دراسة هيدرولوجية لتحليل الواردات المائية لسد نالوت

المبروك السنوسي و قيس الشهربلي و عبد الخالق عاشور
قسم الهندسة المدنية ــ كلية الهندسة ــ جامعة الفاتح
طرابلس ــ ليبيا

ABSTRACT

Thee main objective of his paper is to perform a hydrologic analysis of the climatic data collected from Nalut station which was used by the German company Wakuti to calculate the expected surface runoff in the upstearm side of the Nalut dam. Climatic data for the years 1931 to 1978 was analyzed and compared with the analyis made by a German consultant office through the Wakuti Company. The analysis was performed using a computer program in order arrive at an autocorrelation function for the climatic data.

The analysis showed that there is no autocorrelation between the climatic data which indicates that the data behaves in a random manner and, therefore, it can not be relied upon to design the Nalut dam.

It is also noted that the data used by the Wakuti Company covers a short time period unreliable and is not related by a systematic correlation, hence, it is difficult if not impossible, to rely on it for the final design of the Nalut dam.

الملخص

يتضمن هذا البحث دراسة هيدرولوجية لغرض تحليل الواردات المائية التي ستحقن أمام سد نالوت ومدى إمكانية الاستفادة منها. حيث تم تحليل كافة المعلومات بالإستفادة من الأعمال الحقلية التي قامت بها شركة واكوتى الألمانية.

أجريت دراسة خاصة لإختبار المعلومات المرصودة والمسجلة خلال الفترة مــن 1931 لغاية 1979 لغرض معرفة مدى إمكانية استمرار وصحة هذه البيانات، ثــم تقــدير النــواقص الموجودة خلال هذه الفترة بصورة علمية دقيقة، وأحتساب دالة الإرتباط لغرض بيان عمــا إذا كانت المعلومات المسجلة ترتبط فيما بينها بتكرار سنوي بفاصل فترة زمنيــة معينــة أم أنهــا معلومات عشوائية. من خلال هذه الدراسة يتضح بأن المعلومات المناخية غير دقيقة ولا يوجد ترابط بينها عليه فإن معظم المنشآت الهيدروليكية المقترحة من قبل شركة واكــوتي الألمانيــة دقيقة ولا يمكن الإعتماد عليها في تصميم السد.

الكلمات المفتاحية: الحسابات الهيدرولوجية ، الجريان ، البخــر، الارتبــاط ، ســد نــالوت ، المخزون الجوفي ، المخزون السطحي ، نماذج رياضية.

المقدمة

الماء هو ذلك العنصر الذي وهبة الله سبحانه إلى كافة الأحياء لتخدم الإنسانية، إذ قال سبحانه وتعالى "وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ " (سورة الأنبياء الآية 30)، ولقد ازدادت أهمية الماء في عصرنا الحاضر وأصبحت الحاجة إلية كبيره جدا، وبدأت الدول المالكة لهذه الثروة سواء كمياه سطحية كالأنهار والبحيرات أو مياه جوفية في إستغلاله بالكامل بإنشاء السدود ومحطات الضخ العملاقة، حتى أصبحت كثير من الدول تمارس سياسة الحرمان لجيرانها من الدول لهذا المورد الضروري للحياة.

لذا صار من الضروري لكافة شعوب العالم إستغلال هذه الثروة بصوره عقلانية وحساب مواردها المائية على أسس علمية صحيحة وعلى ضوء هذه الحسابات تقام السدود والمضخات اللازمة لاستغلال هذه المياه في المشاريع ذات العلاقة بما لا يسبب لها الضياع الكبير بسبب التبخر أو الرشح إلى أعماق الأرض السحيقة و ليكون الجريان إلي بلد أخر غير البلد الذي تخزن فيه.

قامت شركة واكوتى الألمانية بدراسة الأمطار السطحية بمنطقة الجبل الغربي (غريان و نالوت) حيث اقترحت إنشاء مجموعة من السدود منها سد نالوت حيث اعتمدت على رصودات حقلية لمدة سنة واحدة هي سنة 1981 المائية (من الشهر العاشر إلي غاية نهاية الشهر الرابع من سنة 1982) كما استخدت دراسات محطات رصد الأمطار للفترة من 1963 ولغاية 1976 فقط حيث تعتبر هذه الفترة قصيرة بالنسبة للدراسات الهيدرولوجية لإنشاء السدود [1].

في هذه الورقة تم تحليل كافة المعلومات و الإستفادة من الأعمال الحقلية التي قامت بها شركة واكوتى الألمانية لغرض تحليل الواردات المائية التي ستحقن أمام سد نالوت ومدى إمكانية الاستفادة منها لإنشاء السد.

