مجلة اتحاد الجامعات العربية للآداب المجلد 10 العدد 1ج، 2013، ص ص 745- 780

توقعات تجميع مياه الهطول من أسطح مساكن المراكز الحضرية في الأردن واحتمالات تبدلها

سامر النوايسة و عبدالله الطرزي*

ملخص

هدفت الدراسة إلى التعرف على إمكانيات تجميع مياه الأمطار الهاطلة على أسطح المساكن من صنفي الدور، والفلل في خمس وعشرين مركزاً حضرياً في الأردن، وذلك باستخدام البيانات المطرية خلال فترة السجل المطري الممتدة من 1989/ 1990إلى 2009/2008، وبيانات التعداد العام للسكان والمساكن لعام 2004 المتعلقة بمتغير متوسط مساحة المسكن من صنف الدار لخمس وعشرين مركزاً حضرياً، بينما لم يتعد ذلك المتوسط للفلل ثمانية عشر مركزاً، وقد تم الاعتماد على المنهج التحليلي والقائم على تحليل التباين الزماني والمكاني لكميات مياه الأمطار الهاطلة، المتوقع تجميعها من أسطح المساكن باستخدام الطرق الكمية، والمعتمدة على استخراج فترات الرجوع لكميات الأمطار واحتمالاتها، واعتبر سطح المسكن الذي يجمع ثلاثين متراً مكعب من المياه مناسباً اقتصادياً لإنشاء بئر تجميع، وبناءً على ذلك تبين أن ثمانية عشر مركزا حضريا من أصل المراكز الحضرية المستخدمة في الدراسة يناسبها إنشاء آبار لمساكنها (الدور)، بينما يناسب ذلك الفلل في جميع المراكز الحضرية باستثناء مدينة معان، نظراً لقلة الهطول المطري فيها.

الكلمات الدالة: المركز الحضري، تجميع المياه، المسكن، الدور، الفلل.

مقدمة

أدرك الأردن ومنذ بواكر السبعينيات من القرن الماضي انه يعاني شحاً في الموارد المائية، وعجزاً مائياً فيما بين العرض والتزويد المائي، حيث وصل هذا العجز في عام 2007م إلى حوالي (565 مليون متر مكعب)[1]، ومن المتوقع أن يصل إلى (284 مليون متر مكعب) في عام 2022م في حال تنفيذ الإستراتيجية المائية المعلنة. بالإضافة إلى انه سيكون هناك المزيد من الضغط على الموارد المائية بسبب جملة التغيرات التي حدثت، ومنها: التغيرات الديمغرافية، والتكوين الأسري، وأسلوب الحياة، إذ ستشهد المناطق التي تعاني الكثير من الضغط على الموارد المائية المزيد من الطلب على المياه.

© جميع الحقوق محفوظة لجمعية كليات الآداب في الجامعات الأعضاء في اتحاد الجامعات العربية 2013.

* قسم الجغرافيا، جامعة اليرموك، إربد، الأردن.

ولما كانت إحدى مسؤوليات الدولة تأمين التزويد المائي الموثوق، وتوفير الكمية، والنوعية الملائمة من المياه لأفرادها، وإيجاد مصادر مياه جديدة لزيادة كميات المياه المحمية، والتخفيف من حدة التنافس المستمر على استخدام الموارد المائية ما بين الحاجة إلى مياه الشرب، والحاجات القطاعية الأخرى والمتمثلة في الزراعة المروية، والصناعة، والخدمات؛ ولذلك كان لا بد من وضع وتبني استراتيجية، وخطط مائية تنموية طموحة، وقادرة على التخفيف من العجز المائي المستمر، ليصار بعد ذلك إلى اتخاذ القرارات المناسبة، والفاعلة للتخفيف من الأزمة المائية، وانعكاساتها على تدني حصة الفرد السنوية، والتي جعلتها من أدنى الحصص ضمن قائمة الدول العشر الأفقر مائياً في العالم، حيث قدرت (145م3 سنوياً) لعام 2007م، بعدما كانت تقدر بحوالي (3400م3 سنوياً) عند استقلال الأردن في عام 1946م[2].

وبهذا تبنى الأردن وضع الاستراتيجية المائية الوطنية للفترة (2008-2022م) لمعالجة جملة الاختلالات المزمنة في معادلة الموارد المائية واحتياجاتها، وفي ثنايا هذه الإستراتيجية تم التركيز على مواجهة التحديات المائية من خلال حزمة من المبادرات، والإجراءات، والمشاريع الإستراتيجية، التي تأتي في مقدمتها التقنين من استعمالات المياه، وترشيد استهلاكها، وتفعيل وسائل الحصاد المائي وعلى وجه الخصوص حصاد مياه الأمطار الهاطلة على أسطح المساكن في المدن، والمراكز الحضرية وإعادة أحيائها بعد أن كان معمول به في الأردن ومنذ زمن بعيد، هذا ما تؤكده عمليات تخزين المياه في آبار مدينة البتراء الخالدة، وما تؤكده أنظمة التخزين في المدن الرومانية، ومنها البرك الحجرية عالية التقنية الهندسية، والتي ما تزال تستخدم حتى الآن مثل: بركة القسطل جنوب عمان، والبركتين الرومانيتين قرب مدينة جرش، والآبار التخزينية في البتراء، والقصور الأموية في البادية الأردنية، وجميعها تتصف بهندسة متقنة، وقدرة تخزينية عالية. وبالعوده إلى الماضي غير البعيد اعتاد الآباء والأجداد وقبل وصول شبكات التزويد المائي لمنازلهم إلى توفير احتياجاتهم المائية عن طريق حفر الآبار، وخزانات جمع مياه الأمطار، ولكن تغير الوضع حاليا بحيث أصبحت نسبة المساكن المتصلة بالشبكة المائية العامة للمياه تقدر بحوالي (97.7%)[3]، مما أدى إلى هجر المواطنين للآبار التجميعية، وعدم الاكتراث ببناء الخزانات، أو حفرها في باحات المنازل الجديدة.

ويعد حصاد مياه الأمطار الهاطلة على أسطح المنازل من أهم الحلول التي لا بد من التركيز عليها لمعالجة مسألة شح المياه، حيث قدر(Ray et al ,2004) بأن حوالي (11.44كم3) من مياه الأمطار يمكن حصادها سنوياً من أسطح البيوت في الهند، وتوفر هذه الكمية ما نسبته 30% من متطلبات الماء للأغراض المحلية فيها. ونظراً لعدم قدرة مصادر المياه الحالية في الأردن على تلبية الاحتياجات المائية للأغراض المختلفة، وعلى وجه الخصوص التزويد المائي لغرض الشرب، وقلة الوصول الدائم للمياه إلى المنازل، مما يحتم على المواطنين ضرورة إحياء فكرة "ثقافة

المزراب المطري"[4] وبناء الخزانات، والآبار لتجميع مياه الأمطار وأخذ ذلك بعين الاعتبار عند تصميم المنازل خاصة في المناطق الحضرية، من الدور والفلل ذات الحدائق كبيرة المساحة وتفعيل ذلك بإصدار التشريعات اللازمة من خلال اشتراط بناء وحفر الآبار، والخزانات عند منح رخص البناء، حيث قدرت الكمية المجمعة من مياه الأمطار في منطقة أمانة عمان وحدها بحوالي (2.4 مليون م3 سنوياً)[5]، ومن المتوقع زيادة هذا التقدير مع ازدياد مساحات البناء الجديدة.

مشكلة الدراسة وأهدافها

تتمثل مشكلة الدراسة في معرفة اثر التباين الزماني والمكاني لمتغيري: معدلات الهطول السنوية للفترة (1989-2009)[6]، ومتوسط مساحة المسكن خلال فترة التعداديين السكانيين(2004/1994)[7] على احتمالات حصاد مياه الأمطار الهاطلة على أسطح المساكن (الدور والفلل) في المدن، والمراكز الحضرية الأردنية، وتحديد إمكانيات تجميعها في خزانات وآبار خاصة، ويمكن تحديد الأهداف المتوخاة من الدراسة بما يلي:

1. التعرف على إمكانيات حصاد مياه الأمطار الهاطلة على أسطح المساكن (الدور، والفلل) في المدن، والمراكز الحضرية الأردنية خلال فترة السجل المطري(1989-2009)، وبيانات التعداد العام للسكان والمساكن لعام (2004).
2. دراسة وتحليل التباين المكاني في كميات المياه الممكن تجميعها من أسطح المساكن في منطقة الدراسة.
3. معرفة اثر متغيري: معدلات الهطول السنوية للفترة(1989-2009)، ومتوسط مساحة المسكن خلال فترة التعداد العام للسكان والمساكن لعام(2004) على احتمالات تجميع مياه الأمطار وحصادها.
4. التعرف على تباين كميات المياه الممكن حصادها من أسطح المساكن (الدور، والفلل) تبعا لأثر التباين في معدلات الهطول السنوية للفترة(1989-2009)، ومتوسط مساحة المسكن خلال فترة التعداديين السكانيين(2004/1994).

أهمية الدراسة ومبرراتها

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من خلال إمكانية توفير مصدر مائي يساهم وبشكل فاعل في التخفيف من عجز المصادر المائية الحالية، والاستفادة من تخزين الفائض المائي من أسطح المساكن أثناء فصل هطول الأمطار، والإفادة منه أثناء فصل الصيف الجاف، للتخفيف من حدة الطلب على التزويد المائي في المدن، والمراكز الحضرية الأردنية. ويمكن تبيان أهمية الدراسة بما يلي:

- توفير بيانات كمية عن حجم المياه الممكن حصادها من الهطول على أسطح المساكن للاستفادة منها في تصميم الخزانات، والآبار بالأحجام المناسبة والمتوافقة مع تلك الكميات.
- الحصول على مياه عالية الجودة وأكثر نقاءً تصلح لكافة الاستعمالات المحلية والمنزلية (Domestic purposes) والمتضمنة: ماء الشرب، الطبخ، النظافة الشخصية، الغسيل، التنظيف.
- التقليل ما أمكن من الكميات المستعملة من شبكات التزويد المائي، وانعكاس ذلك على توفير التدفق اللازم من المياه للمباني المرتفعة، والتقليل من عدد أيام الانقطاع المائي، والوصول إلى توازن مستدام بين التزويد، والطلب في مجال المياه، مما يعني تحديد وخفض الاستهلاك المائي لشبكات التزويد.
- المساهمة في رفع حصة الفرد الأردني من إمداد المياه اليومية خصوصاً أثناء فصل الصيف.
- استثمار الهطول المطري أثناء فصل الشتاء من خلال تجميعها، وضبط تخزينها، واستعمالها بطرق هندسية فاعلة للتخفيف من اوجه المعاناة المائية خصوصاً أثناء ذروة الطلب في فصل الصيف الجاف.

وتتضح **مبررات الدراسة** من خلال اوجه معاناة التزويد المائي أثناء فصل الصيف، التي يمكن إيجازها:

1. انقطاع المياه من أربعة إلى خمسة أيام أسبوعياً تبعاً لبرنامج الضخ الأسبوعي المتبع في مناطق التزويد المائي.
2. عدم وصول المياه بشكلٍ كافٍ إلى المناطق المرتفعة، والمباني العالية؛ نظراً لتدني مستوى الضخ في أنابيب التزويد، مما يستدعي أحيانا تركيب مضخات خاصة لضخ المياه للمنازل العالية، ويترتب على ذلك ضعف تدفق المياه للمباني الأخرى المجاورة.
3. زيادة قيمة فاتورة الاستهلاك المائي، وذلك تبعاً لسعر المتر المكعب الواحد من المياه بعد حد استهلاكي معين، يترتب علية ارتفاع السعر مع زيادة الاستهلاك بعد ذلك الحد.
4. تدني نوعية ونقاء المياه المزودة وتلوث مياه شبكات التزويد في بعض الحواضر التي تشهد ذروة الاستهلاك المائي.

الدراسات السابقة

أجريت العديد من الدراسات تناولت موضوع الحصاد المائي من أسطح، ومستجمعات مياه الأمطار، موضحة معظم الأبعاد التاريخية، والفنية، وأساليب الحصاد المائي الفاعلة، والمتبعة في العديد من المناطق الجغرافية.

وقد تم الاطلاع على معظم تلك الدراسات وكان لها الأثر الكبير في إثراء هذه الدراسة وسنستعرض فيما يلي أهم، وأحدث الدراسات المتعلقة بموضوع الدراسة:

- دراسة **محمود (1986)**[8]: حيث قام بدراسة إمكانيات استعمال مياه الأمطار التي يتم تجميعها من على أسطح المساكن في الأردن، بالاعتماد على بيانات سجلات مطرية لمجموعة من المحطات المطرية، وقد تضمنت الدراسة نتائج تتعلق بعدد من المعايير التي تؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم وتحديد كفاءة أنظمة تخزين المياه، وطاقتها المثالية.

- تناولت دراسة **عبدالفتاح، لطفي (1999)**[9]:إمكانيات الحصاد المائي من المراكز الحضرية الأردنية، حيث هدفت إلى تحليل التباين المكاني لإمكانيات حصاد مياه الأمطار من مستجمعات، وأسطح مساكن عدد من المدن الأردنية، وذلك باستخدام بيانات مطرية للفترة من(1978/77 – 1997/96)، وبيانات التعداد العام للسكان والمساكن لعام 1994م والمتعلقة بمتوسط مساحة المساكن في المدن، وقد أظهرت الدراسة نتائج تتعلق بتباين كميات مياه الأمطار التي يمكن حصادها من أسطح المساكن في المدن الأردنية، فكانت كل من: عجلون، السلط، عمان الكبرى، الكرك من اكثر المدن استئثاراً بمياه الحصاد المائي وبكميات متفاوتة.

