، والخصائص المائية للتربة، والسيول بوادي نعمان ضمن دراسة المياه السطحية بمشروع إعمار عين زبيدة من قبل أبو رزيزة وآخرون (Abu Rezaizah *et al*., 2001). واستخدم القحطاني (Alquhtani, 1998) طريقة الأسطوانة المزدوجة لإجراء تجارب التسرب لتقدير معدل تسرب المياه خلال التربة بمدينة جدة. وقد قام باريسوبولوس وويتر (Parrisopoulos and Wheater, 1992) بدراسة التسرب بوادي حبونة بجنوب غرب المملكة العربية السعودية، واستنتجا أن جبهة البلل تتقدم بسرعة خلال طبقات التربة في مجرى بالوادي.

تهدف الدراسة الحالية إلى قياس معدل التسرب والتسرب التراكمي في عدد من المواقع المختلفة بوادي نعمان وروافده الرئيسة، وإلى تقدير معدلات الاختراق الرأسي للمياه بطبقات التربة التحت سطحية. ويعتبر وادي نعمان أحد أهم الأودية بمنطقة مكة المكرمة ويقع جنوب شرق مدينة مكة المكرمة وغرب

مدينة الطائف. وقد جعله هذا الموقع الاستراتيجي، بسبب قربه من المشاعر المقدسة، أهم مصدر للمياه اعتمد عليه الحجيج خلال الأربعة عشر قرنا الماضية.

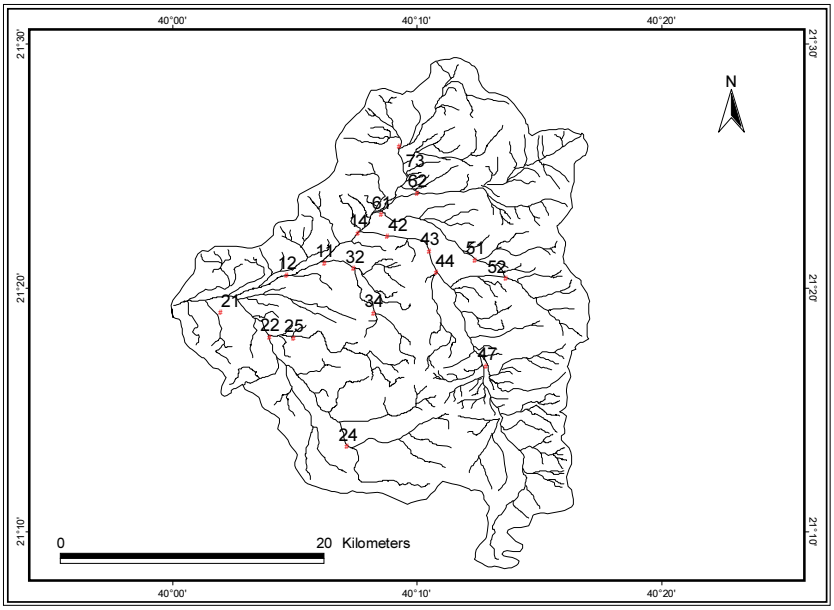
المواد وطرق البحث

تضمنت الدراسة الحالية تقدير قيم التسرب من خلال التربة السطحية لوادي نعمان وروافده عن طريق إجراء تجارب التسرب الحقلية، وكذلك استخدام جهاز التشتت النيتروني لقياس تغير قيم رطوبة التربة مع الزمن عند أعماق التربة المختلفة، بهدف تقدير معدلات الاختراق الرأسي للمياه لطبقات التربة.

وقد تم إجراء تجارب حقلية لقياس معدلات التسرب السطحي للتربة في ثمانية عشر موقعا بوادي نعمان وروافده الرئيسة. وتم اختيار المواقع بحيث تغطي معظم المجاري الرئيسة بالوادي وروافده، ويعرض الشكل ١ مواقع إجراء تجارب التسرب بالوادي. و تم استخدام طريقة الأسطوانة المزدوجة (Johnson, 1963) لقياس معدلات تسرب المياه خلال التربة السطحية مع الزمن. وتم الاستمرار في التجربة مدة زمنية كافية لحدوث تدني في معدل اختراق المياه للتربة السطحية، إلى أن تصل إلى معدل شبه ثابت، تتوقف عنده تجربة قياس التسرب. و تم تزويد التجربة بالمياه بواسطة خزانات مائية على سيارة متحركة، نظرا لحاجة التجارب لكميات كبيرة من المياه خلال فترة قصيرة من الزمن، بسبب ارتفاع معدل تسرب المياه خلال التربة لمعظم المواقع. وقد تم جمع وتحليل بيانات تلك التجارب واستخدامها في حساب معدلات التسرب وعمق التسرب التراكمي خلال التربة السطحية.