سد نالوت

هو أحد السدود المقترح إنشائها على مجرى وادي نالوت الواقع في بداية الجبل الغربي من الجهة الغربية حيث يقع على خط عرض (31° 49' 29") شمالاً وخط طول (10° 58' 50") شرقاً، والي الجنوب الغربي لمدينة طرابلس ويبعد عنها حوالي 275 كيلو متر وحوالي 35 كيلو متر شرق الحدود التونسية. يتكون حوض السد من تجمع فرعين من الواديين الذين ينتهيان في الجهة الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية لحوض نالوت ويمتد محور السد من الجهة الشمالية الشرقية إلي الجنوب الشرقي وهذان الواديان موازيان تقريباً لمحور السد.

إن طبيعة جوانب هذه الوديان هي الصخور الجبسية الصلبة ويتميز قاع الوادي برواسب حصوية رملية مع قليل من الغرين مع صخور من الجلمود (Bolder) يصل سمك هذه الرواسب من 8 إلي 10 أمتار وتحتوى على نسبة قليلة من الغرين (Silt) تصل من 5% إلى 10% وتبلـــغ مساحة حوض التغذية 89 كيلومتراً مربعاً وحجم المخزون المقترح أمام السد ويشمل الخـــزان الميت حوالي $3.4x10^6$ متر مكعب.

المعلومات الهيدرولوجية

قامت شركة واكوتى الألمانية أثنا دراستها للعوامل الهيدرولوجية والمناخية للجبل الغربي برصودات حقلية للفترة من نهاية سنة 1980 ولغاية الشهر الرابع من سنة 1982 كما اعتمـــدت في نتائجها النهائية على الرصودات المسجلة في محطة نالوت للأرصاد للفترة من ســـنة 1964 ولغاية سنة 1976 وهى فترة قصيرة لا يمكن الاعتماد عليها لإعطاء القرار النهائي في إنـــشاء السد والجدوى الاقتصادية له بما يتعلق بالمردود الزراعي [1].

أما هذا البحث فقد تناول فترة زمنية أطول بكثير وهى مبينة في الجدول (1) وتمتد مـــن سنة 1931 ولغاية 1979 أي حوالي 48 سنة [1]، وهى فترة جيدة لإعطـــاء صـــورة مـــستقبلية للموارد المائية.

جدول 1: الأمطار المرصودة خلال السنوات 1951 - 1978 [1]

السنة	الأمطار السنوية المسجلة (مم)	السنة	الأمطار السنوية المسجلة (مم)	السنة	الأمطار السنوية المسجلة (مم)
1931	238.5	1947	273.1	1963	83.4
1932	175.9	1948	169.5	1964	102.4
1933	99.0	1949	35.4	1965	85.2
1934	176.7	1950	157.4	1966	122.3
1935	105.4	1951	141.8	1967	62.6
1936	214.1	1952	109.5	1968	135.0
1937	97.9	1953	220.0	1969	75.3
1938	33.2	1954	125.2	1970	316.1
1939	142.8	1955	188.2	1971	62.1
1940	107.1	1956	81.7	1972	93.0
1941	106.0	1957	161.6	1973	222.1
1942	176.0	1958	33.4	1974	598.5
1943	222.3	1959	200.6	1975	121.4
1944	151.0	1960	154.2	1976	57.2
1945	34.7	1961	104.8	1977	184.1
1946	79.7	1962	153.0	1978	130.8

تم الإعتماد على معامل الجريان الذي قامت بحسابه شركة وأكـوتى ومقـدار التبخـر الشهري. فقد تم إستغلال العلاقة بين معامل الجريان وكمية الأمطار السنوية لغـرض حـساب المخزون المائي المتوقع أمام السد.

الحسابات الهيدرولوجية

الجريان السطحي

ويتضمن إيجاد العلاقة بين الجريان السطحي وهطول الإمطار وأحتساب العلاقة الخطية بينهما لإستخدامه في إحتساب الجريان المتولد. من المعروف أن إحتساب هذا المعامل يتطلـب إجراء تجارب حقلية كثيرة للتربة والرطوبة النسبية لها مع عوامل مناخية عديدة، وإعداد نماذج فيزيائية، لا يسع المجال لعرضها هنا.

اختبار المعلومات الخاصة بالأمطار

أُعد هذا البحث كدراسة خاصة لاختبار المعلومات المرصودة والمسجلة خلال الفترة من 1931 لغاية 1979 لغرض معرفة مدى إستمرارية هذه المعلومات، حيث تم تقـدير النـواقص الموجـودة خـلال هـذه الفتـرة بـصورة علميـة دقيقـة، وإحتـساب دالـة الارتبـاط (Autocorrelation Function) لغرض بيان عما إذا كانت المعلومات المسجلة ترتبط فيما بينهـا بتكرار سنوي بفاصل فترة زمنية معينة أم إنها معلومات عشوائية، وذلك بإستخدام المعـادلات التالية [2]:

$$r_K = \frac{C_K}{C_o}$$

$$C_K = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N-K}\left(R_{t+K} - \overline{R}\right)\left(R_t - \overline{R}\right) \qquad (1)$$

حيث:

R = قيمة متغير الأمطار (مم)،

t = السنة السابقة،

t+K = السنة التالية بفاصل فترة زمنية مقدارها K،

K= مقدار الفاصل السنوي من 1 إلي N من السنوات،

N = عدد لسنوات،

$\overline{R}$ = الوسط الحسابي للأمطار لفترة N من السنوات،

$C = C_o$ عندما $K = 0$.