- بحث **الجبارين (2003)**[10]: التقييم الاقتصادي لتقنيات الحصاد المائي في المناطق الجافة في الأردن، من خلال أجراء تقييم اقتصادي للسدود الثلاثة التي أنشئت من قبل مشروع زيادة إنتاجية المناطق الجافة في الأردن، حيث يشمل التقييم آبار جمع المياه المنشأة من قبل المزارعين في المنطقة مستخدماً العديد من معايير التقييم الاقتصادي، ورسم السيناريوهات لتقييم المنافع المتوقعة من الحصاد المائي. وتبين من نتائج المعايير المستخدمة أنها تشير وبوضوح إلى وجود جدوى اقتصادية، ومالية للاستثمار في جميع تقنيات الحصاد المائي في المناطق الجافة من الأردن حتى عند اتباع السيناريوهات المتحفظة.

- دراسة **الطراونة، سليمان(2004)**[11]: الحصاد المائي للجريان الحضري في المنطقة الغربية من مدينة الكرك، من اجل استخدامها للاحتياجات المنزلية باستخدام جملة العلاقات فيما بين معامل الجريان، ومتغيرات: شدة المطر، ومعامل التدفق، كميات الحصاد المائي، موضحاً أن معظم المناطق الحضرية في الأردن تقع ضمن المناطق الرطبة مما يضاعف معامل الجريان؛ بسبب تناقص فرص التسرب، وقد خلصت الدراسة إلى أن الحصاد المائي للجريان الحضري يقلل من أضرار الفيضان، ويزيد من كميات المياه التي يمكن الاستفادة منها.

- وكشفت دراسة **(Skinner,2004)**[12] المتعلقة بدراسة إمدادات المياه ضمن المستجمعات الصغيرة، وتصاريفها المائية عن أهم المعطيات التي تجعل من آليات الحصاد المائي

أكثر فاعلية، وفائدة، وقد ذكر أن المناطق المطرية والتي يتراوح معدل الأمطار السنوي فيها (200-1000) ملم أكثر ملائمة للحصاد المائي خصوصا من نواحي الجمع، والتخزين طوال فترة الفصل المطير، وذلك لتلبية المطالب أثناء الفصل الجاف، وتوصلت الدراسة إلى أن من أكثر الفوائد المتأتية من حصاد مياه الأمطار من السطوح المختلفة هو الاحتمالية العالية لعدم تلوثها، بالإضافة إلى إمكانية استخدامها لملء الخزانات الأرضية المعدة والمزودة للمنازل، واستخدامها للأغراض المحلية وري الحدائق، وتحدثت الدراسة عن ضرورة التخلص من كميات مياه الأمطار الممكن تجميعها خلال الفترات الأولى من هطول الأمطار؛ وذلك للتقليل من كمية الرواسب المحمولة ضمن أنظمة الحصاد المائي وأنابيب التجميع، والتي تزيد من عكورة المياه وتعطيها اللون المائل إلى الحمرة(First flush)، وحددت الدراسة جملة من الاعتبارات التخطيطية لحصاد مياه الأمطار من على أسطح المنازل، والتي تدخل ضمن تقدير كمية المياه الممكن تجميعها وهي: الفقد المائي من نظام الحصاد المستخدم، وكميات المياه المطلوبة ووقت الاستفادة منها، والنمط المطري السائد، وحجم الخزانات والآبار المائية المطلوبة، وأفضل طريقة لتخزين مياه التجميع. وحددت الدراسة مجموعة من المتطلبات التي تجعل من الحصاد المائي أكثر فاعلية وترتكز هذه المعطيات على:

1. وجود نمط مطري مناسب للحصاد المائي.
2. حاجة المجتمع لاستخدام وسائل الحصاد المائي.
3. أن تكون أنظمة الحصاد رخيصة ومتاحة للاستخدام.
4. عدم توفر مصادر مائية أخرى باستمرار أو يكون توفرها موسمياً.

- أوضحت دراسة **(Liaw et al, 2004)**[13] والمتعلقة بالحجم الأقصى لتخزين حصاد مياه الأمطار من أسطح المنازل وباستعمال أنظمة التجميع المختلفة لاستخداماتها المحلية في تايون من خلال تبني المنهج التحليلي، والمعادلات التجريبية، والقياس الميداني لتقدير، وقياس حجم المياه المحصودة، وقد توصلت الدراسة إلى تحديد بعض معاملات الجريان المائي للسطوح المختلفة.

- أجرى **(Purwanti,2006)**[14] دراسة عن تجميع مياه الأمطار من أسطح المنازل ضمن مستجمع مائي صغير لاستعمالها في الاستخدامات المحلية في إندونيسيا، وقد توصلت الدراسة إلى نتائج تتعلق بإمكانية تجميع مياه الأمطار من الأسطح المختلفة، والاستفادة منها في مجال الزراعة المحلية، وسقاية المواشي، وكذلك التقليل ما أمكن من أخطار الفيضان، وأظهرت الدراسة اهتماماً ببعض الاعتبارات التي يجب ان تؤخذ في الحسبان عند تطبيق وسائل الحصاد المائي من

أسطح المنازل ومنها: نسبة التبخر، وأنماط التساقط المطري، وقابلية المجتمع لتفعيل وسائل وأنظمة الحصاد المائي.

- ناقش **(Clara, 2010)**[15] تقييم الحصاد المائي من أسطح المنازل لاستثمارها في الأغراض المحلية في كينيا، محاولاً الوصول إلى أولويات التزويد المائي للاستعمالات المحلية المختلفة لثلاث بلدات في غرب كينيا، باستخدام التحليل الإحصائي للبيانات، والمتغيرات المدروسة، وبينت الدراسة أن حصاد مياه الأمطار من أسطح بعض المستجمعات لا تستطيع الإيفاء بالحد الأدنى من متطلبات الاستعمالات المحلية خلال كل أيام السنة، خصوصاً أثناء الفترات الجافة الطويلة.

ولعل ما يميز هذه الدراسة عن بقية الدراسات السابقة في أنها تقدر كميات مياه الأمطار التي يمكن تجميعها من أسطح الدور، والفلل المراكز الحضرية الأردنية، خلال فترات حديثة: لمعدلات الأمطار السنوية (1990/89 – 2009/8)، ومتوسط مساحة المسكن ضمن التعداد العام للسكان والمساكن لعام 2004م، وأبراز اثر التغير الزماني والمكاني في معدلات الأمطار السنوية من ناحية، ومعدل مساحة سطح المسكن (الدور، والفلل) من ناحية أخرى خلال فترات التعداد السكاني لعامي (2004/1994) على توقعات تجميع مياه الهطول؛ وذلك نتيجة لما تشهده المراكز الحضرية الأردنية المدروسة من نموٍ ملحوظٍ في إنشاء المزيد من المساكن، واختلاف أنماط استخدام الأرض المتصل بها، بالإضافة إلى الحاجة الملحة لإيجاد مصادر مائية بديلة يمكن الاعتماد عليها، خصوصا في ظل محدودية الموارد المائية والضغط عليها وتزايد معدلات العجز المائي؛ بسبب التغيرات السكانية والتنموية وأساليب الحياه المختلفة، الذي انعكس بدورة على اتخاذ بعض السياسات الواضحة في مجال قطاع المياه في الأردن من خلال تبني الاستراتيجية الوطنية لقطاع المياه (2008-2022) التي ذكرت في واحدة من مبادئها صراحة، على أن "الأردن سيطبق تعليمات ذات طبيعة محفزة، ومشجعة للحصاد المائي في المناطق المختلفة"[16].

وبهذا فان الدراسة تعد مكملة لنتائج الدراسات السابقة، والتي ستقدم بعض التوصيات التي تساعد متخذي القرار في تبني التدابير اللازمة من أجل تفعيل، وتطوير أنظمة، ووسائل الحصاد المائي لمياه الأمطار من المستجمعات، والأسطح المختلفة، خصوصاً أسطح المباني السكنية منها.

منهجية الدراسة

اعتمدت الدراسة لتحقيق أهدافها والوصول إلى النتائج المتوخاة على المنهج التحليلي (Analytical Approach) القائم على تحليل البيانات بالطرق الكمية، لتوضيح التباين الزماني والمكاني لكميات مياه الأمطار المتوقع حصادها من أسطح المساكن (الدور، والفلل) من المراكز الحضرية الأردنية، ومعرفة اثر وعلاقة كل من متغيري: معدلات الهطول السنوية، متوسط مساحة

المسكن خلال التعداديين السكانيين (2004/1994م)، على كميات مياه الأمطار الممكن تجميعها من أسطح المساكن، واعتمدت بيانات معدلات الهطول السنوية خلال الفترة (1990/89 – 2009/8م) للمحطات المطرية الواقعة ضمن خمسة وعشرين مركزاً حضرياً، (انظر شكل1) مأخوذة من سجلات وزارة المياه والري[17]، بالإضافة إلى بيانات التعداد العام للسكان والمساكن لعامي (2004/1994م) وخصوصاً البيانات المتعلقة بمتوسط مساحة السطح لنوعي المسكن: الدور، والفلل، والمعدة من قبل دائرة الإحصاءات العامة [18] حيث اعتبرت الدار هي: المبنى التقليدي الذي يتكون من غرفة، أو أكثر وقد تكون هذه الغرف على شكل صف واحد، أو متناثرة أو قد تتكون من غرفتين وبرندا، وربما تكون داخل سور (حوش)، وقد تكون الدار مكونة أيضاً من طابقين يصل بينهما درج خارجي مكشوف على الأغلب. بينما حددت الفيلا على أنها: مبنى قائم بذاته مشيد من الحجر النظيف عادة، ويتكون من طابق واحد بجناحين، أو من طابقين أو أكثر يصل بينهما درج داخلي، كما يخصص أحد الأجنحة في حالة الطابق الواحد أو الطابق الثاني للنوم والجناح الآخر أو الطابق الأرضي يخصص للاستقبال والمطبخ وللخدمات بمختلف أنواعها، كما يتوفر في الفيلا غالباً حديقة تحيط بها، بغض النظر عن مساحة تلك الحديقة، بالإضافة إلى سور يحيط بها من الخارج، وكراج للسيارة، كما يغطى السطح العلوي للفيلا بمادة القرميد على الأغلب.

تم إدخال ومعالجة البيانات باستخدام الحاسب بغرض استخلاص النتائج وفقاً للإجراءات التالية:

1. استخدم برنامج الرزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية SPSS في البداية، وذلك من اجل حساب معدلات الأمطار السنوية لكل محطة، وأجراء تقدير لفترات الرجوع (Return Periods) للأمطار من خلال حساب احتمالية الفترة الزمنية التي يتوقع أن تتكرر نفس الكمية من الأمطار فيها، ولاختبار مدى توافق البيانات المطرية السنوية مع التوزيع الطبيعي(Normal Distribution)، أو اختيار توزيع المعاينة المناسبة لأجراء التحليل وتقدير فترات الرجوع واحتمالاتها، فقد تم حساب معامل الالتواء (Skewness) لمعدلات الأمطار السنوية، ولكافة محطات الدراسة، والتي تعطي تصوراً عن تمركز قيم الأمطار السنوية، ومدى التماثل مع التوزيع الطبيعي المعتدل، وقد وجد أن التوزيع التكراري لمعدلات الأمطار السنوية في المحطات تميل عادة وبقيم موجبة، وهذا يعني أنها لا تتماثل مع التوزيع الطبيعي مما يشكل عقبة أمام استخدام الوسائل الإحصائية العادية في تحليلها واستخلاص النتائج منها، ولهذا الغرض فقد أدخلت بيانات الأمطار السنوية، ولكافة المحطات إلى البرنامج الهيدرولوجي (SMADA)[19] من اجل بناء توزيع نسبي لبيانات الهطول المطري لمنطقة الدراسة، وتقدير فترات الرجوع، واحتمالاتها من خلال بناء متتالية سنوية جزئية عظمى للتحليل النسبي، حيث خزنت معدلات الأمطار السنوية لكافة المحطات

بعد ترتيبها ترتيباً تنازلياً في القائمة الرئيسية لبرنامج (SMADA)، ومن ثم تم استدعاؤها باختيار نافذة (Distrib 2.13) التي تخص تحليل التوزيعات الإحصائية (Statistical Distribution Analysis) لمعرفة أي من التوزيعات الاحتمالية ملائمة لتمثيل البيانات، حيث وجد أن توزيع بيرسون من النوع الثالث (Pearson type III) هو من أكثر التوزيعات تماثلاً فيما بين البيانات الحقيقية والتوزيع الاحتمالي، لذلك اخذ هذا التوزيع ممثلاً لبيانات معدلات الهطول المطري السنوي في محطات الدراسة خلال فترات رجوع تم تقديرها من قبل البرنامج وهي (سنتان، ثلاث سنوات، خمس سنوات)، وباحتمال حدوث وعلى التوالي (50%،68%،80%). وبذلك يمكن استخدام الوسائل الإحصائية العادية في تحليلها واستخلاص النتائج منها باستخدام برنامج الرزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية SPSS، ويوضح شكل رقم (2) مدى تماثل البيانات الحقيقية لمعدل الأمطار السنوية لبعض محطات الدراسة مع التوزيع الاحتمالي لبيرسون النوع الثالث باستخدام المعالجة الإحصائية لبرنامج (SMADA)، الممثلة للأقاليم الجغرافية في الأردن.