لقد تم إجراء تجربة قياس قيم المحتوى الرطوبي للتربة عند أعماق مختلفة، وتقدير معدلات الاختراق الرأسي للمياه، وذلك عند الموقع رقم ١١ الواقع على

المجرى الرئيس بوادي نعمان عند تقاطعه مع وادي عرعر. وقد استغرقت التجربة ١٢٥ دقيقة حدث فيها تقريبا تشبع كامل لعمق التربة في موقع التجربة. وتم قياس محتوى الرطوبة بالتربة بواسطة جهاز التشتت النيتروني. تم تجهيز موقع التجربة بحيث يتكون من مساحتين دائريتين متداخلتين، يفصل بينهما حاجز ترابي، وقد بلغ قطر الدائرة الداخلية مترًا واحدًا، بينما كان قطر الدائرة الخارجية ٣ أمتار. وتم تثبيت جهاز التشتت النيتروني في مركز الدائرة الداخلية على عمق ١٣٥ سم في التربة، وتم تزويد المساحتين بالمياه من خزان محمول على سيارة عن طريق أنبوبين منفصلين.



شكل ١. مواقع إجراء تجارب التسرب بوادي نعمان.

وتم قياس تدفق المياه الواصلة للمساحة الداخلية بواسطة عداد لقياس تدفق المياه، ولم يجر قياس تدفق المياه الواصلة للمساحة الخارجية، حيث الغرض من تزويد المساحة الخارجية بالمياه هو المحافظة على البلل حول الدائرة الداخلية

حتى لا تتسرب المياه بالاتجاه الأفقي خارج المساحة الداخلية، بهدف ضمان تدفق المياه بالاتجاه الرأسي فقط بالمنطقة. وقد تم تسجيل كل من الزمن، وقراءة عداد قياس تدفق المياه، ومحتوى الرطوبة عند طبقات التربة المختلفة.

النتائج والمناقشة

بينت نتائج الدراسة أن معدلات تسرب المياه خلال التربة السطحية عالية جدا لمعظم المواقع بالوادي، وكان النمط السائد للتجارب هو معدل تسرب عالي جدا في بداية القياس، يأخذ في التناقص بصورة سريعة حتى يصل إلى معدل شبه ثابت خلال فترة زمنية قصيرة. يعرض الجدول ١ ملخصا لأهم القيم التي تم تسجيلها أثناء إجراء تجارب قياس التسرب في مختلف المواقع بالوادي. تم حساب قيم إجمالي عمق التسرب بالجدول ١ من نتائج تجارب التسرب، حيث يساوي ذلك مجموع عمق هبوط المياه بالأسطوانة الداخلية لجهاز قياس التسرب خلال مدة التجربة، وتم حساب قيم متوسط معدل التسرب بقسمة إجمالي عمق التسرب على الزمن الذي استغرقته التجربة. ويتضح من القيم في الجدول ١ أن هناك تباينا واضحا بين نتائج التجارب في المواقع المختلفة، فقد تراوحت قيم معدل التسرب الابتدائي بين ٠,٤ سم/دقيقة، و٩,٩ سم/دقيقة بمتوسط ٣,٧سم/دقيقة، بينما كان مدى قيم معدل التسرب النهائي بين ٠,١ سم/دقيقة و٤,٥ سم/دقيقة بمتوسط ١,٦ سم/دقيقة. ويظهر الجدول كذلك اختلاف قيم متوسط معدل التسرب وإجمالي عمق المياه المتسربة للمواقع المختلفة، فقد كانت قيمة متوسط معدل التسرب للموقع ٤٧ بوادي مجاريش ٥,٨٧ سم/دقيقة، بينما كانت القيمة ٠,١٤ سم/دقيقة للموقع ٢١ بوادي رهجان، وقد بلغت قيم إجمالي عمق المياه المتسربة للموقعين ٤٥٧,٩ سم و١٠,٢ سم على التوالي. وعموما فقد كانت قيم معدل التسرب عالية بالوادي، حيث بلغ متوسطها لجميع التجارب حوالي ٢سم بالدقيقة، مما يعني أنه يمكن للتربة بوادي

جدول ١. ملخص نتائج تجارب التسرب بوادي نعمان وفروعه.

