تقييم منسوب المياه الجوفية لمشروع مياه ذمار

د. أحمد ياسين السامرائي*
أ. نبيل خشافة**

مقدمة

تعد مشكلة توفير مياه كافية تلبي الاحتياجات البشرية المختلفة من المعوقات الرئيسة لتنمية مستقبلية متوازنة في اليمن، الذي يعتمد اعتمادا كليا على المياه الجوفية، والتغذية التي توفرها لها كميات الأمطار الساقطة عليه. لقد واجهت الدولة اليمنية مشكلتين مائيتين في عاصمة البلاد صنعاء، ومدينة تعز وذلك في تدهور نوعية المياه وهبوط مناسيبها في هذين الحوضين، اضافة الى مشاكل مائية في مدن اخرى. وهذا يدعو الى إعادة النظر في العادات الاستهلاكية السائدة حاليا للمياه. وتقييم وضع المياه في الأحواض الأخرى، لتفادي الوقوع في مشاكل مماثلة.

تأتي هذه الدراسة للوقوف على منسوب المياه الجوفية في آبار مشروع مياه ذمارالذي يتميز بنوعية مياه جيدة، وذلك من خلال قياس مناسيب المياه في ثمانية آبار عائدة الى مشروع مياه ذمار، تقع في قاع (سامة)وهو جزء من حوض ذمار المائي وهي توفر المياه لسكان مدينة ذمار وبعض القرى المجاورة (شكل 1).

اختيرت مواقع آبار المشروع الثمانية الحالية بعناية، وبعد دراسات هيدروجيولجية مستفيضة قامت بها الشركة المنفذة للمشروع* في إقليم ذمار. وبعد حفر 23 بئرا استكشافيا تم اختيار 8 أبار إنتاجية، تقع جميعها شرق مدينة ذمار في قاع (سامة) في المنخفض الواقع شمال وجنوب طريق (ذمار – رداع)،

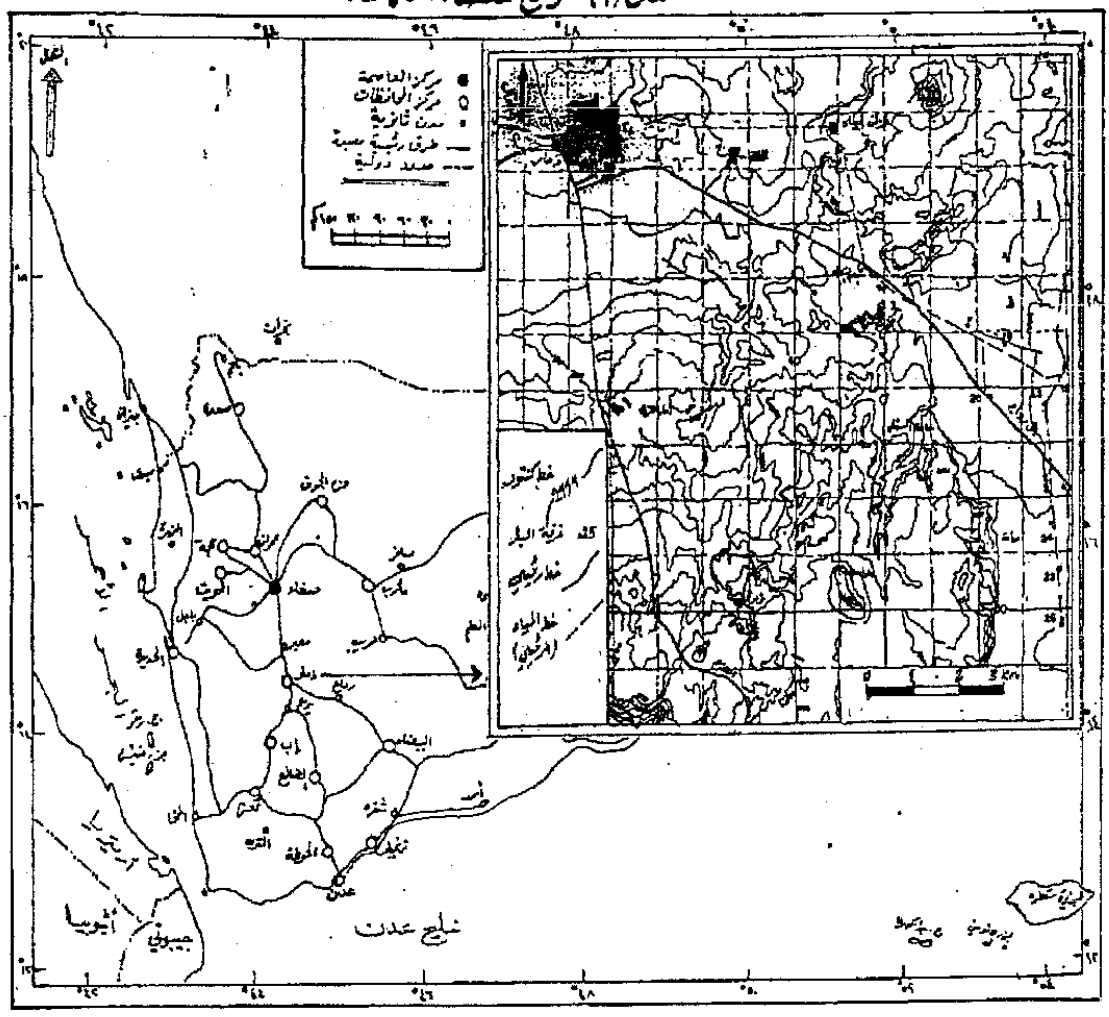
* قسم الجغرافيا / كلية الآداب والألسن / جامعة ذمار
** رئيس دائرة التخطيط والمتابعة بمشروع مياه ذمار

(شـــكل 2) وكان الاختيار قائما على نقاوة المياه والخصائص الجيولوجية لمنطقة الآبار والتي تضم بركانيات اليمن الرباعية والرواسب الرباعية المتميزة بمخزون مائي جيد.

الدراسات السابقة:

تم تناول موضوع انخفاض مستوى المياه الجوفية في اليمن بالدراسة من لدن الجهات الحكومية، وبخاصة في منطقة المرتفعات التي لها دراسات منذ بداية الثمانينات، فكانت دراسة **Bisset, P.O.** [1] سنة **1981** م والتي حذر فيها من أن مستوى المياه الجوفية في الآبار التي تم اخذ قياسها في مناطق متفرقة من المرتفعات الوســطى هــو باتجــاه هبوط منذ أخر دراسة مسحية في عام **1977**م. كما قامت وزارة الزراعة اليمنية بالــتعاون مــع إدارة التنمــية وراء البحار البريطانية [2] بدراسة علاقة الطقس بمستويات المياه الجوفية في الســهول الوســطى، وقــد تبين أن مستوى المياه الجوفية يهبط ببطء، وكانت بعض الآبار في مدينة ذمار مشمولة بالدراسة، وأجريت دراسة أخرى قام بها **Turner, A. And Mohammed Noman** [3] لدراســة المناخ ومستويات المياه الجوفية في ثمان مناطق في السهول الوسطى، ومن ضمنها بعض الآبار في مدينة ذمار.

