مجلة المختار للعلوم الإنسانية 09 (1): 126-146، 2010

Research Article

Open Access

عين زيانة في سهل بنغازي الموازنة المائية وإمكانية الاستثمار

محمد غازي الحنفي

قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عمر المختار

Doi: https://doi.org/10.54172/qc2vfs59

المستخلص: إن الوضع البيئي الذي تعاني منه الأراضي شبه الجافة بين العقورية وبنغازي, والمتمثل في انتشار السبخات على طول الشواطئ, وتلوث المياه الجوفية بمياه البحر, وتدهور الغطاء النباتي, وإنجراف التربة, وتفاقم ظاهرة التصحر وظهور الطبقات الصخرية على سطح الأرض, في منطقة تكاد تكون الأغنى بالمياه الجوفية العذبة في ليبيا إذا ما أخذت مساحتها في الإعتبار, لجدير بإهتمام كل الباحثين في مجال تنمية موارد الأراضي الجافة وإدارتها في ليبيا, وذلك من أجل تنمية حوالي 20000 هكتار من هذه الأراضي شبه الجافة تنميةً مستدامة وتحويلها الى واحدة من جنات الدنيا اعتماداً على المصادر المائية العذبة الذاتية لسهل بنغازي. ويتجلى الهدف من هذا البحث في تصحيح كمية المياه العذبة المنصرفة من عين زيانة بناءً على مبدأ الدفع الهيدروديناميكي, ووضع مقترح وخطة لاستثمار مياه عين زيانة عن طريق فصل المياه العذبة بالرمل عن المياه المالحة.

الكلمات المفتاحية عين زيانة. بنغازي. التصحر

Ain Ziana in the Benghazi Plain, water budget and investment potential

Muhammad Ghazi Al-Hanafi

Department of Geography. college of Literature. Omar Al-Mukhtar University

Abstract: The environmental situation in the semi-arid lands between Al-Uqaylah and Benghazi, characterized by the spread of salt flats along the coasts, contamination of groundwater with seawater, deterioration of vegetation cover, soil erosion, worsening desertification, and the emergence of rocky layers on the surface, in an area that could be the richest in fresh groundwater in Libya, considering its size, deserves the attention of all researchers in the field of developing and managing resources in Libya. This is particularly crucial for the sustainable development of approximately 20,000 hectares of these semi-arid lands, transforming them into a sustainable oasis, relying on the self-renewable freshwater resources of the Benghazi Plain. The aim of this research is to correct the quantity of fresh water discharged from Ain Zayana based on the hydrodynamic push principle. Additionally, it involves proposing a plan to utilize the water from Ain Zayana by separating fresh water from saline water through sand filtration.

Keywords: Ain Zayana. Benghazi. Desertification.

The Author(s) 2023. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) , which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium ,provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

مقدمة:

إن الوضع البيئي الذي تعاني منه الأراضي شبه الجافة بين العقورية وبنغازي, والمتمثل في انتشار السبخات على طول الشواطيء, وتلوث المياه الجوفية بمياه البحر, وتدهور الغطاء النباتي, وإنجراف التربة, وتفاقم ظاهرة التصحر وظهور الطبقات الصخرية على سطح الأرض, في منطقة تكاد تكون الأغنى بالمياه الجوفية العذبة في ليبيا إذا ما أخذت مساحتها في الإعتبار, لجدير بإهتمام كل الباحثين في مجال تنمية موارد الأراضي الجافة وإدارتها في ليبيا, وذلك من أجل تنمية حوالي 20000 هكتار من هذه الأراضي شبه الجافة تنميةً مستدامة وتحويلها الى واحدة من جنات الدنيا اعتماداً على المصادر المائية العذبة الذاتية لسهل بنغازي.

إن الموازنة المائية لسهل بنغازي قد درسها A. Guerre [1] في 1978, وT. S. Raju [2] في عام 1978م, وأيضاً أحمد عبد الوارث[3] في عام 1979م, كما درس الموازنة المائية لعين زيانة الطاهر ميلود أبو فيلة [4] في عام 1993م, ووقع الجميع في خطأ فادح عند تقديرهم للموازنة المائية في السهل, وذلك بسبب اغفالهم لواحد من أهم مباديء الصرف في الأنظمة المائية القارية عندما تناولوا في دراساتهم عين زيانة, لذلك تقدر هذه الدراسة النقص البالغ في الموازنة المائية عند الأول 87 مليون م^3 / سنة, وعند الثاني 101.7 مليون م^3 / سنة, وعند الثالث 113.9 مليون م^3 / سنة؛ أي أن مايتراوح بين 2.76 و 3.6 م^3 / ثا لم تحسب في موازنات الباحثين المذكورين.

هذه الكميات من المياه رغم وجودها الفعلي والملموس في السهل لم تحسب من هؤلاء الباحثين, وذلك عند تطبيق دراساتهم على منطقة سهل بنغازي عامة وعين زيانة خاصة, لأنهم أهملوا مبدأ الدفع الهيدروديناميكي الذي يقتضي بأن يتساوى الصرف مع التغذية في أنظمة الينابع القارية.

إن ظهور عجز في الميزان المائي عند هؤلاء الباحثين وعدم وضع تصور صحيح لاستثمار طاقة المصادر المائية العذبة في السهل استثماراً كاملاً كان له أثر سلبي كبير على المشاريع التنموية في أراضي سهل بنغازي, مما أدى إلى حرمان جزء كبير من أراضيه من المساهمة في الإنتاج الوطني, كما أثر أيضاً على خطة إدارة الموارد المائية من الهيئات المختصة فيما يخص التنمية الزراعية واستثمار الموارد المائية في خدمة النشاطات المختلفة وتنميتها.

إن إدارة ترشيد استثمار المصادر المائية في السهل بشكل صحيح, حسب المعطيات الحالية لهذه الدراسة, سوف يجعل تحت تصرف أراضيه ما مقداره 475200 متر مكعب من المياه العذبة في اليوم, أي حوالي 173.5 مليون م^3 / سنه. هذه الكمية من المياه العذبة الضائعة والمهدورة إذا استغلت فإنها كفيلة بتنمية وحل المشاكل البيئية لمساحة الأراضي المذكورة أعلاه. ناهيك عن أن هذه الكمية من المياه قبل وضعها تحت تصرف الأراضي الزراعية يمكن أن تغطي

الحاجات البشرية إلى ما يقارب 2.5 مليون إنسان, وتغطي حاجات 5 ملايين إنسان عند الضرورة. ولذلك يمكن أن نستنتج أن التقويم غير الصحيح للموازنة المائية في سهل بنغازي هو السبب في عدم تنمية الأراضي وتفاقم مشاكلها البيئية ما بين بنغازي والعقورية.