ومن احتساب r_o، r_1، r_K يمكن معرفة إن كانت هذه المعلومات عشوائية أم ذات ارتباط معين فيما بينها، فإذا كان $r_2 \approx r_1^2$ و $r_K \approx r_1^K$ فهذا يعني وجود ارتباط في الفترة K [1].

إيجاد العلاقة الموجية للأمطار

تم في هذا البحث إحتساب العلاقة الموجية للأمطار بإستخدام التحليل التوافقي (Harmonic Analysis) بعد احتساب العوامل الأساسية للمعادلة التاليه [2].

$$\mu_\tau = \mu + \sum_{i=1}^{N/2} \alpha_i \sin a + \sum_{i=1}^{N/2} \beta_i \cos a \qquad (2)$$

$$a = \frac{2\pi\tau i}{N}$$

حيث:

τ = مرتبة السنة من (1) إلي (N)،

N = عدد السنوات،

i = قيمة الحد من (1) إلى (N/2)،

μ = المعدل العام للأمطار (الوسط الحسابي)،

μ_τ = القيمة المطلوبة للأمطار في السنة τ ،

α_i , β_i = معاملات ثابتة يتم اشتقاقها من المعلومات الأساسية.

وعند إحتساب المعاملات α_i، β_i بالإمكان معرفة الظاهرة الموجية للأمطار إذا كان الجدر التربيعي لـ $(\alpha_i^2 + \beta_i^2)$ يشكل نسبة مئوية عالية من الانحراف المعياري لها.

توليد المعلومات

يتطلب توليد المعلومات الهيدرولوجية لفترة زمنية طويلة إشتقاق معادلات تجريبية باستخدام نماذج عددية مثل نموذج الإرتباط التجريبى (Autoregressive Model) الذى يمكن تعريفه بالمعادلة التالية [3]:

$$R_t = \mu + \sum_{i=1}^{k} \phi_j (R_{t-j} - \mu) + \varepsilon_t \qquad (3)$$

حيث:

R_t = قيمة المتغير في السنة t،

R_{t-j} = قيمة المتغير في السنة (t-j)،

μ = معدل المتغير (R_t) خلال مجموع كل السنوات،

j = الإرتباط من 1 إلى k،

ε_t = عبارة عن متغير عشوائي تساوى قيمة عشوائية مضروباً في الانحراف المعـياري للفرق بين القيمة المسجلة والقيمة المحسوبة بالمعادلة $\varphi(R_{tr}-R_{tc})$ والتي قد تأخذ أي قيمة موجبة أو سالبة و φ تساوى الانحراف المعياري.

j = قيمة الارتباط من 1 إلى K حسبما تـتطلب الحسابات فمثلا للـدرجة الأولي:

$$R_t = \mu + \phi_1 (R_{t-1} - \mu) + \varepsilon_t$$

R_{tr} = القيمة المسجلة للمتغير

R_{tc} = القيمة المحسوبة بالمعادلة أعلاه

ϕ = الارتباط لفترة زمنية تساوى واحد.

إيجاد كمية المياه الصافية المتجمعة في السد

تم حساب كمية المياه الصافية المتجمعة في السد باستخدام معادلة الموازنة المائية التالية [4]:

$$\Delta_S = R - E - S \qquad (4)$$

حيث:

Δ_S = صافي المياه السنوية المتجمعة أمام السد لكل سنة

R= مقدار الجريان المتوقع أمام السد

E = مقدار المياه المتبخرة

S = مقدار المياه الراشحة تحت السد.

يعتمد مقدار التبخر على عاملين: الأول هو المساحة السطحية للمياه المتجمعة أمام السد، والثاني العوامل المناخية كدرجات الحرارة، سرعة الرياح، الضغط الجوى، الرطوبة، وغيرهـا. تـم الاعتماد على الرصودات التي حصلت عليها شركة داكوتي بالنسبه لهذه العوامل المناخية. أمـا المياه الراشحة فتعتمد على المساحة السطحية للخزان ومقدار التوصـيل الهيـدروليكي للتربـة وعمق المياه في الخزان وعمق المياه الجوفية وعمق التربة وغيرها من العوامل العديدة التـى تم أخذها بعين الاعتبار عند احتساب المياه الراشحة مع اعتبـار معامـل الرشـح (المعامـل الهيدروليكي) الذي احتسبته شركة داكوتي وهو $3x10^{-7}$ متر لكل ثانية. وسيأتي لاحقاً بيان كيفية احتساب المياه المتبخرة، والراشحه، والمخزون أمام السد.

