

## تقليل التبخر في بحيرة قطينة

بتول كرزون\*

( الإيداع: 23 شباط 2021، القبول: 23 آيار 2021 )

الملخص:

يتضمن البحث دراسة تحليلية لتقليل التبخر في بحيرة قطينة وذلك عن طريق اقتراح حلين يعتمدان على تصغير سطح البحيرة باستخدام سدين تفصل الأجزاء الضحلة عن الأجزاء العميقة للبحيرة، و تم بتقدير التبخر في كلا الحلين بالاعتماد على برنامج نظام المعلومات الجغرافية وذلك بعد حساب المساحات المائية وحجوم التخزين المقابلة لكل حل وتم تخفيض التبخر في كلا الحلين من  $(75.7M.m^3/year)$  إلى حوالي  $(16.36M.m^3/year)$  في الحل المقترح الأول (السدة/ I) و حوالي  $(26.5M.m^3/year)$  في الحل المقترح الثاني (السدة/ II) وبلغ حجم التخزين المقابل فكان  $(50.3M.m^3)$  في الحل المقترح الأول (السدة/ I) و  $(78.5 M.m^3)$  في الحل المقترح الثاني (السدة/ II) وهو حجم لا يلبي الاحتياجات المائية لسد قطينة إلا في حال فصل شبكة ري حماه عن شبكة ري حمص ، ورفع كفاءة شبكة الري باستخدام طرق الري الحديثة (الرش والتنقيط).

الكلمات المفتاحية : التبخر نظام المعلومات الجغرافية ، تقليل التبخر، الأغشية العائمة ، هياكل الظل ، أنبوب فقاعات الهواء .

## Reducing Evaporation in Lake Qattinah

Eng. Batool Karzoun\*

(Received: 23 February 2021, Accepted: 23 April 2021 )

### Abstract:

The research includes an analytical study to reduce evaporation in lake Qattinah by proposing two solutions that depend on reducing the surface of the lake using two blocks separating the shallow parts from the deep parts of the lake area. We estimated evaporation in both solutions depending on the geographic information system program(GIS) after calculating the partial areas and the corresponding storage volumes to each solution and evaporation was reduced in both solutions from (75.7M.m<sup>3</sup>/year) to about (16.36M. M / year) in the first proposed solution ( The block / I / ) and about (26.5 M.m<sup>3</sup>/year) in the second proposed solution ( The block / II / ), and the corresponding storage volume was (50.3 M.m<sup>3</sup>) in the first proposed solution (the block / I / ) and (78.5 M.m<sup>3</sup>) in the second proposed solution (The block / II / ), which is a volume that does not meet the water demands of the Qattinah Dam except In the event that the irrigation network of Hama is separated from the irrigation network in Homs, and the efficiency of the network is increased by using modern irrigation methods (sprinkling and drip).

**Key word :**Evaporation , (GIS) , Reduce Evaporation, Floating Cover, Shade Structures

---

\*Hama University– Faculty of Civil Engineering

## 1-مقدمة:

يصنف مناخ سوريا عموماً بأنه مناخ متوسطي يتميز بشتاء بارد وصيف جاف وحرار إذ تعتبر الأمطار مصدر أساسي للموارد المائية، ومعظم منشآت حصاد المياه مثل السدود وغيرها إن لم تستخدم للري في الشتاء سوف تتبخر في فصل الصيف دون الاستفادة منها. ويعتبر التبخر من العوامل الهامة في الدورة الهيدرولوجية وفي كل دراسات الموارد المائية فهو يؤثر على حصيلة الوديان من الموارد المائية، وسعة الخزانات السطحية، وعلى استهلاك النبات للمياه [4].

## 2-الهدف من البحث :

تقليل التبخر في بحيرة قطينة و إعادة رسم المخططات الطبوغرافية لقاع البحيرة في الوضع الحالي، حيث إن جميع الدراسات السابقة لتصغير البحيرة و الحالية والمستقبلية تعتمد على هذه المخططات، وبالتالي تأمين نسخة الكترونية مرجعية لوضع البحيرة الحالي بالاعتماد على برنامج نظام المعلومات الجغرافية والصور الجوية واستخدامها لأي دراسة

## 3-موارد وطرق البحث :

تم الاعتماد على برنامج نظام المعلومات الجغرافية (ArcGIS) وذلك لحساب مساحات وحجوم التخزين وتم تقدير التبخر للحلول المقترحة .

## 4-العلاقات التجريبية لتقدير التبخر Empirical Evaporation Eqs :

تتوافر عدد من المعادلات التجريبية الموضوعة لحساب كمية التبخر باستخدام البيانات الجوية المتوفرة، و من هذه العلاقات :

### 1-4- علاقة دالتون [1].

تناسب شدة التبخر من السطح المائي الحر مع نقص رطوبة الجو وذلك بافتراض أن العوامل المؤثرة في التبخر ثابتة . حيث تعطى علاقة دالتون كمايلي :

$$E = k \cdot (e_s - e) \quad (1)$$

وتكتب بالشكل الآتي :

$$E = k \cdot e_s(1 - \varepsilon) \quad (2)$$

حيث إن :

k - ثابت التناسب .

$e_s$  - ضغط بخار الإشباع عند درجة الحرارة الوسطية للهواء (mm.Hg) .

e - ضغط البخار الفعلي في نفس درجة حرارة القياس (mm.Hg) .

$\varepsilon$  - الرطوبة النسبية للهواء .

### 2-4- معادلة بنمان Penman Eq [1]

يفضل استخدام هذه المعادلة، رغم صعوبتها النسبية، إذا توافرت قياسات الحرارة، الرطوبة، الرياح و السطوع الشمسي في المنطقة المدروسة تُعدّ نتائج هذه المعادلة أكثر دقة مقارنة بالمعادلات الأخرى، تتكون معادلة بنمان من شقين، الأول خاص بعمق التبخر الناتج عن طاقة الإشعاع الشمسي، والثاني خاص بعمق التبخر الناتج عن حركة الهواء والرطوبة

النسبية، والبيانات المناخية المستعملة في المعادلة هي القيم المتوسطة لليوم بأكمله. ويمكن استعمال معادلة بنمان لحساب متوسط التبخر لفترات زمنية طويلة نسبياً، عشرة أيام أو شهر، أو لفترات زمنية قصيرة نسبياً، يوم أو ساعة (مع استخدام بيانات مناخية لكل ساعة)، وهذا يتوقف على الغرض المطلوب، ومدى توفر البيانات المناخية اللازمة، وتعطى معادلة بنمان بالشكل الآتي:

$$ET_0 = \frac{0.4\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} u_2 (e_s - e)}{\Delta + \gamma(1 + C_d u_2)} \quad (3)$$

حيث إن:

$ET_0$  - التبخر الكلي ويقدر بـ (mm/day).