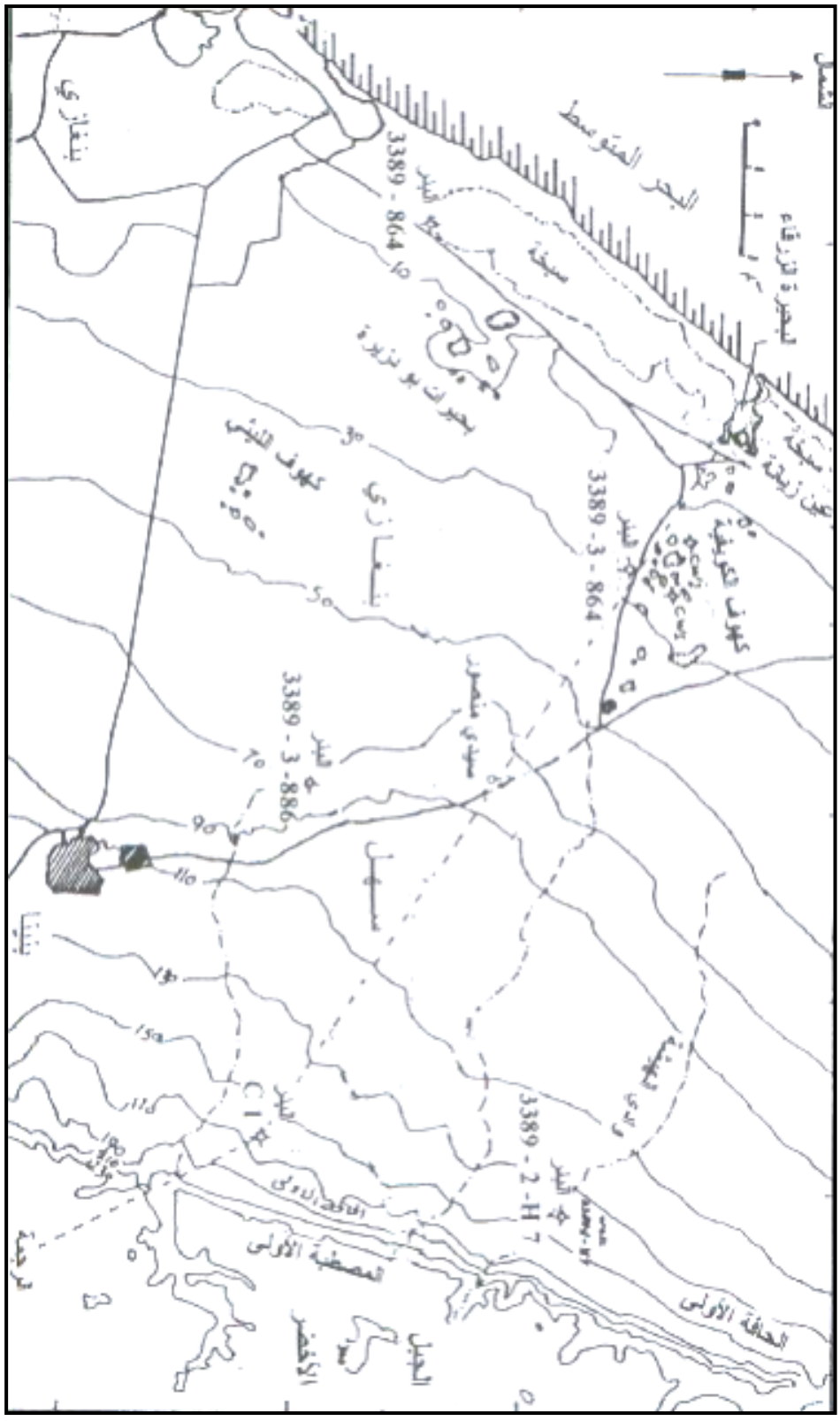
ويتجلى الهدف من هذا البحث في تصحيح كمية المياه العذبة المنصرفة من عين زيانة بناءً على مبدأ الدفع الهيدروديناميكي, ووضع مقترح وخطة لاستثمار مياه عين زيانة عن طريق فصل المياه العذبة بالرمل عن المياه المالحة.

عرض وتحليل نتائج الدراسات السابقة حول الموازنة المائية لعين زيانه:

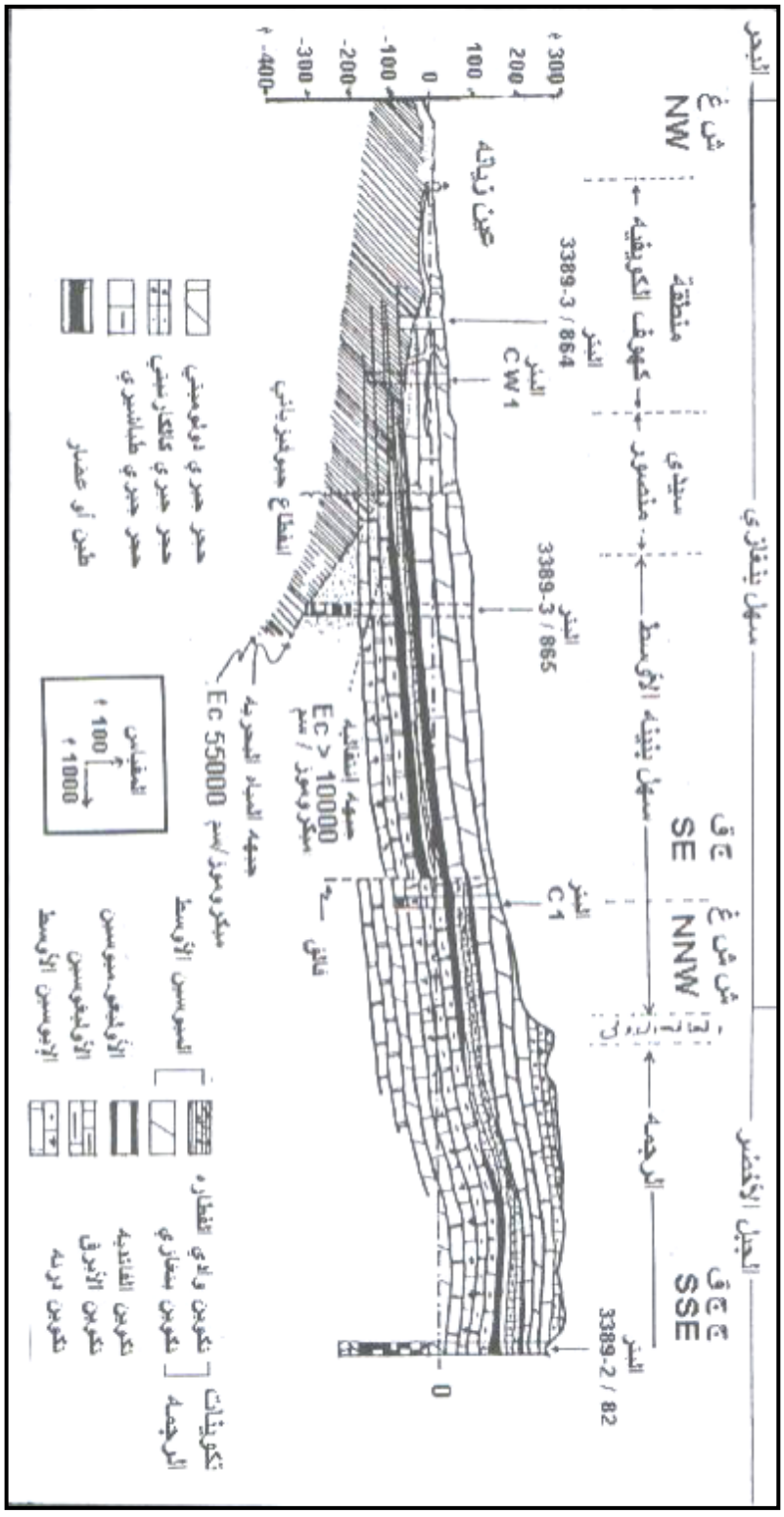
إن عين زيانه التي تنبع على بعد حوالي 1.5 كم جنوب الشاطيء في منطقة الكويفية, وعلى بعد حوالي 15 كم شمال شرق مدينة بنغازي وعلى يسار طريق المرج- بنغازي, هي أهم وأكبر نبع في الجماهيرية العربية الليبية, شكل (1). وهذه العين تمثل أكبر مصرف للمياه الجوفية لخزانات الايوسين والميوسين الجيرية, المتمتعة بنفاذية ثانوية عالية, للجبل الأخضر وسهل بنغازي, شكل (2), حيث يتراوح المعدل السنوي للأمطار بين 200 و 400 مم فوق حوض التغذية المقدرة مساحته بحوالي 4180 كم ^{2} [5].

إن إنتاجية العين المنتظمة في سنة 1977 حوالي 5.58 م^3 / ثا, من المياه المائلة للملوحة, والتي تقدر كمية الملح الكلية فيها بحوالي 16.5 غرام / ليتر. هذه الملوحة ناتجة عن إختلاط المياه الجوفية القارية العذبة بالمياه الجوفيةالمالحة البحرية المصدر في خزان العين في منطقة كهوف الكويفية النشطة, والتي تقع جنوب الشاطيء بحوالي 4 كم [6].

إن الدراسات المتتابعة التي أجريت على العين منذ 1966 [7] لم تجنَ ثمارها حتى هذا التاريخ, ومياه العين ما زالت تذهب هدراً في مياه البحر الأبيض المتوسط دون أية فائدة, بسبب نسبة الملوحة المرتفعة فيها.