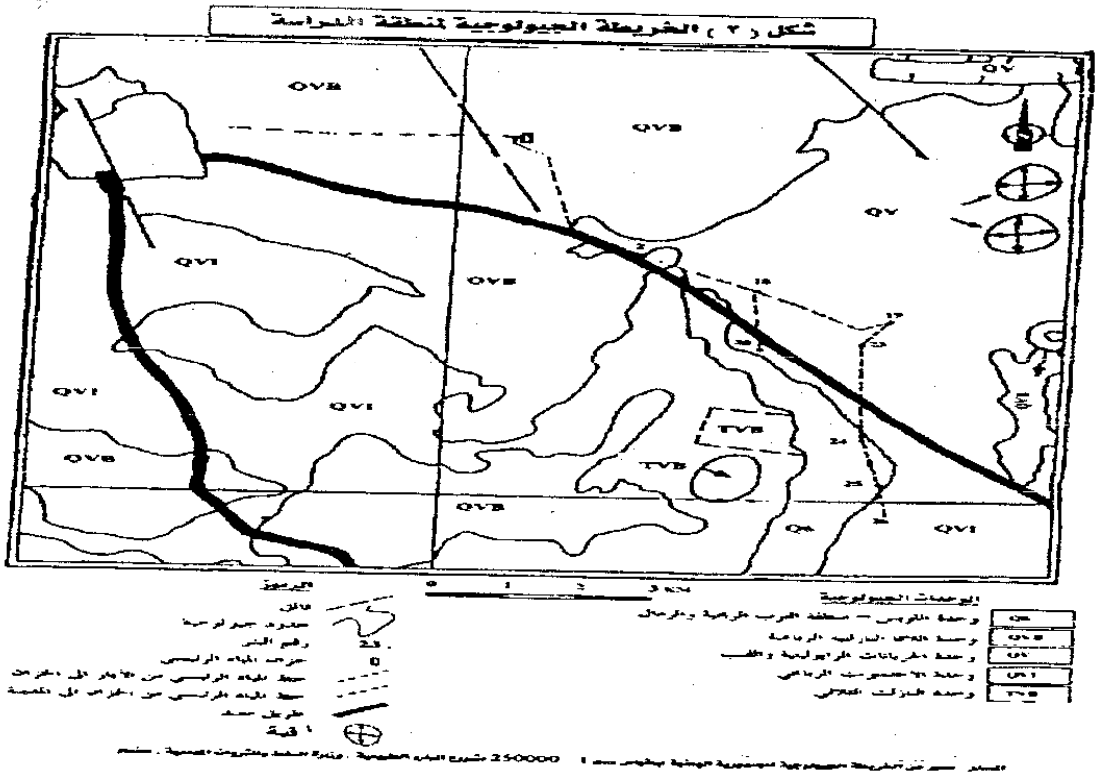
شكل (1) موقع منطقة الدراسة



أوضحت هذه الدراسة أن التسجيلات لمستويات المياه في الآبار تشير الى هبوط عام ضعيف. وهناك دراسة أخرى للمهندس اسماعيل محمد راوية [4] عن انخفاض مستوى المياه الجوفية في محافظة ذمار، وقد شملت الدراسة عدة آبار في مناطق مختلفة في محافظة ذمار، ومنها ستة آبار في مدينة ذمار، خمسة منها يدوية وواحدة غير يدوية، بينت الدراسة أن هناك هبوطاً في مستوى المياه الجوفية في هذه المحافظة. وبعد إنجاز مشروع مياه ذمار الذي بدأ تشغيله في شهر مايو في عام **1991** والذي يعتمد على ثمانية آبار تقع في قاع (سامة) التي هي جزء من حوض ذمار المائي، أجرت إدارة المشروع ثلاثة قياسات لمناسيب المياه في الآبار المذكورة وذلك في الأعوام **1993**، **1995**و **1996** ولم تجر قياسات أخرى بعد هذه التواريخ. وتأتي هذه الدراسة في عام **2001**، وفيها تم أجراء القياس لمناسيب المياه في الآبار ومقارنتها بالقياسات السابقة مع محاولة الباحثين تقصي أسباب الهبوط الحاصل في مناسيب المياه في الآبار واقتراح المعالجات لتفادي الوقوع في مشاكل مائية وتفاقمها بحيث يصعب حلها.

الوضع الجيولوجي

تنكشف في منطقة الدراسة صخور بركانية تعود الى العصر الثلاثي والرباعي، تتخذ شكل أراض مستموجة تعرضت لعمليات التجوية والتعرية المائية والريحية فتشكلت فيها أودية ومنخفضات امتلأت بالرواسب السيلية التي جلبتها مياه الأمطار وتركت مناطق مرتفعة وحافات وجروفاً صخرية. كما تبرز على سطح المنطقة مخاريط بركانية رباعية عديدة أبرزها (جبل ذمار القرن، وجبل رفان، وجبل حيثة). تقع منطقة الدراسة جيولوجيا ضمن حقل ذمار – رداع البركاني الذي يغطي مساحة تقدر بـ25000 كم2 [5] ويمكن وصف الوحدات الصخرية المنكشفة في (الشكل 2) من الأقدم الى الأحدث كما يأتي :-



1ـ وحدة البازلت الثلاثي :

نشـأت هـذه الوحـدة من خلال قنوات متفجرة مختلفة مثل القواطع والكالديرا Caldera والجـذوع Stocks ، وهـي تـتكون أساسا من طبقات اللافا Lave المكونة من البازلت والاندسايت والتراخايـت، والـتف والاكنمـبرايت والزجاج البركاني، ترجع الى الثورانات البركانية التي حدثت في الاوليكوسـين المـتأخر ـ الميوسين المبكر [6]. تنتشر على مساحات محدودة في منطقة الدراسة غرب قاع (سامة) وبالتحديد غرب وحدة اللويس الرباعي.

2- وحدة اكنمبرايت ذمار:

توضـح الخـريطة الجيولوجية انتشار هذه الوحدة في الأجزاء الغربية والشرقية من منطقة الدراسة. وهـي صـخور حامضـية ريوليتية، اصلها صهير لزج غني بالسليكا تتخلل صخورها ذات اللون الوردي والرمادي الفاتح مقذوفات وحمم متلاحمة من الزجاج البركاني والذي يمنح هذه الصخور مظهرها المتميز[7]. ويتميز المظهر العام لهذه الوحدة بالاستواء بصفة عامة، والحدارها المعتدل وهي مغطاة بتربة سميكة تصل الى 8 أمـتار كونـتها الانجـرافات السيليه الصفائحية التي جلبتها مياه الأمطار والتي تنحدر نحو الشرق مع الانحدار العام في غرب طريق (صنعاء ـتعز) ونحو شرق مدينة ذمار في شرقي منطقة الدراسة. وتظهر بعض مكاشف هذه الوحدة في شكل ركام وقطع صخرية وبعض نواتج التجوية [8].