2. استخدمت قيم معدلات الأمطار السنوية لكل محطة من المحطات ولفترات الرجوع الثلاث: (سنتان، ثلاث سنوات، خمس سنوات) لحساب كميات مياه الأمطار التي يمكن تجميعها من أسطح المساكن (الدور، الفلل)، تبعاً لمتغير متوسط مساحة المسكن حسب نتائج التعداد العام للسكان والمساكن لعام 2004م، ومعرفة التباين المكاني لكميات المياه الممكن حصادها لكل مدينة، ومركز حضري من خلال تطبيق المعادلة التالية[19]:

$$V = C * A * d$$

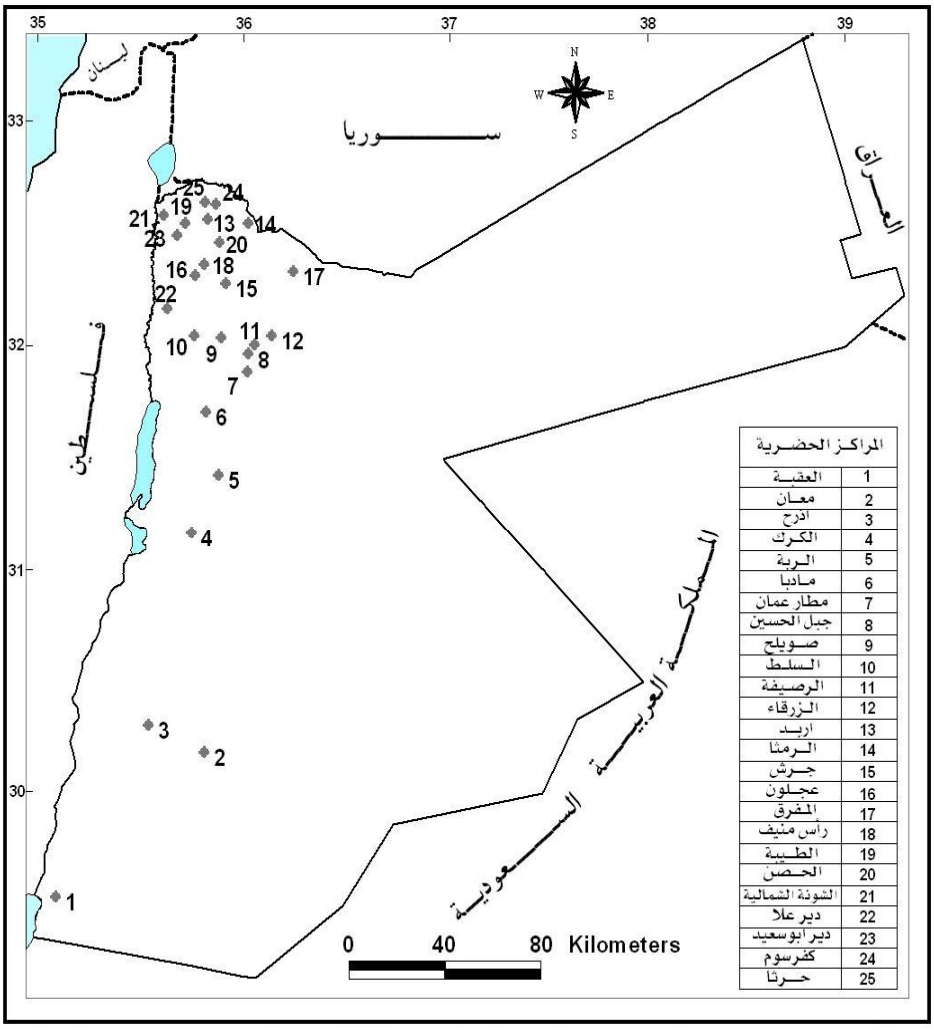
حيث أن:

V= كمية مياه الأمطار التي يمكن تجميعها من أسطح المساكن / م^3.

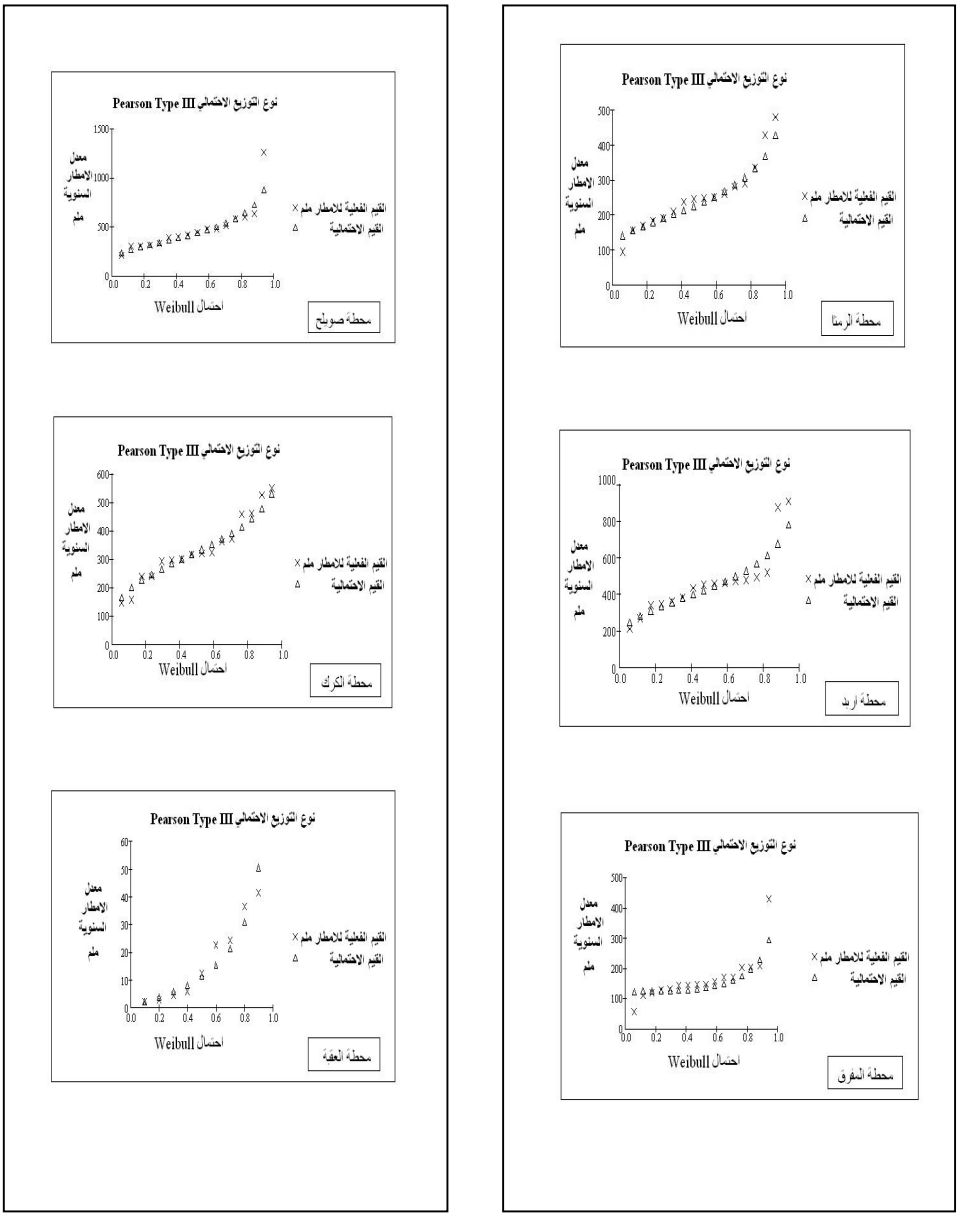
A= متوسط مساحة المسكن / م^2.

d = معدل الأمطار السنوية / ملم لفترة الرجوع (سنتان، ثلاث سنوات، خمس سنوات).

C = معامل الجريان وتتراوح قيمته للأسطح الأسمنتية (0.7-0.9).



شكل (١) مواقع المراكز الحضرية التي شملتها الدراسة. المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على خارطة التقسيمات الادارية للاردن والمعدة من قبل المركز الجغرافي الملكي، ٢٠٠٩.



شكل (2) تماثل البيانات الحقيقية لمعدل الأمطار السنوية/ ملم، مع التوزيع الاحتمالي لبيرسون النوع الثالث لبعض محطات الدراسة.

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على نتائج المعالجة الإحصائية لبرنامج (SMADA).

3. لتحديد العلاقات ومعرفة اثر تغير معدلات الهطول السنوية في الفترة (1990/1989 – 2009/2008م)، ومتوسط مساحة المسكن حسب نتائج التعداد العام للسكان والمساكن لعام 2004م، على احتمالات تجميع المياه في المدن والمراكز الحضرية الأردنية، فقد استخدم أسلوب معامل الارتباط الثنائي (Bivariate Correletion) نوع بيرسون (Pearson)، وذلك لمعرفة العلاقة الارتباطيه بين كلا المتغيرين (معدلات الأمطار السنوية / ملم لفترات الرجوع الثلاث، متوسط مساحة المسكن /م^2) وكمية مياه الأمطار التي يمكن تجميعها من المدن والمراكز الحضرية قيد الدراسة، والتعرف على مستوى الدلالة الإحصائية عند مستوى الثقة المطلوب في الدراسات الإحصائية عادة (0.95).

وقد استخدم أسلوب الانحدار المتعدد (Multiple Regression) طريقة (Stepwise) لبيان مقدار التغير في كمية مياه الأمطار الممكن حصادها من أسطح المساكن، باعتباره متغيرًا تابعًا عندما يحدث التغير في معدلات الأمطار السنوية خلال فترات الرجوع الثلاث، ومتوسط مساحة المسكن، كمتغيرين مستقلين، وتأخذ المعادلة الشكل الآتي:

$$\mathbf{Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 \pm e}$$

حيث ان:

Y = كمية مياه الأمطار الممكن تجميعها من أسطح المساكن /م^3 خلال فترات الرجوع الثلاث، ولكافة فترة السجل المطري (1990/89 – 2009/8م).

X_1 = معدل الأمطار السنوية /ملم خلال فترات الرجوع الثلاث، ولكافة السجل المطري.

X_2 = متوسط مساحة المسكن /م^2 خلال التعداد السكاني 2004م.

a = نقطة تقاطع خط الانحدار مع المحور الصادي.

b_1 / b_2 = معامل الاستواء (Regression Coefficent) لكلا المتغيرين المستقلين.

e = الفرق بين القيمة الفعلية، والمتوقعة من نتائج تطبيق المعادلة.

4. لمعرفة أثر التغير الزماني، والمكاني لمعدلات الهطول السنوية في الفترة (1990/1989 – 2009/2008م)، ومتوسط مساحة المسكن لفترة العدادين السكانيين (2004/1994م) على احتمالات تجميع المياه في المدن، والمراكز الحضرية الأردنية، فقد اعتمد في البداية أسلوب الأرقام القياسية، حيث اعتبرت فترة التعداد السكاني لعام 1994م فترة قياسية بالنسبة لفترة التعداد السكاني لعام 2004م، وذلك بتقسيم معدلات الهطول السنوية لكافة المحطات إلى فترتين تتناسب مع كل واحد من التعداديين السكانيين.

نتائج الدراسة ومناقشتها

لتحقيق أهداف الدراسة المتعلقة بتقدير كميات مياه الأمطار التي يمكن تجميعها من أسطح المساكن في المدن، والمراكز الحضرية الأردنية، خلال السجل المطري السنوي (1990/1989 – 2009/2008)، والتعداد العام للسكان والمساكن لعام 2004م واحتمالات تبدلها، كان لابد من ملاحظة، ودراسة التباين في قيم المتغيرات الداخلة في تقدير كميات الحصاد المائي من الأسطح والمرتكزة أساسا على متغيري: معدل الهطول السنوي، ومتوسط مساحة المسكن، وقد استخدم من اجل هذه الغاية الأسلوب الإحصائي المتعلق بتقدير نسب تباين القيم عن وسطها الحسابي، حيث يبين الشكل (3) نتائج حساب النسب ولكافة المتغيرات ويلاحظ منه أن هناك تبايناً واضحاً في قيم المتغيرات عن وسطها العام، والمقدر بحوالي (330.5 ملم سنوياً) لمجمل معدلات الهطول المطري في منطقة الدراسة، وبانحراف معياري كبير وصل إلى (170.8 ملم) والذي يدل بدورة على مقدار التشتت الشديد في معدلات الهطول للمحطات المدروسة ويمكن تفسير ذلك تبعا لاختلاف مواقع المحطات والتي تتوزع ضمن ثلاثة أقاليم جغرافية تمثل طولياً من الشمال إلى الجنوب، ليبدأ إقليم الأغوار في الجهة الغربية ممتدا من أقصى الشمال إلى أقصى الجنوب واقعاً في ظل الجبال بمعدلات هطول قليلة، شاملاً البحر الميت، ووادي عربة، ويليه إقليم المرتفعات الجبلية والمتاخم لإقليم الغور من الشرق، ثم البادية الأردنية، أو ما يسمى بالهضبة الشرقية والتي تقع إلى الشرق من المرتفعات الجبلية، ويتمثل في هذه الأقاليم التباين المناخي وعلى وجه الخصوص التباينات في كميات الهطول السنوية، وبالرغم من تواضع مساحاتها، ألا أنها تبقى في حدود التأثير قرباً وبعداً من البحر المتوسط مصدر المنخفضات الجوية، ومواجهتها لتأثيراته البحرية، بالإضافة إلى التفاوت الكبير في مناسيبها. وبذلك فأن المحطات المطرية الشمالية والوسطى الواقعة ضمن إقليم المرتفعات تتلقى أعلى معدلات الهطول السنوية، فأستأثرت محطتي عجلون ورأس منيف بأعلى الزيادات عن المعدل العام بما يزيد عن انحراف معياري واحد وسجلتا تباين وصل إلى (292.2ملم)، (250.7ملم) وعلى التوالي بنسب تزايد عن المعدل العام وصلت إلى (88.4%) لمحطة عجلون، و(75.8%) لمحطة رأس منيف. تبعها في ذلك كل من محطتي السلط وكفرسوم بمقدار تزايد (170.6 ملم) بما نسبته (51.6%)، وسجلت محطات: دير أبى سعيد، وصويلح، واربد، والطيبة، وجرش، وجبل الحسين، والحصن والكرك هي الأخرى تزايداً عن المعدل خلال فترة الدراسة بنسب تزيد عن(50%). وفي الجهة المقابلة نجد أن المحطات الجنوبية والشرقية، والواقعة في نطاقات ابعد عن مسارات المنخفضات الجوية، قد سجلت انخفاضاً واضحاً، وبقيم سالبة عن الوسط العام لمعدل الهطول المطري، حيث وصلت إلى (313.6 ملم) وبنسبة تناقص (94.8%) في العقبة و(292 ملم) بنسبة تناقص (88.3%) في معان، وتلتها محطتي الزرقاء والرصيفة من المناطق الشرقية بحدود تناقص (207ملم، 190

ملم) بنسبة (62.6%، 57.5%) وعلى التوالي، واستمر التناقص بالانخفاض مقتربا من الوسط العام لمعدلات الهطول في كل من محطات: اذرح، والمفرق، والشونة، ومطار عمان، والرمثا، والربة، وديرعلا ومادبا، وعلى التوالي، إذ قدر اقل انخفاض عن المعدل في محطة مادبا (27.7 ملم) بنسبة تناقص (8.3%).