$R_n$  - الإشعاع الشمسي الصافي المنعكس ويقدر بـ ( $MJ/m^2/day$ ) من أجل فترة زمنية يومية أو ( $MJ/m^2/hour$ ) من أجل فترة زمنية ساعية.

$G$  - الإنبعاث الحراري للتربة ويقدر بـ ( $MJ/m^2/day$ ) من أجل فترة زمنية يومية أو ( $MJ/m^2/hour$ ) من أجل فترة زمنية ساعية.

$T$  - متوسط درجة حرارة الهواء اليومية أو الساعية مقاسة على ارتفاع (1.5-2.5m) من سطح الأرض مقدر بـ ( $^{\circ}C$ ).

$u_2$  - متوسط سرعة الرياح اليومية أو الساعية مقاسة على ارتفاع (2 m) من سطح الأرض مقدر بـ (m/sec).  
 $e_s$  - ضغط بخار الإشباع عند درجة الحرارة الوسطية للهواء مقاس على ارتفاع (2.5-1.5m) عن سطح الأرض مقدر بـ (KPa).

$e$  - ضغط البخار الفعلي في نفس درجة حرارة القياس مقاس على ارتفاع (2.5-1.5 m) عن سطح الأرض مقدر بـ (KPa).

$\Delta$  - ميل منحنى ضغط البخار المشبع مع درجة الحرارة مقدر بـ ( $KPa/^{\circ}C$ ).

$\gamma$  - ثابت جهاز قياس الرطوبة النسبية (السيكرومتر) مقدر بـ ( $KPa/^{\circ}C$ ).

$C_n$  و  $C_d$  - ثوابت تمثل تغيرات المدة الزمنية على حساب التبخر، ويبين الجدول (1) قيم  $C_n$  و  $C_d$  المستخدمة في معادلة بنمان.

الجدول رقم (1): قيم  $C_n$  و  $C_d$  المستخدمة في معادلة بنمان.

واحدات $G$ و $R_n$	واحدات $ET_0$	$C_d$	$C_n$	المدة الزمنية للحساب
$MJ/m^2/day$	$mm/day$	0.34	900	يومية (Daily)
$MJ/m^2/hour$	$mm/hour$	0.24	37	ساعية خلال النهار (Hourly during daytime)
$MJ/m^2/hour$	$mm/hour$	0.96	37	ساعية خلال الليل (Hourly during nighttime)

### 5- طرق التقليل من التبخر Method to Reduce Evaporation:

هناك طرق عديدة للتقليل من التبخر وهي : مصدات الرياح ، تصغير البحيرة أو التغيير في التصميم ، الأغطية الفيزيائية ، الأغطية الكيميائية ، الأغطية البيولوجية ، التخزين تحت سطح الأرض و استخدام أنبوب فقاعات الهواء .

#### 1-5- مصدات الرياح Wind Break:

الرياح هي واحدة من أهم العوامل التي تؤثر على معدل التبخر من سطح الماء، ولتخفيف التبخر يتم زراعة النباتات (الأشجار والشجيرات أو العشب) حول حافة بحيرات السدود حيث أن وجود هذه النباتات له تأثير على درجة الحرارة والضغط الجوي ورطوبة التربة والتبخر نتج من المنطقة المحمية . يتم ترتيب النباتات المستخدمة على شكل صفوف حيث توضع النباتات الطويلة في الوسط والنباتات القصيرة في الصف الأخير بحيث تزداد أو تتناقص بشكل مخروطي . و لا ينبغي أن تزرع المصدات بالقرب من جدران السد لأنها تؤدي الى حصول تشققات في جدران السد، ويعتبر استخدام مصدات الرياح لتقليل التبخر طريقة غير مكلفة اقتصادياً و مفيدة في ظروف محددة للبحيرات الصغيرة. [7].

#### 2-5- تصغير البحيرة أو التغيير في التصميم Design Features:

إن تقليل المساحة السطحية للسد تقلل من مساحة المياه المعرضة للتبخر وبالتالي التقليل من فاقد التبخر بشكل نسبي ويتم ذلك عن طريق عزل الأجزاء الضحلة من الخزانات أو تقليصها من خلال بناء السدود السطحية والسدات في مواقع مناسبة، حيث يتم تحويل المياه المتراكمة ومنحها إلى مكان أعمق في أشهر الصيف بحيث يتم تقليل مساحة سطح المياه الضحلة المعرضة للتبخر بشكل فعال [12].

#### 3-5- الأغطية الفيزيائية:

يوجد العديد من الأنواع للأغطية الفيزيائية ومنها :

#### • الأغطية العائمة المستمرة Floating Cover Continuous:

تكون على شكل أغطية من البلاستيك من مادة البولي إيثيلين (Pclyethlere) والبوليسترين (Polystrene)، تشكل حاجزاً مستمراً وكتيماً غير قابل للانعطاف يطفو على سطح الماء، توفر هذه الطريقة حوالي (90%) من فواقد التبخر عند تغطية السد بشكل كامل، تستخدم الأغطية الثابتة للخزانات الصغيرة، تكلفة استخدام هذه الطريقة باهظة جداً وخصوصاً في الخزانات الكبيرة وتختلف مدة استبدال هذه الأغطية من (10 - 20) سنة ويبين الشكل (1) نموذج لبحيرة مغطاة بالأغطية العائمة المستمرة . [6].