3- وحدة اللويس :

وهـي رواسب غير متماسكة، تتكون من جسيمات دقيقة طباشيرية نفاذة تتكون من الكالسايت والمـرو الفلسـبار والمـيكا وقليل من الكوارتز[9] . ونظرا للنفاذية العالية التي تتميز بها رواسب اللويس وقدرتهـا العالـية على امتصاص المياه الناتجة عن سقوط الأمطار، فإنها تمتاز بقابلية كبيرة على تخزين المياه الجوفـية، لهـذا فـإن بئرين من الآبار المنتجة الثمانية التي تزود مشروع مياه ذمار بالماء، تتواجد في هذه الوحدة (شكل 2) الواقعة شرق ذمار جنوب طريق (ذمار- رداع).

4- وحدة الجريانات الرايولايتية والقبب :

وتظهـر عـلى مساحة صغيرة من منطقة الدراسة على محيط الكالديرا المحيطة بقرية (شوكان) شرق (حـيد ـ الحافـر). تـتكون مـن صـخور ريولايتية ومواد فلذبركانية تكونت خلال النشاط البركاني الرباعي[10].

5- وحدة اللافا البازلتية الرباعية :

تنتشـر على مساحات واسعة من منطقة الدراسة (شكل 2) نتجت عن احدث ثورة بركانية في حقـل ذمار-رداع البركاني. تكونت من طفوحات بركانية بازلتية سوداء اللون مخلوطة بمقذوفات بركانية فتاتـية وزجاجية. تصاعدت من صدوع وشقوق تعرضت لها وحدة الاكنمبرايت[11]. تتكون صخورها من

بازلت ثيولييني ذي نسيج بورفيري غني بمعادل البلاجيوكليز والاولفين والكلاينوبايروكسين الخشنة البلورات والمنتشرة ضمن أرضية دقيقة التبلور من المعادن نفسها واكاسيد المعادن الأخرى[12]. ينتشر على هذه الوحدة عدد من المخاريط البركانية يظهر فيها من منطقة الدراسة (جبل ذمار– القرن).

الخزان المائي الجوفي :

يشكل قاع (سامة) الذي تتواجد فيه آبار مشروع مياه ذمار الثمانية جزءاً من قاع (شرعة) الممتد من شمال شرق مدينة (يريم)، الى قاع (سامة) جنوب شرق مدينة ذمار. وهو يمتد في شكل حوض طولي يصل طوله إلى أكثر من 20كم ويتراوح عرضه بين 4–10 كم، وتتراوح متوسطات مناسيب سطحه بين 2490 متراً فوق مستوى سطح البحر في الأجزاء الجنوبية وبين 2460 متراً في قاع (سامة) في الأجزاء الشمالية .

تنتشر على سطح قاع (شرعة) الرواسب السلتية الرملية Silty sands مع قليل من الحصى Gravel والزلط Pebbles . كما تنتشر في بعض أجزاء سطحه الرواسب الريحية، ويتراوح سمك رواسب اللويس بين 10–40مترا [13].

تحدد الخزانات المائية الجوفية المهمة في قاع (شرعة) وقاع (سامة) بصخور بركانيات اليمن الثلاثية التي تبلغ مساحتها 37كم2. أما البركانيات الرباعية ذات النفاذية العالية فهي تعد مصدراً ثانوياً، وذلك لقلة تكسرها لحداثتها ولكنها تساهم بدور مهم في تزويد الخزانات الجوفية التحتية بالمياه عن طريق التسرب. ومع ذلك نجد ان اكثر من 100 بئر حول مدينة ذمار ذات مياه بنوعية جيدة [14] .

لقد اوضحت دراسة جيوفيزيائية لمنطقة آبار المشروع أن الطبقة السطحية من الرواسب الرباعية والترب تبدأ من السطح إلى عمق 5–8 أمتار، وتبدأ بعدها طبقة من الصخور البركانية الجوفية من العمق السابق ، وحتى عمق 50–80 متراً، تليها طبقات من الصخور البركانية المتشققة ذات النفاذية العالية، تبدأ من عمق 50–80 متراً

وتستمر حتى عمق 100–150 متراً، وهذه الطبقة هي التي توقعت الدراسة أنها حاوية للمياه وهي تستقر فوق طبقة أخرى من الصخور البركانية الصلبة الجافة [15].

ويبلغ سمك الطبقة المشبعة الخازنة للمياه فوق عمق 150 متراً من مستوى سطح الأرض يبلغ 120 متراً. وكمية المياه المخزونة الصالحة للأستعمال تبلغ 22,2 مليون متر مكعب [16].

تساهم مياه الأمطار الساقطة على أقليم مدينة ذمار والتي لايتجاوز معدلها السنوي 320,7 ملم، تساهم بدور أساسي في تغذية الخزان المائي الجوفي. وبالنظر لعدم توفر البيانات المناخية الخاصة بكميات الأمطار الساقطة على منطقة الدراسة (محطة ذمار) للسنوات 1994–1995–1996–1997–1998، وذلك لتوقف المحطة عن العمل، فلا يمكن أن نحدد دور مصدر التغذية الوحيد للخزان المائي الجوفي بشكل

دقـيق. وأتاحـت لنا الأرقام الواردة في (الجدول 2) صورة غير كاملة عن أثر تذبذب كميات الأمطار أو تفاوتها من سنة إلى أخرى، والتي يمكن أن يكون لها أثر في هبوط مناسيب المياه الجوفية في آبار مشروع مياه ذمار.

(جدول 2) كميات الأمطار الساقطة على محطة ذمار للسنوات1992-2001 @.

السنة	992	993	994	995	996	997	998	999	000	001
كمية الأمطار الساقطة(ملم)	63	21						94	76,3	75,9

@- المصدر: وزارة الزراعة والري، الهيئة العامة للبحوث والارشاد الزراعي (بيانات غير منشورة).

فـالجدول (2) يوضـح أرتفاع كمية الأمطار الساقطة على محطة ذمار عن معدلها السنوي في عام 1992 وعـام 1993، إذ بلغـت 563ملم و421ملم على التوالي، وكذلك هبوطها في عام 1999إلى 194 ملم وفي عـام 2000 إلى 276,3 ملم ، إلا أنها تعاود الأرتفاع عن معدلها في عام 2001 ، لتصل إلى 375,9 مـلم. وبهـذا فإن كمية الأمطار الساقطة في عام 1999 قد يكون له أثر سلبي في هبوط مناسيب المياه في الآبار، ولكن هذا لايفسر وحده الهبوط الكبير والمستمر طول السنوات منذ بدأ الأنتاج 1992 ولحد الآن (شـكل 3). ولعـل أكبر هبوط في مناسيب المياه هو الذي حصل بين عامي 1996 و 2001 والذي بلغ معدل هبوطه 5,587 متراً وبمعدل هبوط سنوي بلغ 0,93 متراً. ساهم فيه زيادة الأنتاج بعد ربط القرى المجاورة مثل قرية (المواهب وثمر) وشبكة مياه المدينة وماتبع ذلك من تجاوزات.