شكل (1): موقع عين زيانة في سهل بنغازي, (عن A. Guerre, 1978, p. 687.) بتصرف من الباحث. الخط المنقط يمثل مسار المقطع الهيدروجيولوجي التالي.



شكل (2): مقطع هيدروجيولوجي يمتد من عين زيانة وحتى منطقة الرجمة من الجبل الأخضر, تظهر عليه نوعيات المياه بحسب التوصيل الكهربي في خزان الكويفية الذي تنبثق منه عين زيانة, الجزء المهشر من الشكل يمثل جبهة المياه البحرية الحالية المسببة في تلوث مياه عين زيانة, (عن A. Guerre, 1978, p. 688.) بتصرف من الباحث.

إن تقديرات الباحثين لنسبة المياه العذبة من المياه الكلية المنصرفة من العين قد شابها بعض الأخطاء المهمة؛ إذ بلغت أحسن التقديرات بحسب معادلة المعايرة الهيدروكيميائية 3 م^3 / ثا [8], مما أثر سلباً على خطط استثمار هذا المورد المائي المهم والحيوي للبلاد, أيضاً فقد طالت الأخطاء الموازنة المائية الجوفية لسهل بنغازي بمجمله بمقدار يتراوح من 87 وحتى 113.9 مليون متر مكعب من المياه سنوياً, وذلك بحسب الباحثين والمقيمين للموازنة المائية لسهل بنغازي, مما عكس سلبية تلك النتائج على خطط تنمية الموارد المائية, ومجمل موارد البيئة الطبيعية للسهل. ولذلك نوجز نتائج تقدير هؤلاء الباحثين في الجداول (1 و 2 و 3):

تسلسل	الباحث (أو المصدر)	تصريف العين من المياه المختلطة (م^3 / ثا)	مياه مالحة بحرية (م^3 / ثا)	مياه عذبة قارية (م^3 / ثا)
1	A.Guerre 1978 [9]	5.5	2.5	3.0
2	الطاهر ميلود أبوفيله1993 (العين) [10]	5.0	3.00 - 3.35	2.00 - 1.65
	(البحيرة الزرقاء)	6.0	3.72 - 4.20	2.28 - 1.80
3	الهيئة العامة للمياه[11] 1991	4.2	3.15	1.05

جدول (1): جدول يبين تقدير كمية المياه العذبة من إجمالي تصريف عين زيانة (م^3 / ثا) بحسب مختلف الباحثين.

1	**الميزان المائي الجوفي لسهل بنغازي حسب A. Guerre[12]**		
	الداخل	**(مليون م^3 / سنه)**	**الخارج** **(مليون م^3 / سنه)**
	رشح مباشر وغير مباشر	157.2	عن طريق الضخ 88.7
	شحن من خارج الحوض	018.0	صرف مياه عذبة من عين زيانة 86.5
	المجموع	**175.2**	**175.2**
2	**الميزان المائي الجوفي لسهل بنغازي حسب T. S. Raju [13]**		
	هطول	184.2	بخر- نتح 164.4
	جريان سطحي	009.9	ضخ من الخزان الجوفي 81.6
	جريان جوفي	111.5	صرف مياه عذبة من عين زيانة 71.8
	شحن من خارج الحوض	012.2	
	الكلي	317.8	317.8
	مخزون مياه جوفية	**153.4**	**ضخ + صرف مياه جوفية** **153.4**

جدول (2): يبين الموازنة المائية الجوفية العذبة لسهل بنغازي حسب A. Guerre, وحسب T. S. Raju.

الميزان المائي لسهل بنغازي حسب أحمد عبد الوارث [14]	
الداخل (مليون م^3 / سنه)	**الخارج (مليون م^3 / سنه)**
تغذية الخزان الجوفي عن طريق الرشح بمجمله 141.2	عن طريق الضخ 81.6
	صرف مياه عذبة من عين زيانة 74.0
المجموع 141.2	**155.6**
العجز المائي	**14.4 مليون م^3 / سنه**

جدول (3): الميزان المائي الجوفي لسهل بنغازي حسب التقرير النهائي للهيئة الإستشارية, (أحمد عبد الوارث, 1979).

مناقشة الموازنات المائية للدراسات السابقة وتصحيحها:

حسب معطيات A. Guerre, فإن المخزون الجوفي لسهل بنغازي يقدره بحوالي 175.2 مليون متر مكعب, وحسب T. S. Raju فإنه يقدر مخزون السهل بحوالي 153.4 مليون متر مكعب في السنة بما في ذلك ما ينصرف من عين زيانة من المياه العذبة. لكن صرف العين (**5.5** م^3 / ثا) إذا اعتبرناه بموجب هذه الدراسة يساوي تماماً التغذية والذي نؤكد تقديرها بحوالي 173.5 مليون متر مكعب في السنة, فإن فرق الميزانية 87 مليون متر مكعب في السنة عند A. Guerre والتي يجب تصحيحها إلى 262.2 مليون متر مكعب في السنة. أما بالنسبة للقيمة المحسوبة عند T. S. Raju فإن الفرق بالميزانية أكبر إذ يصل إلى 101.7 مليون متر مكعب في السنة, والتي يجب تصحيحها إلى 255.1 مليون متر مكعب في السنة. هذا إذا لم يكتشف لاحقاً مصارف أخرى في السهل غير عين زيانة.

إن انعكاس سلبية هذه النتائج يظهر على خطة استثمار عين زيانة فيما لو طبقت المشاريع المقترحة ونجحت حسب تصور الهيئات المختصة التي تتوقع استثمار 135400 م^3 من المياه يومياً في عام 2000 و حتى عام 2014 م. وذلك بحسب التقرير النهائي للهيئة الإستشارية[15], أي حوالي 27 % فقط من الطاقة الكامنة التي نقدرها بهذا المورد المائي. كما تظهر سلبية نتائج تلك الموازنات عندما نلاحظ عند أحمد عبد الوارث عجزاً في الميزان المائي لسهل بنغازي يقدره بحوالي 14.4 مليون متر مكعب في السنة, والذي يبلغ الخطأ في موازنته

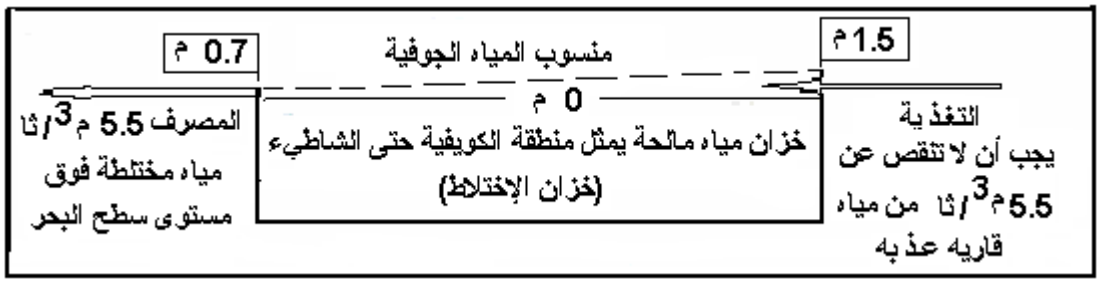
للسهل بمقدار 113.9 مليون متر مكعب في السنة، والتي يجب تصحيحها لنحو 255.1 مليون متر مكعب في السنة بحسب المعطيات الحالية عن عين زيانة فقط.

وبذلك نؤكد أن استثمار هذه العين يؤمن للشعب العربي الليبي ما مقداره 475200 م^3 (أي حوالي نصف مليون متر مكعب) من المياه العذبة في اليوم؛ أي ما يغطي حاجات 2.376 مليون إنسان في الحالات العادية, بواقع 200 ل / فرد / يوم, وفي الحالات الضرورية يغطي هذا المورد حاجات 5 ملايين إنسان, بواقع 95 ل / فرد / يوم. وبحال استثمر هذا المورد في انتاج المحاصيل والتي يعتبر القطن والذره أكثرها استهلاكاً للمياه (500 مم / هكتار في الموسم) فإنه يروي حوالي 35000 هكتار من الأراضي. وهذا المورد كفيل بالتنمية المستدامة لحوالي 20000 هكتار من الأراضي بواقع 8672 م^3 / هكتار / سنه.