الحسابات الهيدرولوجية

العلاقة بين معامل الجريان والأمطار السنوية

بعد دراسة المعلومات الحقلية المتوفرة ذات العلاقة بين الأمطار السنوية المسجلة (مم) ومقـــدار معامل الجريان كنسبة مئوية ثم التوصل إلي الجدول (2) المبين أدناه:

الجدول (2): العلاقة بين الأمطار السنوية ومعامل الجريان

كمية الأمطار (مم)	معامل الجريان (%)	كمية الأمطار (مم)	معامل الجريان (%)
153	5.37	75.3	1.15
83.4	1.59	62.1	0.43
102.4	2.62	93.0	2.11
85.2	1.69	316.1	6.92
122.3	3.70	222.1	6.12
62.6	0.46	598.5	9.32
135.0	4.39		

من هذه المعلومات تم اشتقاق معادلتان للارتباط بين كمية الامطار المرصودة ومعامل الجريان [3] على النحو التالى:

$$R_{oc_1} = 0.0543P - 2.945 \quad \text{for } P \le 160 \text{ mm} \qquad (5)$$

$$R_{oc_2} = 0.008P + 4.45 \quad \text{for } P > 160 \text{ mm} \qquad (6)$$

حيث:

P = الأمطار السنوية المرصودة (مم)

R_{oc} = معامل الارتباط كنسبة مئوية من الأمطار المرصودة.

بذلك يكون مقدار الجريان السطحي المتكون (R_u) بملايين الأمتار المكعبة [5]:

$$R_u = R_{oc} \text{ x } P \text{ x } Area$$

حيث:

مساحة الحوض (Area) تساوي = 89 مليون متر مربع

$$R_u = 0.89x10^{-3} x \ R_{oc} \ x \ P \qquad (7)$$

العلاقة بين المساحة أمام السد وعمق المياه المخزونة

من المعلومات الحقلية المتوفرة تم احتساب العلاقة بين مساحة سطح مياه الخـــزان والمنـــسوب باستخدام المعادلة التالية [4]:

$$A = \frac{1}{365.04}\left[(GH - 425)^{1.4825}\right] \quad (8)$$

حيث:

A = المساحة السطحية للمياه في مقدمة السد بالكيلومتر المربع

GH = منسوب المياه فوق سطح البحر بالمتر.

العلاقة بين حجم المياه أمام السد وعمق المياه المخزونة

المعادلة التالية توضح العلاقة بين حجم المياه أمام السد وعمق المياه المخزونة [5]:

$$V = 8.16 \times 10^{-4}(GH - 425)^{2.578} \quad (9)$$

حيث:

V = حجم المياه أمام السد (ملايين المتر المكعب).

العلاقة بين أشهر السنة والتبخر

تم الاعتماد على ما توصلت له شركة واكوتي في التقرير الرئيسي للعلاقة بين كمية التبخر وأشهر السنة كما هو مبين بالجدول (3) الذي يبين كذلك أشهر السنة وكميات البخر المتوقعة في بحيرة السد. يعتمد التبخر على عوامل عديدة من بينها المساحة التي تعتبر عامل مهم جدا. كما استخدمت شركة واكوتى معادلات بنمان المعدَّلة (Penman Modified Equation) لحساب كمية البخر وذلك بناءً على المعلومات المناخية المرصودة من قبل الشركة والمسجلة من قبل مصلحة الأرصاد الجوية [1].

الجدول (3) كمية البخر خلال أشهر السنة

الشهر	التبخر (ملم)	الشهر	التبخر (ملم)
الفاتح	252.2	الربيع	144.0
التمور	198.8	الطير	210.0
الحرث	158.3	الماء	263.3
الكانون	212.0	الصيف	253.2
إي النار	71.4	ناصر	211.8
النوار	73.6	هانيبال	241.8

المجموع الكلى لكمية التبخر 2290 ملم سنوياً.

العلاقة بين حجم المياه أمام السد والرشح (Seepage) تحت سطح الخزان

تم احتساب الرشح من المعادلة التالية:

$$S = 0.5 \times K \times Z_{et} \times AR \times T \qquad (10)$$

حيث:

S = كميات المياه الراشحة (ملايين المتر المكعب)

K = معامل التوصيل الهيدروليكي (متر لكل ثانية مضروبا في $3x10^{-7}$)

Z_{et} = معامل الانحدار.

$$Z_{et} = \frac{110 + h + h_s}{110 + h_s}$$

حيث:

h = عمق الماء في الخزان (متر)

h_s = عمق الترسبات في الخزان (متر)

110 = بُعد المياه الجوفية عن قاع الخزان أمام السد (متر)

AR= المساحة السطحية للماء أمام السد (كيلو متر مربع)

T = الزمن بالثانية للمدة المطلوبة يوم، شهر، سنة، ...الخ.