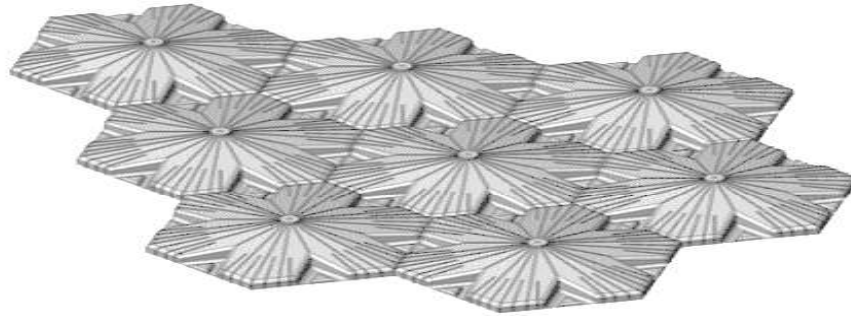
الشكل رقم (1): نماذج لبحيرات مغطاة بالأغطية العائمة المستمرة

• الأغطية العائمة على شكل وحدات Modcular Covers:

تستخدم نفس مبدأ الأغطية العائمة المستمرة ولكن بدلاً من الأغطية المستمرة تستخدم وحدات فردية متعددة تطفو على سطح الماء لسهولة التركيب والصيانة، و تغطي مساحة تصل إلى (3m<sup>2</sup>). يمكن أن تكون هذه العوامات منفصلة أو متصلة معاً على شكل عنصر طافي كبير ويبين الشكل (2) أغطية عائمة على شكل وحدات منفصلة، والشكل (3) أغطية على شكل وحدات متصلة.



الشكل رقم(2): الأغطية العائمة على شكل وحدات منفصلة



الشكل رقم(3): الأغطية العائمة على شكل وحدات متصلة

• هياكل الظل (Shade Structures):

تعلق على سطح الماء باستخدام الكابلات ، و تكون على شكل هيكل قماشي يتم شده بين الكابلات ويبين الشكل (4) نموذج لبحيرة مغطاة بهياكل الظل ، تعمل هذه الهياكل على التقليل من الطاقة التي تخترق المياه وتقلل من حركة الهواء فوق سطح الماء وتعمل على حصر الهواء الرطب تحت الغطاء وبالتالي تقليل التبخر. تناسب هذه الهياكل الخزانات المائية الصغيرة ، و تحقق هذه الطريقة وفورات في التبخر تتراوح بين (70-80%)، تمنع هذه الطريقة نمو الطحالب على سطح الماء لكنها ذات كلفة اقتصادية مرتفعة ولها تأثير على نوعية المياه بسبب عدم انحلال الأكسجين بالماء [8].



الشكل رقم (4): هياكل الظل

• الألواح الشمسية العائمة (Floating Solar Panel) :

توضع الألواح الشمسية فوق ألواح مصنوعة من البولي إيثيلين عالي الكثافة التي يمكن أن تتحمل أشعة الشمس فوق البنفسجية وتتحمل التآكل، يتم تغطية البرك والبحيرات والقنوات والخزانات وغيرها من المسطحات المائية وتعمل على التقليل من كمية أشعة الشمس المخترقة وبالتالي التقليل من التبخر والتقليل من نمو الطحالب الضارة بالحياة المائية والتي تعمل على سد الفلاتر والمضخات والتجهيزات الموجودة في البرك التي يراد معالجة المياه فيها، ويبين الشكل (5) نموذج لتوضع الألواح الشمسية فوق البحيرة، تعد هذه الألواح مصدراً لتوليد الطاقة الكهربائية، صديقة للبيئة بالإضافة إلى تقليل



الشكل رقم (5): الألواح الشمسية العائمة

4-5- الأغطية الكيميائية (Chemical Covers):

هي مواد كيميائية قادرة على تشكيل طبقة رقيقة فوق سطح الماء لتكون فعالة للحد من التبخر من سطح الماء، تسمح هذه الطبقات بمرور الهواء وبالتالي لا تتأثر الحياة المائية، هذه المنتجات قابلة للتحلل بشكل عام وبالتالي تؤثر على نوعية المياه و تحتاج هذه المواد للتطبيق بشكل مستمر ومتكرر من (3-4) مرات يوماً، تحتاج إلى معدات كهربائية خاصة ليتم نشرها أو استخدام الطوافات (القوارب) عند تطبيقها بشكل يدوي، وقد تراوحت وفورات التبخر في هذه الطريقة بين (10-50%). ويبين الشكل (6) بحيرة مغطاة بالأغطية الكيميائية [12].



الشكل رقم (6): بحيرة مغطاة بالأغطية الكيميائية

5-5- الأغطية البيولوجية :

وهي أغطية تعتمد على أنواع معينة من النباتات تنمو على سطح الماء، و لها القدرة على توفير انخفاض طفيف في حجم التبخر ويتعلق ذلك بنوع النبات والرعاية المطلوبة، لأن العديد من الأنواع تزيد من مستوى التبخر، فاستخدام الطحالب على سبيل المثال يمكن أن يقلل التبخر بنسبة (10%) ولكنها تؤثر على نوعية المياه وتصبح غير قابلة للاستخدام البشري كما أنها تؤثر على الحياة المائية [12].

6-الموقع الجغرافي للدراسة :

تقع بحيرة قطينة جنوب غرب مدينة حمص على بعد حوالي 10km ، وهي تتوسط الجانب الغربي لأراضي الجمهورية العربية السورية حيث تبعد حوالي 150km عن كل من دمشق واللاذقية.

7-الوضع الراهن لبحيرة قطينة:

بقي الوضع على ما هو عليه حتى قام الفرنسيون في عام 1939 ببناء السد الحالي أمام السد القديم حيث تم رفع منسوب التخزين وحجم البحيرة إلى الأرقام المبينة في الجدول (2) :

الجدول رقم(2): مواصفات سد قطينة

m7	ارتفاع السد
m1120	طول السد
m501.05	منسوب التخزين الأعظمي
m503.05	منسوب قمة السد
M.m <sup>3</sup> 200	حجم التخزين الأعظمي
km <sup>2</sup> 60	مساحة سطح البحيرة عند منسوب التخزين الأعظمي

8-التبخر في بحيرة قطينة:

إن ارتفاع التخزين القليل نسبياً ومساحة سطح البحيرة الكبير ووقوع البحيرة في منطقة ذات سرعة رياح مرتفعة أغلب أيام السنة، جعل فواقد التبخر كبيرة جداً، وفي ظل ازدياد الطلب على المياه وزيادة الاستثمارات التي تعتمد على المياه في منطقة العاصي الأعلى، فإن أعباء التبخر أصبحت تلعب دوراً كبيراً في زيادة العجز المترتب على البحيرة في السنوات الأخيرة. هذه الأسباب دفعت للبحث عن حلول للمحافظة على البحيرة كون كمية التبخر من سطحها كبيرة جداً وتبلغ حوالي (75.7M.m<sup>3</sup>) سنوياً كحد وسطي، ويبين الجدول (3) بيانات التبخر من محطة قطينة لعشر سنوات مقدرة بـ (M.m<sup>3</sup>) [3].