ورغـم أن القياسات التي اجريت للآبار في عام 2001 هو قبل موسم الأمطار الرئيسي، إلا أن البـئر رقـم (23) الـذي أجـري القـياس له في شهرنوفمبر، أي بعد موسم الأمطار الرئيسي (يوليو- أغسطس)، كان مقدار الهبوط فيه مقارب جداً للهبوط الحاصل في بقية الآبار كما يوضحه (جدول 2). مما يوضح الأثر المحدود لكميات الأمطار الساقطة على أرتفاع منسوب الماء في البئر.

المناخ يقع إقليم مدينة ذمار ضمن مناخ إقليم المرتفعات الوسطى، الذي يتصف بمديات حرارية يومـية مـرتفعة وانخفاض في معدلات الرطوبة النسبية، إلا أنها تتصف بكميات أمطار معتدلة. يخضع إقليم ذمار للكتل الهوائية الناجمة عن أنظمة الضغط الواقعة على شبه الجزيرة العربية شمالا والمحيط الهندي جنوبا، إذ تهـب الـرياح الشمالية الشرقية من منطقة الضغط المرتفع السائد فوق شبه الجزيرة العربية شتاء وهي تتصف بجفافها، وتحمل معها طقسا مستقرا وجافا وتغيما قليلا.

وفي بدايـة الصـيف تهب الرياح الجنوبية الغربية من مناطق الضغط المرتفع شمال المحيط الهندي، وتسبب سقوط أمطار الربيع الممتد من (مارس- مايو) وهي فترة الأمطار الأقل أهمية من أمطار الصيف، إذ يـبلغ معدلها لفصل الربيع 145 ملم /سنة، ومعدله لفصل الصيف 190 ملم/سنة. في حين يصل المعدل السـنوي للتساقط الى 380 ملم/سنة (جدول 1). ويوضح (الملحق 1) أن معدل كميات الامطار الساقطة

عـــلى محطـــة ذمار لفترة اثنتي عشرة سنة يبلغ 7 و320، وهو أكثر قرباً للواقع لطول فترة القياس. وهي أمطار متذبذبة في كمياتها، فقد تصل كمياتها بعض السنوات الى اقل من 200 ملم/سنة وفي سنوات أخرى الى اكـــثر من 500 ملم/سنة ويساهم عامل الارتفاع عن مستوى سطح البحر الذي يصل الى 2400 متر في خفض معدلات درجات الحرارة السنوية العظمى والصغرى لمدينة ذمار، فمعدل درجة الحرارة السنوي يـــبلغ 16.4^{0} مـــئوية وهو معدل منخفض مقارنة مع مناطق تقع في دائرة العرض نفسها لمدينة ذمار واقل ارتفاعـــا. ودرجات الحرارة العظمى يصل معدلها الى 24.8^{0} مئوية، ومعدل درجة الحرارة الصغرى يصل الى 8.1^{0} مـــئوية. أمـــا معدلات التبخر الســنوية فهي مرتفعة فتبلغ 1507 ملم، وهو عامل يساهم في قلة افادة الخزانات المائية الجوفية من مياه الأمطار الساقطة.

يســـاهم في ارتفاع معدلات التبخر السنوية الإشعاع الشمسي المرتفع البالغ 15 ميكا جول /م^{2}/ اليوم. كما يبلغ معدل الرطوبة النسبية السنوية 44%، وترتفع في الأشهر الرطبة من(يوليو – أغسطس) وتـــتراوح بين 43.4% – 48.3%، وتنخفض في الأشهر الجافة عن هذه المعدلات، إلا أنها ترتفع في شهر يناير الى 47.3% لانخفاض درجات الحرارة في هذا الشهر (جدول 1).

(جدول -1-) البيانات المناخية المتوفرة عن محطة ذمار (معدلات السنوات 1987-1992)*

الشهر		درجات الحرارة (مئوية)			الرطوبة النسبية	المطوع الشمسي	الإشعاع الشمسي	سرعة الرياح	التبخر نتح		معدلات الأمطار
		العظمى	الصغرى	المعدل	نسبة مئوية	ساعة/يوم	ميكاجول/م٢/يوم	م/ثانية	ملم/يوم	ملم	ملم
يناير	(1) عشرة أيام	22.3	2.9	12.6	43	9.4	15.0	1.3	3.1	31	0.0
	(2) عشرة أيام	22.3	2.9	12.6	51	9.5	15.3	1.3	3.1	31	0.0
	(3) عشرة أيام	22.3	4.0	13.1	48	9.2	15.4	1.4	3.3	33	8.0
فبراير	(1) عشرة أيام	22.3	5.4	13.8	44	8.8	15.5	1.7	3.6	36	3.6
	(2) عشرة أيام	22.3	4.1	14.2	43	8.7	15.8	1.8	3.8	38	1.0
	(3) عشرة أيام	23.1	8.8	15.0	41	8.9	16.5	1.7	4.0	40	16.0
مارس	(1) عشرة أيام	24.1	7.8	16.0	45	9.1	17.1	1.6	4.2	42	25.2
	(2) عشرة أيام	24.6	8.3	16.5	46	9.2	17.7	1.6	4.3	43	10.0
	(3) عشرة أيام	24.6	8.8	16.7	47	9.1	17.8	1.6	4.4	44	39.0
أبريل	(1) عشرة أيام	24.5	9.3	16.9	47	9.0	17.9	1.7	4.5	45	23.6
	(2) عشرة أيام	24.5	9.6	17.0	48	8.9	17.9	1.7	4.5	45	13.7
	(3) عشرة أيام	25.2	9.9	17.6	46	9.1	18.2	1.7	4.7	47	7.3
مايو	(1) عشرة أيام	26.1	10.4	18.3	43	9.3	18.4	1.8	4.9	49	16.6
	(2) عشرة أيام	26.7	10.6	18.6	42	9.5	18.5	1.8	5.0	50	8.1
	(3) عشرة أيام	27.1	10.9	19.0	41	9.4	18.3	1.8	5.0	50	1.2
يونيو	(1) عشرة أيام	27.7	11.3	19.5	39	9.4	18.1	1.8	5.1	50	0.5
	(2) عشرة أيام	28.5	11.5	19.7	38	9.3	18.1	1.8	5.1	51	9.7
	(3) عشرة أيام	27.7	11.6	19.7	40	8.9	17.5	1.9	5.0	50	1.8
يوليو	(1) عشرة أيام	27.4	11.7	19.6	42	8.3	16.9	2.0	4.9	49	3.8
	(2) عشرة أيام	27.3	11.7	19.5	43	8.0	16.6	2.0	4.9	49	9.8
	(3) عشرة أيام	27.9	11.7	19.4	45	7.9	16.5	1.9	4.8	48	43.6
أغسطس	(1) عشرة أيام	28.5	11.7	19.2	48	7.6	16.3	1.8	4.6	46	36.4
	(2) عشرة أيام	26.4	11.7	19.1	49	7.5	16.2	1.8	4.5	45	43.9
	(3) عشرة أيام	26.3	11.1	19.7	48	7.9	16.5	1.7	4.5	45	26.6
سبتمبر	(1) عشرة أيام	26.0	10.4	18.2	46	8.4	17.0	1.7	4.5	45	17.7
	(2) عشرة أيام	25.8	10.0	17.9	48	8.6	17.1	1.7	4.5	45	21.9
	(3) عشرة أيام	25.3	9.1	17.2	44	9.0	17.3	1.7	4.4	44	0.2
أكتوبر	(1) عشرة أيام	24.5	7.9	16.2	42	9.6	17.6	1.6	4.2	42	6.4
	(2) عشرة أيام	24.1	7.3	15.7	41	9.9	17.4	1.6	4.1	41	0.0
	(3) عشرة أيام	23.8	6.2	14.9	41	9.9	17.0	1.6	3.9	39	0.0
نوفمبر	(1) عشرة أيام	23.3	4.8	13.9	41	9.9	16.4	1.5	3.6	36	1.4
	(2) عشرة أيام	22.7	4.1	13.1	41	9.9	16.0	1.4	3.4	34	0.0
	(3) عشرة أيام	22.8	3.7	13.1	42	9.7	15.5	1.4	3.3	33	4.8
ديسمبر	(1) عشرة أيام	22.4	3.1	12.6	43	9.5	15.0	1.4	3.2	32	0.8
	(2) عشرة أيام	22.4	2.8	12.6	43	9.4	14.8	1.4	3.1	31	0.0
	(3) عشرة أيام	22.4	2.9	12.6	46	9.4	14.8	1.4	3.1	31	3.4
المعدل السنوي		24.8	8.1	16.4	44	9.5	6039	1.7	4.8	1507	385