إيجاد الارتباط السنوي للأمطار وتحليل النتائج

الارتباط السنوي للأمطار

من جدول (1) تم الحصول على المعلومات التالية:

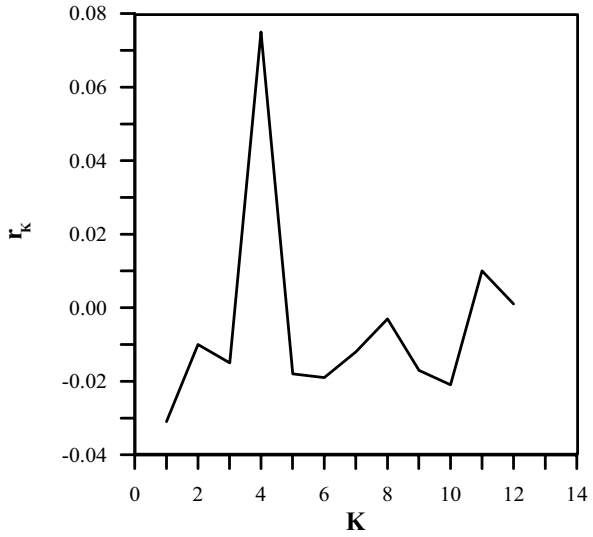
متوسط معدل الأمطار السنوي R = 144.205 mm

الانحراف المعياري SD = 92.497 mm

معامل الانحراف (Skewness Coefficient) Cs = 2.5

ومن المعلومات السابقة ومن خلال الشكل (1) يتبين بأن المعلومات بصورة عامة هي معلومات عشوائية تتميز بنوع من الصفة الموجبة كما أنها لا تخضع للتوزيع الطبيعي لنظرية الاحتمالات بل تنحرف نحو اليمين كما تبين من المعامل (Cs = 2.5) [3].

أما استعمال النموذج (Autoregressive Model) فإنه غير مناسب لأن قيمة ($\phi_1 = -0.031$) وهذا يدل على عدم وجود علاقة للأمطار بين السنة المرصودة والتي تليها، فى حالة إستخدام هذه المعادلة سنحصل على معلومات سالبة لا تتفق مع الواقع لهذه الأمطار. كما يلاحظ أن قيم r_K تقترب من الصفر عندما تكون قيم K بين 1 و 12 مما يدل على عدم وجود أى إرتباط بين السنوات [3].



الشكل 1: العلاقة بين الفترة الزمنية للارتباط (K) والارتباط (r_K)

الارتباط الموجي

باستعمال المعادلة (2) تم احتساب القيم للمعاملين (α ، β) كما هو مبين في الجدول (5).

الجدول 5: قيم المعاملان (α , β).

I	α_i	β_i	I	α_i	β_i
1	20.582	-2.801	13	2.165	-33.239
2	23.756	-23.34	14	9.477	-39.08
3	1.97	-22.01	15	-10.15	-3.88
4	-8.844	-4.831	16	-16.36	20.5
5	-18.406	10.343	17	-15.96	17.88
6	-13.604	-0.067	18	-21.94	7.5
7	-21.86	4.29	19	-17.47	-11.65
8	12.31	15.85	20	-23.69	7.35
9	-3.2	40.88	21	-7.106	-8.15
10	8.12	24.85	22	-16.435	21.76
11	43.18	13.24	23	29.07	17.96
12	22.995	17.33	24	8.00	0.00

وبذلك بالإمكان استخدام المعادلة التالية عند حساب كمية الأمطار لأي سنة من السنوات:

$$\mu_\tau = 144.206 + \sum_{i=1}^{24} \alpha_i \sin a + \sum_{i=1}^{24} \beta_i \cos a \qquad (11)$$

$$a = \frac{\pi \tau i}{24}$$

إيجاد الفاقد المائي والمخزون المتبقي أمام السد

تم حساب الفواقد المائية على مرحلتين, المرحلة الأولى لمدة ستة أشهر وهي الأشهر الممطرة من شهر الحرث (نوفمبر) لغاية نهاية شهر الطير (أبريل) والفترة الثانية لمدة سنة كاملة مستخدمين المعادلات الأساسية وهي [6]:

معامل الجريان السطحي:

$$R_{oc_1} = 0.0543P - 2.945 \quad \text{for } P \le 160 \text{ mm}$$
$$R_{oc_2} = 0.008P + 4.45 \quad \text{for } P > 160 \text{ mm}$$

مقدار الجريان (ملايين المتر المكعب):

$$R_u = 0.89 \times 10^{-3} \times R_{oc} \times P$$

مساحة الحوض:

$$A = \frac{1}{365.04}\left[(GH - 425)^{1.4825}\right]$$

حجم الماء أمام السد:

$$V = 8.16 \times 10^{-4}(GH - 425)^{2.578}$$

كمية المياه الراشحة تحت السد:

$$S = 0.5 \times K \times Z_{et} \times AR \times T$$

كمية الطمي المتراكمة أمام السد (Su) (ملايين المتر المكعب) :

$$S_u = 6.707 \times R_u \times 10^{-3}$$

من ذلك نستنتج صافي الخزن أمام السد [3]:

