المجلس العربى للمياه

Arab Water Council

مجلة المجلس العربى للمياه
Arab Water Council Journal

مجلة علمية محكمة
يصدرها المجلس العربى للمياه

متاحة على قواعد بيانات

EBSCO
INFORMATION SERVICES

ISSN 1996 - 5699

المجلد ٩، العدد ٢، ديسمبر ٢٠١٨

مجلة الماء
مجلة علمية محكمة تصدر مرتين فى السنة
عن
المجلس العربى للمياه

الناشر
المجلس العربى للمياه
القاهرة / جمهورية مصر العربية
www.arabwatercouncil.org

ترسل البحوث وجميع المراسلات المتعلقة بالمجلة الى:
الأستاذ الدكتور / على نبيه البحراوى
رئيس هيئة التحرير
جمهورية مصر العربية
ت: ٠٠٢٠٢٢٤٠٢٣٢٧٦
ف: ٠٠٢٠٢٢٢٦٠٠٦٨٣
جوال: ٠٠٢٠١٢٢٧٣٤٠٥٦٩
بريد إلكترونى: alyelbahrawy@arabwatercouncil.org

بريد المجلة : journal@arabwatercouncil.org

حقوق الطبع : حقوق الطبع محفوظة للمجلس العربى للمياه ولا يجوز إعادة إنتاج أو توزيع المقالات أو البيانات الواردة فى المجلة بأية وسيلة بدون الموافقة المسبقة للمجلس. ويسمح بتصوير المقالات لغايات البحث العلمى والدراسات العليا فقط.

هيئة التحرير

تحت إشراف:

أ.د. / محمود أبو زيد
رئيس المجلس العربى للمياه
ووزير الموارد المائية والرى الأسبق
president@arabwatercouncil.org

هيئة التحرير:

أ. د . / على نبيه البحراوى
رئيس هيئة التحرير
جوال: ٠٠٢٠١٢٢٧٣٤٠٥٦٩
alyelbahrawy@arabwatercouncil.org
journal@arabwatercouncil.org

أ. د . / وليد أحمد عبد الرحمن
نائب رئيس المجلس العربى للمياه
مستشار هيئة التحرير
المملكة العربية السعودية
walid@acwaholding.com

د . / حسين احسان العطفى
مستشار هيئة التحرير
أمين عام المجلس العربى للمياه
hielatfy@arabwatercouncil.org

أ.د. / محمد صفوت عبد الدايم
مستشار هيئة التحرير
مستشار المجلس العربى للمياه
safwat@arabwatercouncil.org

أ.د. / شادن عبد الجواد
رئيس المركز القومى لبحوث المياه سابقاً
shaden.gawad@gmail.com

أ. د ./ خالد أبو زيد
مدير البرامج الفنية
المجلس العربى للمياه
kabuzeid@arabwatercouncil.org

أ.د ./ عابدين صالح
أستاذ كلية الهندسة
جامعة الخرطوم – جمهورية السودان
abdeensalih@gmail.com

د . / ذيب عويس
مدير برنامج المياه والجفاف
المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة
(إيكاردا)- حلب - سوريا
t.oweis@cgiar.org

م. / سيف محمد الشرع
المدير التنفيذى لشئون الموارد المائية والمحافظة
على الطبيعة، وزارة البيئة والمياه
الإمارات العربية المتحدة
smalshara@moew.gov.ae

السيد/ ناصر نصر الله
رئيس جمعية أصدقاء ابراهيم عبد العال
الجمهورية اللبنانية
Abdelal@cyberia.net.lb

سكرتارية التحرير

د . / مارى كمال حليم
مستشار التوثيق والنشر
المجلس العربى للمياه
maryhalim@arabwatercouncil.org

مساعد التحرير

أ . / ريهام حسين حسن
مساعد تنفيذى – الأمانة العامة للمجلس
rehamh@arabwatercouncil.org

تصميم الغلاف

أ . / منى فؤاد رمضان
journal@arabwatercouncil.org

أهداف ومجالات اهتمام المجلة

مجلة المجلس العربى للمياه هى مجلة علمية محكمة، تصدر مرتين فى السنة من قبل المجلس العربى للمياه بهدف المساهمة فى وضع الحلول لقضايا المياه العربية والمشتركة من خلال نشر الأبحاث العلمية التى تتناول الإدارة المتكاملة للموارد المائية والسياسات المائية وقضايا المياه المشتركة ودبلوماسية المياه وفض النزاعات المائية ، كما وتتناول المجلة القضايا الفنية المتعلقة بإستعمالات المياه البلدية والصناعية والزراعية وغيرها. وبشكل عام فإن المجلة تسعى لتكون منبرا يتم من خلاله:

١- إيجاد منتدى للنقاش بين الباحثين والمختصين العرب فى شئون المياه وتبادل المعلومات والخبرات.
٢- تشجيع إجراء البحوث فى مجال الإدارة المتكاملة للمياه وإعداد السياسات الشمولية لها.
٣- العمل على تقدم البحث العلمى فى إدارة المياه فى سياق التنمية المستدامة.