* المصدر : وزارة الزراعة والري، الهيئة العامة للبحوث والإرشاد الزراعي (بيانات غير منشورة)

منسوب الماء الجوفي في آبار مشروع مياه ذمار

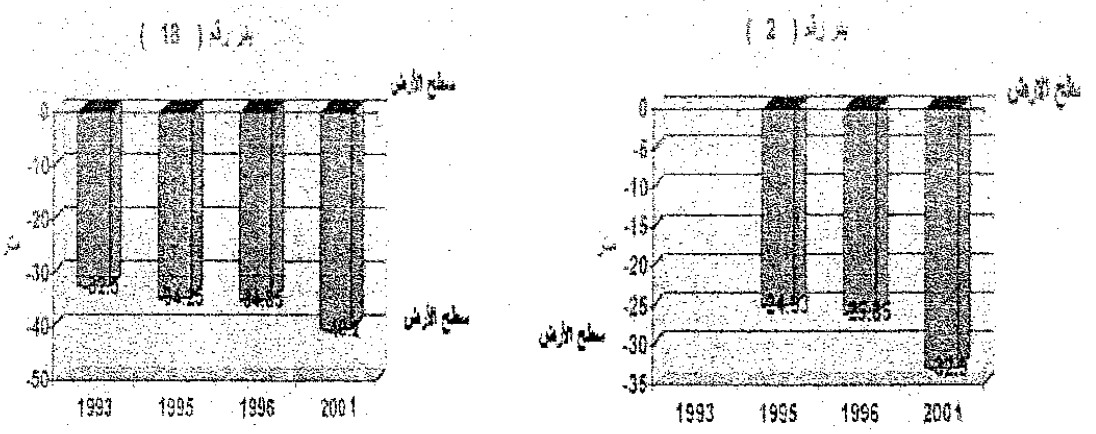
بـــدأ مشروع مياه ذمار بالعمل عام 1991، وأجريت القياسات لمناسيب المياه في الأعوام 1993 – 1995 و1996. ولم يجـــر قياس آخر بعد هذه التواريخ إلا من قبل الباحثين وذلك في (مارس) من عام 2001 . إذ خـــرج الباحث الثاني الى مواقع آبار المشروع مع السيد رئيس قسم التشغيل بدائرة مشروع مياه ذمار، بتاريخ 2001/3/3، الساعة العاشرة صباحاً، وذلك بهدف اجراء القياسات على مناسيب المياه في الآبـــار. وكان الجهاز المستخدم هو جهاز (البيزوميتر Piezometer)، وطريقة عمله تقوم على أساس إنـــزال متر الجهاز الذي هو عبارة عن سلك معدني مدرج الى أمتار و سنتيمترات وفي نهايته قطعة حديدية، وعـــند ملامسة نهاية القطعة الحديدية لسطح الماء فإن مصباحاً يضيء في الجهاز فوق سطح الارض، عندئذ يقـــرأ عمق الماء في البئر على السلك المعدني المدرج. وهكذا تم اجراء القياسات على كافة ابار المشروع، فـــيما عـــدا البئر رقم (23) لعدم وجود الشخص المسؤول عن غرفة البئر. وقد اجري القياس قبل موسم الامطار الرئيس لعام (2001) الواقع في شهر يليو – أغسطس (شكل– 3).

ثم قـــام أحـــد الموفدين من (مؤسسات التعاون الفني الالماني GGTZ) بإجراء القياس على البئر (23)،وذلـــك في 2001/11/14.بعـــد موســـم الامطـــار الرئـــيس، واضـــيفت نتـــيجة القياس على (الشكل– 3).

وكان القياس يجري اثناء تشغيل الآبار (مياه متحركة) لعدم امكانية توقيف تشغيل الآبار التي تعمل بطاقتها القصـــوى لامـــداد المدينة بالمياه وبصورة مستمرة. إضافة الى صعوبة الانتظار لعدة ساعات لعودة مناسيب المـــياه الى وضـــعها الطبـــيعي. ولكون القياسات للسنوات السابقة جميعها اجريت اثناء تشغيل الابار، فأن مقارنة القياسات صحيحة (جدول– 2).

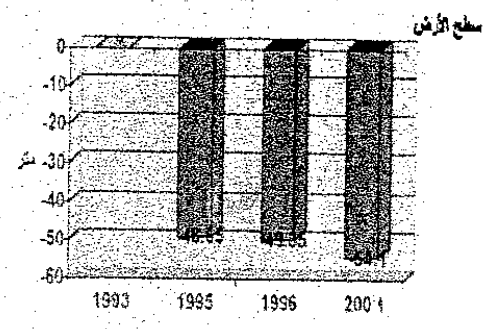
ويوضـــح (الشـــكل 3) الهـــبوط الواضـــح في مناسيب المياه في الآبار التابعة للمشروع، وتم مقارنة معدلات الهبوط لمناسيب المياه حسب سنوات القياس في (الجدول–2).