الجدول رقم (3): بيانات التبخر من محطة قطينة لعشر سنوات مقدرة بـ (M.m<sup>3</sup>).

السنة	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
1997	-	-	-	-	-	-	-	9	6.18	4.617	2.342	1.16
1998	1.308	1.293	2.475	4.37	5.465	8.422	11.371	9.791	6.897	5.421	3.75	1.716
1999	1.09	1.068	1.855	3.815	4.808	5.062	7.262	7.488	4.007	3.336	2.584	2.287
2000	1.368	0.885	1.137	1.958	4.691	5.913	7.587	7.599	5.751	5.073	3.739	1.491
2001	1.338	0.879	1.65	2.876	4.408	6.844	6.865	7.8	6.885	3.944	2.618	1.192
2002	1.231	1.61	2.351	2.68	4.874	5.988	8.004	8.1	5.848	5.368	3.033	1.381
2003	1.059	1.858	5.364	7.164	10.452	9.964	12.665	12.4	7.843	5.296	4.49	2.76
2004	1.42	2.094	4.452	5.428	7.456	9.605	12.315	11.43	7.748	5.352	4.32	3.76
2005	3.465	3.685	7.343	9.252	11.076	13.995	15.21	14.308	7.909	5.311	4.452	2.204
2006	2.1	2.3	4.4	6.869	10.91	14.862	14.823	13.741	11.472	5.737	3.439	4.168
2007	1.781	2.412	5.867	6.38	8.87	16.9	17.4	13.035	9.593	7.004	3.06	1.614



## 9- الحلول المقترحة لتصغير بحيرة قطينة باستخدام نظام المعلومات الجغرافية ال(GIS):

### 9-1- وصف الحلول المقترحة :

لتقليل التبخر في بحيرة قطينة وتقليل التبخر فيها قمنا باقتراح حلين ، الحل الأول يتمثل بإنشاء سدة في وسط بحيرة قطينة تفصل الأجزاء العميقة عن الأجزاء الضحلة ، وتمتد من الجانب الغربي حتى الجانب الشرقي ، والحل الثاني مشابه للحل الأول مع تغيير مكان محور السدة بحيث تكون مساحة سطح البحيرة أكبر ، ويلزم لكلا الحلين :  
أ- إنشاء قناة تحويل لنهر العاصي تبدأ من موقع الجوادية وحتى السدة المقترحة أو مطلع قناة الري وبحيث تقدم المياه لقناة الري مباشرة خلال موسم الري دون الدخول إلى قطينة .

ب- إنشاء محطة ضخ خلف السدة وظيفتها ضخ المياه الزائدة عن استطاعة قناة التحويل والمياه الواردة من الأودية التي تصب في الجزء المقطع من البحيرة .

### الغاية من اقتراح الحلول هي :

أ- تقليل التبخر في سد قطينة.

ب- إعادة رسم المخططات الطبوغرافية لقاع البحيرة في الوضع الحالي ، حيث إن جميع الدراسات لتصغير البحيرة السابقة والحالية والمستقبلية تعتمد على هذه المخططات ، وتأمين نسخة الكترونية مرجعية لوضع البحيرة الحالي بالاعتماد على برنامج نظام المعلومات الجغرافية والصور الجوية يمكن استخدامها لأي دراسة لاحقة ، حيث إن جميع الدراسات السابقة اعتمدت في دراستها على مخطط ورقي تم إعداده في عام 1975 و لا يمكن الاعتماد عليه في الوضع الحالي .

ج- حساب مساحات وحجوم التخزين عند كل منسوب .

### 9-2- تقدير التبخر في الحلين المقترحين :

لتقدير التبخر في الحلين المقترحين يجب القيام بالخطوات التالية :

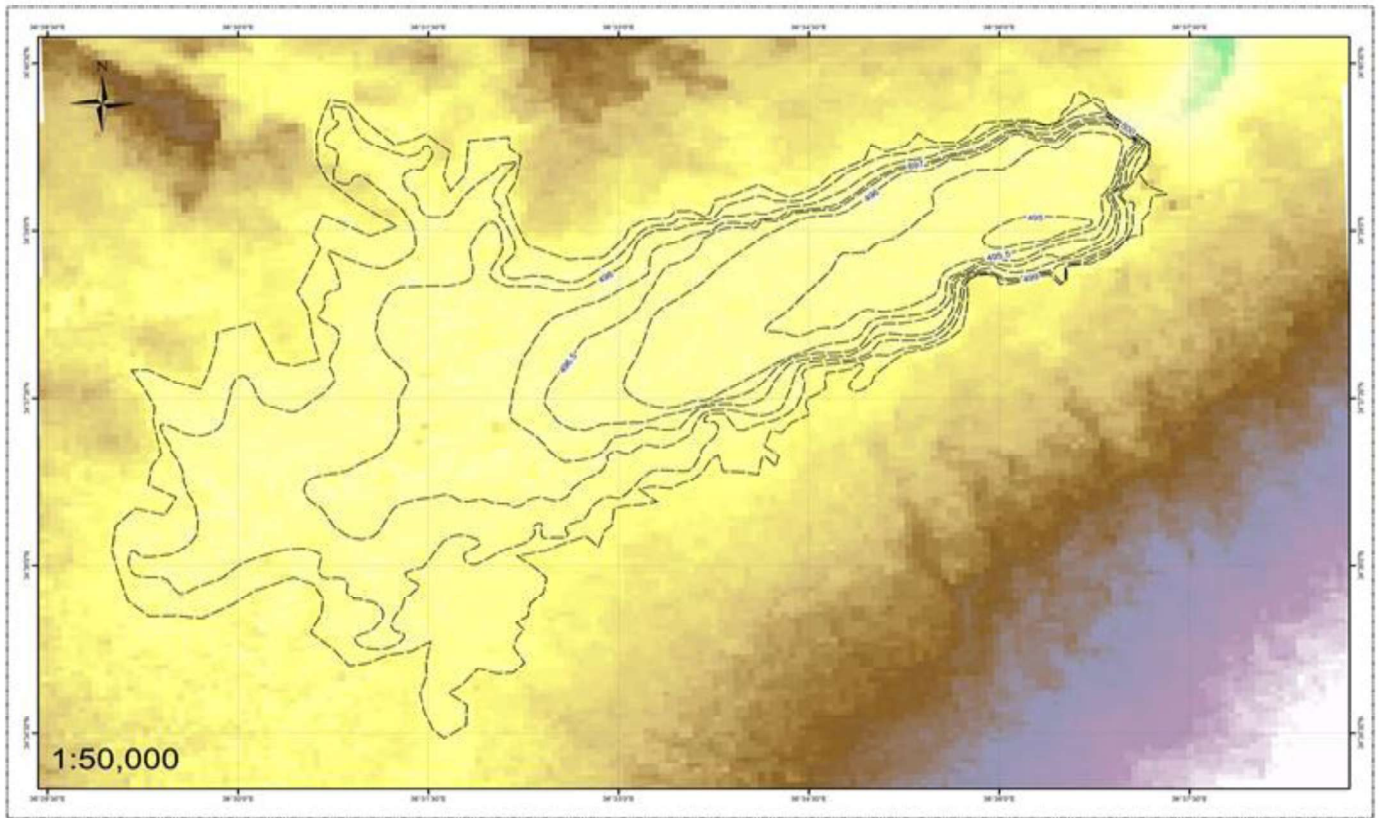
1- حساب الارتفاعات الطبوغرافية لقاع كامل البحيرة بالوضع الراهن وذلك عن طريق أداة الDIM (صورة جوية للبحيرة) ومعالجتها بواسطة برنامج نظام المعلومات الجغرافية (GIS) بالاعتماد على المخطط الأساسي المرسوم عام 1975، وإرجاع بعض النقاط على المخطط ، ويبين الشكل (7) الارتفاعات الطبوغرافية لقاع بحيرة قطينة محصورة بين المنسوبيين (495...501 m).