$$Net = R_u - (E_{vp} + S)$$

حيث E_{vp} كمية التبخر التى تؤخذ من جدول خاص

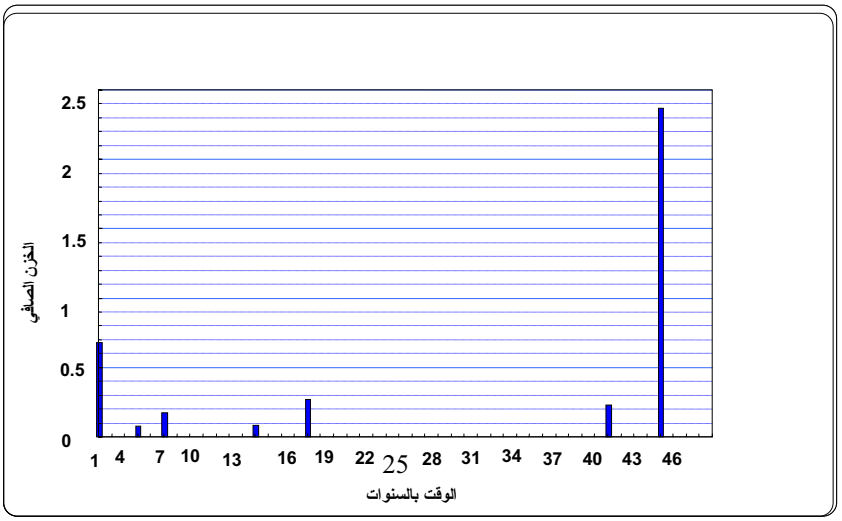
الجدول (6) و الشكل (2) يبينان نتائج الجريان والمخزون أمام السد لفترة سنة أما الجدول (7) والشكل (3) فيوضحان نتائج الجريان والمخزون أمام السد لفترة ستة أشهر [1].

الجدول 6: الجريان والمخزون أمام السد لفترة سنة

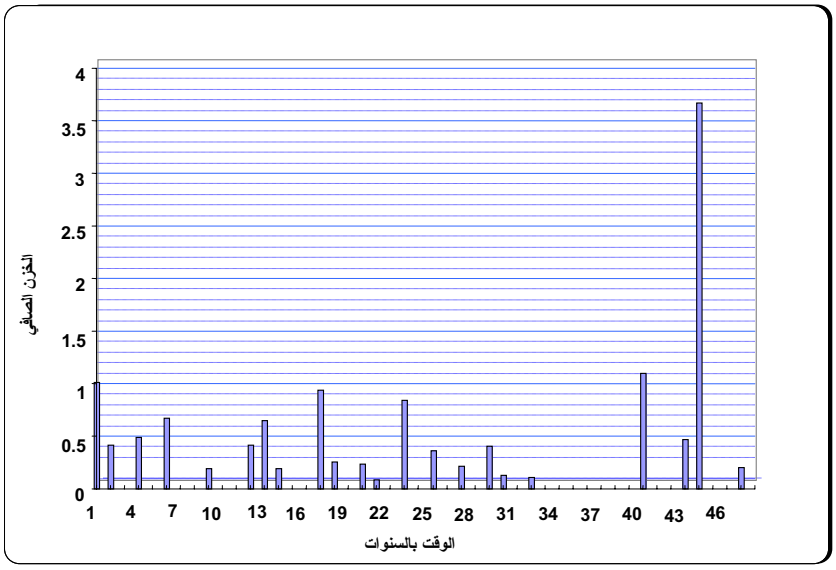
السنة	مقدار الجريان (ملايين المتر المكعب)	فاقد الرشح والتبخر (ملايين المتر المكعب)	صافي الخزين أمام السد (ملايين المتر المكعب)
1931	1.35	0.674	0.676
1934	0.922	0.844	0.078
1936	1.174	1.000	0.174
1943	1.232	1.149	0.083
1947	1.613	1.347	0.270
1970	1.963	1.735	0.228
1974	4.921	2.556	2.365

الجدول 7: الجريان والمخزون أمام السد لفترة ستة أشهر

السنة	مقدار الجريان (ملايين المتر المكعب)	فاقد الرشح والتبخر (ملايين المتر المكعب)	صافي الخزين أمام السد (ملايين المتر المكعب)
1931	1.35	0.34	1.01
1932	0.917	0.505	0.412
1934	0.922	0.430	0.492
1936	1.174	0.504	0.670
1939	0.611	0.416	0.195
1942	0.918	0.505	0.413
1943	1.232	0.580	0.652
1944	0.706	0.512	0.194
1947	1.613	0.676	0.938
1948	0.876	0.616	0.26
1950	0.785	0.554	0.231
1951	0.600	0.520	0.08
1953	1.216	0.380	0.836
1955	0.998	0.637	0.361
1957	0.826	0.614	0.213
1959	1.081	0.674	0.409
1960	0.745	0.616	0.129
1962	0.730	0.622	0.108
1970	1.963	0.863	1.101
1973	1.231	0.767	0.464
1974	4.921	1.250	3.671
1977	0.970	0.772	0.198



