الوضع المائي والبيئي في حوض وادي الدحي

د. جلال عبده ابراهيم

أستاذ جغرافية المياه المساعد

– قسم الجغرافية – كلية الآداب

– جامعة تعز – اليمن

ملخص:

تعاني مدينة تعز التي تقع على سفح جبل صبر – في الجنوب الغربي من اليمن– من فيضانات أوديتها، والتي كانت تؤدي من حين لآخر إلى فقد العديد من الناس لأرواحهم. بعض هذه الأودية التي تخترق المدينة أنشئت عليها عبّارات مياه لتسهيل حركة السيول في هذه الأودية والسيطرة عليها وإخراجها بأمان من حدود المدينة. لكن البعض الآخر لم يحصل على مثل هذه الحلول حتى الآن، لذلك فهي لا تزال تعاني من أوضاع متردية وقت الأمطار ويزداد الامر سوء مع الأوضاع البيئية المتردية والمتمثلة بعدم وجود خدمة صرف صحي فيها، واتخاذ مجاري هذه الأودية مكانا لرمي مخلفات القمامة والمجاري العادمة.

و يعتبر وادي الدحي من بين هذه الأودية التي بدأت مدينة تعز تزحف عليه في السنوات الأخيرة وبشكل غير مخطط، مما جعل مجاري هذا الوادي تغير من وظيفتها، فأصبحت طرقا للسيارات، وضيقة بسبب تعدي البناء العشوائي عليها. ولكون الامطار في هذه المنطقة كافية لعمل جريانات فجائية في العديد من السنوات، فقد زاد ذلك من تعقيد الأمر في الوادي وخاصة في المنطقة السكنية منه.

وكان لتلاحق السيول في هذا الوادي دورها في نحت العديد من جدرانه وتعريض الممتلكات للإنهيار لقربها من المجرى، كما أدت الى صعوبة اتصال بين ضفتي الوادي. إن مجاري الوادي تستعمل كمصبات للمياه العادمة لكل من القطاع السكني والصناعي فيه، مما خلق بيئة سيئة جداً فيه، فالروائح الكريهة وتكاثر حشرة البعوض المسؤولة عن مرض الملاريا وحمى الضنك في الوادي تعتبر من السمات البارزة لهذه المنطقة.

وخلص البحث إلى العديد من النتائج منها، أن البناء العشوائي أهم العوامل التي رفعت خطورة السيول في منطقة الدراسة . كما انتهى البحث بعمل سيناريوهين لحل مشكلة الوادي.

Abstract:

Taiz city, which is located at the foot of Saber Mountain, suffers from its valley's floods ،which was led from time to time, to the loss of the souls of many people. Some of these valleys that penetrate into the city built and established by water canals to facilitate the movement of flowage in these valleys and control them safely through the city's boundaries. But others did not get such solutions so far, so they are still suffering from the

deteriorating conditions whether during rainfalls or not and this is due to the bad environmental conditions such as the lack of service sanitation , and streams of these valleys have become places for throwing the remnants of garbage and sewage.

Wadi Adahi is considered one of these valleys, where urban growth of Taiz city began to creep upon it in the recent years without a proper planning and this lead to unplanned change in nature of Wadi Adahi streams. Streams have become roads for vehicles and become narrow because of random construction. Rainfall in this region is enough to work and cause a sudden flowages in many years, and this matter is more complicated in the valley, especially in its residential area.

The continuity of valley's flowages has played a role in eroding many of the valley's walls and causing many properties to be ruined as they are nearby water courses, also led to the difficulty of communication between the two banks of the valley. As the valleys streams are used for the wastewater for the residential and industrial sectors, thus creating a very bad environment where, bad smell and increasing by mosquitoes, as main cause for malaria and dengue fever in Wadi Adahi are the main features of this region.

This paper come out with some proposals and recommendation, there are two scenarios to solve the problem in the study area.

المقدمة:

يُعتبر وادي الدحي من الأودية التي تنبع من سفوح جبل صبر، وتخترق مدينة تعز. وعلاوة على ما يتميز به هذا الوادي من وضع بيئي متردي، إلا أن الجريان السيلي فيه بعد سقوط الأمطار، يزيد الأمر تعقيداً. فمياه السيول تعمل على جرف مياه المجاري المنزلية والصناعية وكذلك أكوام القمامة، فتقلل من الروائح الكريهة فيه، لكن من ناحية أخرى فإن مياه السيول تعمل على نحت جانبي لمجاري الوادي الذي تشغله المباني العشوائية في الوقت الحاضر، ويهددها بالانهيار. كما يعمل على إغلاق العديد من المحلات التجارية بعد وصول السيل الى منطقة بئر باشا، وإفساد الكثير من البضائع في حالة لم يحتاط السكان مسبقاً. لذلك كان لابد من دراسة الوضع البيئي والحضري والجريان السيلي ومدى خطورته في الوادي.

اهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في تطرقه للوضع البيئي في الوادي ومحاولته تقدير مدى خطورة السيول فيه وما يترتب عليه من أبعاد حضرية وبيئية ، ويناقش الحلول الممكن اتخاذها للحد من الوضع المتأزم في الوادي وتحقيق تنمية مستدامة فيه.

أهداف البحث:

يهدف البحث الى إيجاد بيئة سليمة وتنمية مستدامة في الوادي من خلال دراسة النقاط التالية:

- تحديد خصائص وادي الدحي الطبيعية والحضرية.
- دراسة الوضع البيئي لمنطقة الدراسة.
- تقدير الجريان السيلي في منطقة الدراسة.
- تحديد درجة خطورة السيول في منطقة الدراسة.
- صياغة حلول ملائمة لمشكلة السيول وكذلك الوضع البيئي المتردي في حوض وادي الدحي.

المنهجية ومصادر البيانات:

لتحقيق أهداف البحث تم اتباع الآتي:

- حساب مساحة الحوض ورسم شبكة المجاري المائية فيه باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة ٣٠ متر.
- إيجاد القياسات المورفومترية ذات العلاقة بأهداف البحث وهي كالتالي:

- نسبة تماسك المساحة (جلال، ٢٠٠١):
=[٤×(٧/٢٢)× مساحة الحوض (كم٢)]/ مربع محيط الحوض ..... معادلة (١)

- الإستعانة بخارطة طبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠ رقم 1343B4 للتعرف على طبوغرافية المنطقة وارتفاعاتها.
- عمل خارطة طرق وخارطة استعمالات ارض لمنطقة الدراسة بالاستعانة بكل من برامج Google Earth و ArcMap 10.
- تقدير كمية الإيراد المائي السنوي لحوض وادي الدحي باستخدام المعادلة التالية (جلال، ٢٠٠١) :
الإيراد المائي السنوي = (معدل الأمطار/ ١٠٠٠) × مساحة الحوض × ^{٦} ١٠.....معادلة (٢)