تقبل المجلة أبحاثاً أو مراجعات علمية أو دراسات تقنية أو ملاحظات فنية مختلفة فى المواضيع المائية مثل:

- الإدارة المتكاملة للموارد المائية
- تخطيط استخدامات الموارد الطبيعية وإدارة الأحواض المائية
- السياسات المحلية لإدارة وتنمية الموارد المائية
- المؤسسات المائية وحوكمة المياه
- السياسة المؤسسية والتشريعية للمياه
- الأبعاد الاقتصادية والإجتماعية لإدارة الموارد المائية والخدمات المائية
- التعامل مع ندرة المياه والأمن المائى
- إدارة المياه غير التقليدية وذات النوعية المتدنية
- الجوانب الفنية والإقتصادية والإدارية لتحلية المياه
- التحليل الإدارى والمالى للمشاريع المائية الكبيرة
- أثر التغير المناخى على الموارد المائية
- إستخدام أدوات البحث العلمى الحديثة فى إدارة المياه وإعداد السياسات
- إدارة الأزمات المائية فى حالات الجفاف والفيضان
- قضايا المياه المشتركة وفض النزاعات المائية بالطرق الدبلوماسية
- سياسات استخدامات المياه لحماية البيئة وأدوات تأهيلها
- حالات فريدة وناجحة فى إدارة الموارد المائية المتكاملة والدروس المستفادة منها

ملاحظة: إن الآراء والمعلومات الواردة فى هذه المقالات تعبر عن وجهة نظر الكتاب أنفسهم ، ولا تعكس بالضرورة آراء هيئة التحرير أو سياسات المجلس العربى للمياه.

مجلة الماء
مجلة علمية محكمة تصدر مرتين فى السنة عن المجلس العربى للمياه

الاشتراك فى المجلة

رسوم الاشتراك السنوى

	سنة واحدة دولار أمريكى	٣ سنوات دولار أمريكى
١- رسوم الاشتراك للأفراد أعضاء المجلس العربى للمياه	١٥	٤٠
٢- رسوم الاشتراك للأفراد غير الأعضاء	٣٠	٧٥
٣- رسوم الاشتراك للمؤسسات والجامعات	١٠٠	٢٥٠

قسيمة الاشتراك

السادة مجلة المجلس العربى للمياه

ارجو قبول اشتراكى فى المجلة لمدة ( ) سنة إعتباراً من / /

اسم المشترك:----------

العنـــــوان:----------

البريد الالكترونى:----------

طريقة الدفع :

١. تحويل بنكي

فيما يلي المعلومات الكاملة عن الحساب البنكي للمجلس العربي للمياه والذي يمكنكم إرسال الاشتراك عليه مع ضرورة موافاتنا بصورة من التحويل البنكي حتى نتمكن من متابعة موقف السداد:

CIB BANK
Commercial International Bank (Egypt) S.A.E.
12 El-Saleh Ayuob St., Zamalek – Cairo, Egypt
Zamalek Branch
Swift Code: CIBEEGCX007
Arab Water Council المجلس العربي للمياه
US$: 100009192713
L.E.: 100006729384
Euro: 100011207768

٢. نقداً

يمكنكم الدفع نقداً علي العنوان التالي:
مسئول المجلة
الأمانة العامة للمجلـــــس العربـــــــى للميـــــــــاه
٩ شارع المخيم الدائم المنطقة السادسة – مدينة نصر، القاهرة – مصر

٣. شيك

بإسم "المجلس العربي للمياه " ويسلم في مقر الأمانة العامة
مسئول المجلة
٩ شارع المخيم الدائم المنطقة السادسة – مدينة نصر، القاهرة - مصر

فهـــــــرس

- المياه في الأردن: الموارد، الإستعمالات، الاحتياطيات وآفاق المستقبل
(*الياس سلامة*).....١

- الإنهيار الافتراضي لسد الطبقة وتسليك الموجة الفيضانية المتولدة والمتحققة مقدم خزان سد حديثة
(*علاء تركي خضير المسعودي، نزار كاظم نعمة ، عمّار صلاح أحمد*).....٢٠

- الآثار المحتملة لسد النهضة الأثيوبي على مياه النيل المتاحة لمصر والسودان
(*خالد محمود أبوزيد*).....٣٨

<u>المقالات العلمية:</u>

- رؤية استراتيجية لقضايا المياه في الأراضي العربية
(*علي نور الدين اسماعيل*).....٦٣

الآثار المحتملة لسد النهضة الأثيوبي على مياه النيل المتاحة لمصر والسودان

خالد محمود أبوزيد

المدير الإقليمي للموارد المائية - سيداري
المدير الإقليمي للبرامج الفنية - المجلس العربي للمياه
kabuzeid@arabwatercouncil.org