لذلك نرى أنه لا يمكن التفريط بهذا المورد المائي العذب والمهم الذي يتحمل عبء تنمية سهل بنغازي في كل المجالات الزراعية والبشرية والصناعية, كذلك فإن هذا المورد يحمل عبءاً كبيراً عن النهر الصناعي العظيم في منطقة مدينة بنغازي وما حولها, كما أن حسن استثمار هذا المورد سيؤدي الى تحسين البيئة الطبيعية في المنطقة التي يسيطر عليها تداخل المياه المالحة على طول الشاطيء الممتد من سيدي خليفة حتى مدينة بنغازي, التى يزيد طول السبخات فيها عن 30كم. ولا نبالغ لو قلنا إن استثمار هذا المورد واستغلاله أحسن استغلال سيحسن وسيعيد التوازن البيئي للسهل الذي يتفاقم فيه التصحر يوماً بعد يوم.

الموازنه بين التغذية والصرف في عين زيانه

إن كمية المياه العذبة التي تغذي المنطقة التي يحصل فيها التملح أو التلوث بالأملاح يجب أن لا تنقص عن كمية المياه المنصرفة من العين والمقدرة بحوالي 5.5 م^3 / ثا, حيث تتم التغذية في نظام الكارست في كهف الجبح عند منسوب يتراوح من 1.5 م إلى 1.7م, فوق منسوب البحر, في حين يتم الصرف على إرتفاع يزيد عن نصف متر فوق مستوى سطح البحر (0.7 – 1 م) في عين زيانة [16]. وبالإعتماد على مبدأ أن الصرف يساوي (أو ينقص عن) التغذية في كل الأنظمة المائية القارية, فإننا نؤكد بأن عين زيانه التي تنتج 5.5 م^3 / ثا من المياه المختلطة يتغذى الخزان الذي يتم فيه الإختلاط (خزان الإختلاط في الكويفية الذي يمثل منطقة الصرف التي تغذي العين) بنفس الكمية (أو أكثر) من المياه القارية العذبة, وإلا فإذا كانت التغذية لمنطقة الكويفية تساوي 3 م^3 / ثا من المياه العذبة فيجب أن يكون تصريف العين بحدود 3 م^3 / ثا أيضاً وفق مبدأ الدفع الهيدروديناميكي, شكل (3).



شكل (3): نموذج يمثل الدخل أو التغذية بمياه قارية عذبة إلى المنطقة التي يحدث فيها التلوث بالمياه المالحة البحرية, وكذلك المصرف الذي ليس بإمكانه أن يحقق فوق مستوى سطح البحر إلا قيمة التغذية وذلك وفق مبدأ الدفع الهيدروديناميكي. حيث يمثل 1.5م منسوب المياه العذبة في كهف الجبح, و 0.7 م يمثل منسوب صرف المياه المخلوطة في عين زيانة.

وبرهان ذلك يمكن توضيحه حسب المثال التالي:

لو افترضنا صحناً مليء تماماً بمياه مالحة بحرية، وأضفنا اليه حجم كأس من مياه عذبه، فإنه سوف ينزاح منه حجم كأس من مياه مختلطة. وبذلك ينجلي الإلتباس حول كمية المياه العذبة التي نستهدفها من هذه الدراسة, بعد أن نبين الخطأ المرتكب من الباحثين السابقين:

الخطأ المرتكب في تقدير كمية المياه العذبة في عين زيانه

لقد اعتمد A. Guerre [17] والطاهر ميلود أبو فيلة [18] على المعادلتين التاليتين في حساب كمية المياه العذبة في عين زيانة وذلك عند المصرف:

$$QC = Q_1C_1 + Q_2C_2 = 5.5m^3/\sec \times 16.5g/l$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 5.5m^3/\sec$$

أي: (Q_2) مياه مالحة $+(Q_1)$ مياه عذبة $= (Q)$ مياه مخلوطة منصرفة من العين

حيث أن Q, Q_1, Q_2 كميات المياه المختلطة, والعذبة, والمالحة على التوالي

C, C_1, C_2 محتويات المياه من الكلوريد أو الأملاح بحسب ترتيبها

وتم حل هاتين المعادلتين على المياه المنصرفة من العين ومن ثم استخرجت كميات المياه المبينة ونسبها في جداول دراساتهم الخاصة, والتي تتضمنها الجداول (1, 2، 3) من هذه الدراسة.

تصحيح الخطأ في الموازنة المائية في عين زيانة:

1- إن الصرف يتم فوق مستوى سطح البحر وعليه فإن كمية المياه المنصرفة من العين Q, بغض النظر عن نوعيتها, يجب أن تساوي كمية المياه العذبة Q_1 الداخلة لخزان العين

وذلك بمقتضى مبدأ الدفع الهيدروديناميكي, أي أن الدخل يجب أن يساوي الخرج أو أن التغذية يجب أن تساوي الصرف أي:

$$Q = Q_1 = 5.5m^3 / \sec$$

كما هو واضح من المثال المذكور من إضافة كأس ماء عذب لصحن مياه مالحة والذي ينتج عنه إزاحة كأس مماثل من مياه مخلوطة.

2- حساب المعايرة بين المياه العذبة والمياه البحرية المالحة التي تنتج عنهما المياه المخلوطة, يجب أن تتم على كافة الحجمين في خزان الإختلاط وليس عند المصرف أي أن الإختلاط يتم بين حجم ماء الكأس وماء الصحن معاً, وليس عند الصرف في حجم الكأس المنزاح من المياه فقط, كما اعتمده الباحثون المذكورون. وعليه فإن معادلة المعايرة لخزان الإختلاط يجب حلها على النحو التالي:

$$(Q_1 + Q_2)C = Q_1C_1 + Q_2C_2$$

أي: مياه مالحة بحرية + مياه عذبة قارية = مياه مخلوطة في خزان الإختلاط ككل

$$(5.5 + Q_2) \times 16.5g/l = 5.5 \times 0.768g/l + Q_2 \times 35g/l$$

ومنه ينتج أن كمية المياه المالحة Q_2 الداخلة في الخزان:

$$Q_2 = 4.677m^3 / \sec$$

لذلك فالإختلاط يتم بين 4.677 حجم مياه مالحة و 5.5 حجم مياه عذبة في خزان الكويفية؛ وعليه يجب إضافة المعادلة الآتية التي تمثل حجم المياه الكلي q في خزان الإختلاط حصراً :

$$q = Q_1 + Q_2$$

أي: $$q = 5.5(m^3 / \sec) + 4.677(m^3 / \sec) = 10.177(m^3 / \sec)$$

وهذه المعادلة يمكن وضعها بالنسبة المئوية على النحو التالي:

100% مياه مخلوطة في الخزان = 45.96 % مياه مالحة + 54.04 % مياه عذبة

وهذه المعادلة الأخيرة تبقى ثابتة عند المصرف لأنه يفرغ ما ينتج عن نسب الإختلاط في الخزان, أي أن معادلة الصرف تصبح على النحو التالي:

5.5 م^3 / ثا مياه مخلوطة في المصرف = 2.53 م^3 مياه مالحة + 2.97 م^3 مياه عذبة

وعليه فإن كمية أو جزءاً من المياه العذبة تساوي تماماً كمية المياه المالحة المنزاحة من خزان الإختلاط, تبقى في الخزان وتنصرف جوفياً في البحر دون أن تظهر في العين, كما هو الحال بأن حجم الكأس المنزاح من الصحن المذكور يحوي نسبة من المياه العذبة المضافة للصحن,