- تقدير حجم الجريان السنوي في حوض وادي الدحي باستخدام المعادلة التالية (جلال، ٢٠٠١):

$$R = C.S.0.5(L/W)^{n}$$ .....معادلة (٣)

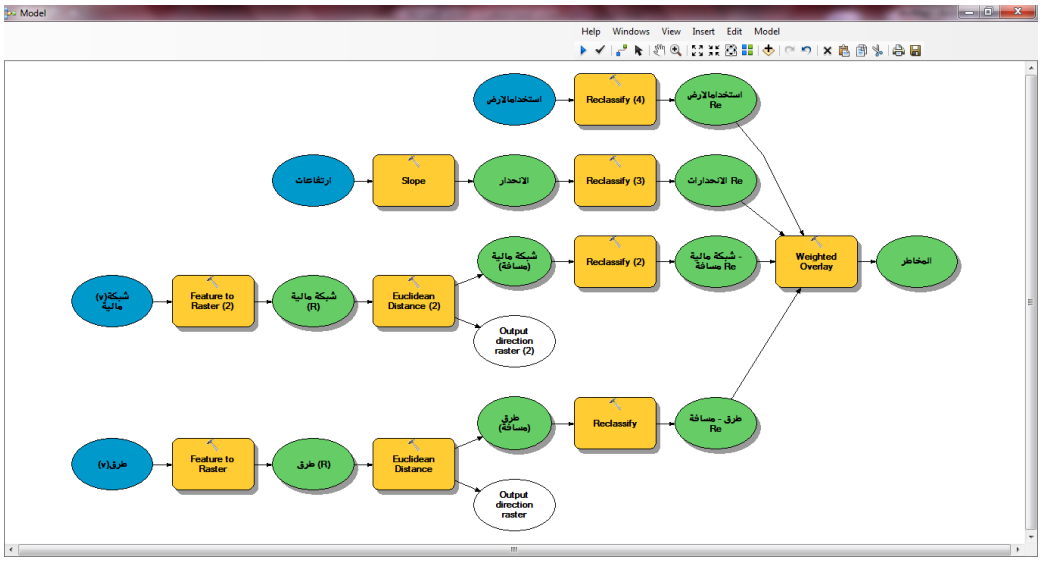
R = حجم الجريان السنوي (مليون م٣)
C = معامل ثابت يتراوح بين (٠,٢٥- ٠,٣٥)
S = معدل الانحدار (م/ كم) والذي يساوي : (الفارق الرأسي/ المسافة الأفقية)
w = معدل عرض حوض التغذية (كم)
L = أطول مجرى مائي ضمن الحوض
n = معمل ثابت (٠,٤٥)

- استخدام نموذج مكون من أربعة أنواع من البارامترات لتحديد مناطق الخطورة في الوادي وهي كالتالي:

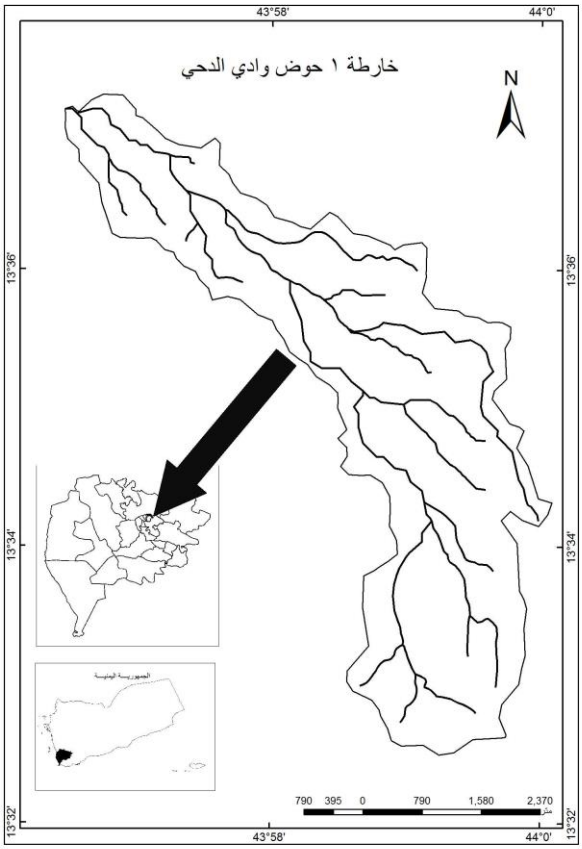
❖ Slope : لاشتقاق انحدارات منطقة الدراسة من نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة ٣٠ متر.
❖ Feature to Raster: لتحويل طبقات (Layers) الطرق والشبكة المائية في الوادي من بيانات متجهة (Vector) إلى بيانات شبكية (Raster).
❖ Euclidean distance: لحساب المسافة الخطية بين طرق السيارات في منطقة الدراسة وحتى حدود الحوض، كذلك المسافة الخطية من مجاري الأودية في منطقة الدراسة باتجاه خط تقسيم الوادي.

❖ Reclassify: لإعادة تصنيف قيم كل الليرات (الطبقات) السابقة (ارتفاعات – مسافات – استخدام الارض) الى مقياس عام يتمثل بعمل فواصل (فترات) متساوية (خمس فترات) مرقمة من ١ – ٥ لكل الطبقات بحيث المناطق التي تاخذ الرقم ٥ تكون أكثر أهمية في عملية الوزن ويأتي بعدها الرقم ٤ وهكذا، وهي كالتالي:

- الانحدارت العالية تاخذ الرقم ٥ لأهميتها في إحداث جريانات أسرع في منطقة الدراسة وتقل الخطورة تنازليا مع بقية الأرقام.
- المسافات القريبة من الطرق تأخذ الرقم ٥ لأهميتها في التأثير على الطرق وتقل الأهمية تنازليا مع بقية الأرقام كلما ابتعدت المسافة من الطرق.
- المسافات القريبة من مجاري الأودية تاخذ الرقم ٥ لأهميتها في التأثير على المنشآت وجرف التربة، وتقل الأهمية تنازليا مع بقية الأرقام كلما ابتعدت من الأودية.
- استخدامات الأرض في الوادي، تأخذ المناطق العمرانية فيه الرقم ٥ لإنها تتأثر بالسيول بشكل كبير، ثم تأخذ المناطق الزراعية الرقم ٤. وفي الأخير المناطق غير المعمورة وغير المزروعة – جرداء أو ذات نبات طبيعي متبعثر – تأخذ الرقم ٣.



أولاً: منطقة الدراسة:



يقع وادي الدحي[١] في الجهة الغربية من مدينة تعز – اليمن وهو يمتد من سفوح جبل صبر جنوباً باتجاه الشمال ويقع الوادي بين دائرتي عرض ′٣٢ °١٣ و ′ ٣٧ °١٣ وخطي طول ′ ٥٦ °٤٣ و ′٠٠ ° ٤٤. وتتراوح ارتفاعاته بين ١٠٤٠ متر فوق مستوى سطح البحر عند المصب و ٢١٢٠ متر في المناطق المرتفعة منه في الجنوب (خارطة ١).