مقدمة

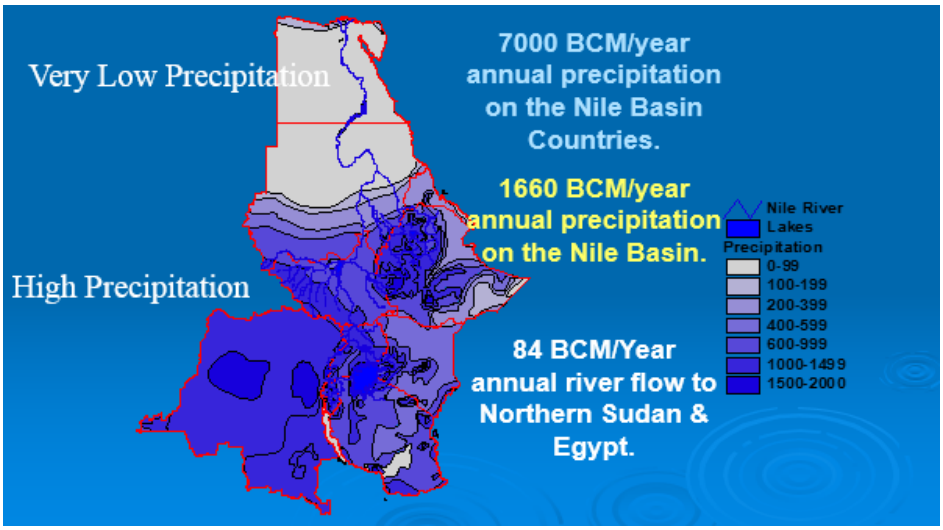
ينبع النيل الأزرق في إثيوبيا ويتدفق عبر السودان حيث ينضم إلى النيل الأبيض ليشكل النيل الرئيسي الذي يتدفق إلى مصر آخر دولة في مصب نهر النيل. يمثل النيل الأزرق أكبر روافد نهر النيل حيث يوفر معدل تدفق سنوي يبلغ حوالي ٥٠ مليار متر مكعب وهو ما يمثل حوالي ٦٠٪ من متوسط التدفق الطبيعي للنيل الرئيسي عند أسوان في مصر. تعتمد مصر على مياه نهر النيل كمصدر رئيسي لموارد المياه المتجددة بحصة سنوية قدرها ٥٥,٥ مليار متر مكعب وفقاً لاتفاقية ١٩٥٩ التي تمنح السودان ١٨,٥ مليار متر مكعب سنويا، وهو ما يمثل أيضاً اعتماداً كبيراً للسودان على مياه النيل. شرعت إثيوبيا في بناء سد النهضة الإثيوبي الكبير (GERD) على النيل الأزرق في عام ٢٠١١ بهدف توليد الطاقة الكهرومائية كما تم الإعلان عنه. تبلغ السعة التخزينية القصوى للخزان ٧٤ مليار متر مكعب، وأعلن عن بدء الملء في عام ٢٠٢٠ على أن يبدأ التشغيل الكامل بحلول عام ٢٠٢٢. التأثير المشترك لملء وتشغيل الخزان على تدفقات النيل الأزرق يحتاج إلى دراسة دقيقة لتقييم الآثار العابرة للحدود على التدفقات المحتملة في مجرى النهر.

تقدم هذه الورقة تقييماً للآثار العابرة للحدود لملء وتشغيل السد على التدفقات الواصلة إلى السودان ومصر. يسلط التقييم الضوء على الآثار المحتملة، باستخدام ١٠٥ سنوات تاريخية من تدفقات النيل الأزرق. تم محاكاة ٥ مناسيب للمياه بالسد العالي (HAD) في مصر متزامنين مع بداية الملء الأول لخزان سد النهضة في نهر النيل الأزرق، مع ٤ سيناريوهات مختلفة للتشغيل السنوي. البخر والتسرب من خزان بحيرة سد النهضة هما المؤثرين الرئيسين في زيادة فواقد إيراد النيل الأزرق، مما يقلل من التدفقات المتوقعة لنهر النيل في المصب، وأن طريقة تشغيل سد النهضة لها التأثير الأكبر في حجم هذه الفواقد.