وتميز متغير متوسط مساحة السطح /م^2 في منطقة الدراسة بالتشتت أيضا، إذ بلغ الانحراف المعياري لمتوسط مساحة سطح الدار/م^{2}عن وسطها العام (16.4/م^2)، بمعدل عام (158.3/م^2)، وازداد الانحراف لمتوسط مساحة سطح الفلل إلى (33.1/م^2) عن المعدل العام له والمقدر(278.8/م^2) لحوالي (18) مدينة ومركز حضري. وارتفع التباين بالزيادة عن المتوسط العام لسطح الدار في: صويلح (50.7/م^2، بنسبة32%)، والحصن(23.7م2، بنسبة14.9%)، واربد(14.7م2، بنسبة9.3%)، كفرسوم والكرك (12.7م2، بنسبة7.6%)، بينما انخفض التباين إلى اقل من المعدل العام في كل من: رأس منيف، واذرح (22.3م2، بنسبة14.1%)، دير علا (21.3م2، بنسبة13.4%)، والشونة الجنوبية، الرصيفة، مطار عمان، وعجلون إلى نسبة اقل من (12%)، أما فيما يخص التباين في قسم متوسط مساحة سطح الفلل فبلغت الزيادة أعلاها في منطقة الربة حيث وصلت إلى (71.2م2)، بنسبة تزايد (25.5%)، تلتها في ذلك جبل الحسين (56.2م2، 20.1%)، ودير أبى سعيد(46.2م2، 16.5%)، بينما قدر التزايد عن المعدل العام في محطات: المفرق، والعقبة، والطيبة حوالي (20م2، بنسبة تزايد 7.1%)، وتناقصت القيم عن معدلها إلى أقلها في: الزرقاء، والسلط، ومطار عمان، والكرك، واربد، وعجلون إلى أقل من (25م2، بنسبة تناقص9%)، بينما تراوحت نسب التناقص في باقي المناطق حول معدلها العام.

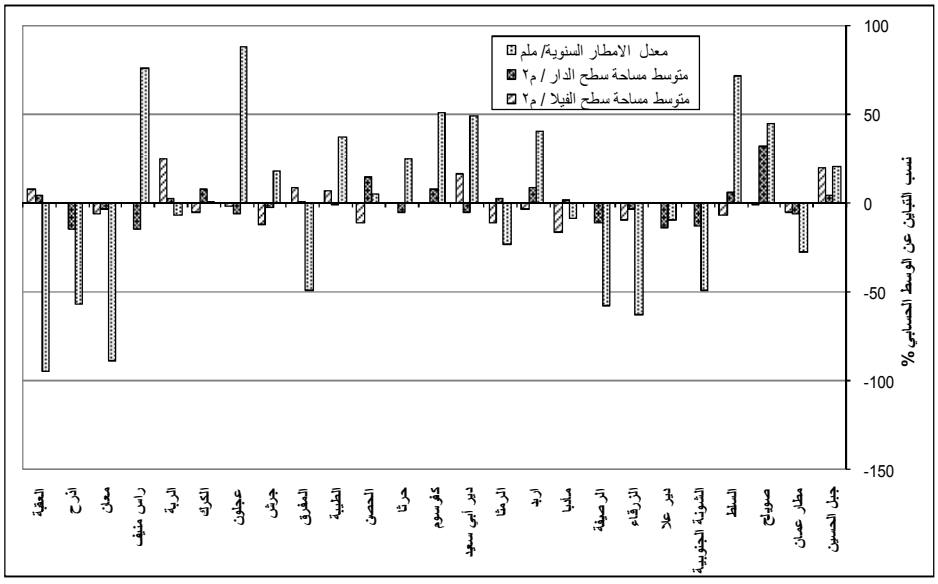
ويتضح من ذلك، أن هناك تبايناً شديداً في قيم متغيرات حساب كميات مياه الأمطار الممكن تجميعها من أسطح المساكن، وبتطبيق المعادلة استناداً إلى المعدلات العامة للهطول المطري السنوي، ومتوسط مساحة سطح المسكن لكافة المناطق المدروسة، وباعتبار أن معامل الجريان للأسطح الإسمنتية يساوي (0.8)[21]، فإنه يمكن تقدير كمية المياه الممكن حصادها، حيث بلغت لأسطح الدور (41.9م3)، والفلل (73.71م3)، وبتقدير آخر فإن الكمية الممكن حصادها من أسطح الدور في المراكز الحضرية الأردنية، تكفي أسرة مكونة من ثلاثة أفراد طيلة فصل الصيف (182 يوم)، بينما تكفي الكمية المتوقع حصادها من أسطح الفلل أسرة مكونة من خمسة أفراد (المتوسط العام لعدد أفراد الأسرة الأردنية)[22]، طوال أيام فصل الصيف الجاف على أساس أن معدل استهلاك الفرد اليومي من المياه يبلغ (80 لتراً)[23].

وتم التوصل إلى النتائج المتعلقة بإمكانيات تجميع مياه الأمطار من أسطح المساكن (الدور، الفلل) خلال فترات الرجوع الثلاث: سنتان، ثلاث سنوات، خمس سنوات، وباحتمالية رجوع:

(50%)، (68%)، (80%) وعلى التوالي. ويبين الجدول (1) كميات مياه الأمطار التي يمكن تجميعها من أسطح مساكن المراكز الحضرية الأردنية لفترات الرجوع الثلاث ولكامل الفترة التي يمكن بيانها بما يلي:

1- كميات مياه الأمطار الممكن تجميعها سنوياً من أسطح المساكن خلال فترة رجوع طولها سنتان واحتمالية تكرار(50%).

يتضح من جدول (1) تباين كميات مياه الأمطار الممكن حصادها من أسطح المساكن ولفترة رجوع سنتان، حيث سجلت مدينتي عجلون، وصويلح أعلى كمية مياه يمكن حصادها من أسطح الدور سنوياً بما يزيد عن (70م^3)، ثم تلتها في ذلك وعلى التوالي كل من: السلط، كفرسوم، اربد، رأس منيف، دير أبي سعيد، والطيبة بمعدل تراوح بين (50م^3) إلى (70م^3)، ويعزى ارتفاع كميات التجميع لبعض المراكز إلى ارتفاع معدلات الهطول السنوية، الذي يصل في مدينة عجلون إلى (621 ملم)، بينما يصل في محطة الطيبة إلى (398 ملم)، شكل (4).



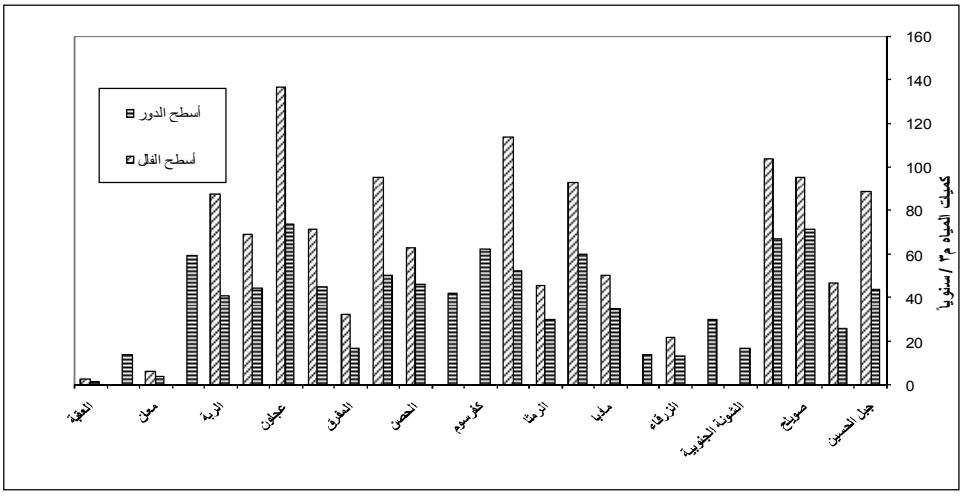
شكل (٣) نسب تباين المعدل السنوي للامطار/ ملم للفترة (١٩٩٠/٨٩-٢٠٠٩/٨)، ومتوسط مساحة المساكن(الدور،الظل)/ م٢ للتعداد العام للسكان والمساكن لعام ٢٠٠٤ عن وسطهما العام في المراكز الحضرية الاردنية.

المصدر: عمل الباحث

وانخفضت كميات التجميع إلى أدنى مستوياتها في مدينة العقبة حيث وصلت إلى (1.49م^3)؛ وذلك بسبب تدني معدلات الهطول السنوي إلى 11.2 ملم سنوياً، تبعها وعلى التوالي كل من: معان، والزرقاء، والرصيفة، واذرح، والشونة، والمفرق بكميات تقل عن (20م^3) سنوياً؛ ويرجع

ذلك إلى انخفاض معدلات الهطول السنوية لأقل من 150ملم سنوياً من جهة، وقلة متوسط مساحة سطح الدار من جهة أخرى.

وبملاحظة كميات مياه الأمطار التي تجميعها من أسطح الفلل في (18) مركز حضري أردني من الجدول (1)، فيتضح وجود نمط مماثل من التباين في حصاد مياه الأمطار من أسطح الدور، بحيث يبقى المؤثر الأساس فيه إلى التباين في معدلات الأمطار السنوية، ومن ثم زيادة متوسط مساحة أسطح الفلل في إحداث إمكانيات أعلى لتجميع مياه الأمطار، وعليه فقد استأثرت مدينة عجلون مرة أخرى بالمرتبة الأولى، حيث وصلت كمية المياه الممكن حصادها من أسطح فللها إلى (136.7م^3)، وتبعتها مدينة دير أبى سعيد (113.9م^3)، والسلط (104م^3)، بينما انخفضت الكميات المحصودة لتصل إلى ما دون (35م^3) في كل من:العقبة (2.7م^3)، ومعان (6.5م^3)، والزرقاء (22.1م^3)، والمفرق (32.7م^3)، بسبب قلة الأمطار رغم ارتفاع مساحة السطح.



شكل(٤) كميات مياه الامطار/ م٣ الممكن تجميعها من اسطح المساكن(الدور،الفلل) لفترة رجوع مطرية سنتين واحتمالية تكرار ٥٠% في المراكز الحضرية الاردنية.

المصدر: عمل الباحث

جدول (1): كميات مياه الأمطار التي يمكن تجميعها سنوياً من أسطح المساكن (الدور،والفلل) في المراكز الحضرية الأردنية، لفترات الرجوع الثلاث، ولكامل الفترة.