2- اقتطاع الجزء العميق من البحيرة وفق محور السدة I/ في الحل المقترح الأول و محور السدة II/ للحل المقترح الثاني ، ويبين الشكل (8) محور السدة I/ للحل المقترح الأول والشكل (9) محور السدة II/ .

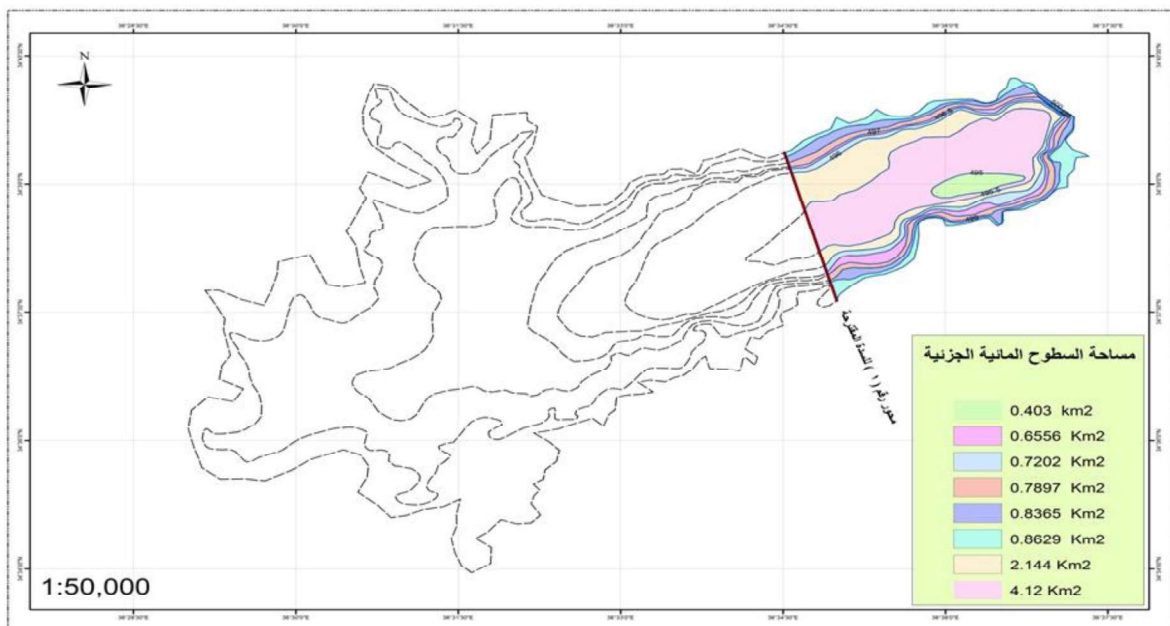
3- حساب المساحات الجزئية بين خطوط الارتفاعات الطبوغرافية اعتماداً على برنامج نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، وبتباعدات تتراوح بين (0.5...1 m) .

4- ولمقارنة قيمة الضياعات في المقترح مع الدراسات السابقة تم الاعتماد على بيانات الدراسة الإيرانية لتقدير التبخر السنوي حسب بنمان المبين في والمقدرة بـ (1484 mm) . ، علماً أنه يمكن بالاعتماد على المخططات الجديدة حساب الضياعات لأي فترة زمنية ولكن فقط للمقارنة تم اعتماد نفس الفترة [5].