الوادي	رقم الموقع	مدة التجربة (دقيقة)	التسرب الابتدائي (سم/دقيقة)	التسرب النهائي (سم/دقيقة)	إجمالي عمق التسرب (سم)	متوسط معدل التسرب (سم/دقيقة)
نعمان (المجرى الرئيس)	١١	٨٥	٤,٢	١,٥	١٧١,٣	٢,٠٢
	١٢	٧٥	٣,٨	١,١	١١٤,٢	١,٥٢
	١٤	٨٠	٢,٢	٠,٧	٦٦,٧	٠,٨٣
رهجان	٢١	٧٥	٠,٤	٠,١	١٠,٢	٠,١٤
	٢٢	١٠٥	٣,٠	١,٦	١٥٨,٠	١,٥٠
	٢٤	٧٩	٨,٠	٣,٨	٣٨٢,٥	٤,٨٤
	٢٥	٩٠	٣,٢	١,١	١٧٤,٧	١,٩٤
مجاريش	٤٢	٨٠	٥,٢	٢,٦	٢٣٥,٨	٢,٩٥
	٤٣	١٠٥	١,٠	٠,٣	٣٨,٥	٠,٣٧
	٤٤	٩٠	١,٨	٠,٨	٧٩,٩	٠,٨٩
	٤٧	٧٨	٥,٩	٢,٨	٤٥٧,٩	٥,٨٧
عرعر	٣٢	٩٠	٤,٠	٢,٠	١٨٠,١	٢,٠٠
	٣٤	٩٠	٥,٠	٢,٠	١٨٤,٧	٢,٠٥
يعرج	٦١	٩٠	١,٤	٠,٣	٣٦,٠	٠,٤٠
	٦٢	٨٠	١,٧	٠,٦	٥٢,٧	٠,٦٦
علق	٥١	٦٧,٥	٤,٨	٢,٤	١٧٣,٧	٢,٥٧
	٥٢	٧٨	٩,٩	٤,٥	٤٣١,٦	٥,٥٣
الشرا	٧٣	٨٥	١,٩	٠,٨	٧٤,٧	٠,٨٨
المتوسط		٨٤,٦	٣,٧	١,٦	١٦٨,٠	٢,٠٥

نعمان في المتوسط أن تسرب ١٢٠ سم من المياه خلال ساعة واحدة. وتعتبر هذه القيمة العالية أكبر من قيم عمق المطر اليومية التي تهطل على وادي نعمان، بل إنها أكبر من متوسط عمق المطر السنوي الذي يهطل على الوادي. ويمكن أن يقود ذلك إلى استنتاج مبدئي مفاده أن جميع مياه الأمطار تتسرب من خلال التربة السطحية، وأن السيول نادرة الحدوث بالوادي. وتؤيد دراسات السيول السابقة التي أجريت على وادي نعمان هذا الاستنتاج، حيث تؤكد على أن السيول بوادي نعمان نادرة الحدوث وصغيرة من حيث الحجم حين حدوثها (Al-Wagdany, 2008). وتحدث تلك السيول القليلة بسبب أن معظم مساحة حوض الوادي مناطق جبلية يقل فيها معدل تسرب المياه كثيرا، وبالتالي فإن معدل التسرب الذي يحصل من مجمل مساحة الوادي أقل من ذلك الذي يحدث من خلال التربة الرسوبية بمجاري الوادي.

يعرض الشكل ٢ منحنيات تغير قيم عمق التسرب التراكمي مع الزمن لخمس من التجارب التي أجريت في أماكن مختلفة من الوادي. ويتضح من الشكل أن هناك تباينا واضحا بين نتائج التجارب، فقد بلغ عمق المياه المتسربة من التربة السطحية للتجربة التي أجريت بالموقع ٢٥ حوالي ١٧٤ سم خلال ٩٠ دقيقة، وذلك بمعدل حوالي ٢ سم/دقيقة. وكان عمق المياه المتسربة للتجربة التي تمت بالموقع ٢١ حوالي ١٠ سم خلال ٧٥ دقيقة، وبمعدل حوالي ٠,١٤سم/ دقيقة. ويتضح من المقارنة بين نتيجة معدل التسرب للتجربتين، أن معدل التسرب بالموقع ٢٥ كان حوالي ١٤ ضعف معدل التسرب بالموقع ٢١.