ثانياً: خصائص الوادي الطبيعية:

توجد العديد من الخصائص الطبيعية في وادي الدحي والتي تؤثر في جريان السيول فيه، سواء بشكل إيجابي – تقليل خطورة الجريان – ام بشكل سلبي.

أ- الأمطار :

تتركز الأمطار في منطقة الدراسة في فصلي الربيع والصيف، ويتركز سقوطها بوقت قصير، وتكون في أيام متباعدة، ونادراً ما تسقط في فصلي الخريف والشتاء. معدل الأمطار في منطقة الدراسة ٥٣٠,٦ ملم. ومن خلال جدول (١) فإن خمس محطات مطرية وهي: (المعقاب ومنعوم وحصين ونورا والقرف) وهي التي تحيط بمنطقة الدراسة، تسجل قيماً مطرية – متوسطات سنوية- هي في الغالب تتراوح بين ٢٥٠ ملم و ١٠٦٢ملم.

ولكون الأمطار في اليمن عامة ومنها منطقة الدراسة تتميز بقصر فترة الهطول وتكون في الغالب على شكل عواصف مطرية شديدة تهطل في فترة قصيرة قد لا تتعدى النصف ساعة في أفضل الأحوال، فإن دراسة الأمطار اليومية وخاصة تلك القيم العالية في منطقة الدراسة التي تحدث جريانات قوية، لابد من أخذها في الاعتبار عند دراسة مخاطر السيول. فمن خلال جدول (٢) يتضح أن القيم التي تتعدى ٧٠ ملم محدودة خلال سنوات ١٩٩٧ – ٢٠٠٩ ، وهي سبعة أيام فقط، وتقل كمية الأمطار كقيمة قصوى في عام ١٩٩٨ إلى 1.5 ملم في يوم ١٧ أغسطس وكذلك ١٥ يوليو من نفس العام.

[١] عُمم اسم وادي الدحي على كامل منطقة الدراسة لأنها أكثر التسميات شيوعاً، فكل منطقة أو عدة قرى تعطي اسما مختلفا للوادي، كما أن كثيراً من الفروع المهمة التي ترتبط بالمجرى الرئيسي لها اسماؤها الخاصة مثل وادي المعسل الذي يرتبط مع وادي الدحي بعد مسجد الليث بن عمرو مباشرة.

ولكون علاج مشكلة السيول في الوادي هو هدف الدراسة، فإن البحث يركز على كمية الأمطار القصوى على المستوى اليومي، ومن خلال جدول (٢) نلاحظ كميات الأمطار لأكبر العواصف المطرية خلال الفترة الممتدة بين ١٩٩٧ و ٢٠٠٩[١] ، حيث تتعدى ٧٠ملم في بعض الأحيان وقد تصل إلى ٩٩,٥ ملم كما في محطة حصين بتأريخ ٦ أكتوبر ٢٠٠٩م.

جدول (١) معدلات الامطار للفترة من ١٩٩٧ – ٢٠٠٩م في منطقة الدراسة.

السنة	المعقاب	منعوم	حسين	نورا	الكرف	المتوسط
1997	518.5	398.5	6.0	0.5	283.5	241.4
1998	1042.5	887.0	5.5	248.5	525.0	541.7
1999	864.0	720.0	244.0	608.1	564.5	600.1
2000	1062.0	734.0	462.8	596.2	633.0	697.6
2001	996.5	720.0	362.0	707.3	556.0	668.4
2002	886.9	684.4	298.0	619.4	452.4	588.2
2003	754.0	852.0	381.5	707.3	448.5	628.7
2004	847.3	805.8	324.3	509.0	520.0	601.3
2005	943.5	833.6	331.0	478.5	546.0	626.5
2006	932.5	727.5	712.0	519.8	493.5	677.1
2007	716.5	476.0	213.0	170.1	120.5	339.2
2008	102.0	536.5	340.0	---	316.0	323.6
2009	759.0	545.0	597.5	---	344.0	561.4
المتوسط	801.9	686.2	329.0	469.5	446.4	546.6

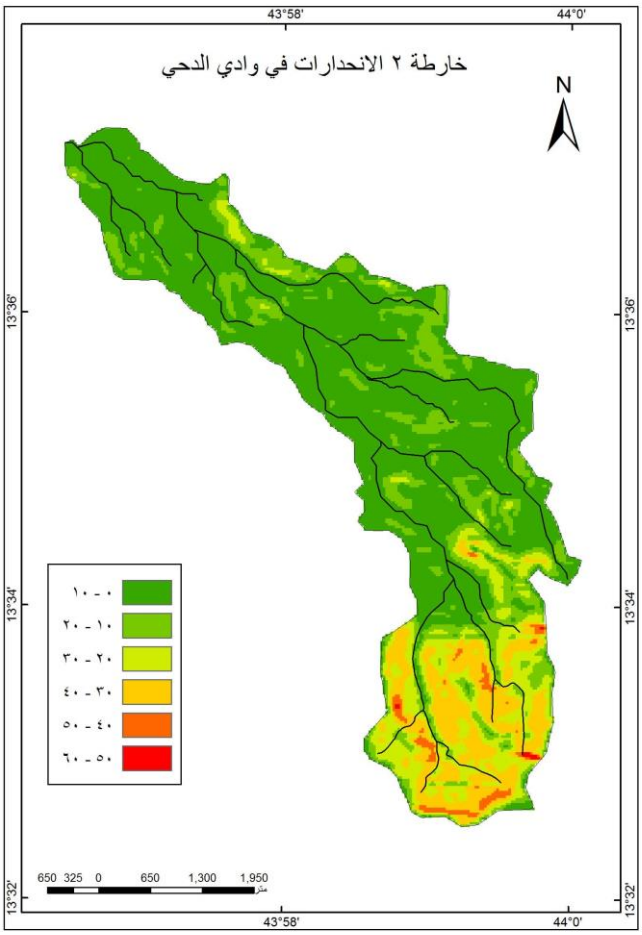
المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على الجمهورية اليمنية – الهيئة العامة للموارد المائية ، بيانات غير منشورة للفترة من (١٩٩٧ – ٢٠٠٩م).