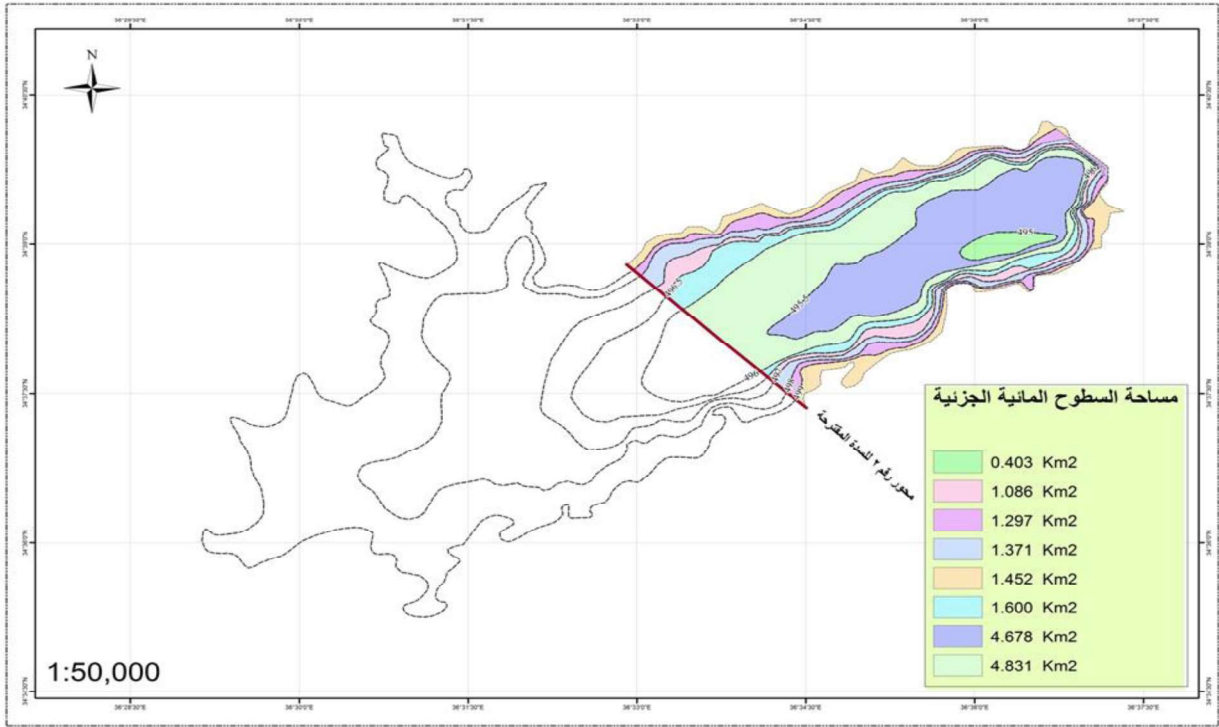
5- يبين الجدول (4) ضياعات التبخر عند كل منسوب والمساحات المقابلة لها للحل المقترح الأول ( السدة رقم I/ / ) ، ويوضح الجدول (5) ضياعات التبخر والمساحات المقابلة لها للحل المقترح الثاني (السدة رقم II/ / )



الشكل رقم (7): الارتفاعات الطبوغرافية لقاع بحيرة قطينة



الشكل رقم(8): الموقع المقترح للمحور رقم / I /



الشكل (9): الموقع المقترح للمحور رقم II /

الجدول رقم (4): ضياعات التبخر للحل الأول (السد I /)

المحور	المنسوب $m$	المساحة $km^2$	المساحة التراكمية $km^2$	متوسط التبخر السنوي حسب بنمان $mm$	ضياعات التبخر $m^3$
الأول / I	495	0.403	0.403	1484	598052
	495.5	4.12	4.523	1484	6114080
	496	2.144	6.667	1484	3181696
	496.5	0.72	7.387	1484	1068480
	497	0.6556	8.0426	1484	972910.4
	498	0.789	6.6876	1484	1170876
	499	0.836	9.6676	1484	1240624
	500	0.862	10.53	1484	1279208
	501	0.5	11.03	1484	742000
وقيمة التبخر النهائية على كامل المساحة في الحل المقترح الأول					16367926

الجدول رقم (5): ضياعات التبخر للحل الثاني (السدة / II /)

المحور	المنسوب $m$	المساحة $km^2$	المساحة التراكمية $km^2$	متوسط التبخر السنوي حسب بنمان $mm$	ضياعات التبخر $m^3$
الثاني / II /	495	0.403	0.403	1484	598052
	495.5	4.67	5.073	1484	6930280
	496	4.83	9.903	1484	7167720
	496.5	1.6	11.503	1484	2374400
	497	1.008	12.511	1484	1495872
	498	1.37	15.628	1484	2033080
	499	1.29	15.171	1484	1914360
	500	1.45	16.621	1484	2151800
	501	0.8	17.421	1484	1187200
	وقيمة التبخر النهائية على كامل المساحة في الحل المقترح الثاني				

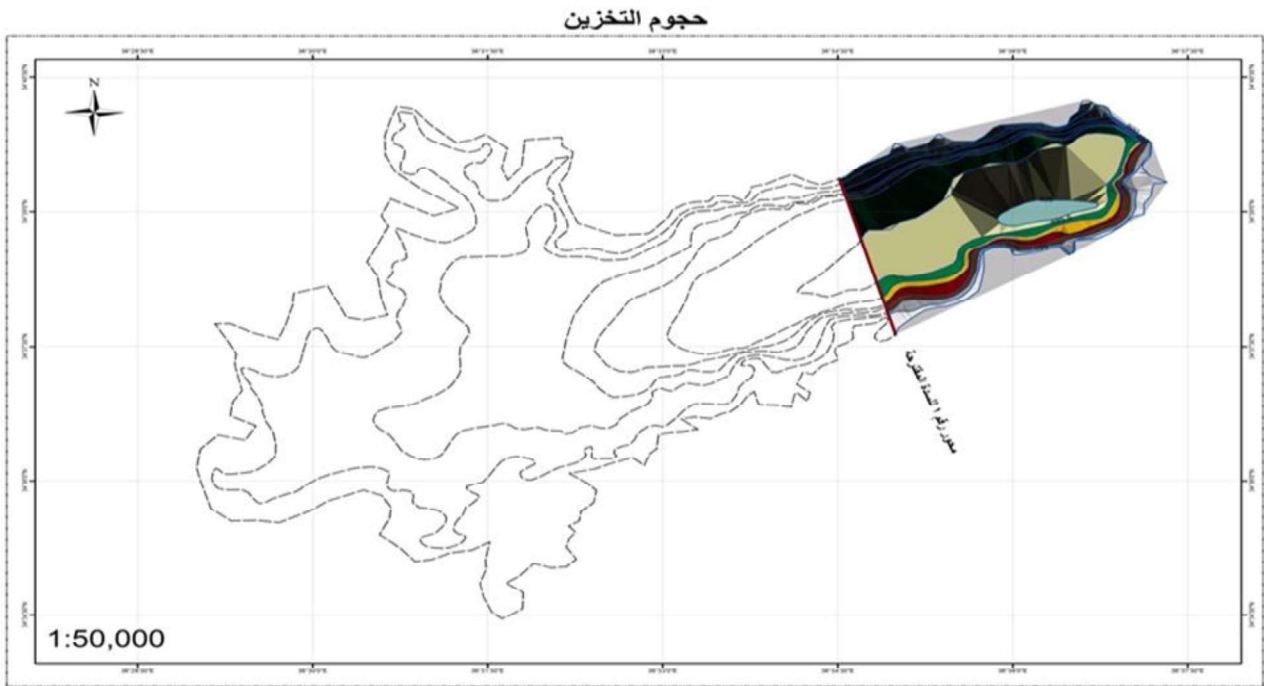
### 3-9- المؤشرات التخزينية لبحيرة قطينة بعد التصغير المقترح:

ولحساب المؤشرات التخزينية للمقترح وفق السدتين I/ و II/ تم القيام بالخطوات الآتية:

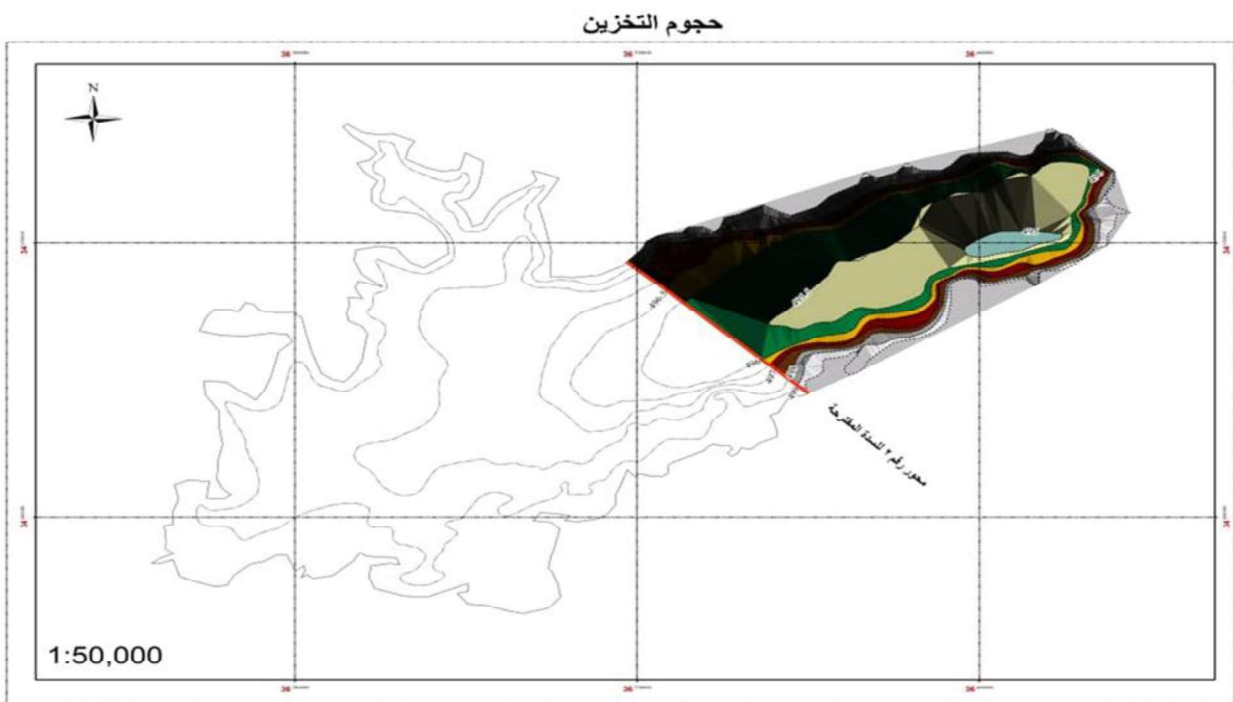
1- تحويل المخططات من ثنائي البعد إلى ثلاثي البعد وفقاً لطبوغرافية قاع البحيرة باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية (GIS) و الصور الجوية ، حيث تم تحويلها من صورة جوية (DIM) إلى (ITN) ثلاثي البعد بقيمة لقفزة الارتفاع كل نصف متر أي أن Z تساوي (0.5 m) وذلك لكل منسوبين على حدا ويبين الشكل (10) تمثيل البحيرة بشكل ثلاثي الأبعاد للحل المقترح الأول (السدة/ I /) ، ويبين الشكل (11) تمثيل البحيرة بشكل ثلاثي الأبعاد للحل المقترح الثاني (السدة/ II /).

2- حساب حجوم التخزين بين كل منسوبين على حدا باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية .

3- ويبين الجدول (6) حجوم التخزين للحل المقترح الأول (السدة/ I /) حيث بلغ حجم التخزين الأعظمي ( $50.3 M. m^3$ ) ، ويوضح الجدول (7) حجوم التخزين للحل المقترح الثاني (السدة/ II /) حيث بلغ حجم التخزين الأعظمي ( $78.5 M. m^3$ ) .



الشكل رقم (10) : تمثيل البحيرة بشكل ثلاثي الأبعاد لمحور السدة رقم /I/



الشكل (11) : تمثيل البحيرة بشكل ثلاثي الأبعاد لمحور السدة رقم /II/

الجدول(6) :حجوم التخزين عند كل منسوب للحل الأول (السدة / I /)

المحور	المنسوب <i>m</i>	المساحة <i>km<sup>2</sup></i>	حجم التخزين <i>M.m<sup>3</sup></i>
الأول / I /	495	0.403	0
	495.5	4.523	0.65
	496	6.667	3.45
	496.5	7.387	6.95
	497	8.043	1079
	498	8.831	19.2
	499	9.667	28.42
	500	10.529	38.47
	501	11.029	50.3

الجدول(7) : حجوم التخزين عند كل منسوب للحل الثاني (السدة / II /)

المحور	المنسوب <i>m</i>	المساحة <i>km<sup>2</sup></i>	حجم التخزين <i>M.m<sup>3</sup></i>
الثاني / II /	495	0.403	0
	495.5	5.073	3.5
	496	9.903	4.3
	496.5	11.503	9.6
	497	12.511	15.6
	498	15.628	35.23
	499	15.171	43.57
	500	16.621	59.55
	501	17.421	78.51