المركز الحضري	متوسط مساحة السطح م2		فترة رجوع سنتين واحتمالية 50%			فترة رجوع ثلاث سنوات واحتمالية 67%			فترة رجوع خمس سنوات واحتمالية 80%			معدل التساقط السنوي 1989/ 1990 – 2008/ 2009	كمية المياه السنوي الممكن تجميعها م3	
	الدور	الفلل	معدل الأمطار السنوية/ ملم	كمية المياه الممكن تجميعها م3/ سنوياً		معدل الأمطار السنوية / ملم	كمية المياه الممكن تجميعها م3/ سنوياً		معدل الأمطار السنوية/ ملم	كمية المياه الممكن تجميعها م3/ سنوياً				
				الدور	الفلل		الدور	الفلل		الدور	الفلل		الدور	الفلل
جبل الحسين	165	335	323.1	43.9	89.2	384.0	50.7	102.9	461.1	60.8	123.5	358.6	52.6	106
مطار عمان	149	265	220.9	26.3	46.8	261.8	31.21	55.52	308.7	36.8	65.4	240.8	28.7	51
صويلح	209	280	427.4	71.4	95.7	514.3	85.99	115.2	618.6	103.4	138.5	481.1	80.4	107
السلط	168	260	500.2	67.2	104.0	588.5	79.11	122.4	700.4	94.1	145.6	569.5	76.5	118
الشونة الجنوبية	138	0	154.9	17.1	0	185.5	20.48	0	219.9	24.2	0	169.2	18.6	0
دير علا	137	0	274.3	30.0	0	325.2	35.65	0	383.3	42	0	300	32.8	0
الزرقاء	153	253	109.3	13.3	22.1	128.6	15.74	26.03	152.4	18.6	30.8	123.2	15	24
الرصيفة	141	0	124.6	14.0	0	147.1	16.6	0	174.5	19.6	0	139.7	15.7	0
مأدبا	162	234	271.5	35.1	50.8	323.4	41.92	60.55	385.5	49.9	72.17	302.8	39.2	56

اربد	173	269	434	60	93.4	508.9	70.44	109.5	593.1	82.1	127.6	466.8	64.6	100
الرمثا	163	248	231.7	30.2	45.9	273.6	35.68	54.29	321.7	41.9	63.8	253.5	33	50
دير أبي سعيد	150	325	438.2	52.5	113.9	514.0	61.68	133.6	608	72.9	158.0	493.6	59.2	128
كفرسوم	171	0	458.6	62.7	0	537.6	73.55	0	633.1	86.6	0	501.1	68.5	0
حرثا	150	0	350.9	42.1	0	409.9	49.19	0	493	59.1	0	414.7	49.7	0
الحصن	182	248	319.3	46.5	63.3	378.4	55.11	75.09	445.8	64.9	88.4	348.5	50.7	69.1
الطيبة	159	300	398	50.6	95.5	471.5	59.97	113.1	563.4	71.6	135.2	453.5	57.6	108
المفرق	160	303	135	17.2	32.7	153.9	19.71	37.32	187	23.9	45.3	168.2	21.5	40.7
جرش	155	246	362.7	44.9	71.4	426.8	52.93	84.01	501.4	62.1	98.6	391.1	48.5	76.9
عجلون	149	275	621	74.0	136.7	721.7	86.03	158.7	817.3	97.4	179.8	622.7	74.2	136
الكرك	171	265	326	44.6	69.1	377.6	51.67	80.07	430	58.8	91.1	335.1	45.8	71
الربة	163	350	314	40.9	87.9	354.1	46.18	99.17	390.9	50.9	109.4	309.5	40.3	86.6
راس منيف	136	0	549.9	59.8	0	656.3	71.41	0	769	83.6	0	581.2	63.2	0
معان	153	263	31	3.8	6.5	41.89	5.13	8.81	56.1	6.8	11.8	38.5	4.72	8.1
اذرح	136	0	130	14.2	0	165.9	18.05	0	203.4	22.1	0	141.9	15.4	0
العقبة	165	301	11.2	1.49	2.7	19.1	2.52	4.6	30.8	4	7.4	16.9	2.24	4

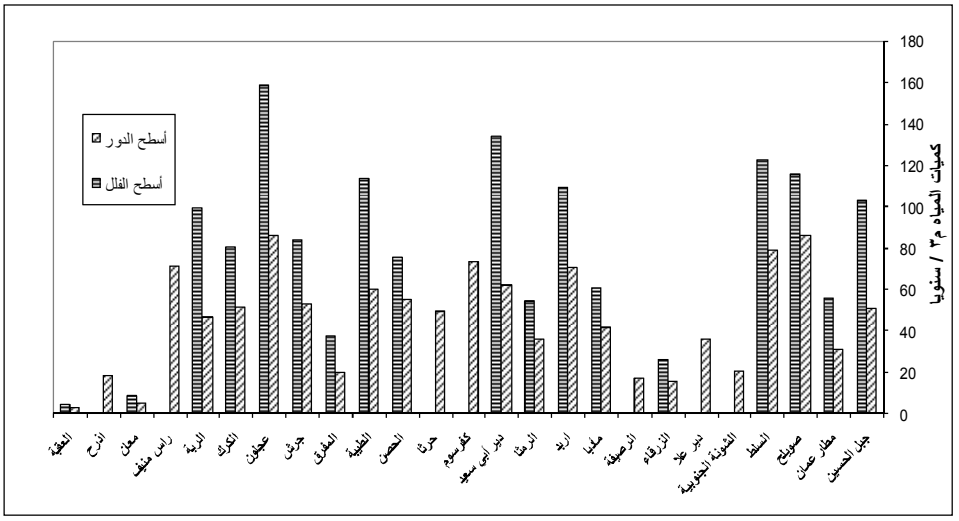
المصدر:عمل الباحث بالاعتماد على بيانات: (1) وزارة المياه والري -مصادر غير منشورة للأعوام 1990/1989 – 2009/2008. (2) دائرة الإحصاءات العامة نتائج التعداد العام للمساكن – المجلد الثاني.2004.

وعند مقارنة كميات مياه الأمطار التي يمكن تجميعها من أسطح الدور، وتلك من أسطح الفلل خلال فترة رجوع سنتان، فأننا نلاحظ ان منطقة دير أبى سعيد لم تكن تحظى ألا بـ (52.5م^3) من حصاد مياه الأمطار لاسطح الدور، بينما ارتفعت هذه الكمية إلى (113.9م^3) من أسطح الفلل، لتضعها في المرتبة الثانية من حصاد مياه الأمطار لاسطح الفلل، ويتضح كذلك تراجع مدينة صويلح إلى المرتبة الرابعة للكميات المحصودة من أسطح الفلل بكمية (95.7م^3)؛ وذلك نظراً لانخفاض متوسط مساحة سطح الفلل فيها، والتي وصلت إلى (280م2)، ومن الملاحظ أيضا استمرار انخفاض كميات مياه الأمطار الممكن تجميعها من أسطح المساكن في المناطق الجنوبية، والشرقية بشكل عام؛ بسبب تدني معدلات الهطول المطري، وانخفاض متوسط مساحة أسطح المساكن فيها.

2- كميات مياه الأمطار الممكن تجميعها سنوياً من أسطح المساكن خلال فترة رجوع ثلاث سنوات واحتمالية تكرار(68%).

بالرجوع إلى جدول (1) نلاحظ استمرار تباين كميات المياه الممكن تجميعها من أسطح الدور بين المراكز الحضرية (شكل 5) لفترة رجوع مدتها ثلاث سنوات، عن متوسطها العام لكافة المدن، والمراكز الحضرية المدروسة، والمقدر (45.5م3)، وبانحراف معياري وصل إلى (24.8م3)، ويلاحظ استمرار تفوق كل من: عجلون، وصويلح، والسلط، وكفرسوم، وراس منيف، واربد وعلى التوالي بكميات المياه الممكن تجميعها والتي تزيد عن (70م3) سنوياً، حيث سجلت مدينة عجلون أعلي الكميات (86م3).

بينما انخفضت تلك الكمية عن متوسطها العام في المناطق الجنوبية والشرقية، فقد بلغت في كل من: العقبة، معان، الزرقاء، اذرح، الرصيفة والمفرق اقل من (20م^3) وعلى التوالي، وسجلت محطتي الأغوار قيما متدنية أيضا وصلت إلى (35.6م^3)، (20.4م^3) لكل من دير علا والشونة الجنوبية وعلى التوالي؛ ويعود ذلك إلى انخفاض كميات الأمطار السنوية فيها نظرا لوقوعها في ظل المطر، وتدني متوسط المساحات لاسطح المساكن فيها، وواصلت بقية المناطق تمركز كميات المياه المحصودة حول المعدل العام إما بالزيادة، أو بالنقصان، مع ملاحظة أن مدينة الرمثا، وبالرغم من موقعها في أقصى الشمال ألا أنها لم تسجل كميات تجميع عالية، حيث وصلت إلى (36م^3)؛ نظراً لتواضع متوسط مساحة سطح الدار فيها.



شكل(٥) كميات مياه الامطار/م٣ الممكن تجميعها من اسطح المساكن(الدور ،الفلل) لفترة رجوع مطرية ثلاث سنوات واحتمالية تكرار٦٨% في المراكز الحضرية الاردنية. المصدر: عمل الباحث.

وبملاحظة كميات الأمطار التي يمكن تجميعها من أسطح الفلل في المراكز الحضرية (18 مركز حضري) لفترة رجوع ثلاث سنوات، يلاحظ تميز المراكز الحضرية الشمالية، والوسطى، بارتفاع واضح في كميات التجميع؛ بسبب زيادة معدلات الهطول المطري، ومتوسط مساحة الفلل، فوصلت الكمية أعلاها في عجلون (158.6م^3)، ومن ثم في دير أبى سعيد (133.6م^3) والسلط (122.4م^3) وصويلح (115.2م^3)، لترتفع عن المتوسط العام لكميات مياه الأمطار الممكن حصادها من أسطح الفلل والمقدرة (80م^3) سنوياً، بانحراف معياري (43.5م^3)؛ مع انخفاض الكميات في المناطق الجنوبية والشرقية منها إلى اقل من (40م^3)، كما هو الحال في: العقبة، ومعان، والزرقاء والمفرق وعلى التوالي.

3- كميات مياه الأمطار الممكن تجميعها سنوياً من أسطح المساكن خلال فترة رجوع خمس سنوات واحتمالية تكرار(80%).

يلاحظ من الجدول (1) ارتفاع معدلات الأمطار لفترة رجوع خمس سنوات عنها في الفترات الأخرى، مما انعكس على كميات الأمطار الممكن حصادها خلال تلك الفترة، ويوضح شكل (6) تفوق مدينة صويلح على مدينة عجلون من حيث الكميات المحصودة سنوياً، حيث سجلت المدينة الأولى كميات مياه أمطار ممكن تجميعها حوالي (103.4م^3)، بزيادة عن مدينة عجلون التي سجلت (97.4م^3)، بينما انخفضت في باقي المراكز لتتراوح ما بين (80 – 100) م^3 سنوياً في كل من:السلط، وكفرسوم، ورأس منيف واربد على التوالي؛ ويعود سبب ذلك بالدرجة الأولى لأثر

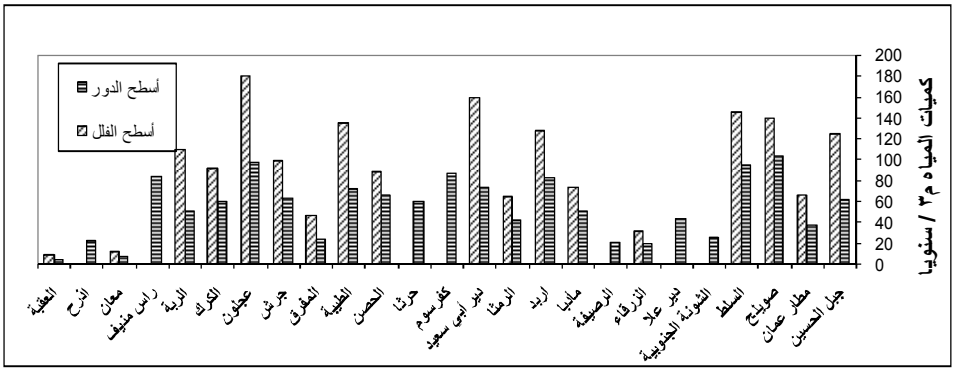
متوسط مساحة سطح الدار في مدينة صويلح عند فترة رجوع طولها خمس سنوات عنها في الفترات السابقة، مع وجود الأثر الأخر والمباشر لمعدلات الهطول المطري في كل المحطات، فقدر متوسط مساحة سطح الدار في مدينة صويلح (209م^2)، بينما انخفض المتوسط في باقي المناطق إلى ما دون (170م^2). ومن الملاحظ كذلك انخفاض اثنى عشر مركزًا حضريًا عن المتوسط العام للكميات الممكن تجميعها، والبالغ(53.6م^3) سنوياً، بانحراف معياري (29م^3) وذلك يدل دلالة واضحة على التباين في الكميات المجمعة بين المراكز الحضرية، وسجلت مدينة العقبة اقل كمية تجميع مائي من أسطح الدور حيث بلغت (4م^3) تلتها كل من: معان، والزرقاء، والرصيفة، والمفرق بكميات اقل من (25م^3).

انعكس الوضع السابق على كميات مياه الأمطار الممكن تجميعها من أسطح الفلل، ولكن ارتفعت الكمية مرة أخرى في مدينة عجلون لتسجل أعلى الكميات (179.8م^3) متقدمة على كمية المياه المجمعة من مدينة صويلح، التي سجلت كمية مقدارها (138.5م^3)، وتلتها مدينة دير أبي سعيد لتحصد حوالي (158م^3)، وانخفضت باقي الكميات في معظم المراكز الحضرية إلى اقل من (100م^3) متماثلة مع الوسط العام لكميات مياه الأمطار المحصودة من أسطح الفلل والمقدر (94.1م^3) بانحراف معياري وصل إلى (50.3م^3)، وباستمرار قلة الهطول المطري في المناطق الجنوبية، والشرقية استمر كذلك تسجيلها لأقل قيم الحصاد المائي من أسطح الفلل، لتصل إلى (30.8م^3) في الزرقاء، (11.8م^3) في معان،(7.4م^3) في العقبة في أدنى حدودها.