والباقي المساوي لكمية المياه المالحة المنزاحة من الصحن, يبقى منخلطاً في مياه الصحن المتبقية. ومنه ينتج أن المياه العذبة الداخلة للخزان تنقسم لمركبتين على النحو التالي:

$$Q_1 = q_1 + q_2$$

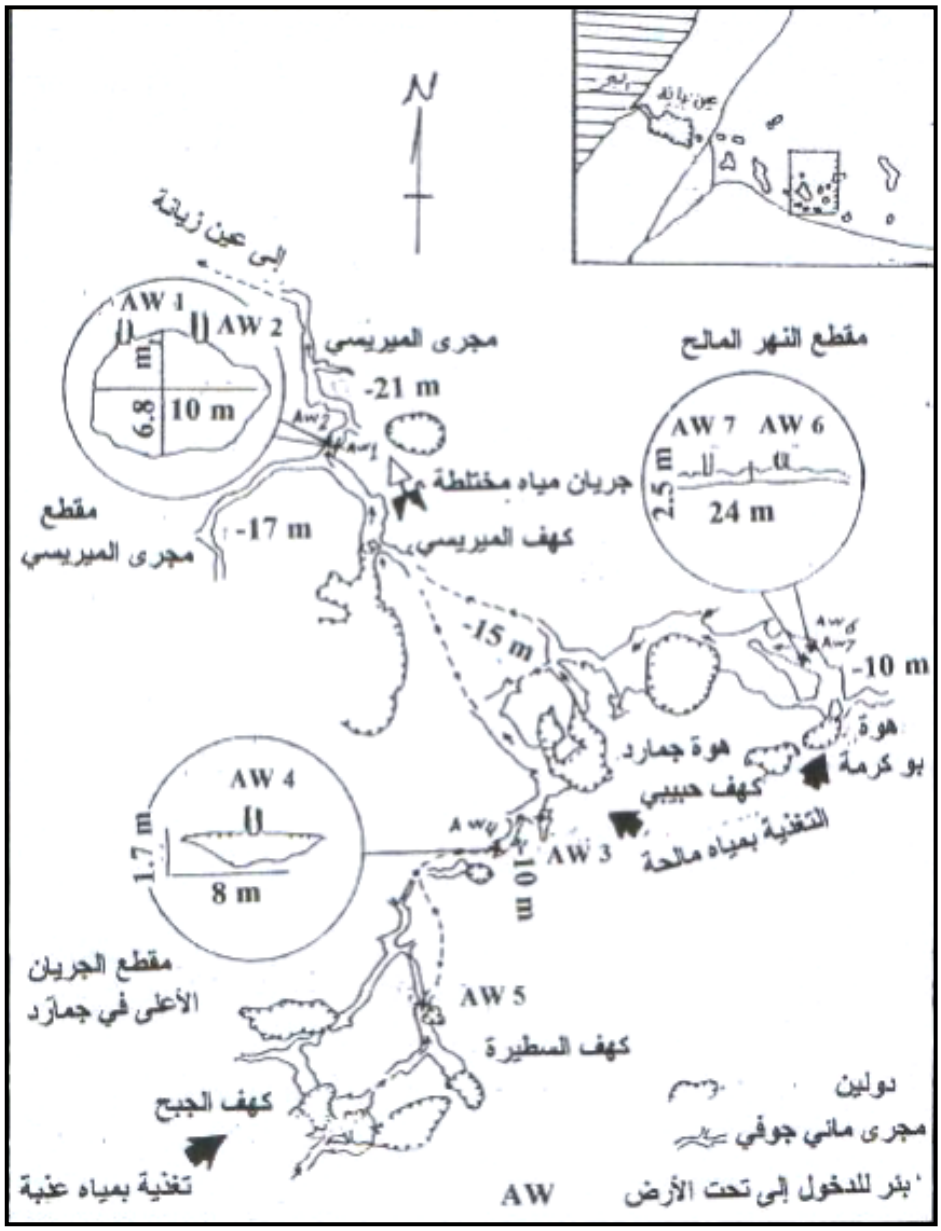
أي: $5.5(m^3/\sec) = 2.53m^3/\sec + 2.97m^3/\sec$

5.5 م^3 / ثا مياه عذبة داخلة للخزان = 2.53 م^3 / ثا منصرفة جوفياً +2.97 م^3 / ثا منصرفة سطحياً من عين زيانة.

عرض الحالة التي يتم وفقها الإختلاط في الخزان المائي الجوفي لعين زيانة:

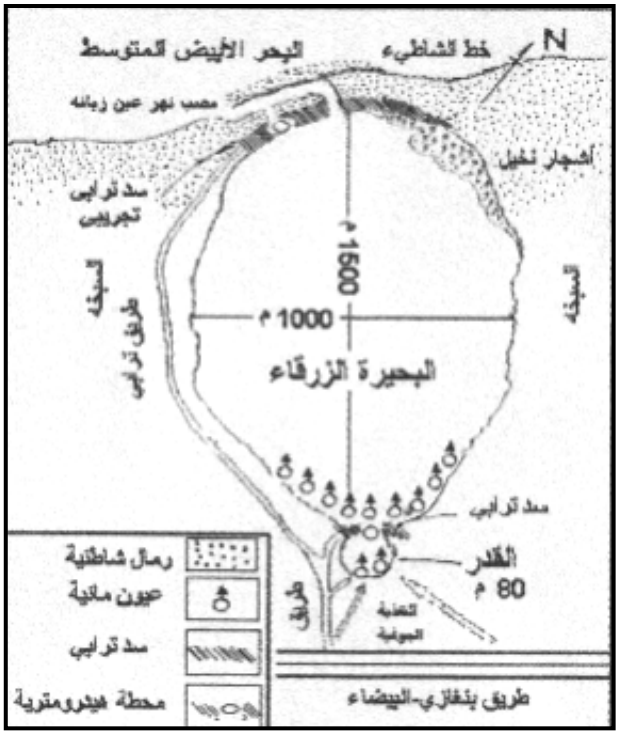
يتم إختلاط المياه العذبة القادمة من الجريانات الجوفية من الجبل الأخضر مروراً بسهل بنغازي بالمياه المالحة البحرية المصدر في منطقة كهوف الكويفية, في أعالي عين زيانة,إذ تتغلغل جبهة المياه البحرية لحوالي 4 كم جنوب الشاطيء، شكل (2)، حيث تنتشر ظواهر الكارست بكثافة, والمتمثلة بحوالي 40 دولين, وحفر إنحلال ضخمة مثل هوا حمد, وكهوف ضخمة جداً, مثل كهف أبو كرمه, وكهف الجبح, وكهف حبيبي, وكهف جمارد, وكهف الميريسي, التي يظهر فيها منسوب المياه الجوفية, وتتصل ظواهر الكارست هذه ببعضها تحت سطح الأرض بوساطة شبكة معقدة من الأقنية الكارستية النشطة التي تم اكتشاف ما يزيد عن 4 كم منها عن طريق غوص بعض من غطاسين فرنسيين محترفين, بحيث تبلغ مساحة مقاطع بعض المجاري الجوفية الرئيسة أكثر من 50 م^2 كما هو موضح في دراسة A. Guerre , شكل (4) [19].

مجموعة من هذه المجاري المائية الكثيرة تتوحد في نطاق كهف الميريسي لتشكل مجرى الميريسي الرئيس (طوله حوالي 800 م, يبلغ التدفق به ما بين 2.6 و 4.7 م^3 / ثا, A. Guerre)[20] الذي يؤدي إلى عين زيانة, بحيث تغوص هذه المجاري من عمق - 10 م, كما هو الحال في مجرى النهر المالح (Salt River) في محيط كهف أبو كرمه وفي مجرى السطيرة الواصل بين كهف السطيرة وكهف جمارد, وحتى أعماق تصل لحوالي -21م[21] تحت مستوى سطح البحرفي أعالي عين زيانه, ومن ثم تخرج المياه من هذه المجاري بشكل مائل أو عمودي من الأسفل الى الأعلى مكونةً العين المذكورة على منسوب يتراوح ما بين 0.7 و 1 م فوق مستوى سطح البحر, والتي تتمثل بعدد كبير من الشقوق التي تشكل مخارج المياه التي يزيد عددها عن مئة مخرج, وتتراوح تصاريفها من 6 إلى 250 ل / ثا., بحسب ملاحظاتنا الميدانية. تتجمع مياه هذه الشقوق في بحيرتين (حفرتي إنحلال) إحداهما جنوبية وهي صغيرة قريبة من