جدول (٢) اقصى كمية امطار يومية للفترة من ١٩٩٧ - ٢٠٠٩م

	المعقاب		منعوم		حسين		نورا		الكرف	
	التاريخ	الكمية (مم)	التاريخ	الكمية (مم)	التاريخ	الكمية (مم)	التاريخ	الكمية (مم)	التاريخ	الكمية (مم)
1997	١٢-أغسطس	43.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	١٦-أغسطس	40.5
1998	٠٩-أكتوبر	83	-----	-----	١٧-أغسطس	1.5	٢٤-أغسطس	79.4	٢٤-أغسطس	66.5
					١٥-يوليو	1.5				
1999	١٢-أغسطس	42	-----	-----	١١-يونيو	31.5	٣٠-مايو	47	١٦-أكتوبر	43.5
2000	١٣-أكتوبر	64.5	١٠-سبتمبر	68	٠٩-نوفمبر	32.5	١٣-أكتوبر	55.3	٠٧-أكتوبر	46
2001	١١-مارس	42	٠٧-مايو	44	٠٧-مايو	28.5	١٧-أغسطس	47.3	٢٤-مارس	37.5
	١٦-أغسطس	42					١٨-أغسطس	47.3		
2002	٠٥-أغسطس	45	٠٥-أغسطس	39	٠٣-مايو	26.0	٠٥-أغسطس	35	٠٥-أغسطس	31
2003	٠٣-يونيو	73.5	١٥-أبريل	48.5	٠٦-سبتمبر	32.0	٠٣-يونيو	63	٠٣-يونيو	79
2004	٢٦-أغسطس	43	٠٤-يوليو	47	٠٩-أغسطس	30	٠٦-سبتمبر	21	٢٨-سبتمبر	26.5
2005	١٢-أغسطس	68	١٧-نوفمبر	38	١٥-سبتمبر	43	١٥-سبتمبر	69	٠٥-مايو	61
2006	٢٣-سبتمبر	63.5	٠٤-يوليو	62	١٢-نوفمبر	73.5	٠٤-أغسطس	28.6	٠٥-يناير	78
2007	٣٠-أغسطس	43.5	٠٩-أغسطس	54	١٥-أغسطس	39.5	٢٣-سبتمبر	47.5	١٨-يونيو	15
									٢٢-يونيو	15
2008	٢٥-يونيو	23	٠٢-أبريل	33	٠٦-أغسطس	51.5	-----	-----	٢٦-سبتمبر	26.5
2009	٢٧-سبتمبر	78	٢٢-يوليو	43.5	٠٦-أكتوبر	99.5	-----	-----	١٧-يونيو	48

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على الجمهورية اليمنية - الهيئة العامة للموارد المائية ، بيانات غير منشورة للفترة من (١٩٩٧ - ٢٠٠٩م)

[١] البيانات بعد ٢٠٠٩ غير متوفرة لهذه المحطات بسبب الأوضاع التي تمر بها اليمن من أحداث التغيير، حيث توقفت عملية الرصد كما تعرضت بعض المؤسسات ومنها الهيئة العامة للموارد المائية للنهب.



الانحدار:

تمتاز المناطق الجنوبية من منطقة الدراسة بالانحدار الكبير، حيث تبدأ منابع الحوض من جبل صبر من على ارتفاع ٢١٢٠ متر فوق مستوى سطح البحر وبدرجات انحدار تتراوح بين ٥٠ إلى ٦٠ درجة، ثم يبدأ الانحدار يقل بشكل كبير ابتداء من التقاء وادي المعسل مع وادي الدحي – الذي أخذت منطقة الدراسة اسمها منه– ويستمر بانحداره الخفيف حتى منطقة المصب على ارتفاع ١٠٤٠ متر فوق مستوى سطح البحر (خارطة ٢). وهذه المنطقة تتبع المرتفعات الجنوبية الغربية من اليمن التي تتصف بأنها ضمن الإقليم الزلزالي من الدرجة الأولى والتي تتسم بالضعف البنيوي والفعل الزلزالي النشط (الخرباش والانبعاوي، ١٩٩٩)، وهذا يجعل عمل السيول أكثر أثراً في نحت الصخور وجرف المكتلات الصخرية والتربة والتراجع الحتي في الوادي.

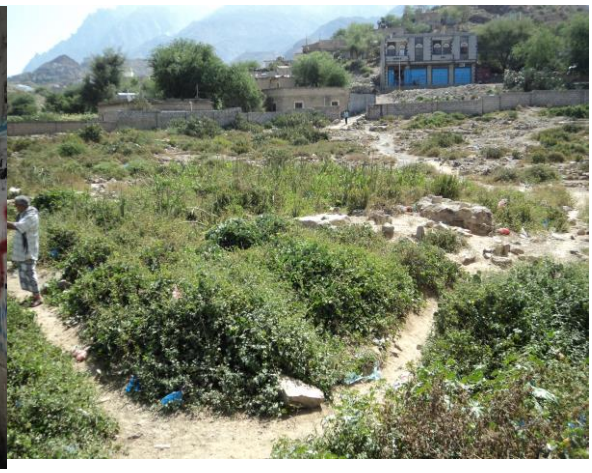
ثالثاً: الجوانب الحضرية والبيئية في الوادي:

النمو الحضري في وادي الدحي أخذ طابع العشوائية، فالبنية التحتية منعدمة تقريبا، فلا يوجد مجاري ولا شبكة مياه نظيفة ولاطرق كافية تسهل الوصول لكل منزل فيه، ولا حتى خدمة نقل القمامة المنزلية. كما لا يوجد حصاد أمطار في الوادي سواء من أسطح المنازل أم بشكل حواجز مائية على مجرى الوادي. هذه الظروف الحضرية عكست نفسها على الوضع البيئي في الوادي وخاصة في وسط الحوض، حيث التركزات السكانية هي المظهر الغالب في الوادي، لكون المنطقة غير مخدومة بالصرف الصحي ، حيث يعتمد سكان الوادي على استخدام مجرى الوادي لصب مياه منازلهم (مطابخ – حمامات) فيه، فتجري هذه العوادم على مدار اليوم، وتتكون العديد من الحفر على مجرى الوادي وتكون مليئة بمياه المجاري، فتشكل بيئة مناسبة لنمو حشرة البعوض بكثرة، إضافة إلى الروائح الكريهة المنبعثة بشكل قوي والتي تصل لكل بيت في الوادي بالقرب من مجرى السيول أو في المرتفعات. كما يعتبر الوادي مكباً للقمامة المنزلية، حيث لا تتوفر خدمة نقل القمامة من قبل السلطات المحلية، وخاصة في الجزء الأوسط من الوادي ذو التركز السكاني (الصور ١ ، ٢). أما المياه العادمة عندما تختلط بالقمامة العضوية، فإنها تكّون عُصارة ذات تركيز عالي من الملوثات العضوية وغير العضوية، والتي تؤثر على المياه الجوفية. ويعتمد تلوث المياه الجوفية بهذه العصارة على كثير من العوامل منها: قرب

مستوى منسوب المياه الجوفية، ونوعية الطبقات الجيولوجية التي يحضنها مكب النفايات، علاوة على مستوى تراكيز العصارة نفسها بالملوثات (السنيني، ٢٠١٠). أما في المنطقة قليلة الانحدار فان مقبرة قديمة تشغل جزءاً من المجرى وتعمل الشجيرات الكثيفة في هذه المقبرة على حمايتها من الانجراف، وفي نفس الوقت تعمل إعاقة لتدفق الوادي بالسيول، مما يؤدي الى حدوث فيضان لهذه المنطقة، وتزداد بيئة المجرى تعقيدا في منطقة بير باشا، حيث العمران تعدى على منطقة المجرى بالكامل ولم يتبقى للسيول إلا ممر ضيق من خلال بيتين اسمنتيين لا تتعدى المسافة بينهما ثلاثة أمتار، مما يجعل اندفاع السيل في هذه المنطقة كبيراً جداً ومؤثراً على المنطقة التي بعدها (الصور ٣ ، ٤).