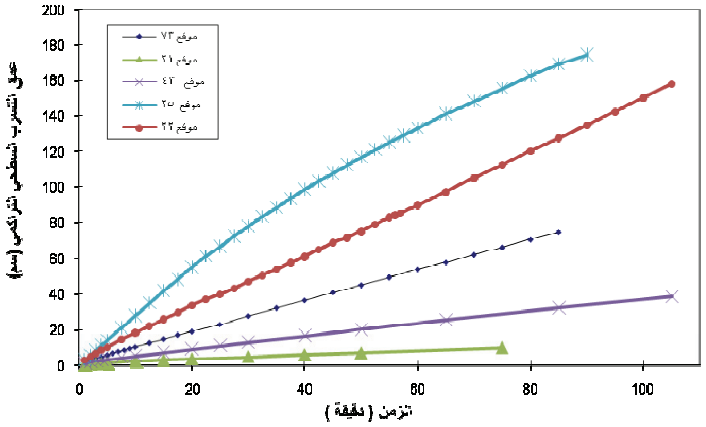
يوضح الجدول ٢ نتائج تجربة قياس المحتوى الرطوبي والصرف الرأسي باستخدام جهاز التشتت النيتروني، والتي استمرت لمدة ١٢٥ دقيقة بالموقع رقم ١١ على المجرى الرئيس بوادي نعمان. ويعرض الجدول قيم معدل الصرف السفلي وإجمالي التغذية المائية السفلية عند عمق ١٣٥سم من التربة، وقيم معدل التسرب

السطحي والعمق التراكمي للتسرب السطحي. ويبين الجدول أن قيم معدل التسرب السطحي تقاربت مع قيم معدل الصرف السفلي عند عمق ١٣٥سم من التربة، وذلك بعد مرور حوالي ٤٠ دقيقة. وقد كانت قيم العمق التراكمي للتسرب السطحي أكبر من قيم العمق التراكمي للمياه المنصرفة من التربة عند العمق ١٣٥سم، وذلك راجع إلى أن قيم معدل التسرب السطحي كانت عالية في بداية التجربة إلى أن حدث الاتزان بعد مرور فترة زمنية حدث عندها ثبات لمعدل التسرب السطحي. ويتضح من الجدول كذلك أن قيم معدل الصرف السفلي عند العمق ١٣٥سم تراوحت بين ٠,٧٣ سم/دقيقة و٢,٧١ سم/دقيقة، بمتوسط مقداره ١,٤٦ سم/دقيقة. ويعرض الجدول ٢ كذلك قيم معدل التغذية المائية عند العمق ١٣٥سم، والتي تم حسابها بقسمة العمق التراكمي للمياه المتسربة خلال سطح التربة على العمق التراكمي للمياه المنصرفة عند العمق ١٣٥سم. وقد تراوحت تلك القيم بين ٥٨,١٪ و٩٠,٧٪. وقد بلغ العمق الكلي لمياه التسرب السطحي حوالي ١٩٠سم، والعمق الإجمالي للتغذية المائية السفلية عند العمق ١٣٥سم حوالي ١٧٢سم، وبحساب نسبة التغذية المائية (الكلية) إلى التسرب السطحي نجد أنها وصلت إلى حوالي ٩١٪ خلال مدة التجربة.

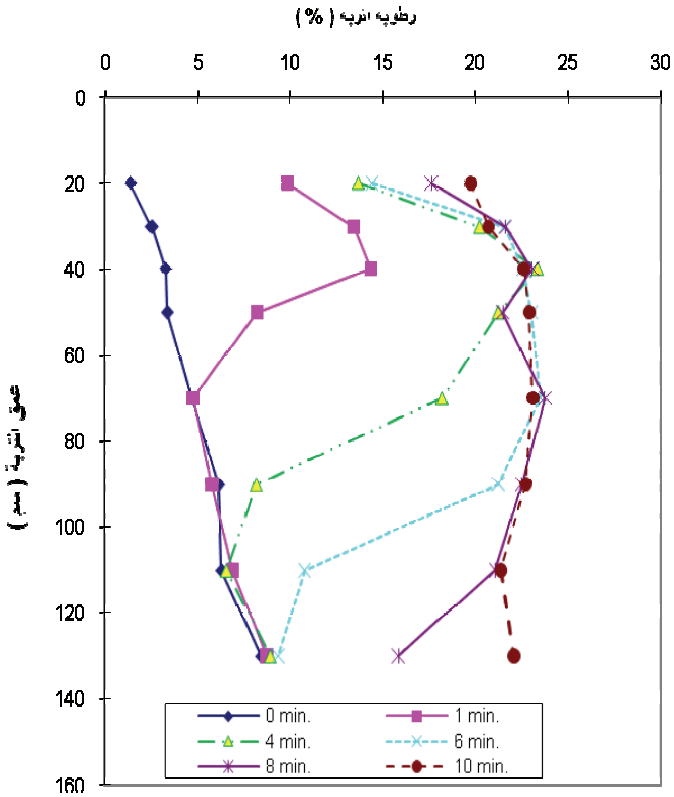
يعرض الشكل ٣ تغير قيم المحتوى الرطوبي للتربة مع الزمن عند الأعماق المختلفة للتربة. ويتضح من الشكل أن قيمة رطوبة التربة عند العمق ٢٠ سم ارتفعت من ١,٤٪ إلى حوالي ١٠٪ خلال دقيقة واحدة من بداية التجربة، وأنه بعد مرور ١٠ دقائق فقط على بداية التجربة ارتفعت قيم رطوبة التربة إلى أكثر من ٢٠٪ عند أعماق التربة المختلفة، مما يشير إلى سرعة تقدم جبهة البلل (Wetting front) بالتربة الرملية بموقع التجربة. وقد كانت أقصى قيمة لرطوبة التربة وصلت إليها طبقات التربة حوالي ٢٤٪.