ويتضح مما سبق التباين المكاني الكبير بين المراكز الحضرية في تجميع مياه الأمطار من أسطح المساكن، وهذا ما تبينه كميات المياه الممكن تجميعها سنوياً لكافة فترة السجل المطري (2009/2008 – 1990/1989)، حيث بلغ المتوسط العام لكميات التجميع من المراكز الحضرية كافة، ولأسطح الدور حوالي (42.4م^3)، وبانحراف معياري (22.9م^3)، بينما ارتفع الوسط العام لأسطح الفلل ليبلغ (74.5م^3) وبانحراف معياري (40م^3)، فارتفعت كميات التجميع من أسطح الدور في كل من: صويلح، والسلط، وعجلون، وكفرسوم، وإربد على التوالي، لتسجل مدينة صويلح أعلى كمية (80.4م^3)، وتناقصت الكميات لتصل أدناها في: العقبة، ومعان، والرصيفة، والزرقاء بكميات تقل عن (16م^3) من أسطح الدور.

وحصلت مدينة عجلون مرة أخرى على المرتبة الأولى لكميات التجميع من أسطح الفلل بحدود (136م3)، تلتها كل من: دير أبي سعيد، والسلط، والطيبة، وصويلح وعلى التوالي، بينما استمر انخفاض الكميات في مدينة العقبة، معان، والزرقاء لتتدنى إلى اقل من (25م3)، أما بقية المراكز الحضرية تراوحت كميات الحصاد المائي من أسطح المساكن (الدور، والفلل)، لتقترب بارتفاع من الوسط العام تارة، مثل: جبل الحسين، ودير أبي سعيد، وحرثا، والحصن، والطيبة،

وجرش، والكرك، ورأس منيف، وتارة بانخفاض عن المعدل: دير علا، ومطار عمان، ومادبا، والربة.



شكل(٦) كميات مياه الامطار/م٣ الممكن تجميعها من اسطح المساكن(الدور والفلل) لفترة رجوع مطرية خمس سنوات واحتمالية تكرار٨٠% في المراكز الحضرية الاردنية. المصدر: عمل الباحث

4- معرفة العلاقة وأثر متغيري معدل الهطول السنوي، ومتوسط مساحة سطح المسكن (الدار، الفلل) على كميات مياه الأمطار، الممكن تجميعها سنوياً من المراكز الحضرية الأردنية.

ولمعرفة ذلك فقد تم اختبار العلاقة الارتباطية بين المتغيرات جميعها، وباستخدام معامل الارتباط الثنائي نوع بيرسون، كما يوضحها جدول (2) فيما يخص كمية المياه الممكن تجميعها من أسطح المساكن(الدور، والفلل).

جدول (2): معامل ارتباط بيرسون لمتغيرات الدراسة فيما يخص أسطح المساكن (الدور، والفلل).

المتغيرات	كمية مياه الأمطار الممكن تجميعها/م^3		معدل الهطول السنوي/ملم		متوسط مساحة المسكن/م^2	
نوع المسكن	الدور	الفلل	الدور	الفلل	الدور	الفلل
كمية المياه الممكن تجميعها/م^3	1		0.972	0.973	0.455	0.291
معدل الهطول السنوي/ملم			1		0.246	0.073
متوسط مساحة المسكن/م^2					1	

المصدر: عمل الباحث

ويتبين من خلاله أن العلاقة فيما بين كمية المياه الممكن تجميعها من أسطح المساكن (الدور، والفلل) من المراكز الحضرية، ومعدل الهطول السنوي علاقة ارتباطيه موجبة وعالية، حيث بلغت (0.972) لمتوسط أسطح الدور، (0.973) لأسطح الفلل، وهي ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة اقل من (0.001) ولكليهما، بينما أصبحت هذه العلاقة فيما بين كمية المياه الممكن حصادها من أسطح المساكن (الدور، والفلل)، ومتوسط مساحة المسكن علاقة موجبة وضعيفة بمقدار ارتباط (0.455)، (0.291) من أسطح الدور والفلل وعلى التوالي وهي ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.05) وبذلك يتضح ان أهم المتغيرات تأثيراً على كميات مياه الأمطار الممكن حصاده من أسطح المساكن في المراكز الحضرية، هو متغير معدل الهطول السنوي، ويقل مستوى التأثير لمتغير متوسط مساحة المسكن على الكميات المحصودة في منطقة الدراسة.

وباستخدام أسلوب تحليل الانحدار المتعدد طريقة (Stepwise)، والتي توضح الأثر المشترك لمتغيرات الدراسة المستقلة (معدل الهطول السنوي، ومتوسط مساحة المسكن) على المتغير التابع (كمية مياه الأمطار الممكن تجميعها)، وقد تبين من خلال النتائج ان نسبة ما يفسره متغير معدل الأمطار السنوية من تباين متغير كمية مياه الأمطار الممكن تجميعها من أسطح المساكن بلغت أكثر من ($R^2 > 0.94$)، ولكلا سطحي التجميع، ولجميع فترات الرجوع الثلاث ولكافة فترة السجل المطري، كما يتضح من خلال شكلي (8،7)، وهي ذات دلالة إحصائية عند مستوى اقل من (0.001)، بينما تم استبعاد متغير متوسط مساحة المسكن من المعادلة، وذلك لأنه لا يفسر ألا الجزء القليل من التباين في المتغير التابع (كميات مياه الأمطار الممكن حصادها) حيث قدرت بأقل من ($R^2 >0.18$)، وهي ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.05)، هذا بالإضافة إلى العلاقة الارتباطية الضعيفة والتي أبداها اتجاه كمية مياه الأمطار الممكن تجميعها.

وبذلك اتضح انه يمكن التنبؤ بكمية المياه الممكن تجميعها من أسطح المساكن (الدور، الفلل) من خلال متغير كمية الأمطار السنوية؛ وذلك بعد استبعاد اثر المتغير متوسط مساحة المسكن من المعادلة، بحيث تصبح معادلة التنبؤ بكمية مياه الأمطار الممكن تجميعها من أسطح الدور، والفلل بالصيغتين التاليتين، وهما ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.05):

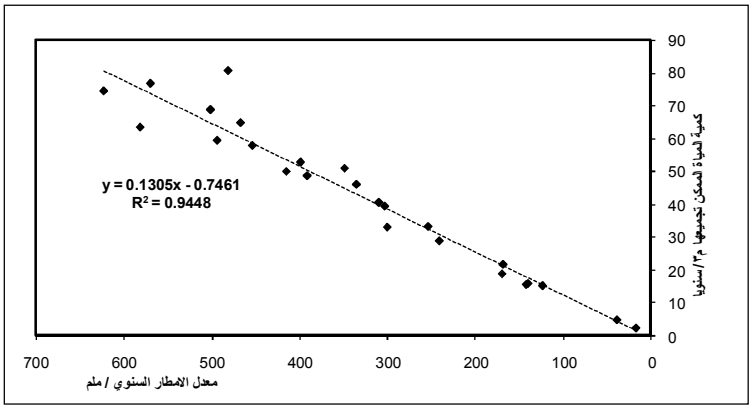
$$Y = 0.31\ X - 0.747 \quad \text{.....(لأسطح الدور)}$$

$$Y = 0.227\ X - 0.993 \quad \text{.....(لأسطح الفلل)}$$

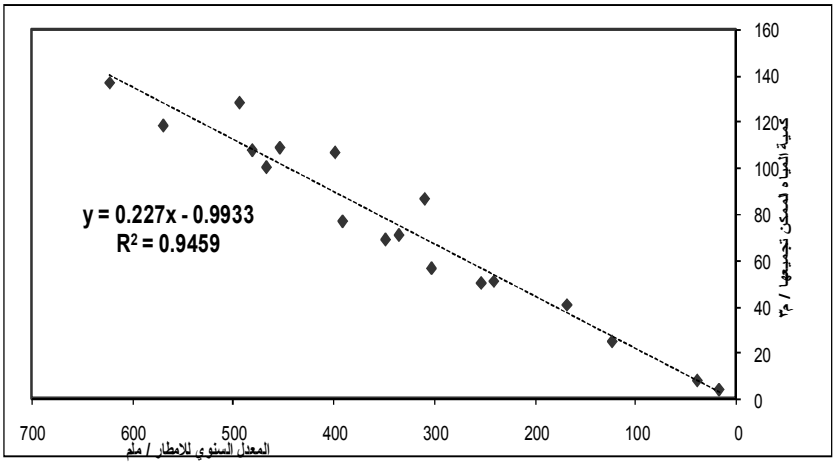
حيث أن:

Y = كمية مياه الأمطار الممكن حصادها من أسطح المساكن /م3.

X = معدل كمية الأمطار السنوية / ملم.



شكل(٧) خط الانحدار ونمط الانتشار للعلاقة بين معدل الأمطار للفترة ١٩٨٩\١٩٩٠ – ٢٠٠٨\٢٠٠٩ بملم، وكمية المياه الممكن تجميعها من أسطح الدور م٣ بسنوياً في المراكز الحضرية الأردنية. المصدر : عمل الباحث.



شكل (٨) خط الانحدار ونمط الانتشار للعلاقة بين معدل الأمطار للفترة ١٩٨٩\١٩٩٠ – ٢٠٠٨\٢٠٠٩ بملم، وكمية المياه الممكن تجميعها من أسطح الفلل م٣ بسنوياً في المراكز الحضرية الأردنية. المصدر : عمل الباحث.

وباعتبار أن السعة التخزينية الملائمة للخزانات والآبار المنزلية ذات الجدوى الاقتصادية، بما يحقق وفورات الاستفادة من المياه من جهة، وكلفة التصميم، والتنفيذ من جهة أخرى، والتي قدرت ما بين (30 – 50) م^3 [24]، وبتطبيقها في معادلة خط الانحدار السابقة خصوصاً فيما يتعلق بمعادلة أسطح الدور الأكثر انتشاراً بين المراكز الحضرية، وذات القابلية العالية على التوسع والامتداد الكبير في المستقبل، والممثلة بشكل اكبر إحصائياً بالدراسة بحوالي (25 مركز حضري) عنها في حالة أسطح الفلل (18 مركز حضري)، فإنه يمكن التنبؤ بمعدل الهطول السنوي الملائم لإنشاء مثل تلك الخزانات، بما يحقق الوفورات والجدوى الاقتصادية المناسبة، والاستفادة المثلى من المياه المخزنة في فصل الصيف الجاف، وقد وجد ان معدل الهطول المطري السنوي الملائم يتفق مع خط المطر المتساوي (250 ملم)، ويوضح شكل (9) أهم المناطق التي يمكن الاستفادة فيها من إقامة خزانات التجميع لحصاد مياه أمطار أسطح الدور وبسعة (30 – 50) م^3، حيث يلاحظ أن معظمها يتركز في نطاق المناطق الجبلية على شكل شريط ضيق يمتد من الشمال باتجاه الجنوب، وينحصر في المناطق الجنوبية ليعاود الاتساع في الجهات الشمالية؛ وبذلك فإنه يتماشى مع المناطق الأكثر هطولاً للأمطار، وذات التركز الحضري العالي.

5- ما هو أثر تغير معدلات الهطول السنوي خلال الفترة 1996-2009 مقارنة بالفترة 1989-1995، ومتوسط مساحة أسطح الدور، والفلل خلال التعداديين السكانيين على احتمالات تجميع المياه في المراكز الحضرية الأردنية.

للتعرف على مقدار التغير الذي طرأ على احتمالات تجميع المياه من أسطح الدور والفلل في المدن والمراكز الحضرية الأردنية من خلال التغير في معدلات التساقط خلال الفترة 1996-2009 مقارنة بالفترة 1989-199، ومتوسط مساحة السطح خلال التعداديين السكانيين 2004/1994، اعتمد أسلوب الأرقام القياسية المعروف، واعتبرت الفترة الأولى بالنسبة لمعدلات الهطول (1989-1995) قياسية بالنسبة للفترة الثانية 1996-2009، وفيما يلي بيان التغير.

- **أثر تغير معدلات الهطول السنوية، ومتوسط مساحة سطح الدار على إمكانيات التجميع:**

يبين لنا جدول (3) قيم معدلات الهطول السنوي في الفترتين، ومتوسط مساحة سطح الدار في المدن والمراكز الحضرية الأردنية المدروسة.