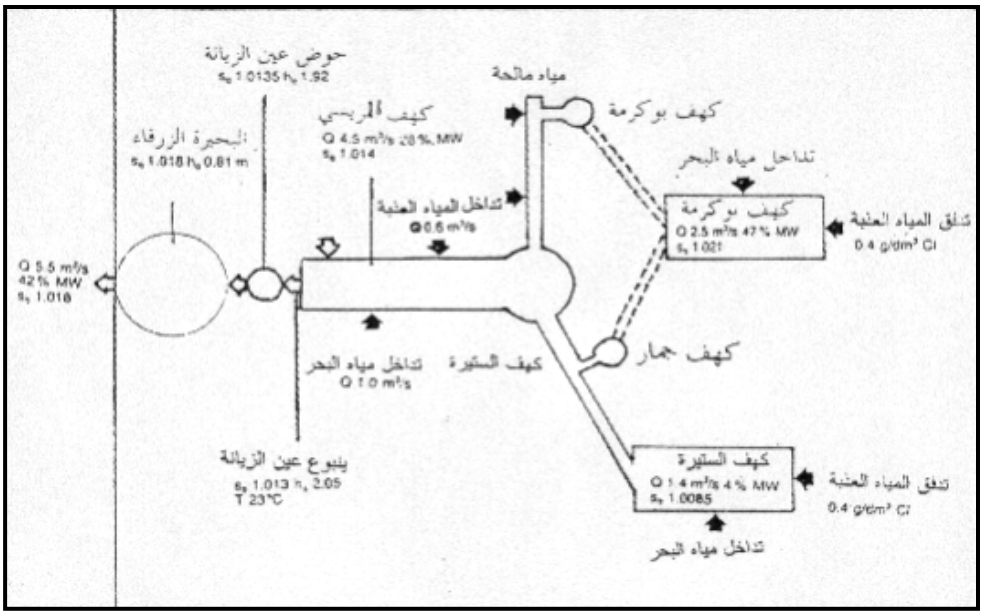


شكل (4): نظام الكارست, من الكهوف الرئيسة, والمجاري المائية الجوفية, مع بعض مقاطعها المكتشفة, وأعماقها, والتغذية المائية, في خزان المياه المختلطة في الكويفية, والذي يغذي عين زيانة, (عن A. Guerre, 1978, p. 690.) بتصرف من الباحث.

الشكل الدائري وقطرها بحدود 80م وتسمى محلياً القِدر, والبحيرة الأخرى تقع الى الشمال مباشرةً من القدر, شكل (5), وهي كبيرة المساحة إذ يبلغ عرضها حوالي 1 كم وطولها بحدود 1500 م, وتسمى البحيرة الزرقاء أو الهور الأزرق, والتي يبلغ التصريف عند أسفلها 5.5 م^3/ثا, شكل (6).



شكل (5): رسم يوضح عين زيانة وبحيرتيها؛ الصغيرة المسماة محلياً القدر, والكبيرة المسماة البحيرة الزرقاء أو الهور الأزرق.



شكل (6): تمثيل بياني لمجاري المياه في منطقة الكويفية وعين زيانة كما هي معروفة من حيث التدفق: (Q in m^3ls), والكثافات: (S_q in at $glcm^3$ 17.5^0c), والمناسيب البيزومترية للمياه: (in h_g m) فوق مستوى سطح البحر, ودرجات الحرارة: (T in ^0c) ونسب مياه البحر: (MW in %) من إجمالي التدفق, وتركيزات الكلوريد في المياه: (C in $gldm^3$), نقلاً عن عوض يوسف الحداد[22].

يفصل البحيرتن عن بعضهما حاجز صخري طور فوقه سد ترابي وممر مائي إسمنتي (بعرض 580 سم) ليوصل مياه البحيرة الصغيرة إلى البحيرة الكبيرة. تنصرف مياه العين من أسفل البحيرة الزرقاء الى البحرفي منطقة تدعى الخرمة بعد أن تكون نهراً بمعنى الكلمة يزيد عرضه في أحيان كثيرة عن 20 م, ويصل طوله ممتداً جهة الغرب في بعض الأحيان لأكثر من 500 م نتيجة تكوّن حاجز رملي شاطئي يمنعه من الإتصال المباشر في البحر, ويزيد تصريفه في بعض الأوقات عن 8 م^3 / ثا [23] , شكل (7). وقد تم انشاء سد ترابي بطول يزيد عن 200 م عند الأطراف الشمالية للبحيرة الزرقاء تتخلله محطة هيدرومترية لقياس تصريف العين عند مستوى يعلو 1 م فوق مستوى سطح البحر.

شكل (7): صورة لنهر عين زيانة ومصبه في البحر بتاريخ 04 . 07 . 1999, حيث يبلغ طول النهر حوالي 120 م, وعرضه 18 م, والتصريف حوالي 6 م^3 / ثا.

امكانية فصل المياه العذبة عن المياه المالحة في عين زيانة:

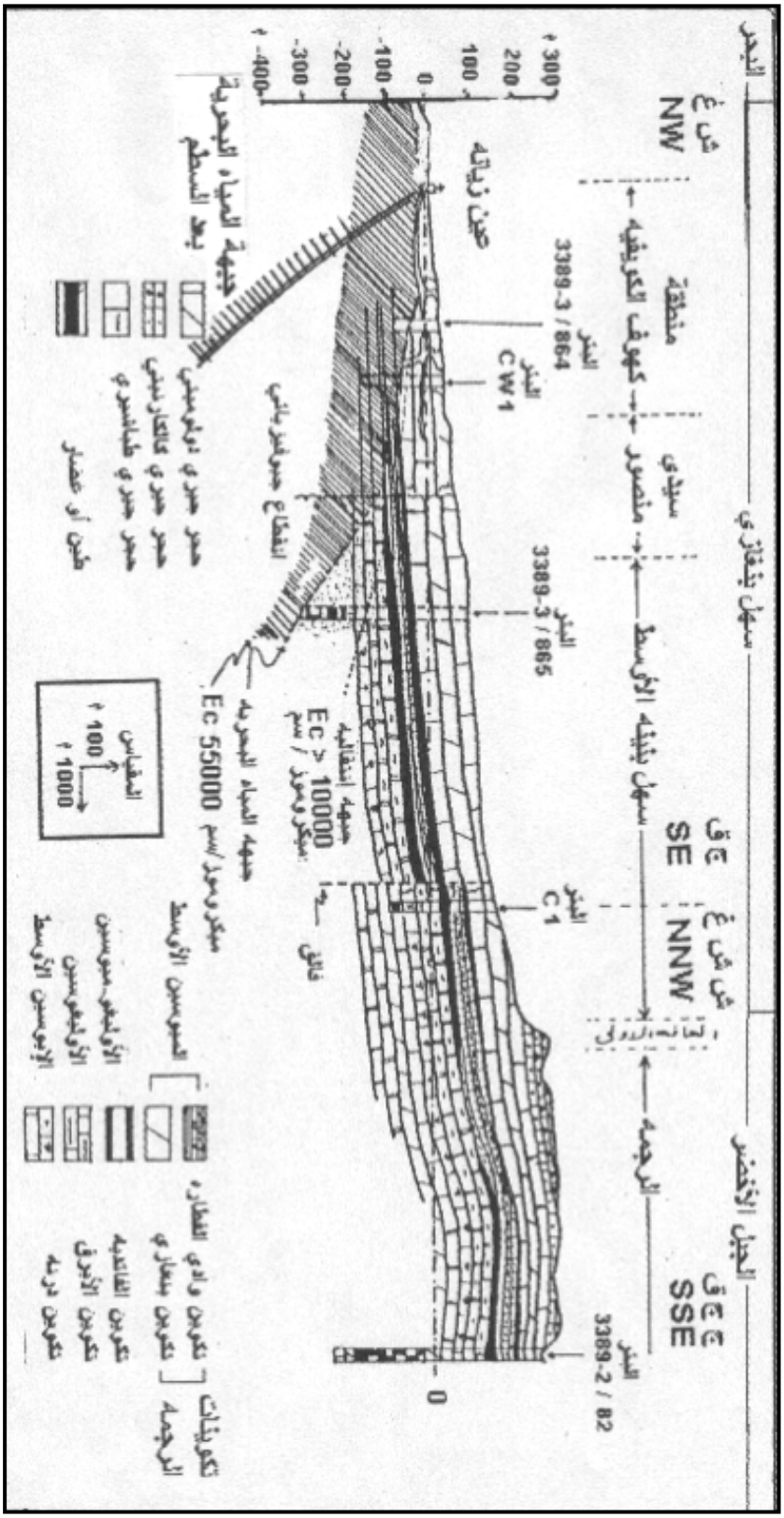
بحسب العرض السابق, نرى أنه من السهل استثمار المياه العذبة لهذه العين عن طريق سطم مخارج المياه الرئيسية من الداخل بالرمل؛ أي عن طريق حقن الرمل في المجرى الكارستي الرئيسي المؤدي الى العين. حيث تقوم المياه الجوفية الجارية (بغزارة تزيد عن 4 متر مكعب / ثا A. Guerre) [24] بحمل الرمل وجرفه الى أماكن الشقوق فتمتليء به الفجوات

والشقوق الموجودة في الحجر الجيري شيئا فشيئا مما يؤدي الى سد المصرف من الأسفل والتحكم به عند مستوى معين يكفل خروج المياه العذبة بغزارة العين, دون الخوف من انجراف الرمل بعيداً لاحتلاله فجوات وفراغات موجودة تحت مستوى سطح الأرض. وبعد نجاح عملية السطم بالرمل المحقون, يثبت الرمل بحقنه بالإسمنت فيما بعد.