جدول ٢. معدلات التسرب والصرف السفلي للمياه عند عمق ١٣٥ سم من سطح التربة للموقع رقم ١١.

الزمن (دقيقة)	معدل الصرف السفلي (سم/دقيقة)	عمق الصرف السفلي التراكمي (سم)	معدل التسرب السطحي (سم/دقيقة)	عمق التسرب السطحي التراكمي (سم)	معدل التغذية المائية السفلية ٪
٨	١,١١	١٩,١٨	٤,١٣	٣٣,٠	٥٨,٠٩
١٠	١,٣٦	٢١,٩٠	١,٩٧	٣٧,٠	٥٩,٢٦
١٣	٢,٥٦	٢٩,٥٨	٢,٥٠	٤٤,٥	٦٦,٥٠
١٥	٠,٧٧	٣١,١٢	١,٣٤	٤٧,١	٦٦,٠١
١٧,٥	١,٢٤	٣٤,٢٣	١,٦٠	٥١,٢	٦٦,٩١
٢٠	٢,٥١	٤٠,٤٩	٢,٢٩	٥٦,٩	٧١,١٩
٢٥,٥	١,٢٦	٤٧,٤٢	١,٥٧	٦٥,٥	٧٢,٣٦
٢٧,٥	٢,٧١	٥٢,٨٣	٢,٢٩	٧٠,١	٧٥,٣٥
٣١	١,٤٦	٥٧,٩٤	١,٧١	٧٦,١	٧٦,١٣
٣٥	١,٧٧	٦٥,٠٣	١,٥٣	٨٢,٢	٧٩,٠٩
٤٠	١,٦٤	٧٣,٢٤	١,٧١	٩٠,٧	٨٠,٧١
٤٥	١,١٥	٧٩,٠٠	١,٢٠	٩٦,٨	٨١,٦٤
٥٠	١,٥٧	٨٦,٨٧	١,٦٠	١٠٤,٨	٨٢,٩٠
٦٠	١,١٣	٩٨,١٩	١,١٣	١١٦,١	٨٤,٥٥
٧٥,٥	٠,٩٠	١١٢,١٠	٠,٩٠	١٣٠,١	٨٦,١٥
٨٥	١,٧٥	١٢٨,٧٤	١,٦٩	١٤٦,٢	٨٨,٠٨
٩٥	١,٠٥	١٣٩,٢٩	١,١٠	١٥٧,١	٨٨,٦٥
١٠٥	١,١٤	١٥٠,٦٥	١,٢٤	١٦٩,٥	٨٨,٨٩
١١٥	١,٤٤	١٦٥,٠٢	١,٢٥	١٨١,٩	٩٠,٦٩
١٢٥	٠,٧٣	١٧٢,٣٦	٠,٨٤	١٩٠,٤	٩٠,٥٥