صورة (١) مياه المجاري تلقى مباشرة الى مجرى الوادي

صورة (٢) كثير من الاشجار التي تنمو في مجرى وادي الدحي وتسقى من مياه المجاري.



صورة (٣) مقبرة في مجرى وادي الدحي وتغطيها الشجيرات.

صورة (٤) مجرى الوادي لم يبقى له الا ممر بين منزلين بعد تعدي البناء العشوائي عليه.

تتنوع استخدامات الأرض في وادي الدحي بين استعمالات عمرانية (سكنية – تجارية – مصانع ...) وتشغل مساحة ٤,٢ كم^{٢}، أي ما نسبته ٢٢,٣ % من مساحة منطقة الدراسة. هذه المناطق تشغل وسط الوادي وتمثل الزحف

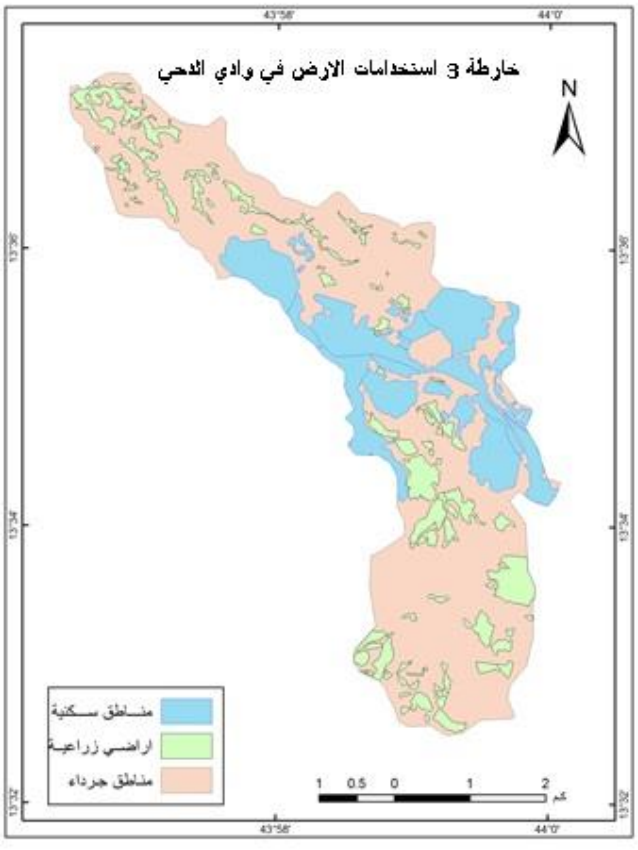
العمراني لمدينة تعز باتجاه الغرب. المناطق الزراعية تمثل ٢٤ % من مساحة الوادي، أي حوالي ١٢,٨كم^{٢}، وهي أراضي مبعثرة في منطقة الدراسة وخاصة في المناطق الجنوبية من الوادي حيث تكون على شكل مدرجات ، كما توجد في المناطق الشمالية من الوادي حيث لايزال الزحف العمراني بعيداً عنها. بقية أراضي الوادي تمثل مناطق جرداء أو مناطق ذات كثافة نباتية قليلة غير صالحة للزراعة وتمثل المناطق المنحدرة منها وتقدر مساحتها ١٢,٢ كم^{٢} أي حوالي ٦٤,٩ % من مساحة منطقة الدراسة (الخارطة ٣).

جدول (٣) استعمالات الأرض في حوض وادي الدحي.

الاستخدام	المساحة (كم^{٢})	% من مساحة الحوض
استعمالات عمرانية	٤,٢	٢٢,٣
استعمالات زراعية	٢,٤	١٢,٨
مناطق جرداء أو متبعثرة النبات	١٢,٢	٦٤,٩

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على برنامج Google Earth و برنامج ArcMap 10.

رابعاً: تقدير حجم الجريان السيلي في حوض وادي الدحي:



لتقدير حجم الجريان السنوي في منطقة الدراسة – والذي يتمثل بمجموع المياه التي تجري في مجاري وادي الدحي بعد عملية التبخر والترشيح – فلا بد أولاً من دراسة الإيراد المائي السنوي لحوض وادي الدحي.

الإيراد المائي السنوي:

الإيرادات المائية السنوية العالية في أي حوض مائي تمثل مؤشر على مدى خطورة مياه الأمطار. ومن خلال المعادلة (٢) واعتمادا على معدل الأمطار السنوي لمنطقة الدراسة ٥٣٠,٦ ملم، فقد تبين أن ما يمكن لمنطقة حوض الوادي أن تجمعه من مياه الأمطار هو ٩،٦٥٦،٦٠٠ م^{٣}. ويعود صغر الرقم إلى صغر مساحة منطقة الدراسة التي لا تتعدى ١٨,٨٢ كم^{٢} ، لذلك فإن خطورة السيول في منطقة الدراسة لا تأتي من كبر التدفقات

المائية في الوادي أثناء العواصف المطرية ، فهذه الكمية يمكن أن تستوعبها المجاري المائية للوادي إذا لم يتدخل عامل آخر مثل كبر الانحدار في المناطق الجنوبية من منطقة الدراسة أو البناء العشوائي في مجاري الأودية أو بالقرب منها.

حجم الجريان السنوي في وادي الدحي:

ليس كل الإيراد المائي الذي يجمعه حوض وادي الدحي يساهم في عمل جريانات مائية ، فجزء من هذه المياه تتبخر وجزء آخر يتسرب إلى داخل الأرض، أما الجزء المتبقي فهو الذي يجري في الأودية. إن حجم الجريان السنوي هذا يمكن احتسابه من خلال المعادلة (٣) والذي يمثل ٤١،٣٨٧,٥ م^{٣}. وهذا سبب آخر لان يقودنا في كون مياه الأمطار ليست وحدها المسؤولة عن مخاطر السيول في الوادي والمتمثلة بجرف التربة وتدمير الممتلكات وقطع طرق السيارات (صورة ٥) ولكن هناك عوامل أخرى تدخلت مع هذه الكمية من الجريان في إحداث الدمار في منطقة الدراسة.

صورة (٥) عبارات مياه غير مناسبة لتمرير مياه السيول في منطقة الدمينة تحت شارع اسفلتي

صورة ٦: تحطم العبارة بسبب عجز العبارة عن استيعاب كمية السيول.