إن الرمل متوفر على الشاطئ القريب والعملية لاتكلف إلانقله وحقنه في المجرى الكارستي قبل وصوله الى العين.

إن عملية السطم هذه ستؤدي الى منع قسم كبير من المياه من الخروج من الشقوق المكونة للعين بنتيجة تحويل حركة المياه المضطربة والسريعة إلى حركة رشحية صفحية بطيئة جداً, وبالتالي سوف تتجمع المياه في منطقة أعالي العين وسيرتفع منسوبها في السهل, حيث يصل لأكثر من 20 مترفوق منسوبه الحالي (1.2 – 1.5 م) في منطقة كهوف الكويفية حيث يتم التملح الحالي. ومن ثم ستمتليء أكثر الحفر الكارستية بالمياه وكذلك ستعيد الشبكة الكارستيه نشاطها وحياتها. وبعد ففي خلال فترة قصيرة (شهر) سيتحقق بنتيجة ارتفاع منسوب المياه العذبة بالقارة دفع المياه المالحة باتجاه الشاطيء وتقدم المياه العذبة بنفس الاتجاه تحت سطح الأرض. وبحسب مبدأ كيبن- هيرزبرغ سوف يؤدي إرتفاع منسوب المياه العذبة بمقدار 1 م إلى غوص جبهة المياه البحرية نحو العمق بمقدار 40 م, وبتوقعنا إرتفاع المنسوب بمقدار 20 م في أعالي منطقة التملح بالكويفية فذلك سيؤدي لغوص جبهة المياه البحرية, التي يوضحها A. Guerre في الشكل (2), بمقدار 800 م تحت سطح البحر, والتي سيتغير شكلها المستوي أو المحدب للأعلى كما تبدو في الشكل (2) إلى الشكل المقعر كما يبدو في الشكل (8) حسب المبدأ المذكور.

وعليه ستتحسن بإذن الله البيئة الطبيعية وستنحل أغلب مشاكلها على الساحل في محيط عين زيانه وفي سهل بنغازي, مؤكدين أن عملية استثمار عين زيانة سهلة وبسيطة التكاليف, وتتم بأيدي وطنية, وبفترة زمنية قصيرة لا تتجاوز بضعة أشهر.



شكل (8): يبين كيفيـة تراجـع جبهـة الميـاه البحريـة نحـو البحـر, وغوصـها نحـو العمـق وتغير شكلها المحدب للأعلى إلى الشكل المقعر, وذلك بفعل ارتفـاع منسـوب الميـاه العذبـة بعـد السطم وتقدمها نحو البحر بحسب مبدأ كيبن- هيرزبرغ [25].

إختبار فعالية الرمل في فصل المياه العذبة عن المياه المالحة في عين زيانة:

إن المياه تخضع في جريانها المضطرب في مجاري الكويفية المفتوحة لقوانين بيرنولي, لذلك يكون تصريفها عالياً (4.5 - 4.7 م^3/ثا) في مجرى الميريسي البالغ مقطعه 43 م^2 (أبو فيلة, 1993, ص.122) المؤدي لعين زيانة, وعملية السطم بالرمل سوف تعمل على تحويل حركة المياه المضطربة إلى حركة رشحية صفحية بطيئة جداً تخضع لقوانين دارسي في المجرى المذكور, والرمل رغم نفاذيته المعروفة قادر على تبطيء سرعة المياه آلاف المرات بما يغطي الغرض المطلوب.

لقد أجرى الباحث تجربة مخبرية لهذا الغرض على الرمل ذو المسامية 0.32, كانت نتائجها على النحو التالي:

أنبوب دائري قطره 1.5 إنش أي 3.81 سم وضع بشكل عمودي (رأسي), على غرار أنبوبة كامنسكي, وملىء بفلتر رملي, مساميته المحسوبة مخبرياً تساوي 0.32 وطوله 30.5 سم, وخضع لضغط هيدروليكي مقداره 46 سم, وبلغ التصريف (Q) من الفوهة السفلى للأنبوب (0.69 cm^3/sec), حيث يمر مستوى المقارنة للتجربة, عند حالة الإستقرار: أي عند ثبات كل من التصريف, والتدرج الهيدروليكي, والضاغط المائي, وسرعة الرشح, كما هو مبين:

$$Q = \frac{200cm^3}{290\sec} = 0.69cm^3/s$$

وعلى أساس ذلك تم حساب معامل الرشح للرمل أي ما يسمى معامل التوصيل الهيدروليكي K كما هو مبين تالياً:

$K = \frac{V}{I}$: حيث V تمثل سرعة الرشح (سرعة دارسي) عبر الفلتر الرملي, و I هو التدرج الهيدرويكي

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{0.69cm^3/s}{11.4cm^2} = 0.0605cm/s = n \times V_a$$

ومنه فإن $$V_a = \frac{V}{n} = \frac{0.0605cm/s}{0.32} = 0.189cm/s$$

حيث n : تمثل مسامية الرمل, و V_a : تمتل سرعة الرشح الفعلية للمياه ضمن مسامات الرمل, و S تمثل مساحة مقطع الأنبوب.

$$I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_2 - H_1}{L} = \frac{46cm}{30.5cm} = 1.5082$$

حيث L طول الفلتر الرملي بالأنبوب, H_2 الضاغط المائي على الفوهة العليا للأنبوب, H_1 الضاغط المائي على الفوهة السفلى للأنبوب ويساوي الصفر في هذه التجربة, ΔH فرق الضاغط المائي.

وعليه فإن $K = \frac{V}{I} = \frac{Q}{S \times I} = \frac{Q \times L}{S \times \Delta H} = 0.04cm/s = 0.0004m/s$

ففي حال كون الأنبوب فارغ من الرمل, وخضع وهو في نفس وضعيته السابقة لنفس فرق الضغط الهيدروليكي أي: $\Delta H = 46cm$, فإن الماء يجري في الأنبوب وفق علاقة بيرنولي بسرعة السقوط الحر تحت تأثير الجاذبية:

$$V = \sqrt{2g\Delta H} = \sqrt{2 \times 981cm/\sec^2 \times 46cm} = 300.42cm/s \approx 300cm/s$$

ومن ثم فإن تصريف الأنبوب بهذه الحالة يعطى من علاقة الإستمرار:

$$Q = V \times S = 300cm/s \times 11.4cm^2 = 3420cm^3/s = 3.42l/s$$

أي أنه بحال وجود فلتر رملي مساميته 0.32, ترشح ضمنه المياه بتصريف يساوي 3420 سم^3 /ثا, والذي يعطيه الأنبوب الفارغ من الرمل ذو المقطع 11.4 سم^2, تحت تأثير نفس الضاغط المائي, فيجب أن تكون مساحة مقطعه كما هو محسوب تالياً:

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{3420cm^3/s}{0.0605cm/s} = 56528.925cm^2 \approx 56529cm^2 = 5.6529m^2$$

ذلك يبين أن الفلتر الرملي 0.32 بطول 30.5 سم يخفف سرعة الجريان, ومن ثم التصريف للأنبوب المفتوح, ذو المقطع 11.4 سم^2, بمقدار 4958 مرة تحت تأثير نفس الضاغط الهيدروليكي للحالة المدروسة.