الشكل 2: الخزن لمدة سنة



الشكل 3: الخزن لمدة ستة أشهر

تحليل المعلومات

علاقة الأمطار بالجريان

من المعادلتين (5) و (6) يتبين وجود نوع من الارتباط بين الأمطار السنوية والجريان وأن نسبة الفواقد المائية تكون عالية جداً عندما يكون معدل سقوط الأمطار اقل من 55 مم كما يتبين من المعادلة (5):

عندما $R_{oc_1} = 0$

$$0 = 0.0543P - 2.945 \quad \Rightarrow \quad P = 55\,\text{mm}$$

وبهذا يمكن القول بأنه إذا كان معدل سقوط الأمطار 55 مم أو أقل فإنه لن يكون هناك جريان ومعدل الأمطار السنوي 144.205 مم وهذا يعني أن أكثر من ثلث السنوات سوف لن يكون هناك جريان مائي وسوف تزداد قيمة هذا المعامل بازدياد كمية الأمطار ويصل إلى أكثر من 37% عندما تكون القيمة مماثلة لسنة 1974 جدول (1). وهذا يعني انه سوف يحدث إنجراف كبير في التربة السطحية لحوض السد في بداية السنوات الرطبة التي تسبقها سنوات جافة حيث ستكون التربة هشة وسريعة الانجراف.

طبيعة الأمطار في حوض نالوت

من ملاحظة الشكل (1) يتبين عدم وجود ارتباط بين المعلومات المسجلة للأمطار في حوض نالوت إذ أن معاملات الارتباط لكافة الفترات الزمنية قريبة من الصفر ما عدا الارتباط للسنوات المتعاقبة بفترة K=1 فإن معامل الارتباط لم يتجاوز 0.035- وهو ضعيف جداً مما يدل على أن هذا المعلومات عشوائية أو وجود أخطاء متكررة في الرصد أو في نقل المعلومات وبذلك فإن هذه الظاهرة إن كانت صحيحة فهذا يعنى أنه بالإمكان التوقع باحتمال الجفاف الحاد مستقبلا أو أمطار غزيرة تسبب كوارث كبيرة لكل ما يقع في نهاية مجرى هذا الوادي [6].

الظاهرة الموجية للأمطار

من ملاحظة الجدول (5) والذي حسبت فيه المعاملات الخاصة بالتحليل الطيفي يتبين لنا وجود ظاهرة موجية عالية هي الموجة الخامسة والثامنة والحادية عشر ثم تتكرر بفترات متعاقبة حيث أن قيمة (α)، (β) في هذه السنوات عالية. وبالرجوع إلى الجدول (1) نلاحظ أن هناك سنوات جافة، وسنوات رطبة، وأُخري رطبة جداً وهي كالتالي:

السنوات الجافة:

السنة	1938	1945	1949	1958
قيمة الأمطار (مم)	33.2	34.7	35.4	33.4

السنوات الرطبة:

السنة	1939	1936	1943	1949	1953	1959
قيمة الأمطار (مم)	238.7	214.1	222.1	273.1	220.0	200.6

السنوات الرطبة جداً:

السنة	1970	1976
قيمة الأمطار (مم)	316.1	598.5

من الأرقام أعلاه ومن الجدول (1) يتبين أنه هناك أمطار سنوية بحدود 100 مم مرصودة بين فترات الأمطار المبينة ولكن ظاهرة الجفاف الحادة واضحة في خمس سنوات، مثال ذلك كما في سنتي 1945، 1949 أو أحد عشر سنة كما في سنة 1939، 1945، 1958. وكذلك بالنسبة للسنوات الرطبة كما في سنة 1931، 1939 وبين سنة 1947، 1953 وغيرها. وكما في السنوات

1931، 1943 وبين 1943، 1953 الخاصة بفترة إحدى عشر سنة. وكذلك بالنسبة لفترة الثمانية سنوات أو الثلاثة والعشرون سنة فبالإمكان مشاهدة ذلك بصورة واضحة.

وإذا ما استعملنا قيم (α)، (β) المبينة في الجدول (5) في المعادلة (11) لحساب قيمة الأمطار السنوية المتوقعة فسوف نحصل على نفس القيم المسجلة تماماً وبذلك لم تذكر هذه الأرقام لعدم وجود أي فرق بينها وبين الأرقام الأساسية مما يدل على دقة هذه الحسابات، حيث يمكن الاعتماد عليها في توليد ما هو متوقع للسنوات التي تلى السنوات المسجلة فعلاً (48 سنة).

توليد الأمطار المستقبلية

لقد تم بيان عدم وجود ارتباط بين الأمطار كما أسلفنا سابقاً وبما أن معادلة (Autoregressive Model) المبينة بالمعادلة رقم (3). تعتمد كُلياً على معامل الارتباط في حالة وجود ارتباط للأمطار فيما بينها لذا فأنها تخضع للنظريات العشوائية ذات الانحراف الموجب (Positive Skewness) حيث أن قيمة (Cs = 2.5) عليه لا يمكن الاستفادة من هذه المعادلة في توليد المعلومات المستقبلية في محطة نالوت.