حوض النيل الأزرق وحوض نهر النيل

يستقبل حوض النيل داخل أثيوبيا حوالي ٤٥٠ مليار متر مكعب من الأمطار سنوياً من إجمالي ٩٧٠ مليار متر مكعب تسقط على الأراضي الأثيوبية، حيث تنعم أثيوبيا بعدة أحواض مائية أخرى بخلاف أحواض النيل الأزرق والسوباط وعطبرة المرتبطين بحوض نهر النيل داخل أثيوبيا. وتعد أثيوبيا أكثر دول إفريقيا إنتاجا للثروة الحيوانية المعتمدة إعتماد كلي على الأمطار المغذية للمراعي الطبيعية. وقد حتمت الطبيعة الجغرافية وتوزيع الأمطار على دول حوض النيل إعتماد مصر على مياه النهر وإعتماد أثيوبيا على الأمطار التي تساهم في مساحات شاسعة من الزراعات المطرية والمراعي والغابات في أثيوبيا، وكذلك في تغذية مخزون هائل من المياه الجوفية المتجددة. ولذلك أصبح من الطبيعي والمنصف والعادل والمعقول أن تعتمد دول المنبع مثل أثيوبيا في إستخداماتها الإستهلاكية علي ما هو متاح من **"مياه الأمطار"** في "حوض" النيل وتعتمد دول المصب مثل مصر على ما هو متاح من "المياه الجارية" في "نهر" النيل ذاته، خاصة وأن مصر تعتبر من الدول القاحلة التي لا تسقط فيها أمطار تذكر. ولو قامت دول المنبع بالتقييم والإفصاح عما تستخدمه من مياه حوض نهر النيل في الإستخدامات المختلفة لتبين الحجم الفعلي الكبير الذي تستخدمه دول حوض النيل من مياه الحوض مقارنةً بما تستخدمه مصر والسودان من مياه النهر والذي لا يمثل جزء كبيرمن مياه حوض النيل ككل. فليس من المنصف أو العادل أو المعقول إغفال هذا الحجم الهائل من المياه المتاحة في **"حوض"** النيل بأكمله، وتتصارع الدول على ما يجري من فتات في مصب "نهر" النيل وتستخدمه وتعتمد عليه دول المصب مثل مصر والسودان.

فإن حصة مصر مثلاً تمثل حوالي ٣% من الأمطار الكلية البالغة حوالي ١٦٦٠ مليار متر مكعب سنويا والمتساقطة على حوض النيل داخل ١١ دولة، علما بأن ما يتساقط من أمطار داخل حدود دول النيل بما فيها من أحواض أخرى يصل لحوالي ٧٠٠٠ مليار متر مكعب سنويا. ويوضح شكل ١ توزيع الأمطار على دول حوض النيل.



شكل ١. توزيع هطول الأمطار على دول حوض النيل [(AbuZeid, K. (2012].

وحسب إتفاقية ١٩٥٩ تمثل حصة السودان السنوية من نهر النيل ١٨,٥ مليار متر مكعب. وتمثل حصة مصر السنوية ٥٥,٥ مليار متر مكعب، وهي لا تحكمها فقط إتفاقية ١٩٥٩، ولكن تؤكدها أيضا الاحتياجات التاريخية والمتزايدة والاستخدامات الفعلية لعشرات السنين. ولا تكفي هذه الحصة الإحتياجات المائية لمصر حيث وصل إستيراد مصر من المنتجات الزراعية الغذائية في ٢٠١٥ حسب أحدث دراسة لمنظمة سيداري إلى ما يساوي حوالي ٥٠ مليار متر مكعب سنويا من المياه الإفتراضية المطلوبة لزراعة هذه المنتجات. هذا وتعد مصر هي الدولة الوحيدة في دول حوض النيل التي تلجأ مضطرة لإعادة إستخدام مياه الصرف أكثر من مرة كما بدأت منذ عشرات السنين في تحلية مياه البحر لسد الفجوة المائية على سواحل البحر الأحمر ومؤخراً في المدن المطلة على البحر المتوسط. وتؤكد صور الأقمار الصناعية إستخدام أثيوبيا أيضاً لمياه حوض النيل الأزرق فى الزراعة والاستخدامات الحضرية الأخرى.

سد النهضة وإعلان المبادئ والإتفاق على قواعد الملء الأول والتشغيل السنوي

قامت أثيوبيا بتدشين إنشاء سد النهضة الأثيوبي (GERD) في أبريل من عام ٢٠١١ وقد وصل حجم الإنشاء لحوالي ٦٥% في نوفمبر من عام ٢٠١٧. وتوضح الصور التالية في شكل ٢ حجم الإنشاءات في سد النهضة الرئيسي والسد المساعد حتى ٢٠١٧.

شكل ٢. تقدم البناء في سد النهضة وسد السرج المساعد في ٢٠١٧

وقد آثار سد النهضة الكثير من الجدل حول تأثيره على دول المصب، مصر والسودان. وفي محاولة لتقييم آثار سد النهضة على مصر والسودان خلال فترة الملء ومن بعد خلال فترة التشغيل، أجرى مركز البيئة والتنمية للإقليم العربي وأوروبا (سيداري) دراسة مكتنبية شاملة وغير رسمية حول الآثار المحتملة لسد النهضة الاثيوبي على مصر والسودان [AbuZeid, K. (2017a)]، وفيما يلي بعض نتائج هذه الدراسة.

تخضع مرحلة الملء الأول والتشغيل السنوي فيما بعد، لبحيرة سد النهضة الأثيوبي لقواعد يجب أن تتفق عليها الدول الثلاث المتشاطئة على النيل الأزرق ومصبه وهي أثيوبيا والسودان ومصر. وقد نص إتفاق إعلان المبادئ بين الدول الثلاث، والذى تم توقيعه من قيادات الدول الثلاث فى مارس ٢٠١٥، على ان الدول الثلاث ستتفق على "قواعد الملء الأول والتشغيل السنوي وأنها ستعمل على إنشاء آليه للتنسيق فيما بينها إدارة السدود والخزانات بين الدول الثلاث". ومن ثم كان من المهم دراسة السيناريوهات المتوقعة للآثار المحتملة لسد النهضة على دول المصب، السودان ومصر، لتتخذ الدول قراراتها بشأن قواعد الملء والتشغيل بناءاً على نتائج هذه الدراسات. وقد قامت الدول الثلاث بتعيين مكتب إستشاري دولي لإجراء هذه الدراسات ولكن تعطل عمل المكتب الإستشاري. وتقدم هذه الورقة دراسة موازية لم تشارك الدول الثلاث في إعدادها ومراجعتها.