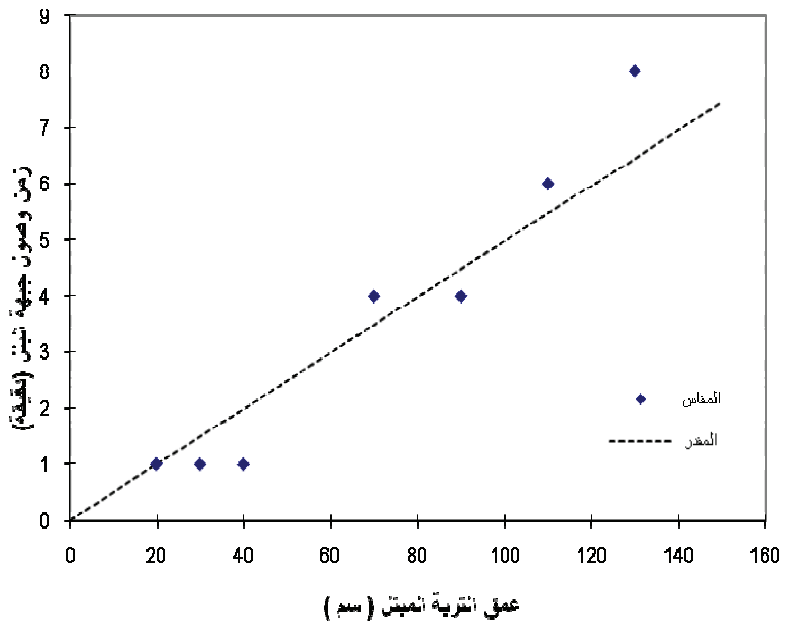


شكل ٢. منحنيات التسرب السطحي التراكمي للتربة عند مواقع مختلفة بوادي نعمان.



شكل ٣. تغير قيم رطوبة التربة مع الزمن والعمق بالموقع رقم ١١.

وقد بلغت قيمة معامل الارتباط للعلاقة السابقة حوالي ٠,٩٢. ونظرا لمحدودية عمق التربة الذي تم إجراء القياسات عنده، فإنه عند افتراض أن المعادلة السابقة ممثلة للأعماق أكبر من ١٣٥سم، فإنه يمكن اللجوء إلى استخدام المعادلة السابقة لتقدير زمن وصول جبهة البلل إلى أعماق التربة المختلفة (شكل ٤). ويتضح من استخدام العلاقة الرياضية السابقة، أن جبهة البلل يمكن أن تصل إلى عمق حوالي ١٢مترًا خلال حوالي ساعة من الزمن عند افتراض وجود مياه فائضة على سطح التربة، وكذلك تجانس التربة وتشابه طبقاتها، وعدم وجود حواجز أو عوائق مثل الطبقات الصخرية. ومما يجدر الإشارة إليه، أن الزمن المحسوب هو زمن وصول جبهة البلل إلى عمق معين من التربة، وليس زمن حدوث تشبع التربة عند ذلك العمق. وتشير نتيجة الدراسة إلى أن معدل تقدم جبهة البلل بالتربة سريع جدا بوادي نعمان، حيث يمكن لجبهة البلل



شكل ٤. تقدم جبهة البلل مع الزمن عند أعماق التربة المختلفة بالموقع رقم ١١.

الناتجة عن عاصفة ممطرة ذات شدة عالية أن تصل إلى عمق حوالي ٢٥متـــرًا داخل التربة بعد ساعتين من حدوث السيل الناتج عن العاصفة الممطرة.

الاستنتاجات

أفادت الدراسة الحالية في الحصول على تقديرات لمعدل التسرب السطحي للمياه من خلال التربة السطحية بوادي نعمان، وكذلك معدلات الاختراق المائي لطبقات التربة التحت سطحية بالوادي. وقد تم تقدير معدلات التسرب السطحي باستخدام طريقة الأسطوانة المزدوجة، بينما استخدم جهاز التشتت النيتروني لتقدير معدلات اختراق المياه للتربة. ولقد أوضحت نتائج الدراسة أن معدلات تسرب المياه خلال التربة السطحية بوادي نعمان وفروعه كانت عالية جدا، وبخاصة قيم التسرب الابتدائي، وأن معدل التسرب يتناقص بصورة سريعة إلى أن يصل إلى قيم التسرب النهائي شبه الثابتة خلال فترة قصيرة، ويعود ذلك لطبيعة التربة ذات القوام الخشن التي يغلب على قوامها الرمل والحصى. وقد تم إجراء ١٨ تجربة تسرب بالوادي وفروعه، وكان متوسط المدة الزمنية التي استغرقتها تلك التجارب حوالي ٨٥ دقيقة للتجربة. وقد كانت قيم معدلات تسرب المياه خلال التربة السطحية عالية بالوادي حيث بلغ معدلها حوالي ٢سم/دقيقة. وقد بلغت القيمة المتوسطة لقيم التسرب الابتدائي ٣,٧سم/دقيقة، بينما كانت القيمة المتوسطة لقيم التسرب النهائي للتربة بالوادي حوالي ١,٦ سم/دقيقة. وقد تباينت قيم إجمالي المياه المتسربة خلال التجارب، حيث تراوحت قيمها بين ١٠ و٤٣٢سم وبقيمة متوسطة بلغت ١٦٨سم.