شكل (3) مناسيب المياه عن مستوى سطح الأرض لآبار الثمانية الانتاجية التي تزود مدينة ذمار بالمياه للسنوات 1993 ، 1995 ، 1996 ، 2001 م

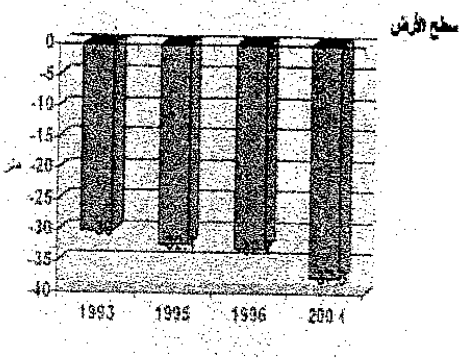


تابع شكل (3)

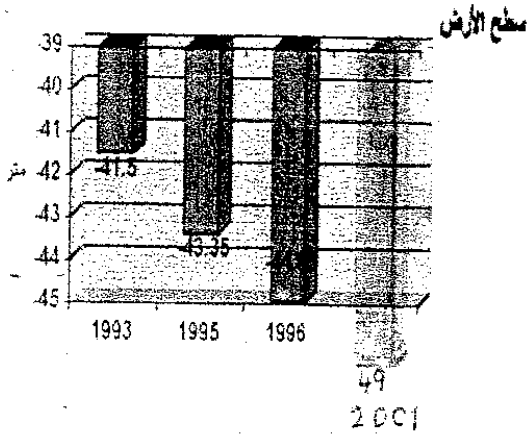
بئر رقم (19)



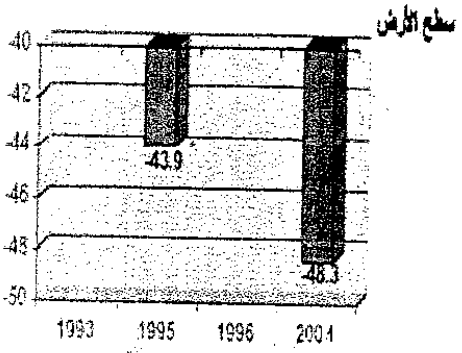
بئر رقم (20)



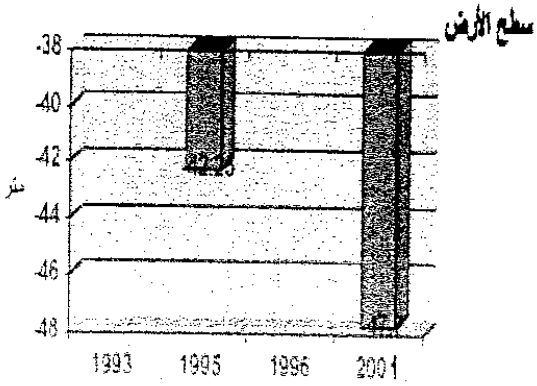
بئر رقم (23)



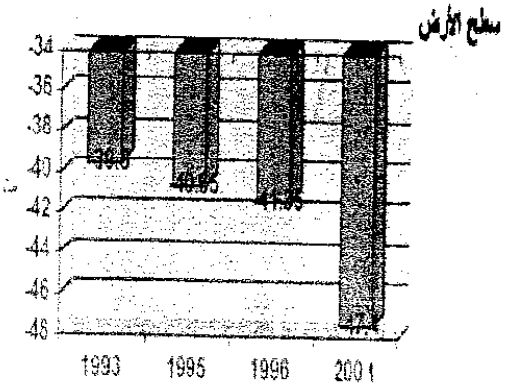
بئر رقم (24)



بئر رقم (25)



بئر رقم (26)



جدول (2) مقادير الهبوط ومعدلات الهبوط السنوية
لمناسيب المياه في أبار مشروع مياه ذمار (بالمتر)

رقم البئر	مقادير الهبوط بين عامي 2001-1993	معدلات الهبوط السنوي للفترة 2001-1993	مقادير الهبوط بين عامي 2001-1995	معدلات الهبوط السنوي للفترة 2001-1995
2	-	-	7.05	1,175
18	7.7	0,962	5.35	0,891
19	-	-	4.75	0,791
20	7.5	0,937	5.2	0,866
23	7,5	0,937	5,65	0,941
24	-	-	4.4	0,733
25	-	-	5.55	0,925
26	7.9	0,987	6.75	1,125
المعدل	7.65	0,955	5,587	0,930

ومن الجدول (2) يتضح ما يلي:

1. بلغت معدلات الهبوط في ثمانية آبار تم أخذ قياسات لمناسيبها في الأعوام 1995و 2001 بلغت **5.587** متراً. وبمعدل هبوط سنوي **0.93** متراً.
2. كانت معدلات الهبوط في أربعة آبار تم أخذ قياساتها في الأعوام 1993و2001 ما مقداره **7.08** متراً، وهو معدل كبير وبلغ معدل الهبوط السنوي **0.955** متراً.

نظراً لعدم امكانية تحديد دور عامل التغذية للخزان الجوفي في منطقة الدراسة بدقة، وذلك لعدم وجود بيانات لكمية الامطار الساقطة لخمس سنوات. وقد خلصنا فيما سبق إلى أن هبوط كمية الأمطار الساقطة في عام 1999 لايفسر وحدة الهبوط الكبير، والمستمر طوال السنوات ومنذ عام 1992 ولحد الآن. ولهذا فنحن نحيل هذا الهبوط في مناسيب المياه في آبار المشروع، والتي تقع في حوض ذمار المائي إلى زيادة كمية المياه المسحوبة، والمنتجة منه.

يرتبط هذا الهبوط الكبير في مناسيب المياه في آبار المشروع والتي تقع في حوض ذمار المائي بزيادة كمية المياه المسحوبة منها بشكل غير متوازن مع معدلات التغذية لهذه الآبار من مياه الأمطار الساقطة على

الحوض. ومن مقارنة كميات المياه المنتجة في مشروع مياه ذمار مع أعداد السكان المستهلكين لهذه المياه في (الجدول 3) يتضح:

1- ارتفاع إنتاجية المياه الى اكثر من الضعف في العام 2000 بالمقارنة مع إنتاجية المياه في العام 1992 وبنسبة زيادة بلغت 109% .

2- أن معدل إزدياد سكان مدينة ذمار لم يرتفع بنفس نسبة الزيادة، فبعد أن كان عدد السكان76705 نسمة في عام 1992، وصل في العام 2000 الى 104489 نسمة وبلغت نسبة الزيادة في أعداد السكان 36.2%.

من الواضح أن نسبة الزيادة في كمية إنتاج المياه تفوق بشكل كبير نسبة الزيادة في أعداد السكان لمدينة ذمار، وهذا يعني أن هناك عوامل أخرى ساهمت في هذا الاستنزاف للمخزون المائي ومن ثم هبوط مناسيب المياه في حوض ذمار.