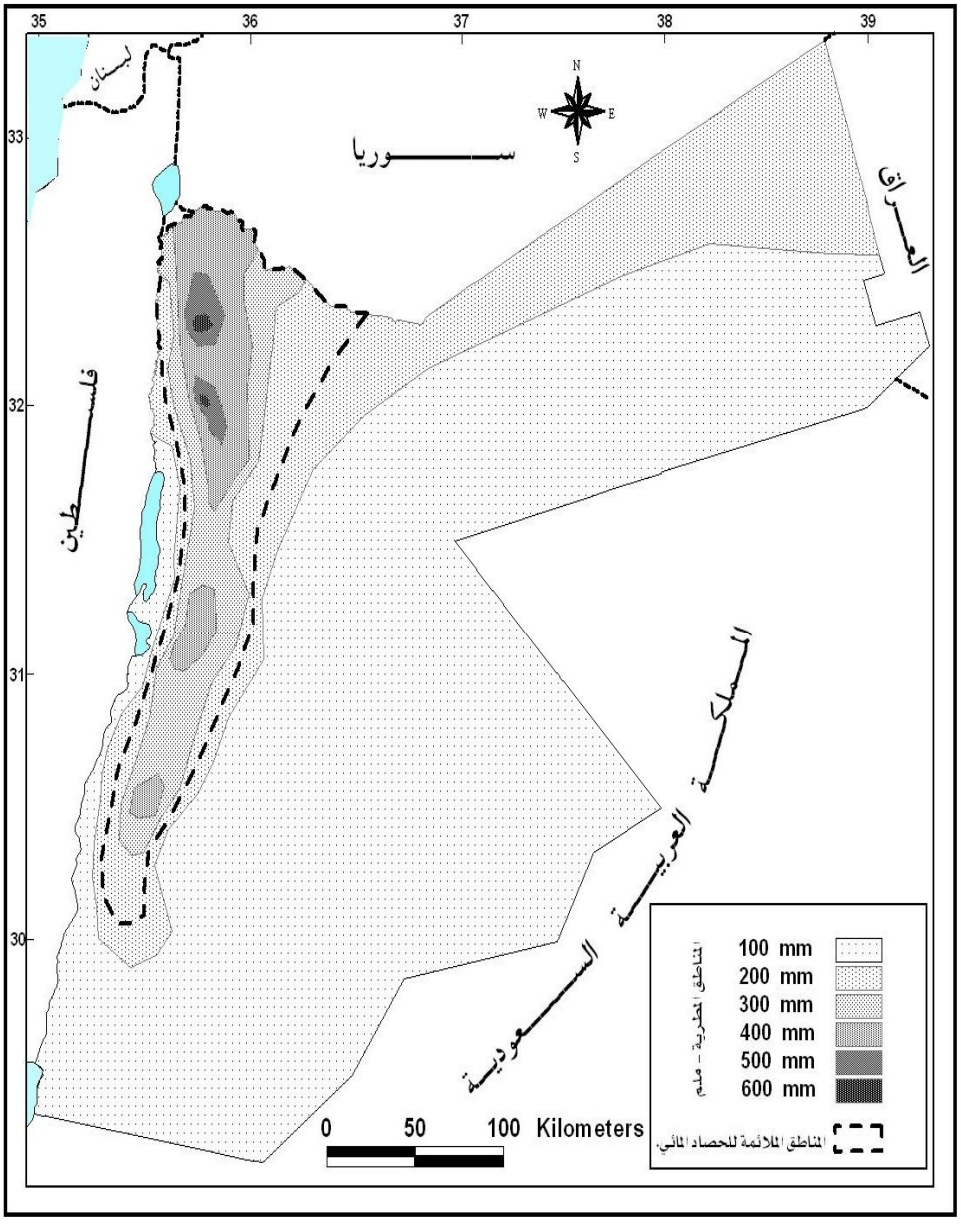
نستنتج من الجدول (3) ما يلي:

1- سجلت الأرقام القياسية لمعدلات الهطول السنوي تراجعاً في كافة المراكز الحضرية (عدا مدينتي جرش، والمفرق)، فقد بلغ الرقم القياسي في عجلون (92.8%) وبنسبة تراجع (7.2%)

وهي الأقل، وفي العقبة (54.4%)، وبنسبة تراجع (45.6%)، وهي الأعلى. ويلاحظ وجود علاقة بين ارتفاع معدلات الهطول السنوية، ونسب التراجع الأقل، فمعدلات التراجع كانت أقل في: عجلون، وصويلح، والكرك، وهي الأوفر حظاً في معدلات أمطارها، بينما كانت أكثر في العقبة، ومطار عمان، والعقبة وهي الأقل في معدلات أمطارها؛ وذلك نظراً لانخفاض معدلات الهطول المطري في الفترة الثانية عنها في الفترة الأولى، كما يتضح من شكل (9).

2- سجلت الأرقام القياسية لمتوسط مساحة سطح الدار تزايداً في المراكز الحضرية كافة، فقد بلغ الرقم القياسي لمتوسط مساحة سطح الدار في جبل الحسين (289.5%)، وبنسبة تزايد (189.5%)، وهي الأعلى، وفي المفرق (112.7%)، وبنسبة تزايد (12.7%) فقط وهي الأدنى، وكانت نسبة الزيادة أكثر من (50%) في كل من: جبل الحسين، وصويلح، والكرك، والرصيفة، وجرش ومطار عمان؛ وذلك بسبب التوسع الحضري الذي شهدته المراكز الحضرية في الفترة الأخيرة.

3- على الرغم من تراجع معدلات الهطول السنوي في المراكز الحضرية كافة (عدا جرش، والمفرق) فقد سجلت كميات المياه التي كان بالإمكان تجميعها من سطح الدار الواحدة في الفترة الثانية (1996-2009) كميات أكثر من الفترة الأولى (1989-1995) في المدن والمراكز الحضرية كافة (عدا العقبة)، فالرقم القياسي لإمكانيات تجميع المياه في جرش قد بلغ (159.9%)، وهي الأعلى، وبنسبة زيادة (59.9%)، وفي الرمثا (108%)، وبزيادة (8%) فقط، أما العقبة فقد عرفت نقصاً مقداره (25%). ومعنى هذا أن عملية تجميع المياه من أسطح الدور مفيدة، وإيجابية حتى مع تناقص معدلات الهطول؛ نتيجة لتزليد مساحة سطح الدور الذي عوض تناقص معدلات الامطار.



شكل (٩) التوزيع المكاني للمناطق المطرية الملائمة لتجميع مياه الامطار من اسطح المساكن في المراكز الحضرية الاردنية.

المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري،٢٠٠٩.

جدول (3): الأرقام القياسية وإمكانيات تجميع المياه باستخدام متغيرات معدل الهطول السنوي خلال الفترة 1989-1995 والفترة 1996-2009 (ملم)، ومتوسط مساحة سطح الدار/م^2 لعامي 1994 و2004.

المدينة المركز الحضري	معدل الهطول السنوي/ مام للفترة 1989-1995	معدل الهطول السنوي/ ملم للفترة 1996-2009	الرقم القياسي 100%	متوسط مساحة سطح الدار م2 لعام1994	متوسط مساحة سطح الدار م 2 لعام 2004	الرقم القياسي 100%	إمكانيات تجميع المياه م3 للفترة 1989-1995	إمكانيات تجميع المياه م3 للفترة 1996-2009	الرقم القياسي 100%
مطار عمان	265	149	56.2	93	149	160.2	22.2	20	131.1
صويلح	502	433	86.3	109	209	191.7	49.2	81.4	139.6
السلط	604.6	513	84.8	123	168	136.6	66.9	77.6	116
الزرقاء	128.7	111	86.2	104	153	147.1	12.1	15	124
الرصيفه	151	126	83.4	93	141	151.6	12.6	16	127
مأدبا	279	273	91.9	120	162	135	32.1	39.8	124
اربد	470	420	89.4	119	173	145.4	50.3	66.2	131.6
الرمثا	251.8	228	90.5	136	163	119.9	30.8	33.4	108.4
المفرق	141.3	151	106.9	142	160	112.7	18.1	21.7	119.9
جرش	325.1	352	108.3	105	155	167.6	30.7	49.1	159.9
عجلون	603.5	560	92.8	119	149	125.2	64.6	75.1	116.3
الكرك	358.7	302	84.2	100	171	171	32.3	46.5	144
معان	40.8	34.7	85.1	110	153	148.2	4.1	4.8	116.6
العقبة	28.1	15.3	54.4	117	165	141	3	2.7	75.7

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري / بيانات غير منشورة،2009.ودائرة الإحصاءات العام، نتائج التعداد للمساكن لعام: 1994 و2004، المجلد الثاني.

- **أثر تغير معدلات الهطول السنوية ومتوسط أسطح الفلل على كميات التجميع:**

يبين جدول (4) متوسط مساحة سطح الفلل لفترة التعداديين السكانيين 1994 و2004 والأرقام القياسية في عام 2004 مقارنة بعام 1994، وكميات المياه الممكن تجميعها من سطح الفيلا الواحدة، والأرقام القياسية للفترة الثانية (1996-2009)، مقارنة بالأولى (1989-1995).

نستنتج من الجدول (4) الحقائق الرقمية التالية:

1- سجلت اثنتا عشرة مدينة، ومركز حضري تزايداً في متوسط مساحة سطح الفيلا، وتناقصت في أربعة مراكز أخرى.

2- سجلت مدينة عجلون أعلى رقم قياسي، فقد بلغ الرقم القياسي لمتوسط مساحة السطح عام 2004/ (165.7%) مقارنة بعام 1994، وبزيادة (65.7%)، أما أدنى رقم قياسي فقد سجل في الكرك، وبلغ (105.6%) وبزيادة (5.6%)، وهذا يعني زيادة في إمكانيات تجميع المياه من أسطح هذه المدن، بينما ترتبت باقي المدن من الأكبر فالأقل: عجلون، وجرش، والسلط، والزرقاء، ومعان، وصويلح، ومأدبا، واربد، والمفرق، والرمثا، والكرك.

3- سجلت المدن التالية تناقصاً في متوسط مساحة سطح الفيلا عام 2004، بالنسبة لعام 1994 وكانت على الترتيب من الأكثر فالأقل: الرصيفة ومطار عمان، وذلك يعني تناقصاً في إمكانيات تجميع المياه فيما لو بقي معدل الهطول السنوي على حاله.

وعن إمكانيات تجميع المياه من سطح الفيلا في الفترة الثانية (1996-2009)، مقارنة بالفترة الأولى (1989-1995)، وكنتيجة تلقائية لزيادة متوسط مساحاتها، ازدادت كميات المياه المحتمل تجميعها، ففي مدينة عجلون ارتفعت كميات المياه التي يمكن تجميعها من سطح الفيلا الواحدة من (90.2 م^3) إلى (138.7م^3)، برقم قياسي (153.8%)، وبزيادة (53.8%)، وهي الأعلى بين المدن؛ وذلك نتيجة ارتفاع معدل الهطول المطري فيها، بينما في مدينة الرصيفة ارتفعت كميات التجميع من(26.8م^3) إلى (27.9م^3)، برقم قياسي (104.1%)، وهي الأدنى بين المراكز الحضرية التي عرفت زيادة، أما باقي المدن فكانت على الترتيب من الأكثر فالأدنى: جرش، والرصيفة، والسلط، وصويلح، واربد، ومأدبا، بالمقابل سجلت المراكز الآتية، وعلى الترتيب، تراجعاً في كميات المياه الممكن تجميعها: مطار عمان، والعقبة، والرمثا؛ وذلك نتيجة انخفاض متوسط مساحة الفيلا فيها.

جدول (4): الأرقام القياسية وإمكانيات تجميع المياه باستخدام متغيرات معدل الهطول السنوي خلال الفترة 1989 -1995 والفترة 1996-2009 (ملم) ومتوسط مساحة سطح الفلل /م^2 لعامي 1994و2004.

المدينة / المركز الحضري	متوسط مساحة الفيلا/م2 لعام 1994	متوسط مساحة الفيلا/م2 لعام 2004	الرقم القياسي %	كمية المياه الممكن تجميعها /م3 خلال عام 1994	كمية المياه الممكن تجميعها /م3 خلال عام 2004	الرقم القياسي %
مطار عمان	282	265	94	67.3	51.7	67.3
صويلح	227	280	123.3	102.6	112.6	109.7
السلط	193	260	134.7	105.0	120.0	114.3
الزرقاء	196	253	129.1	22.7	25.3	111.5
الرصيفه	152	246	82.9	20.7	28.6	138.3
مأدبا	279	343	122.9	26.8	27.9	104.1
اربد	224	269	120.1	94.8	101.7	107.3
الرمثا	228	248	108.8	51.7	50.9	98.5
المفرق	264	303	114.8	33.6	41.3	122.9
جرش	176	246	139.8	51.5	78.0	151.5
عجلون	166	275	165.7	90.2	138.7	153.8
الكرك	251	265	105.6	81.0	72.0	88.9
معان	207	263	127.1	7.6	8.2	107.9
العقبة	159	243	152.8	4.0	3.3	82.5

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة المياه والري، بيانات غير منشورة للأعوام: 1990/89 – 2009/8. ودائرة الإحصاءات العامة: نتائج التعداد للمساكن، 1994 و2004، المجلد الثاني

النتائج

أظهرت نتائج هذه الدراسة عن وجود تباين في حجم كميات مياه الأمطار التي يمكن تجميعها من أسطح مساكن المراكز الحضرية الأردنية التي شملتها الدراسة. وذلك تبعا لتفاوت متغيري: معدلات الهطول المطري السنوي، ضمن ثلاث فترات رجوع (سنتان، ثلاث سنوات، خمس سنوات) ولكافة السجل المطري، أما المتغير الآخر، فهو التباين في متوسط مساحة المساكن (الدور، الفلل). وبينت نتائج الدراسة أنه يمكن تقسيم المدن، والمراكز الحضرية الأردنية إلى ثلاث مجموعات بناءً على مقياسين إحصائيين: المعدل العام، والانحراف المعياري لكميات مياه الأمطار

الممكن تجميعها من أسطح الدور، والفلل، ولكافة الفترات الزمنية المعالجة، طيلة مدة السجل المطري (1990/89 – 2009/8) ومن خلال بيانات متوسط مساحة المسكن لعام2004 للمجموعات التالية:

المجموعة الأولى: المراكز الحضرية ذات كميات مياه أمطار يمكن تجميعها ارتفعت كثيراً عن المعدل العام لكميات المياه الممكن تجميعها من أسطح المساكن، وبانحراف معياري يزيد عن درجة معيارية واحدة ومنها: عجلون، وصويلح، والسلط، وكفرسوم، والطيبة، وراس منيف، واربد، ودير أبى سعيد. ويلاحظ أن كل تلك المراكز تقع في المناطق الوسطى والشمالية من الأردن مما يعني ارتفاع معدلات الهطول السنوي مع تزايد في متوسط مساحة الأسطح نتيجة للتوسع الحضري الذي شهدته تلك المراكز.