استغرقت تجربة قياس معدل اختراق المياه الرأسي للتربة التحت سطحية، التي أجريت باستخدام جهاز التشتت النيتروني بأحد المواقع على المجرى الرئيس لوادي نعمان، مدة ١٢٥ دقيقة، تم خلالها رصد قيم معدل الصرف

الرأسي لقطاع من التربة بلغ عمقه ١٣٥سم. وقد بلغت قيمة متوسط معدل الصرف الرأسي عند العمق ١٣٥سم ١,٤٦ سم/دقيقة. وقد أعطت تجربة جهاز التشتت النيتروني تغير قيم رطوبة التربة مع الزمن عند أعماق مختلفة من التربة، وقد بلغت قيمة أقصى رطوبة وصلت إليها التربة أثناء التجربة حوالي ٢٤٪. وقد شكل عمق المياه المنصرفة عند العمق ١٣٥سم من التربة حوالي ٩١٪ من إجمالي المياه المتسربة من خلال سطح التربة.

لقد تم استخدام نتائج تجربة جهاز التشتت النيتروني في استنباط علاقة رياضية خطية تربط بين زمن وصول جبهة البلل وعمق التربة. وقد تم استخدام تلك العلاقة لتقدير زمن وصول جبهة البلل لأعماق التربة التي تزيد عن ١٣٥سم. وقد بين تطبيق تلك العلاقة أنه خلال فترة قصيرة وصلت إلى حوالي ساعتين، وصل عمق جبهة البلل إلى عمق مقداره حوالي ٢٥مترًا.

تعتبر نتائج تقدير معدلات تسرب المياه من سطح التربة ومعدلات اختراق المياه للتربة السطحية بوادي نعمان وروافده التي أجريت بالدراسة الحالية مفيدة للدراسات الهيدرولوجية المستقبلية المتعلقة بتقدير زمن وصول التغذية المائية لخزان المياه الجوفية بالوادي، وكذلك للدراسات الخاصة بتقدير معدلات السيول والميزانية المائية للوادي. كما يمكن الاستفادة من نتائج هذه الدراسة في الدراسات الهيدرولوجية التي تتم على أودية المنطقة المشابهة هيدرولوجيا لوادي نعمان.

شكر وتقدير

يتقدم الباحث بالشكر والتقدير لمقام أمارة منطقة مكة المكرمة على توفير الدعم المادي والمساندة الإدارية للدراسة التي كانت ضمن مشروع إعمار عين زبيدة المدعم من قبل الأمارة.

المراجع

Abu Rezaizah, O.S., Ba-Zuhair, A.S., Gutub, S.A., Abu Rezaizah, A.S, Al-Wagdany A. S., Al-Ghamidi, A.S. and **Mohorjy, A. M.** (2001) *Preliminary Study for the Renovation of Ayn-Zubidah in Wadi Namman,* Final Report, Emirate of Makkah District, 174 p.

Alquhtani, M. B. (1998) Engineering Geology of Greater Jeddah Metropolitan, *Ph. D. Thesis*, Faculty of Earth Sciences, King Abdulaziz University, Saudi Arabia, 404 p.

Al-Wagdany, A. S. (2008) Rainfall and runoff characteristics of Namman basin in the Kingdom of Saudi Arabia, *Arab Gulf Journal of Scientific Research,* **26** (1/2):10-18.

Awadallah, S. A., Kiwan, M. E. and **Abdulrazzak, M. J.** (1995) Comparative analysis of field data and numerical unsaturated flow model for Hada El-Sham station, Saudi Arabia, *International Conference on Water Resources Management in Arid Regions*, Muscat, Oman, pp: 385-391.

Bonnel, M. and **Williams, J.** (1986) The two parameters of the Philip infiltration equation: their properties and spatial and temporal heterogeneity in a red earth of tropical semi-arid Queensland, *J. Hydrology,* **87**: 9-31.

Childs, E.C. (1969) *An Introduction to the Physical Basic of Soil Water Phenomena*, John Wiley, New York.

Childs, E.C. and **Bybordi, M.** (1969) The vertical movement of water in stratified porous material, 1. Infiltration, *Water Resources Res*., **5**(2): 446-459.

FAO Corporate Document Repository (1985) *Irrigation Water Management: Introduction to Irrigation,* Natural Resources Management and Environment Department. Report No: R4082E. Available at: www.fao.org/docrep/r4082e

Green, W. H. and **Ampt, G. A.** (1911) Studies on soil physics, part I, the flow of air and water through soils, *Jour. Agric. Sci*., **4**(1): 1-24.

Horton, R. E. (1933) The role of infiltration in the hydrologic cycle, *Transactions of the American Geophysical Union*: 446-460.

Horton, R. E. (1942) A simplified method of determining an infiltration-capacity curve from an infiltrometer-experiment, *Transactions of the American Geophysical Union*: 570-574.