إن تصريف مجرى الميريسي المفتوح ذو المقطع 43 م^2 (أبو فيلة، 1993, ص. 122) يبلغ تصريفه 4.7 م^3 / ثا,(A. Guerre,1978, p. 699.) وسرعة المياه به :

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{4.7m^3 l\sec}{43m^2} = 0.1093ml\sec \approx 0.11ml\sec$$

ففي حال أن منسوب عين زيانة يساوي 0.7 م, ومنسوب مياه كهف الجبح يبلغ 1.5م, شكل (3), والمسافة بينهما تبلغ حوالي 4 كم, فيكون التدرج الهيدروليكي للنظام المائي في الكويفية:

$$I = \frac{H_2 - H_1}{L} = \frac{\Delta H}{L} = \frac{1.5m - 0.7m}{4000m} = \frac{0.8m}{4000m} = 0.0002$$

في حال ملئ مجرى الميريسي بالرمل ذو المسامية 0.32 % تصبح فيه سرعة المياه الراشحة (سرعة دارسي) تحت تأثير فرق الضغط الهيدروليكي ما بين بداية ونهاية الفلتر الرملي:

$$V = K \times I = 0.0004ml\sec \times 0.0002 = 0.0000008ml\sec$$

أي أن فلتر رملي على طول النظام المائي يخفض سرعة المياه بمقدار 137500 مرة تحت هذه الظروف من الضغط الهيدروليكي.

وعليه فتصريف العين سيصبح:

$$Q = V \times S = 0.0000008ml\sec \times 43m^2 = 0.0000344m^3l\sec$$

أي أن التصريف ينخفض في مجرى الميريسي بمقدار 136628 مرة أيضاً. يعني ذلك سد شبه تام لمجرى المريسي.

لو اعتبرنا مقطع مجرى الميريسي ثابتاً فإن فلتر رملي طوله 200م في نهايته يكفي لتبطيء سرعة المياه ويعمل على تجميعها في أعالي الفلتر وارتفاع منسوبها تدريجياً, مما يؤدي للتزايد الطردي في الضاغط المائي ما بين طرفي الفلتر الرملي, حيث يمكن توضيح نتائج ذلك على النحو الآتي:

أ- $\Delta H = 1m$

فإن: $$I = \frac{\Delta \mathrm{H}}{L} = \frac{H_2 - H_1}{200m} = \frac{1.7m - 0.7m}{200m} = 0.005$$

وعليه فإن سرعة الرشح: $V = K \times I = 0.0004ml\sec \times 0.005 = 0.000002ml\sec$

والتصريف من الفلتر: $Q = V \times S = 0.000002ml\sec \times 43m^2 = 0.000086m^3l\sec$

ب- $\Delta H = 5m \quad I = 0.025 \quad V = 0.00001ml\sec \quad Q = 0.00043m^3l\sec$

ج- $\Delta H = 10m \quad I = 0.05 \quad V = 0.00002ml\sec \quad Q = 0.00086m^3l\sec$

د- $\Delta H = 20m \quad I = 0.1 \quad V = 0.00004ml\sec \quad Q = 0.00172m^3l\sec$

أي أن التصريف من خلال فلتر رملي, والذي يفضل إنشاؤه بطول 200م في أسفل مجرى الميريسي, يبلغ 1.7 ل/ ثا فقط, بعد ارتفاع المنسوب لحولي 20 م أمام الفلتر الرملي موازنةً مع نهايته, وتباطؤ في سرعة الجريان, وتناقص في التصريف بمقدار 2750 مرة عن الوضع الحالي, مما يؤكد نجاح عملية السطم بالرمل ونجاح عملية فصل المياه العذبة عن المياه المالحة في عين زيانة عن طريق رفع منسوبها, مع التنويه إلى أن إرتفاع منسوب المياه الجوفية بمقدار (1 م) في كهوف الكويفية يكفي لتأمين فصل تام للمياه العذبة عن المياه المالحة في عين زيانة.

مقترحات وتوصيات

1- الإهتمام بمياه عين زيانة العذبة المهدورة في مياه البحر الأبيض المتوسط, (نصف مليون متر مكعب في اليوم), والتي تشكل مورداً مائياً عذباً حيوياً ومتجدداً, بحيث يمكن الإعتماد عليه في التنمية الشاملة والمستدامة لسهل بنغازي في كافة المجالات الزراعية والبشرية والصناعية.

2- إعادة النظر في الموازنات المائية في سهل بنغازي, وتصحيح الأخطاء المرتكبة من الباحثين السابقين, بالخصوص في عين زيانة بالإعتماد على مبدأ أن الصرف يساوي (أو لا يمكن أن يكون أكثر من) التغذية في أي نظام مائي مادام الصرف فوق مستوى سطح البحر.

3- تشجيع المتخصصين الوطنيين على البحث وتمكينهم من الفرص المناسبة ليتحملوا مسؤوليتهم في تنمية الموارد المائية, وليساهموا في دفع عجلة التنمية في البلاد.

الهوامش:

1- A. Guerre: Hydrogeological study of the coastal Karstic Spring of Ayn Az Zayanah, Eastern Libya. geol. of Libya, Academic Press, London, 1978. vol. II, p. 699.

2- T. S. Raju: Hydrology water balance of the Binghazi plain. geol. of Libya, Academic Press, London,1978. vol. II, p. 682

3 - احمد عبد الوارث, الهيئة الإستشارية, بنغازي – القاهره : المخطط العام لمرفق مياه مدينة بنغازي حتى عام 2014 , التقرير النهائي, مصادر المياه لمدينة بنغازي, غير منشور, 1979, ص.ص. 60 – 61.

4 - الطاهر ميلود أبو فيلة: الأنظمة الكارستية في الجماهيرية العظمى, أعمال الملتقى الجغرافي الأول, 25- 29/ 5-1993, منشورات جامعة السابع من أبريل, الزاوية, الجزء الثاني, ص. 125.

5 - A. Guerre, 1978, op. cit., p. 686.

6- A. Guerre, 1978, op. cit., p. 686.

7- A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699.

8 - A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699.

9 - معدل تصريف العين خلال 1976- 1977 حسب (A. Guerre، 1978، مصدر سابق, P. 699).

10 - الطاهر ميلود أبو فيلة: الأنظمة الكارستية في الجماهيرية العظمى, أعمال الملتقى الجغرافي الأول, 25- 29/ 5-1993, منشورات جامعة السابع من أبريل, الزاوية, الجزء الثاني, ص. 125.

11- الهيئه العامة للمياه، فرع المنطقة الشرقية, تقريرعن مشروع عين الزيانة، غير منشور, بنغازي, 1991م، ص. 1.

12 - A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699.

13 - T. S. Raju, 1978, vol. op. cit., p. 682.

14 - احمد عبد الوارث, الهيئة الإستشارية, بنغازي – القاهره, 1979, مصدر سابق, ص.ص. 60 – 61.
15 - احمد عبد الوارث, الهيئة الإستشارية, بنغازي – القاهره, 1979, مصدر سابق, ص. 63.
16- A. Guerre, 1978, op. cit., p. 692.
17 - A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699.
18 - الطاهر ميلود أبو فيلة, 1993, مصدر سابق, ص. ص. 123 – 125.
19 - بتصرف من الباحث عن A. Guerre, 1978, op. cit., p. 690.
20 - A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699
21 - A. Guerre, 1978, op. cit., p. 690.
22 - Ernst. H. Doerpinghius ترجمة : عوض يوسف الحداد، تلوث مصادر المياه الجوفية من خلال الينابيع البحرية كما هو ممثل ببئر عين الزيانة / بنغازي، مجلة قاريونس العلمية، العدد الثالث والرابع، منشورات جامعة قاريونس، بنغازي، 2001م.، ص. 209.
23 - الطاهر ميلود أبو فيلة , 1993 , مصدر سابق, ص. 122.
24 - A. Guerre, 1978, op. cit., p. 699.
25 - محمد غازي الحنفي، استثمار عين زيانة في سهل بنغازي هو الحل المناسب لتنمية أراضي سهل بنغازي، المتلقى الجغرافي الخامس, 19-22 /05/ 1998م.، سرت، ص. 8.