جدول (3) كميات المياه المنتجة من آبار مشروع مياه ذمار
واعداد السكان المستهلكين لها للسنوات 1992-2000 **

السنة	1992	1994	1995	1996	1997	1998	2000
كمية الإنتاج السنوي (متر مكعب)	1917610	2838240	265564	329250	3409207	3703683	4011534
أعداد السكان لمدينة ذمار(نسمة)	76705	82920	86630	89939	93375	96942	104489

أسباب هبوط منسوب المياه في آبار مشروع مياه ذمار

تشترك عوامل سلبية عديدة في تأثيرها على هبوط مناسيب المياه الجوفية في آبار مشروع ذمار، وهذه هي:

1- زيادة الضخ والانتاج وارتفاع نسبة الفاقد من المياه المنتجة، إذ بلغت هذه النسبة أكثر من 55% من كمية المياه المنتجة في عام 2001وهذا يرجع الى جملة عوامل هي:-

أ- وجود شبكة مياه قديمة تتركز في وسط المدينة، وربط شبكة المياه الجديدة بها. مما أدى الى تسرب جزء من المياه من خلال الشبكة القديمة. خاصة وان المياه التي تمر عبر الشبكة تندفع بقوة نظرا لانحدار المياه من الخزان الرئيس الواقع عند قرية (ثمر)، الواقعة على ارتفاع يبلغ 2480 متر فوق مستوى سطح البحر الى مدينة ذمار الواقعة على ارتفاع يبلغ 2400 متر فوق مستوى سطح البحر. وبهذا فان ارتفاع الخزان عن سطح مدينة ذمار يبلغ 80 مترا.

ب- كثرة التوصيلات غير القانونية في مدينة ذمار والتي تجاوز عددها 3200 حالة [15] حيث تسحب المياه من الشبكة من غير رقابة.

ت- اســـتخدام بعض أهالي القرى المجاورة لمدينة ذمار والتي ربطت بالمشروع في الأعوام 1995 _ 1997 لمـــياه المشروع في ري مزروعاتهم وبشكل خاص شجرة القات، إما من خلال إحداث كسور في الشبكة المائـــية التي تمر عبر أراضي عدد منهم [16] . وإما من خلال الربط غير القانوني من خلف العداد. ويؤكد ذلـــك ارتفـــاع كمية الإنتاج للمياه خلال الفترة 1995-1997 وهي الفترة التي تم ربط تلك القرى بشبكة مياه المدينة.

ث- عـــدم تعميم العدادات لجميع المستهلكين، إذ أن حوالي 70% منهم يدفعون مبالغ تقيدرية ثابتة ومن غير عائدات. وهذا يساهم في الإسراف الزائد لعدم وجود ما يترتب عليه.

ج- تعمـــيم تعرفة ثابتة للاستهلاك تساوي بين المستهلك المترلي والمستهلك التجاري، يؤدي الى استنزافهم لمياه المشروع بشكل لا يتناسب مع حاجتهم الفعلية للمياه، لعدم دفعهم مبالغ توازي زيادة الاستهلاك.

ح- اســـتخدام مزارعي الخضار في داخل المدينة والتي تسمى (بالمقاشيم) جوار المساجد لجزء كبير من مياه المشـــروع في ري مـــزروعاتهم. فضلاً عن بعض المزارع المنتشرة جوار المنازل في داخل المدينة والمسماة (بـــالاحواش)، وأخرى تنتشر خارج المدينة، والتي تسحب المياه بأساليب غير قانونية.وما يترتب على كل ذلك من استنزاف كبير لمياه أنتجت ووزعت أساسا للاستهلاك المترلي.

خ- كثرة الانكسارات في شبكة المياه الرئيسة داخل المدينة، بسبب الأعمال الحكومية ومعداتها الثقلية التي تقـــوم بأعمـــال مســـحية أو تبليط شوارع أو حفر مجاري... وما يرافق ذلك من تسرب المياه بشكل كبير.

2- وجود الكثير من الآبار المنتشرة بالقرب من قاع (سامة) أو تتواجد عليه (قسم منها تابع لقرية الويداء وأخـــرى لقـــرى ســـامة الســـفلى والعلـــيا التي تقع في قاع سامة)، وتلك الآبار تستهلك المياه لري المزروعات، وخاصة شجرة القات ومن ثم تساهم في تدهور الوضع المائي في حوض ذمار.

3-حفر بئر لغرض إنتاج المياه المعلبة الصحية قريبا من آبار المشروع، وتبعد عنها في حدود كيلومتر واحد وبطاقـــة إنتاجـــية قصوى لهذا البئر من المياه تبلغ 37.125.00 لتر/سنة، وقد بدأ إنتاج المياه منذ عام 1994 [17] .

إن اســـتمرار تسرب مياه الصرف الصحي لمدينة ذمار غير المعالجة الى وادي (الصلة- مدافع) يؤدي الى اســـتمرار تلـــوث المياه الجوفية في الوادي المذكور ومن ثم استمرار مطالبة أهالي قرى أخرى بتوصيل المياه أليها من شبكة مياه المدينة، وما ينجم عن ذلك من استنزاف لمياه الحوض.

التـــوصيـــات :

لوضـــع حـــد لتدهور الوضع المائي في حوض ذمار، وتجنبا لحدوث مخاطر مائية مشابهة لتلك التي وصـــلت ألـــيها أحواض عديدة في اليمن مثل حوضي (صنعاء وتعز)، ولكي يبقى حوض ذمار مصدرا لمياه

بنوعية جديدة كما كان في السابق. كل ذلك يتطلب عدد من الإجراءات تتخذها مؤسسة المياه والصرف الصحي بذمار، مدعومة من جهات حكومية منها محافظة ذمار ووزارة الكهرباء والمياه وغيرها من الجهات ذات العلاقة، واهم المعالجات المطلوبة في هذا السبيل هي:-

تخفيض نسبة الفاقد في المياه من خلال اتخاذ عدد من الإجراءات وتشمل هذه في ما يأتي:-

1. إزالة ما تبقى من شبكة المياه القديمة المتركزة في وسط مدينة ذمار. واستبدالها بشبكة جديدة.
2. إزالة كافة التوصيلات غير القانونية والتي قدرت بأكثر من 3200 توصيلة، وذلك من خلال فرض غرامات باهضة على كل توصيلة منها، وتمنح نسبة من هذه الغرامات للمبلغين عن هذه التوصيلات المخالفة للقانون سواء من موظفي مؤسسة المياه أم من المواطنين.
3. فصل القرى الموصلة بمياه من مشروع مدينة ذمار وذلك بإقامة مشاريع منفصلة خاصة بها لضمان وصول المياه الى منازل تلك القرى بنوعية وكمية جيدة. للحد من استنزاف حوض ذمار.
4. تركيب عدادات لجميع المستهلكين في مدينة ذمار، والقرى الموصلة من شبكة مياه المدينة. وإعادة ختم العدادات التي نزعت أختامها. وفرض غرامات مالية كبيرة على كل من ينزع العداد أو أختامها أو يقوم بعملية عكس اتجاه العداد ليقوم بقراءة عكسية. أو يحدث أي ضرر بالعداد.
5. معاقبة أصحاب (المقاشيم) في حال استغلالهم لمياه المساجد المجاورة لها، وإلزامهم بإعادة تشغيل الآبار اليدوية التي كانت تعمل في السابق، والتي تتواجد داخل مزارعهم وقطع أي اتصال بين مياه الجوامع وتلك (المقاشيم). وتكون العقوبة في حالة المخالفة فرض غرامات كبيرة.
6. نقل مصنع المياه المعلبة الصحية الى خارج حوض ذمار.
7. العمل على إقامة منشأة لمعالجة المياه العادمة، والتي ستقوم بدور رئيس في معالجة المياه والصرف الصحي، والذي سيعمل على الحد من تلوث المياه الجوفية في وادي (الصلة-مدافع)، ومن ثم الحد من مطالبة أهالي القرى الواقعة على هذا الوادي بربطها بشبكة مياه ذمار لتلوث مياهها.
8. توصيل الطاقة الكهربائية الى خزان المياه الرئيس، بهدف تشغيل العداد الرئيس الموجود فيه ضمانا للمراقبة المستمرة للمياه المسحوبة، ومقارنتها مع المياه المستهلكة، وتحديد الفاقد في المياه مما يمكن من اكتشاف أي استنزاف للمياه في وقت قصير ومعالجة نواحي القصور.
9. قيام الجهات الحكومية ووسائل الأعلام بحملة لتوعية المواطنين بمخاطر استنزاف المياه، وأهمية المحافظة على ما موجود منها. وترشيد الاستهلاك.
10. إصدار لائحة قانون المياه التنفيذية التي ستعمل على وضع الأسس والضوابط لاستهلاك المياه.