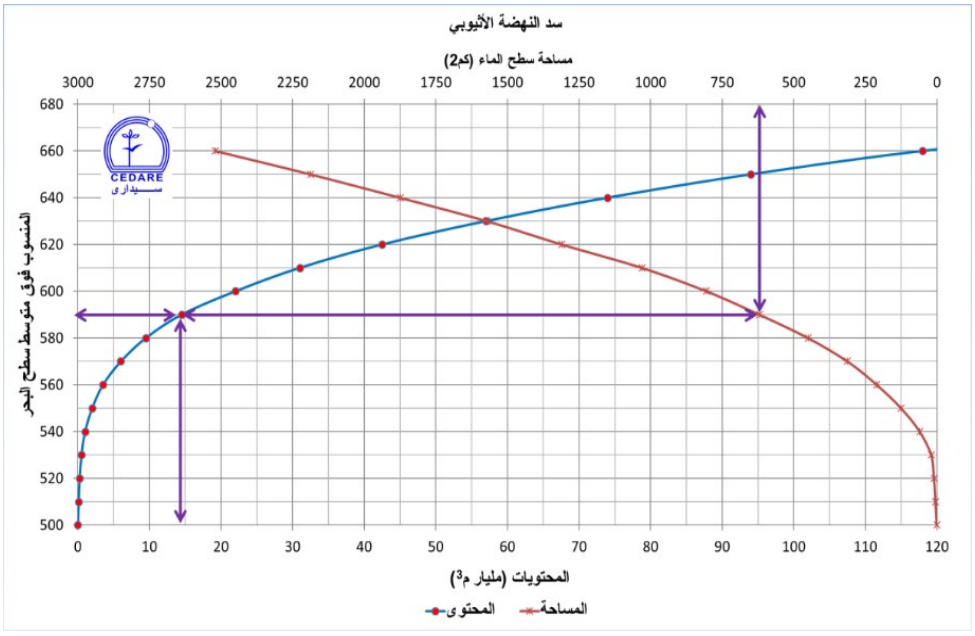
و تُظهر الصور في شكل ٣ السد العالي في أسوان (HAD) الذي يقع في مصب مجرى نهر النيل في مصر والذي ينظم إطلاق التدفقات إلى استخدامات مصر وفقًا لاتفاقية ١٩٥٩ المبرمة مع السودان والتي تخصص ٥٥,٥ مليار متر مكعب في السنة لمصر و ١٨,٥ مليار متر مكعب في السنة للسودان.

شكل ٣. السد العالي (مصر)