المياه المتوفرة أمام السد

لقد تم حساب كمية المياه الصافية أمام سد نالوت من خلال الشكلين (2) و (3) والجدولين (6) و (7) ويمكن أن نلاحظ ما يلي:

فيما يخص المخزون السنوي يتبين من الشكل (2) بأنه خلال الفترة 48 سنة سوف لن نحصل إلا على أربع سنوات بمخزون لا يتجاوز $0.2x10^6$ متر مكعب منها سنة واحدة بمخزون $2.37x10^6$ متر مكعب وهذا المخزون للسنوات التي تليها مباشرة في حالة عدم استعماله سيضيع أيضا في الرشح و التبخر وبذلك فإن ذلك يعني أن هذا السد غير مناسب من الناحية العملية لأن كلفته ستكون أكبر بكثير من المردود الزراعي الممكن من أربع سنوات فقط بكمية محدودة جدا لا تتجاوز $0.2x10^6$ متر مكعب وسوف يمتلأ بالترسبات الطينية نتيجة للجفاف في حوض السد الذي تليه سنوات ممطرة تجرف التربة الهشة بكميات كبيرة إلى داخل الخزان إذا ما تم تشغيله على أساس الخزن السنوي المتراكم.

فيما يخص استغلال المخزون أمام السد في الفترة الممطرة فقط من كل سنة والبالغة ستة أشهر من شهر الحرث إلى غاية شهر الطير فإن المياه الممكن تخزينها أمام السد، كما يلاحظ

في الشكل (2)، سوف لن تتجاوز بأحسن الظـــروف خلال فترة 48 سنة $1.0x10^6$ متر مكعـــب تقريباً ، وسنـــة واحـــد $3.67x10^6$ متر مكعب و أما الباقي فسيكون اقل بكثير من هذا الرقم.
وبذلك إذا اعتبرنا المخزون الميت 0.5×10^6 متر مكعب والمخزون الحي الأعلى 1.0×10^6 متـــر مكعب وسيكون مجموع سعة الخزان 1.5×10^6 متر مكعب وهذا يعادل منسوب المفيض المائي الذي يساوي 443 متر أعلى من منسوب سطح البحر (msl) وهو منسوب التشغيل الاقتـــصادي للسد بدلاً من المنسوب الذي تم تصميمه من قبل شركة واكوتى الألمانية البالغ 452 متر أعلـــى من منسوب سطح البحر وهذا يعني اقتصادا كبيراً في الكلفة بفارق ارتفاع للسد يبلغ حوالي 10 أمتار إذا تم تشغيل السد على أساس الفترة الممطرة لستة أشهر فقط.

الإستنتاجات

يتبين من خلال التحاليل الهيدروليوجي بأن المعلومات التي استندت عليها شركة واكوتى لتقيم سد نالوت غير دقيقة ولا يوجد ترابط بينها الأمر الذي يجعل معظم التـــصميمات المائيـــة غير دقيقة ولا يمكن الوصول إلى التصميم المثالي للسد بناء على هذه المعلومات.

التوصيات

من خلال النتائج المتحصل عليها من المعلومات التي ورد ذكرها سابقا نوصى بما يلي:

- مراقبة كافة محطات الأرصاد الجوية من قبل ذوي الاختصاص لغرض التأكد من دقـــة المعلومات المرصودة وذلك بالتعاون بين إدارات هذه المحطات وأســـاتذة الجامعـــة ذوي الاختصاص الدقيق والخبرة الحقلية.
- تدقيق التقارير والبحوث المقدمة من قبل كافة الشركات الوطنية والأجنبيـــة مـــن قبـــل المختصين قبل إقرارها وإنشاء السدود لغرض المحا فضة علي الاقتصاد والثروة الوطنية من الهذر.
- إعادة الحسابات الخاصة بالسدود المقترحة على الجبل الغربي بإنشاء محطات للرصد الهيدرولوجي لفترة لأتقل عن ثلاثة سنوات والاستفادة من النتائج في إعادة هذه الحسابات.
- إقامة دورات لتدريب لمشغلي محطات الرصد الجوي واختيار الكوادر المؤهلـــة لـــذلك العمل لضمان دقة المعلومات.

المصادر

[1] Nalut Main Dam, "Report", WAKUTI, May, 1984.

[2] G. E. Box and G.y M. Jenkins “Time Series analysis forecasting and control” San Francisco, Holden-Day, 1970.

[3] J.D. Salas, J.W. Delleur, V. Yevjevich and W.L. Lane, “Applied Modeling of Hydrology” Time series, Water Resources Publications, 1982.

[4] D.R. Maidment, “Hand book of Hydrology”, Mc Graw Hill, 1992.

[5] T.A. Mc Mahon and R.G. Mein “River and Reservoir Yield”, Water Resources Publications, 1986.

[6] Hand book of applied Meteorology, D. Houghton Wiley New York, 1985

[7] J.W. Doorenbos, “Crop Water Requirements”, FAO Rome 1977.