خامساً: درجات خطورة السيول في الوادي:

إن ظاهرة المخاطر في السنوات الأخيرة يعتقد أنها تزداد نتيجة لنشاط الإنسان و لتغير المناخ أو لكليهما. وأهمية المخاطر الطبيعية بمصطلح الوقاية والتقليل والتخفيف قد أتت من قبل منظمات عالمية مثل الأمم المتحدة من خلال تطوير خطة استراتيجية عبر العالم لإنقاص المخاطر أو لتقليل درجة خطورتها. (Eleni, 2011). وتوجد العديد من الطرق لمعرفة مدى خطورة السيول في الوادي ومنها:

أ- القياسات المورفومترية:

وأهمها هنا نسبة تماسك المساحة لوادي الدحي، فمن خلال المعادلة (١) اتضح أن هذه النسبة تساوي ٠,٣ ، وحيث أن هذه النسبة تتراوح بين الصفر والواحد الصحيح، فإن هذا يدل على أن الشكل يبتعد كثيرا عن الشكل الدائري

ويقترب شكل الحوض المائي من شكل المستطيل، ومن ثمّ فإن الأودية القريبة من المصب تفرغ مياهها أولاً ثم تأتي الروافد التي تليها وهكذا .. مما يدل على أن خطر السيل ليس بسبب شكل الحوض.

ب- استخدام النماذج:

إن التعاون الطبيعي بين GIS والمعلومات من مختلف الجهات مثل النقل وتخطيط المدن والهندسة المدنية وإدارة المياه.. الخ، يمكن أن يُنفذا ويعرضا معاً في تكامل مع الخارطة التي تمثل خلفية بيانات (Narayan, 2008, P7). وبمساعدة برنامج ArcMap أمكن عمل نماذج (Models) لمعرفة مناطق الخطورة في الوادي أوالتي لها الأولوية في دراستها عند التفكير بعمل حلول للتقليل من هذه المخاطر. وإعتماداً على النموذج (١) والذي يمثل عملية وزن للطبقات (الانحدارات – شبكة الأودية – استخدامات الأرض – الطرق) وإعطاء كل طبقة ترتيب لأهمية الظواهر الموجودة فيها من خلال البراميتر Reclassify وترتيب لأهمية الطبقة بالنسبة للطبقات الأخرى بواسطة البراميتر Weighted overlay ، مما يمكن من خلال هذا النموذج تحديد مناطق الخطورة في الوادي والتي تحتاج أن تؤخذ في الاهتمام أكثر من غيرها، لأنها تمثل مناطق ضعف أمام السيول الجارفة، والتي تؤدي الى مآسي ليس فقط في الممتلكات، وإنما في الأرواح كذلك. وتحديد الخطورة هنا، لم يُدخِل كمية الأمطار في الحسبان، وإنما على أهمية الانحدارات وأهمية القرب والبعد من مجاري الأودية ومن طرق السيارات، علاوة على أهمية استعمالات الأرض في الوادي. وقد أمكن تحديد ثلاثة أنواع من مناطق الخطورة وهي:

١- مناطق قليلة الخطورة:

وتمثلت جميعها في المناطق الشمالية من الوادي حيث يقل الانحدار كثيراً، ولكنه يكون منطقة لتجمع مياه السيول والتي تعجز مجاري الوادي أحيانا عن استيعاب مياه الأمطار، فتعمل السيول على جرف التربة الزراعية فيها وتدمير المحاصيل الزراعية، وقد حُددت تسع مناطق من هذا النوع في هذا الجزء من الوادي (خارطة ٤).

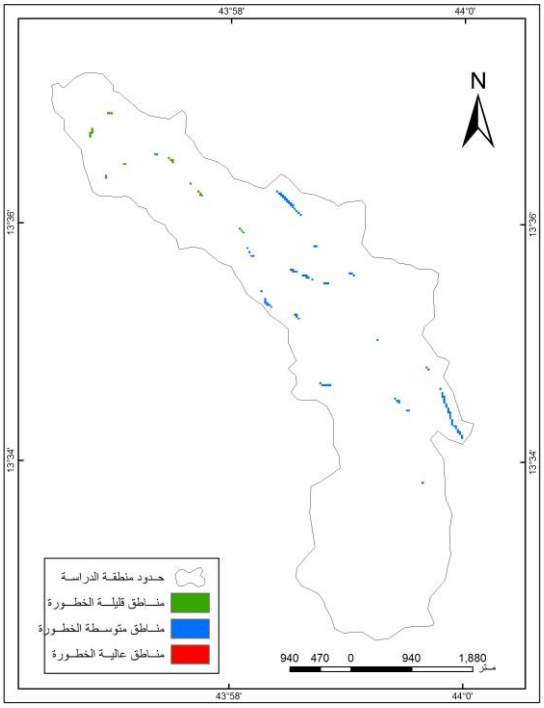
٢- مناطق متوسطة الخطورة:

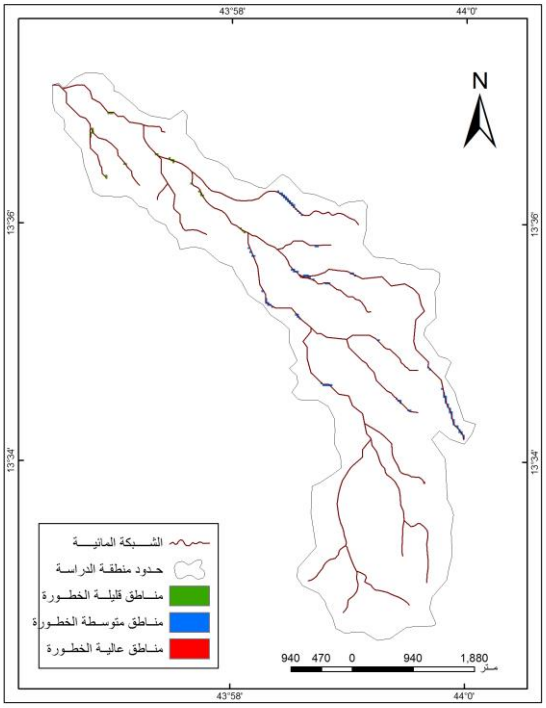
تمثل هذه المناطق وسط منطقة الدراسة، حيث الزحف العمراني لمدينة تعز قد شغل معظم المساحة فيه، ووصل البناء الى مجارى السيول. عدد المناطق التي أظهرها النموذج كانت ٢١ منطقة. تكمن خطورة هذه المناطق في النحت الجانبي للمجاري المائية مما يعرض كثير من الممتلكات للانهيار.

٣- مناطق شديدة الخطورة:

هذه المنطقة محدودة جدا في المنطقة الجنوبية من الوادي، حيث الانحدار شديد جداً، وهي بعيدة عن التركزات السكانية والمناطق الزراعية، لذلك تكمن خطورتها في حالة البناء فيها، حيث لايزال بعض الناس يفضلون البناء في المناطق المنحدرة والمرتفعة.

خارطة (٤) مناطق الخطورة في حوض وادي الدحي.