منهجية دراسة تقييم آثار سد النهضة، والسيناريوهات، والافتراضات

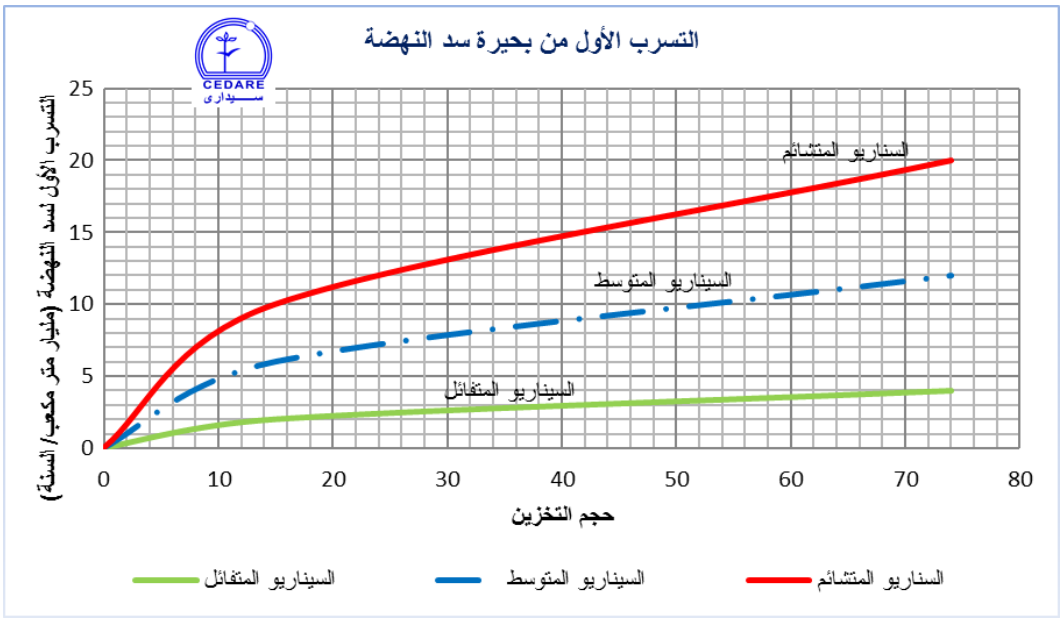
تعتمد الدراسة التي قام بها مركز البيئة والتنمية للإقليم العربي وأوروبا (سيداري) للآثار المترتبه على الملء الأول وتشغيل سد النهضه على إفتراض معظم السيناريوهات المحتملة وتصل لأكثر من ١٠٠ سيناريو. وقد تم تقدير حجم فواقد التسرب الأول والتسرب السنوي والبخر السنوي من سد النهضة حسب حجم التخزين ومساحة المسطح المائي لبحيرة سد النهضة. تستعرض الدراسة سيناريوهات للملء الأول حتى ١٥ مليار م٣، و ٢٥ مليار م٣، و ٦٢ مليار م٣، على فترة ٦ سنوات و١٠ سنوات و٤ سنوات في بعض السيناريوهات. كما تعتمد الدراسة على السلسلة التاريخية للتصرف السنوى للنيل الأزرق الذي يقام عليه سد النهضة في الأراضي الأثيوبية، وتم دراسة سيناريوهات مختلفة لمنسوب المياه في بحيرة السد العالي تتراوح من ١٥٠ متر إلى ١٧٥ متر، عند بداية الملء الأول لبحيرة سد النهضة في أعالي النيل الأزرق. كما تم دراسة ومحاكاة سيناريوهات مختلفة لتزامن وتوقيت تكرار الفيضانات التاريخية للنيل الأزرق، في المستقبل بعد إنشاء السد. هذا وقد تم دراسة سيناريوهات مختلفة للتشغيل السنوى لتقييم الآثار المختلفة المترتبة على تلك السيناريوهات، ومن أهمها تأثير سد النهضة على تصرف النيل الأزرق ومناسيب مخزون السد العالي وإمكانيه الوفاء بحصة مصر والسودان من مياه النيل، وعدد سنوات العجز المائي لمصر والسودان وحجم هذا العجز. وقد إعتمدت سيناريوهات التشغيل السنوي بعد فترة الملء، على تصريف كامل التصرف السنوي للنيل الأزرق كل عام والإنخفاض بمخزون سد النهضة لحجم الملء الأول تحت السيناريوهات المختلفة لحجم ١٥ مليار م٣، أو ٢٥ مليار م٣، أو ٦٢ مليار م٣.

المقصود بالملء الأول هنا هو الملء حتى التخزين الميت بالإضافة لعامل آمان حوالي ٢٠ متر فوق مستوى التوربينات الرئيسية، أي حتى منسوب ٥٩٠ متر تقريباً، والذي يوازي تخزين كلي حوالي ١٥ مليار متر مكعب، بالإضافة إلى ما يصاحب ذلك من تخزين في التربة أسفل بحيرة السد نتيجة ما نطلق عليه هنا "التسرب الأول". هذا ويصاحب ذلك أيضاً "بخر سنوي" من سطح البحيرة كما هو موضح في شكل ٤.

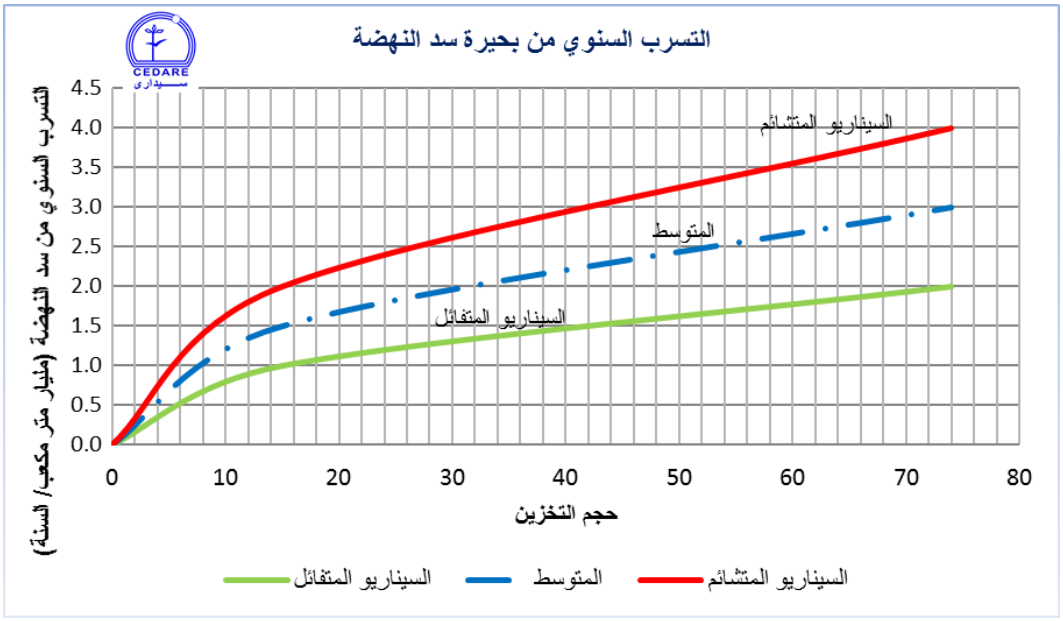


شكل ٤. العلاقة بين منسوب المياه ومساحة السطح وحجم المحتوى في خزان سد النهضة

يتم تقدير حجم التسرب الأول والتسرب السنوي من سد النهضة من خلال الرسومات البيانية المفترضة في الشكلين ٥ ،٦.