Hughes, D.A. and **Sami, K.** (1992) Transmission losses to alluvium and associated moisture dynamics in a semiarid ephemeral channel system in Southern Africa, *Hydrological Processes* **6**: 45-53.

Jensen, M. E., Wright, J. L. and **Pratt, B. J.** (1971) Estimating soil moisture depletion from climate-crop and soil data, *Transactions of the ASAE,* **14**(5): 954-959.

Johnson, A. I. (1963) *A Field Method for Measurement of Infiltration*, U. S. Geol. Survey. Water-Supply Paper 1544-F, 27 p.

Kiwan M. E. and **Mashat, A. S**. (2000) Water losses and efficiencies of sprinkler irrigation system in arid environment, *J. Agric. Res. Tanta Univ*., **26** (3): 468-485

Kiwan M. E. (2000) Water movement and losses during irrigation using field lysimeter measurements, *The Civil Eng. Scientific Magazine, Faculty of Eng., Al -Azhar University,* **22**(3): 620-631.

Koch R., Ritter M., Spichtig B., Meier, R., Degin M. and **Cham S. H.** (2005) The influence of spatial heterogeneity and land use on soil water infiltration on the Swiss Jura plateau- results from dye tracer and infiltration experiments, *J. Physical Geography* **136**(4): 449-468.

Kostiakov A. N. (1932) On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity of studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration, *Transactions of 6th Congress of International Soil Science Society*, Moscow, Part A, pp: 17-21.

Mbagwu, J. S. (1994) *Soil Physical Properties Influencing the Fitting Parameters in Philip and Kostiakov Infiltration Models,* International Atomic Energy Agency and UNESCO Internal Report No. IC/94/97, Miramare-Trieste, 19p.

Miller, D. E. and **Aarstad, J. S.** (Soil 1971) Available water as related to evapotranspiration rates and deep percolation, *Sci., Soc. Am. Proc*., **35**:131-134.

Parrisopoulos, G.A. and **Wheater, H.S.** (1992) Experimental and numerical infiltration studies in a wadi stream-bed, *J. Hydr. Sci*., **37**: 27-37.

Philip, J. R. (1957) The theory of infiltration, 1. The infiltration equation and its solution, *Soil Science,* **83**: 345-357.

Ragab, R., Rosier, P., Dixon, A., Bromley, J. and **Cooper, J.** (2003) Experimental study of water fluxes in a residential area: 2. Road infiltration, runoff and evaporation, *Hydrological Processes,* **17**(12): 2423-2437.

Scanlon, B. R., Tyler, S. W. and **Wierenga, P. J.** (1997) Hydrologic issues in arid, unsaturated systems and implications for contaminant transport, *Rev. Geophys*., **35**(4): 461–490.

Stephens, D. B. and **Knowlton, R. J.** (1986) Soil water movement and recharge through sand at a semiarid site in New Mexico, *Water Resour. Res*., **22**: 881-889.

Tripathi, M. P., Panda, R. K. and **Raghuwanshi, N. S.** (2005) Development of effective management plan for critical sub-watershed using SWAT model, *Hydrol. Processes,* **19**: 809-826.

Estimation of Surface Infiltration and Subsurface Percolation Rates for Namman Basin

Abdullah S. Al-Wagdany

Faculty of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture
King Abdulaziz University, Saudi Arabia
awagdani@kau.edu.sa

Abstract. This study investigates infiltration and percolation processes in Namman basin, south east of Makkah city, in the western region of Saudi Arabia. Double ring method was used to estimate infiltration rates in 18 sites in Namman basin and its major tributaries. Variations of soil moisture content values with time and vertical water percolation rates were estimated using the Neutron Probe instrument installed at the intersection of main stream of Namman basin and one of its major tributaries. The results of the study indicated that infiltration rates are very high in the main channels of Namman basin and its tributaries. The mean value of infiltration rate was about 2 cm/min, while mean values of initial and final infiltration rates were 3.7 and 1.6 cm/min, respectively. The neutron probe experiment showed that maximum measured soil moisture value was about 24%. Value of moisture content of soil at various soil depths has increased by about 20% within 10 min from the beginning of the experiment. A linear empirical relationship between wetting front arrival time and soil depth was found and used to predict wetting front arrival time to various soil depths. The relation also suggests that wetting front needs about 2 h to reach depths up to 25 m provided that ponding head does exist on the soil surface. The results of the study can be utilized for various hydrological investigations of Namman basin such as water budget, rainfall losses, groundwater recharge and runoff estimations.

Keywords: Infiltration, percolation, Neutron probe, Namman basin, Saudi Arabia.