النتائج:

أمكن من خلال هذا البحث التوصل الى عدد من النتائج وهي:

١. تركز هطول الأمطار بغزارة في فترة قصيرة قد لا تتعدى النصف ساعة في أحسن الاحوال، مما يؤدي إلى تدفقات سيلية كبيرة تعجز معها درجات الحرارة عن تبخير كميات كبيرة من المياه في هذه المدة.

٢. تميز كثير من مناطق حوض وادي الدحي بالانحدار الشديد الذي يصل إلى أكثر من ٦٠ درجة وخاصة في الجزء الجنوبي منه، إذ تعجز التربة عن امتصاص كميات كبيرة من مياه السيول، خاصة مع قصر فترة الهطول.

٣. التعدي على أجزاء كبيرة من أرضيات مجاري الأودية من خلال البناء العشوائي يعمل على إعاقة تدفقات السيول وخروجها من مجاريها، حيث بلغ حجم الجريان السيلي في منطقة الدراسة الى ٤١،٣٨٧,٥ م^{٣}، بينما كان الإيراد المائي السنوي فيه الى ٩،٦٥٦،٦٠٠ م^{٣}. وهذا الرقم الصغير لحجم الجريان يبين أن خطورة السيول تكمن في تعدي الناس على مجاري المياه وليس على كبر تدفقات الوادي.

٤. جزء من الوادي تشغله مقبرة قديمة مغطاةٌ حاليا بكثير من الشجيرات التي تعمل على حماية القبور من الانجراف ، في نفس الوقت تعمل على فيضان السيول في هذا الجزء من الوادي.
٥. يضيق مجرى الوادي كثيراً في منطقة بئر باشا، حتى أن الوادي يندفع بين منزلين إسمنتيين، فيضخ مياهه بشكل قوي عابراً شارعاً رئيسياً، وتصطدم مياهه على المنازل المقابلة للمخرج، مما يسبب خسائر في البضائع والممتلكات.
٦. عمل عبارات اسمنتية غير مناسبة في حجمها عند تقاطع الوادي مع الشوارع الإسفلتية ، مما يؤدي الى إقتلاع هذه العبّارات من مكانها وفيضان الوادي على الطريق الإسفلتي.

التوصيات والحلول:

يمكن عمل عدد من السيناريوهات لحل مشكلة وادي الدحي فيما يخص مخاطر السيول وكذلك الوضع البيئي فيه، بغية جعله مكاناً آمناً، وتحويله من منطقة موبوءة بالملاريا والروائح الكريهة والتي لا تليق بحياة الإنسان، إلى مكان حيوي بالأنشطة الاقتصادية والطرق الآمنة.

السيناريو الاول:

ويتمثل بإتباع عدد من الخطوات للتقليل من الوضع البيئي المتردي وتقليل خطر السيول:

- تعميم حصاد الأمطار من أسطح المنازل الذي سيقلل من كمية المياه المتدفقة في شوارع منطقة الدراسة، وبالتالي يقلل من خطورة فيضان الوادي، لا سيما وأن المنطقة تعاني من شحة المياه، مثلها مثل بقية مناطق مدينة تعز.
- ضرورة تخطيط استخدام الأراضي في الوادي وايجاد مناطق حماية لمجاري السيول حتى لا يتعدى عليها بالبناء العشوائي.
- إيجاد شبكة صرف صحي في الوادي تلبي إحتياج الكثافة السكانية الحالية والمستقبلية فيه، حتى لا يؤدي الطفح – خروج المجاري إلى الشوارع – إلى مزيد من التلوث وانتشار الأمراض والروائح الكريهة.

السيناريو الثاني:

عمل مصفوفة مشاريع بتموين من الدول المانحة والتي تشجع مثل هذه المشاريع، وبالإعتماد على متخصصين[١] في عمل عبارات حديثة، أمكن عمل المصفوفة التالية وتقديمها للمجلس المحلي للمحافظة لإعتمادها والتفاوض مع المانحين حولها.

مصفوفة مشروع تنمية وادي الدحي:

[١] اعتمد الباحث في عمل تكلفة تقديرية لمصفوفة مشروع وادي الدحي وفي عمل تصور نهائي للمصفوفة ككل على خبرة المهندس/ **سليمان عبدالله محمد العريقي** في إدارته لمشروع "حماية تعز من كوارث السيول – المرحلة الأولى والثانية".

رقم المشروع	المرحلة الاولى[1]
عنوان المشروع	تشييد عبارات تصريف السيول في وادي الدحي مع وادي المعسل وفروعهما مع ملحقاتهما المطلوبة حتى تلاقي الواديين شمال جامع الليث بن سعد بطول تقريبي (١,٦ كم)
خلفيه عن المشروع (مبررات المشروع)	– حماية الممتلكات العامة والخاصة من الفيضانات. – تسهيل انشاء خدمات البنية التحتية للسكان (مياه – صرف صحي– طرق – هاتف ..الخ). – تدهور الوضع البيئي والصحي للسكان. – وجود انتعاش عمراني دون خدمات البنية التحتية.
المشكلة الرئيسية	–الممتلكات (مباني وغيرها) عرضة للانهيار. –عدم القدرة على تنفيذ شبكة الصرف الصحي والخدمات الاخرى بسبب جريان السيول الموسمية. –انعدام وجود الطرقات المسهلة لخدمات السكان.
الهدف من المشروع	– توفير وضع بيئي وصحي جيدين في الوادي. –حماية الممتلكات الخاصة والعامة. –خلق فرص عمل جديدة اثناء التنفيذ وبعدها للسكان. –التقليل من تلوث مياه الامطار التي حالياً تختلط بمياه المجاري السائبة في الوادي.
الأنشطة	– انشاء عبارات خرسانية مسلحة بطول ١,٦كم تقريباً. – انشاء مدرجات تهدئة لانحدار السيول عند المصبات الجبلية٠,٣كم. – تنفيذ شبكة مجاري مع ملحقاتها ٣,٥كم. – رصف شوارع وممرات لتسهيل الحركة المرورية وحماية المنشآت بطول ٣,٦ كم. – تنفيذ انشطة توعية مجتمعية بأهمية المشروع وكيفية الحفاظ عليه.
الإطار الزمني	سنتان ابتداءً من تنفيذ المشروع
التكلفة التقديرية	**٣,٥,٠٠٠,٠٠٠ دولار**
الشركاء في المشروع	الحكومة اليمنية ممثلة بوزارة الاشغال العامة والطرق او + وحدة التنمية الحضرية الشاملة TUDP
النتائج المتوقعة	– التقليل من الاثر البيئي. – تسهيل حركة جمع وتصريف القمامة من المنطقة. – حماية الممتلكات الخاصة والعامة. – خلق فرص عمل في المنطقة. – خلق فرص عمل جديدة وانشطة اقتصادية بين السكان. – تقليل المصابين بالأمراض المستوطنة الحالية.
الأثر من المشروع	– انعدام الكوارث. – رفع مستوى الوعي البيئي والصحي للسكان. – رفع المستوى الاقتصادي للسكان.
مصادر التمويل	المانحين
الاستمرارية	- تتولى السلطة المحلية صيانة المشروع. - المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي لمتابعة المجاري - مكتب الأشغال بالمحافظة.