المجموعة الثانية: المراكز الحضرية ذات كميات مياه يمكن تجميعها، وتقترب من المعدل العام لكميات التجميع من أسطح المساكن، وبانحراف قليل لا يتعدى الدرجة المعيارية ومنها: مطار عمان، ومأدبا، والرمثا، وحرثا، والحصن، وجرش، والكرك، والربة. ومعظمها يقع في المناطق المتاخمة لمواقع المجموعة الأولى.

المجموعة الثالثة: المراكز الحضرية ذات كميات مياه يمكن تجميعها وتنخفض كثيراً عن المعدل العام لكميات المياه الممكن تجميعها من أسطح المساكن وبانحراف معياري يقل كثيراً عن الدرجة الواحدة وهي: العقبة، ومعان، واذرح، والزرقاء، والرصيفة، والمفرق، والشونة الجنوبية، ودير علا. وجلها يقع في المناطق الجنوبية والشرقية والغورية من المملكة ذات معدلات الأمطار المنخفضة.

وكشفت نتائج الدراسة أيضا ان نسبة ما يفسره متغير معدل الأمطار السنوية من تباين متغير كمية مياه الأمطار الممكن تجميعها من أسطح المساكن بلغت اكثر من (R^2 >0.94) ولكلا سطحي التجميع، ولجميع فترات الرجوع الثلاث ولكافة فترة السجل المطري وهي ذات دلالة إحصائية عند مستوى اقل من (0.001)، بينما تم استبعاد متغير متوسط مساحة المسكن من المعادلة، وذلك نظرا لأنه لا يفسر إلا الجزء القليل من التباين في كميات مياه الأمطار الممكن تجميعها، حيث قدرت بأقل من (R^2 >0.18)، وهي ذات دلالة إحصائية عند مستوى (0.05)، وبالاعتماد على معادلة خط الانحدار تم التنبؤ بمعدل الهطول السنوي الملائم لإنشاء خزانات وآبار التجميع (30-50) م3 بما يحقق الوفورات، والجدوى الاقتصادية المناسبة، والاستفادة المثلى من المياه المخزنة في فصل الصيف الجاف، وقد وجد أن معدل الهطول المطري السنوي الملائم يتفق مع خط المطر المتساوي (250 ملم).

وفيما يخص النتائج المتعلقة بأثر تغير معدلات الهطول السنوي خلال الفترة (1996-2009) مقارنة بالفترة (1989-1995)، ومتوسط مساحة أسطح الدور والفلل خلال التعداديين السكانيين (2004/1994) على احتمالات تجميع المياه في المدن، والمراكز الحضرية الأردنية، فقد أوضحت أن الأرقام القياسية لمعدلات الهطول السنوي سجلت تراجعاً في المدن والمراكز الحضرية كافة (عدا مدينتي جرش، والمفرق)، بينما سجلت الأرقام القياسية لمتوسط مساحة سطح الدار تزايداً في المراكز الحضرية كافة، وبذلك فقد سجلت كميات المياه التي كان بالإمكان تجميعها من سطح الدار الواحدة في الفترة الثانية (1996-2009) كميات أكثر من الفترة الأولى (1989-1995) ولكافة مناطق الدراسة. وعن إمكانيات تجميع المياه من سطح الفيلا في الفترة الثانية مقارنة بالفترة الأولى، ازدادت كميات المياه المحتمل تجميعها، ففي مدينة عجلون ارتفعت كميات المياه التي يمكن تجميعها من سطح الفيلا الواحدة من (90.2 م3) إلى (138.7م3)، برقم قياسي (153.8%)، وبزيادة (53.8%)، وهي الأعلى بين المدن، بينما سجلت المدن الآتية تراجعاً في كميات المياه الممكن حصادها: مطار عمان، والعقبة، والرمثا.

التوصيات:

تعد نتائج الدراسة الحالية بالإضافة إلى نتائج الدراسات الأخرى ذات أهمية لما يمكن الإفادة منها في تبني حلولاً لمشكلة شح الموارد المائية وعجزها عن تلبية المتطلبات المائية لكافة القطاعات المستهلكة، على اعتبار أنها تفعل أنظمة الحصاد المائي من داخل المجتمع، وتجعلها أكثر قبولاً، وتمنحه مصدر للتزويد المائي، وبكميات كافية، وبنوعية عالية وآمنة، في ظل محدودية المتاح من مياه التزويد، وتوفر بديلاً عملياً جيداً يقلل من الارتباط العالي بالطلب على مياه شبكات التزويد المائي.

وبذلك توصي الدراسة إلى ضرورة التوجه للدراسة التفصيلية للمؤشرات التي تدخل في تقدير كميات المياه الممكن حصادها، وعلى وجه الخصوص معامل الجريان المائي للأسطح المختلفة في ظل الظروف الطبيعية للأردن، واستخدام التقنية الحديثة ذات الكفاءة العالية في مجال مد أنابيب الحصاد، وتحديد سعتها لضمان إمكانية استيعابها لحجم أكبر من الجريان، بالإضافة إلى تحديد المعطيات العامة لأنواع الخزانات، وآبار التخزين الممكن استخدامها، لتكون بذلك مجالاً أكثر تطبيقاً يرقى بحلول مناسبة، ويضع متخذ القرار والمخطط أمام نماذج حصاد مائي فاعلة توفر الكميات المناسبة، وتزيد من متوسط حصة الفرد من المياه سنوياً، وذلك بالتوازي مع إصدار مجموعة من التشريعات، والقوانين الناظمة، والمحفزة لاستثمار هذا المورد المائي الهام.

Estimations of Collecting Precipitated Water from Surfaces of Houses in Urban Centers of Jordan and their Possible Changes

Samer Al Nawaiseh and Al Abdullah Tarazi, *Geography Department,Yarmouk Unversty,rbid,Jordan.*

Abstract

The study aimed to identify potential rainwater falling on the roofs of houses of the type role and villas in 25 urban centres in Jordan, using Rainfall data during the period of the record rainfall from 1989/1990 to 2008/2009, the general population and housing census of 2004, relating to the medium variant of housing space type House 25 urban center, while later medium-18 status has been relying on an analytical method based on variance analysis of temporal and spatial rainfall water quantities and expected compiled from the roofs of houses using quantitative methods and dependent on return periods of annual rainfall and prospects. A collection of 30 cubic meters was selected as the level above which well building is considered feasible. Accordingly, we found that 18 urban center out of urban centres were used in the study of their wells (role), while the villas in all urban centres except the city of Ma'an owing to the lack of precipitation.

Keywords: Urban centre, Water harvesting, House, Villas, Role**.**

قدم البحث للنشر في 2011/10/24 وقبل في 2012/3/11

الهوامش:

1) وزارة المياه والري: **إستراتيجية المياه من اجل الحياة (2008-2022)**، الأردن، 2007، ص17.

2) وزارة المياه والري، إدارة الإعلام والتوعية: **التقرير السنوي لعام** 2007، الأردن، 2007، ص15.

3) وزارة المياه والري: **إستراتيجية المياه من اجل الحياة (2008-2022)**، مرجع سابق، ص25.

4) عطية، محمد: **قراءة إستراتيجية تحليلية نقدية حول أزمة الأمن المائي في الأردن والحلول المقترحة**، صحيفة الرأي الاردنية، الصادرة بتاريخ 28 /2009/9.

5) وزارة المياه والري، إدارة الإعلام والتوعية: **ترشيد الاستهلاك المائي**، الأردن، 2008، ص17.

6) وزارة المياه والري، سلطة المياه: **بيانات الأمطار السنوية للفترة(1990/89 – 2009/8)**، الأردن، 2009.

7) دائرة الإحصاءات العامة: **نتائج التعداد العام للسكان والمساكن لعامي(2004/1994)**، الأردن، عمان، قسم الحاسب، 2007.

8) Mahmood, M.H**.,** *Feasibility of Using Roof Rainwater Catchment Systems in Jordan*, MSc Thesis, Yarmouk University, Irbid, Jordan, 1986,60 pages.

9) لطفي، عبدالفتاح: "إمكانيات الحصاد المائي في المراكز الحضرية الأردنية"، **مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية**، الجامعة الأردنية، مجلد26، عدد2، 1999، ص469.

10) Jabarin, A, S," The Economics of Water Harvesting Techniques in Arid Zones of Jordan", *Dirasat, Agr & Sci*, Amman, Vol 30, No3, 2003, p 364.

11) Tarawneh, S.," Water Harvesting of Urban Storm Runoff (West Side of Karak City as case –Study)", *Abhath AL Yarmouk, Basic sci & eng*, Irbid, Vol10, No1, 2004, p 113.

12) Skinner, B., *Small Scale Water Supply and Sanitation, Postgraduate Module*, WEDC, Longhboraugh University, United Kingdom,2004.

13) Liaw, C, H & Tsai, Y, L.," Optimum Storage Volume of Rooftop Rain Water Harvesting Systems For Domestic Use", *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, No 3014, 2005, P 901.

14) Purwanti, S, P.,"*Rooftop Rain Water Collection, A Small Scale Water Supply for Domestic Water Use***"**, Universities Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2005 http://eprints.UMS.ac.id/275/1/(7)_PS-pudyastuti.pdf.

15) Clara, W, M**.,** *Assessing the reliability of rooftop rainwater* ***harvesting for domestic use in Western Kenya***, MSc Thesis, Edinboro University of Pennsylvania, 2010, www.geography.siu.edu/pdfFiles/Graduate/GradPapers/Mundia.pdf.

16).وزارة المياه والري: **إستراتيجية المياه من اجل الحياة (2008-2022)**، مرجع سابق.

17) وزارة المياه والري، سلطة المياه**: بيانات الأمطار السنوية للفترة (89/1990 – 8/2009)**، مرجع سابق، 2009.

18) دائرة الإحصاءات العامة: **نتائج التعداد العام للسكان والمساكن لعامي (2004/1994)**، مرجع سابق، 2007.

19) انظر موقعا: www.dodson-hydro.com/software/hydro-cd/.../**smada**.htm

20) International Reference Center for Community Water Supply and Sanitation, "*Rainwater Harvesting for Drinking Water Supply*", Training Module Series, August, 1981.

21) Liaw, C, H & Tsai, Y, L.," Optimum Storage Volume of Rooftop Rain Water Harvesting Systems For Domestic Use", *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, No 3014, 2005, P 901.

22) دائرة الإحصاءات العامة: **الأردن بالأرقام 2010**، العدد13، 2010، ص15.

23) وزارة المياه والري، إدارة الإعلام والتوعية: **ترشيد الاستهلاك المائي**، مرجع سابق، ص.17

24) Jabarin, A, S," The Economics of Water Harvesting Techniques in Arid Zones of Jordan", *Dirasat, Agr & Sci*, Amman, Vol 30, No3, 2003, p 364.

المراجع العربية:

دائرة الإحصاءات العامة: **الأردن بالأرقام 2010**، العدد13، 2010، ص15.

دائرة الإحصاءات العامة: **نتائج التعداد العام للسكان والمساكن لعامي (2004/1994)**، الأردن، عمان، قسم الحاسب،2007.

عطية، محمد: **قراءة إستراتيجية تحليلية نقدية حول أزمة الأمن المائي في الأردن والحلول المقترحة**، جريدة الرأي، الصادرة بتاريخ 28 /2009/9.

لطفي، عبدالفتاح: "إمكانيات الحصاد المائي في المراكز الحضرية الأردنية"، **مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية**، الجامعة الأردنية، مجلد26، عدد2، 1999، ص469.

وزارة المياه والري، إدارة الإعلام والتوعية: **التقرير السنوي لعام 2007**، الأردن، 2007، ص15.

وزارة المياه والري، إدارة الإعلام والتوعية: **ترشيد الاستهلاك المائي**، الأردن، 2008، ص17.

وزارة المياه والري: **إستراتيجية المياه من اجل الحياة (2008-2022)**، الأردن، 2007، ص17.

وزارة المياه والري، سلطة المياه: **بيانات الأمطار السنوية للفترة(1990/89 – 2009/8)**، الأردن، 2009.

المراجع الأجنبية:

Clara, W, M., *Assessing the reliability of rooftop rainwater harvesting for domestic use in Western Kenya*, MSc Thesis, Edinboro University of Pennsylvania, 2010, www.geography.siu.edu/pdfFiles/Graduate/GradPapers/Mundia.pdf.

International Reference Center for Community Water Supply and Sanitation, *"Rainwater Harvesting for Drinking Water Supply"*, Training Module Series, August, 1981.

Jabarin, A, S," The Economics of Water Harvesting Techniques in Arid Zones of Jordan", *Dirasat, Agr & Sci*, Amman, Vol 30, No3, 2003, p 364.

Liaw, C, H & Tsai, Y, L.," Optimum Storage Volume of Rooftop Rain Water Harvesting Systems For Domestic Use", Journal of the American Water Resources Association (JAWRA), No 3014, 2005, P 901.

Mahmood, M.H., *Feasibility of Using Roof Rainwater Catchment Systems in Jordan*, MSc Thesis, Yarmouk University, Irbid, Jordan, 1986,60 pages.

Purwanti, S, P., *"Rooftop Rain Water Collection, A Small Scale Water Supply for Domestic Water Use"***,** Universities Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2005: http://eprints.UMS.ac.id/275/1/(7)_PS-pudyastuti.pdf.

Skinner, B., *Small Scale Water Supply and Sanitation, Postgraduate Module*, WEDC, Longhboraugh University, United Kingdom,2004.

Tarawneh, S.," Water Harvesting of Urban Storm Runoff (West Side of Karak City as case –Study)", *Abhath AL Yarmouk, Basic sci & eng*, Irbid, Vol10, No1, 2004, p 113.