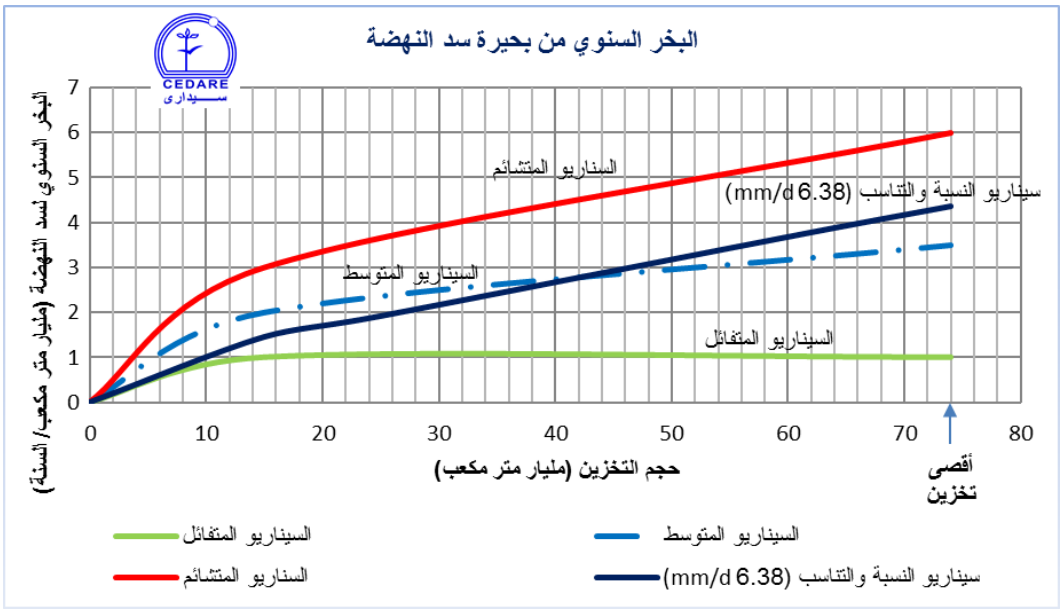
شكل ٥. سيناريوهات "التسرب الأول" من سد النهضة مع حجم التخزين



شكل ٦. سيناريوهات "التسرب السنوي" من سد النهضة مع حجم التخزين

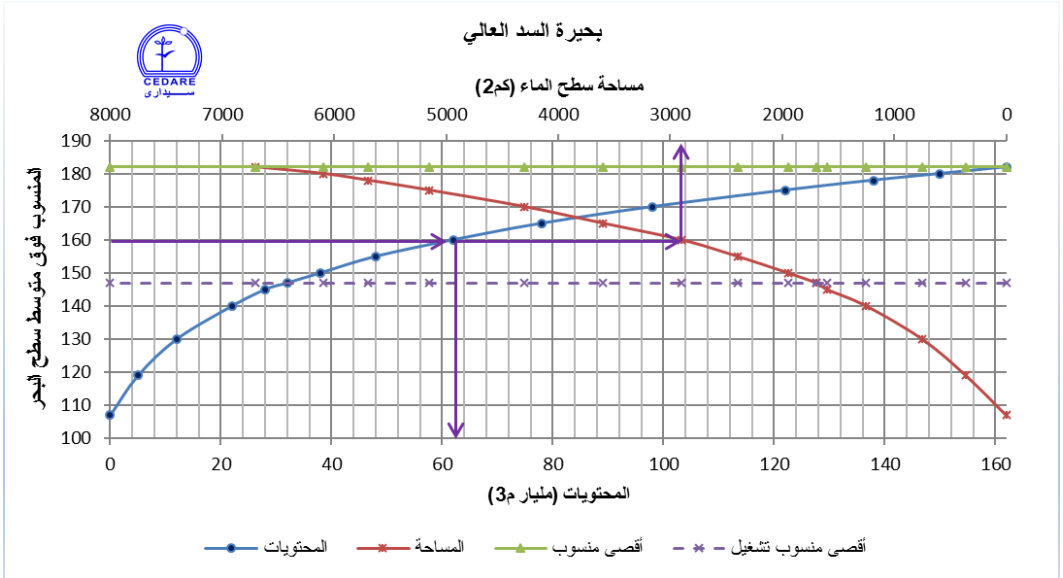
وفقاً لما ذكره [Abeyou Wale (2008)]، فإن معدل البخر من بحيرة تانا في إثيوبيا، الذي يقع متوسط منسوب سطح المياه فيها عند ١٧٨٦ متر فوق سطح البحر، يصل لحوالي ٤,٦٣ مم/ يوم. ووفقًا لـ [Kamalddin E. Bashar *et al.*, (2009)]، فإن معدل البخر من بحيرة سد الروصيرص في السودان التي يقع