Station	Dhamar	Years	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Yearly sum.
		1986	0.0	23.1	42.5	68.2	%%%%	5.0	54.6	112.5	5.8	0.0	0.0	0.0	311.7
latitude	14.58	1987	0.4	39.2	78.0	62.1	21.2	12.8	18.2	74.2	24.8	0.0	0.0	17.0	347.9
altitude	2390	1988	0.0	15.2	9.0	50.4	5.8	32.0	131.1	149.9	35.8	0.0	0.0	0.0	429.2
		1989	%%%%	%%%%	%%%%	%%%%	%%%%	20.9	%%%%	46.8	0.0	%%%%	0.0	%%%%	67.7
Rainfall	(mm/month)	1990	0.0	39.1	99.3	29.2	13.5	0.5	77.4	28.9	2.3	0.0	0.0	0.0	290.2
		1991	0.0	21.1	88.6	32.0	26.7	8.1	6.6	49.3	10.2	1.8	0.0	6.1	250.5
		1992	0.0	30.0	49.0	25.0	61.0	5.0	80.0	180.0	26.0	30.0	31.0	46.0	563.0
		1993	46.0	31.0	42.0	158.0	65.0	7.0	31.0	20.0	8.0	13.0	0.0	0.0	421.0
		1999	0.0	0.0	0.0	2.0	5.0	3.0	97.0	52.0	23.0	5.0	0.0	7.0	194
		2000	0.0	0.0	0.0	10.0	20.0	13.0	35.0	116.1	18.0	0.0	11.2	53.0	276.3
		2001	0.0	0.0	86.0	0.0	33.0	0.0	141.4	113.5	0.0	0.0	0.0	0.0	375.9
		Average	4.2	18.1	45.1	39.7	22.8	9.8	61.1	85.7	14.0	4.5	3.6	11.7	320.7
		Sum.	46.4	198.7	496.4	436.9	251.2	107.3	672.3	943.2	153.9	49.8	42.2	129.1	3527.4

%%%% Missing data

المصادر والهوامش

* الشركة المنفذة للمشروع هي الشركة الصينية للطرق والجسور، تحت أشراف الشركة الاستشارية الالمانية (دورش/جيتك).

(1) : Bisset, P.O., Weather and Ground Water Level on The Mountain Plains, U.K., O.D.A., 1981.

(2) : U.K., Over Seas Development Administration, Y.A.R, Ministry of Agriculture, Weather and Ground Water Levels on The Mountain in Plains, Central High lands Rural, Y.A.R.,1983.

(3) : Turner, A. and Noman Mohammed, Climate and Ground Water Levels in The Central Highlands (Dhamar Governorat), Puplication No. 137, 1988.

(4) : إسماعيل محمد رواية، انخفاض مستوى المياه الجوفية في محافظة ذمار، ورقة نقدية مقدمة الى حلقة العمل حـــول الوضـــع الحالـــي للمياه الجوفية للهيئة العامة للبحوث الزراعية، المحطة الإقليمية لبحوث المرتفعات الوسطى، ذمار، 1996، بحث غير منشور.

(5) : صـــلاح الخـــرباش ومحمد إبراهيم الانبعاوي، جيولوجية اليمن، مركز عبادي للدراسات والنشر،صنعاء، 1996. ص103.

(6) : المصدر نفســـه، ص (103-104).

(7) : باسم القيم وأحمد السامرائي، اثر المحدودات الطبيعية على النمو الحضري لمدينة ذمار، مجلة كلية الآداب، جامعة صنعاء، العدد 24 ، 2001، ص 112 – 113.

(8) : المصدر نفســـه، ص 113.

(9) : عدنان النقاش ومهدي الصحاف، الجيومورفولوجي، جامعة بغداد، 1989، ص262.

(10) : الجمهوريـــة اليمنـــية، وزارة النفط والثروة المعدنية، الخريطة الجيولوجية للجمهورية اليمنية، مقياس 1/ 250000، صنعاء 1990.

(11) : باسم القيم واحمد السامرائي، المصدر السابق، ص 113.

(12) : صلاح الخرباش ومحمد إبراهيم الانبعاوي، المصدر السابق، ص104.

(13) : Alawi, Ali Jaber and Others, Ground Water Resources Available for Development, Y.A.R. 1975, P.58.

(14) : Ibid, P.59.

(15) : الجمهوريـــة اليمنية، وزارة النفط والثروات المعدنية، الهيئة العامة للاستكشافات المعدنية، الإدارة العامة للهيدروجيولوجيا، إدارة الجيوفيزياء، تقرير عن الدراسة الجيوفيزيائية للمياه بمنطقة ذمار، 1992، تقرير بصفحة واحدة.

(16) : Alawi, Ali Jaber and Others, OP.Cit., P.60.

** الجمهوريـــة اليمنية، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، مكتب محافظة ذمار، كتاب الإحصاء السنوي لمحافظة ذمار، ص16.
- إنتاج المياه لعام 2000 أعتمد من قبل إدارة مشروع مياه ذمار.
- تم احتساب أعداد السكان للأعوام 1992و 2000 من قبل الباحثان.

(17) : الجمهوريـــة اليمنـــية، وزارة الكهرباء والمياه، المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي بذمار، تقرير مرفوع للوزارة

(18) : عن المديونية التي للمؤسسة لدى المستهلكين، ذمار،2001، ص2 .

(19) : الجمهوريـــة اليمنية، وزارة الكهرباء والمياه، المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي بذمار، تقرير عن استخدام بعض أهالي القرى الموصلة من شبكة مياه المدينة للمياه في ري القات-ذمار، 2000 تقرير غير منشور.

(20) : الجمهوريـــة اليمنـــية، مجلـــس الوزراء، الهيئة العامة للاستثمار، تصريح إقامة مصنع لإنتاج المياه الصحية، صنعاء، 1992، ص1.