[1] المراحل الثلاث للمشروع يمكن تنفيذها في واقت واحد (سنتان) اذا تم استخدام ثلاث شركات في وقت واحد لتنفيذ هذه المراحل.

رقم المشروع	المرحلة الثانية
عنوان المشروع	تنفيذ عبارات السيول للمرحلة الثانية من تقاطع جامع الليث بن سعد ماراً بوادي الشماع ووادي الحصب والفرع الآتي من قرية عمد غرباً حتى بئر باشا منتهياً بمدخل وادي الدمينة جنوب غرب وادي الدمينة بطول تقريبي ٢,٣٥ كم.
خلفيه عن المشروع (مبررات المشروع)	نفس المبررات السابقة.
المشكلة الرئيسية	– نفس المشكلة السابقة – بالإضافة الى – تعرض مقبرة للموتى لانجراف السيول سنوياً. – اتلاف بضائع الانشطة السلعية الواقعة على الشارع العام. – الاتلاف السنوي للبنية التحتية في الشارع العام خلال موسم الامطار.
الهدف من المشروع	– نفس الاهداف السابقة بالمشروع رقم (١) مضاف اليها – حماية المقبرة من الانجراف. – حماية النشاط التجاري والسلعي لأكثر من ٢٠٠ محل تجاري – حماية البنية التحتية المنفذة في بير باشا من الانجراف والتلفيات.
الأنشطة	– عبارة مغلقة ١,٦ كم. – عبارة مفتوحة ٠,٥ كم. – حوض تهدئة وترسيب (١) – شبكة مجاري وملحقاتها ٥ كم. – رصف طرقات وممرات ٣ كم. – تنفيذ انشطة اجتماعية صحية بيئية للسكان خلال التنفيذ.
الإطار الزمني	– اعداد دراسات تفصيلية ٦ اشهر. – سنتان لتنفيذ المشروع.
التكلفة التقديرية	**٦,٣,٠٠٠,٠٠٠ دولار**
الشركاء في المشروع	نفس الشركاء المذكورين في المشروع (١)
النتائج المتوقعة	– نفس النتائج السابقة بالإضافة الى المساعدة في تغذية مياه الابار الجوفية الواقعة في نفس المسار من خلال حوض التهدئة والترسيب.
الأثر من المشروع	نفس الآثار السابقة بالإضافة الى: – الانتعاش الاكبر للاستثمارات المجمدة حالياً في قطاع بير باشا وزيادة فرص العمل فيها. – انخفاض متطلبات الصيانة والاعادة للخدمات التي كانت تجرفها السيول سنوياً.
مصادر التمويل	المانحين
الاستمرارية	- تتولى السلطة المحلية صيانة المشروع. - المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي لمتابعة المجاري. - مكتب الأشغال والتخطيط الحضري بالمحافظة.

رقم المشروع	المرحلة الثالثة
عنوان المشروع	تشييد عبارات من مدخل السيول من الشارع العام باتجاه وادي الدمينة شمال غرب ، ماراً بوادي الدمينة ش ٣٠ متر مع اعادة تأهيل ما انشئ من جسور حجرية وخرسانية في جزء من ش ٣٠ وش ٢٤ متر اعلى محطة المعالجة المؤقتة للتصريف الصحي منطقة الغراب
خلفيه عن المشروع (مبررات المشروع)	– نفس المبررات السابقة مضاف اليها: – حماية الاراضي الزراعية من الانجراف (٥,٥ هكتار).

	– حماية البنية التحتية المنفذة في الدمينة شبكة مجاري + جسور طرقات من الدمار. – التقليل من تلوث مياه الابار الواقعة على جانبي المسار عدد (٥ آبار).
المشكلة الرئيسية	– جرف الاراضي الزراعية وعدم القدرة على استصلاحها والاستفادة منها. – تعرض كل ما ينفذ من خدمات البنية التحتية للدمار والانجراف.
الهدف من المشروع	– جميع الاهداف السابقة بالإضافة الى: – حماية بعض الخدمات المنفذة سابقا من الانجراف والتلف. – منع التلوث لمياه الابار الصحية المستثمرة حالياً. – الاستثمار الامثل لمساحة مقدارها ٥,٥ هكتار من الاراضي الزراعية والعقارات.
الأنشطة	– انشاء عبارات خرسانية مغلقة مع اعادة تأهيل العبارات الحجرية المنشأة سابقاً بطول ١,١ كم. – مقترح تنفيذ حوض تهدئة وترسيب لتغذية المياه الجوفية وحجز المخلفات فيه. – استكمال اعادة تأهيل شبكة المجاري المنفذة سابقاً ٢كم مع ملحقاتها. – اعادة تأهيل وانشاء طرق جديدة فوق المسار + جدران ساندة (١,٢كم). تنفيذ انشطة بيئية وصحية واجتماعية للسكان المستفيدين خلال التنفيذ.
الإطار الزمني	– اعداد دراسات تفصيلية ٦ اشهر – تنفيذ الاعمال والانشطة ٢٤ شهر.
التكلفة التقديرية	**٤,٠٠٠,٠٠٠ دولار**
الشركاء في المشروع	نفس شركاء المشروع رقم (١)
النتائج المتوقعة	نفس النتائج للمشروع (٢)
الأثر من المشروع	– نفس الآثار للمشروع (٢) مضاف اليه: – زيادة مساحة الاراضي المستثمرة. – التقليل من تلوث المياه الجوفية. – انخفاض ضحايا السيول من الاطفال والعجزة والحيوانات الاليفة التي كانت تتعرض للجرف والموت.
مصادر التمويل	المانحين
الاستمرارية	- تتولى السلطة المحلية صيانة المشروع. - المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي لمتابعة المجاري. - مكتب الأشغال والتخطيط الحضري بالمحافظة.

المراجع:

- جلال عبده ابراهيم عثمان، حوض وادي ورزان – دراسة في جغرافية الموارد المائية، ماجستير في الجغرافية الطبيعية، قسم الجغرافية – كلية الآداب – جامعة البصرة، العراق، ٢٠٠١.
- صلاح عبدالواحد الخرباش، محمد ابراهيم الانبعاوي (١٩٩٩)، جيولوجية اليمن، مركز عبادي للدراسات، صنعاء.
- نبيلة على احمد السنيني، التلوث البيئي: مفهومه، مصادره، اشكاله، بحوث المؤتمر الرابع للجغرافيين اليمنيين، المجلد الثالث، صنعاء– ديسمبر ٢٠١٠م.
- Narayan Panigrahi, Geographical Information Science, Universities Press, 2008.
- Eleni, Karagiozi and others, Flood Hazard Assessment Based on Geomorphological Analysis with GIS,Tools – The Case of Laconia (Peloponnesus, Greece), Proceedings, Symposium GIS Ostrava 2011, 24-26 January 2011.