## 10-الاستنتاجات :

- 1- إن عمق التخزين القليل والبالغ (5m) كعمق أقصى المقابل لسطح مائي كبير هو السبب الرئيسي في زيادة كمية التبخر، وهذا يؤدي إلى ارتفاع تكاليف تخفيض التبخر بسبب الحاجة إلى تصغير البحيرة و فصل الأجزاء العميقة عن الضحلة بإنشاء سدود وسدات جديدة لتركيز التخزين في الأجزاء العميقة.
- 2- يؤمن الحل المقترح الأول (السدة رقم /1/) أقل قيمة لضياعات التبخر وقدرت بحوالي ( $16.36M.m^3$ ) و يبلغ حجم التخزين المقابل لهذا الحل حوالي ( $52.58 M.m^3$ ) وهو حجم لا يلبي الاحتياجات المائية لسد قطينة إلا في حال فصل شبكة ري حماه عن شبكة ري حمص ، ورفع كفاءة شبكة الري باستخدام طرق الري الحديثة (الرش والتنقيط) .
- 3- بحيرة قطينة تشكل مصدر ضياع كبير للمياه وفي حال استمرار الوضع الحالي فإنها ستخرج عن الخدمة وسيكون لذلك تأثير سلبياً ملموساً من النواحي البيئية والمنظر العام لطبيعة المنطقة .

## 11-التوصيات :

- 1- جميع الحلول المقترحة لتصغير بحيرة قطينة وتقليل التبخر تكون غير مجدية بدون فصل شبكة ري حماه عن شبكة ري حمص لأن الاحتياج الكبير لري كلا الشبكتين معاً يجعل من أي حل يتم فيه تصغير بحيرة قطينة يقلل من حجم التخزين وبالتالي لا يؤمن الاحتياج المطلوب، بالإضافة إلى زيادة التبخر بسبب زيادة مساحة سطح التبخر نظراً لطول الشبكة ، ويتم الفصل عن طريق تأمين احتياجات شبكة ري حمص من بحيرة قطينة بينما يتم تأمين احتياجات شبكة حماه من سد الرستن ، ويلزم لهذا الغرض إنشاء محطة ضخ الرستن وظيفتها ضخ المياه من سد الرستن إلى شبكة ري حماه .
- 2- تغطية البحيرة بالألواح الشمسية بشكل جزئي في الأماكن الضحلة ، حيث تعمل هذه الألواح على امتصاص جزءاً كبيراً من الطاقة ويقلل من ورود الأشعة على بقية الأجزاء المجاورة ، كما تعمل على تغطية الأجزاء الضحلة وبالتالي التقليل من التبخر ، والحفاظ على الحياة المائية ، والاستفادة منها في توليد الطاقة الكهربائية .
- 3- نقترح زيادة عمق البحيرة ، لأن السطح الكبير والضحل لبحيرة قطينة هو من أهم الأسباب في زيادة التبخر ، و ذلك عن طريق ردم جوانب الحوض المائي ذات أعماق المياه الضحلة وزيادة عمق المياه في باقي أجزاء الحوض المائي الأكثر عمقاً ، وبالتالي تصغير مساحة الحوض المائي من أجل تخفيض مساحات التبخر وبالتالي حجم التبخر ، ويمكن استخدام نواتج الهدم المتوفرة في المناطق المجاورة للحوض المائي ، علماً أن نواتج الهدم (الأنقاض) هي مشكلة بيئية يتم البحث عن آليات التخلص منها.
- 4- تحسين كفاءة شبكة ري حمص - حماه و ذلك من خلال نقل آلية شبكات الري القائمة حالياً في سهول حماه وحمص من أقتية مكشوفة إلى أنابيب مغلقة (مضغوطة- بالراحة) مما يقلل كثيراً من ضياعات التبخر والتسرب وخاصة إذا تم استخدام أنابيب من البولي إيثيلين (بوليستر مزجج) GRP وهي أنابيب كتيمة تمنع التسرب ، بالإضافة إلى استخدام طرق الري الحديثة (الرش والتنقيط) .

## 12-Bibliography المراجع

### المراجع العربية :

- 1-ليوس، الياس ، حمدان ، ياسر. "الهيدرولوجيا 1"، كتاب جامعي.جامعة البعث، (2008): 285 ص.
- 2-حسين ، بيان محي. "الهيدرولوجيا الهندسية"، كتاب جامعي.جامعة الأنبار، (2010): 200 ص.
- 3-مديرية الموارد المائية في حمص . " قياسات التبخر السنوي". تقارير فنية (2017). (غير منشورة).

- 4- عبد الله ، مي . 2017. "إدارة الموارد المائية لحوض السن".رسالة ماجستير في الهندسة المدنية.جامعة البعث ، حمص.
- 5-مديرية الموارد المائية ، "الدراسة الإيرانية لتصغير بحيرة قطينة" . (2001). (غير منشورة).
- 6-Cluff, C. Brent. "**Evaporation control for increasing water supplies.**" (1977).
- 7- Craig, Ian, et al. "**Controlling evaporation loss from water storages.**" (2005).
- 8- Chaudhari, Neha, and N. D. Chaudhari. "**Use of thermocol sheet as floating cover to reduce evaporation loss in farm pond.**" 20th International Conference on Hydraulics, Water Resources and River Engineering, IIT Roorkee, India. 2015.
- 9-Gozálvez, José Javier Ferrán, et al. "**Covering reservoirs with a system of floating solar panels: technical and financial analysis.**" 16th International Conference on Project Engineering. 2012.
- 10-Helfer, F., C. Lemckert, and H. Zhang. "**Investigating techniques to reduce evaporation from small reservoirs in Australia.**" Proceedings of the 34th World Congress of the International Association for Hydro-Environment Research and Engineering: 33rd Hydrology and Water Resources Symposium and 10th Conference on Hydraulics in Water Engineering. Engineers Australia, 2011.
- 11-Helfer, F., Zhang, H., & Lemckert, C. (2011). "**Modelling of lake mixing induced by air-bubble plumes and the effects on evaporation.**" Journal of hydrology, 406(3-4), 182-198.
- 12-Ikweiri, F. S., et al. "**Evaluating the evaporation water loss from the Omar Muktar open water reservoir.**" Twelfth International Water Technology Conference, IWTC, Alexandria, Egypt. 2008.
- 13-Sherman, Bradford, Charles Lemckert, and Hong Zhang. "**The impact of artificial destratification on reservoir evaporation.**" Brisbane, QLD: Urban Water Security Research Alliance, 2010.