منسوب سطح المياه فيها عند ٤٨٠ متر فوق سطح البحر، يصل لحوالي ٦,٦٢ مم / يوم. نظراً لأن أعلى مستوى للمياه في سد النهضة يصل لحوالي ٦٤٠ متر فوق سطح البحر، وبالنسبة والتناسب، قد يمكن تقدير أقصى معدل البخر في خزان سد النهضة بنحو ٦,٣٨ مم/ يوم أي حوالي ٤,٤ مليار متر مكعب في العام. كما هو موضح في "سيناريو النسبة والتناسب" على الرسم البياني أدناه في شكل ٧. وكان السيناريوالمتوسط الذي يصل أقصى معدل للبخر السنوي فيه إلى ٣,٧ مليار متر مكعب كما هو موضح في الرسم البياني أدناه هو السيناريو المستخدم في التقييم.



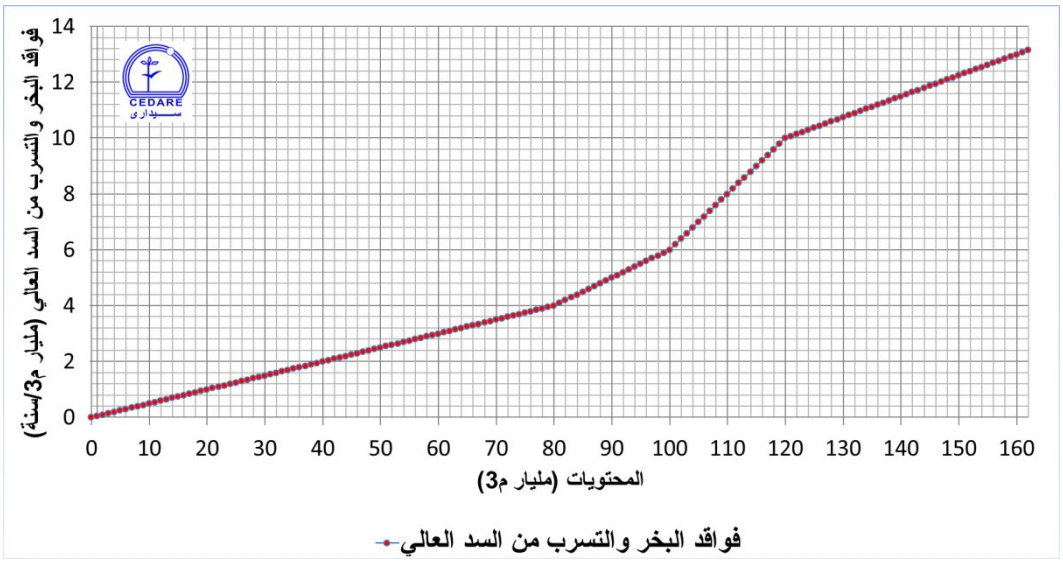
شكل ٧. سيناريوهات "البخر السنوي" لسد النهضة المتعلقة بحجم التخزين

العلاقة بين مستوى الماء في خزان السد العالي ومساحة سطح الماء وحجم التخزين، موضحة في الرسم البياني الموضح أدناه في شكل ٨.



شكل ٨. العلاقة بين ارتفاع المياه ومساحة السطح وحجم المحتوى في خزان السد العالي

وعلى جانب آخر حسب [Islam *et al*. (2012)] يصل معدل البخر من بحيرة ناصر لحوالي ٤,٤٥ مم/يوم، أي حوالي ١١,١ مليار م٣ سنوياً عند أقصى مساحة للبحيرة. وبافتراض فواقد تسرب حوالي ٢ مليار متر مكعب في السنة عند أقصى مستوى للمياه. كانت افتراضات التبخر وفواقد التسرب من خزان السد العالي وفقاً للرسم البياني الموضح أدناه في شكل ٩.



شكل ٩. العلاقة بين الحجم والتبخر وفواقد التسرب من خزان السد العالي

سيناريوهات التشغيل تفترض تخزين تصرفات النيل الأزرق في سد النهضة فى فترة أعلى تصرفات للفيضان (يوليو – أكتوبر) والتي تمثل حوالي ٨٠% من التصرف السنوى، للإستفادة من المناسيب المرتفعة فى توليد الطاقة من سد النهضة، على ان يتم تصريف كامل التصرف السنوى خلال بقية السنة.

تم إفتراض تصرف متوسط للنيل الأبيض مقدر ب ٢٨,٥ مليار متر مكعب /عام عند ملكال، وتصرف متوسط لنهر العطبرة مقدر ب ١٢ مليار متر مكعب/عام ، وتصرف متوسط للدندر والرهد مقدر ب ٤ مليار متر مكعب/عام.

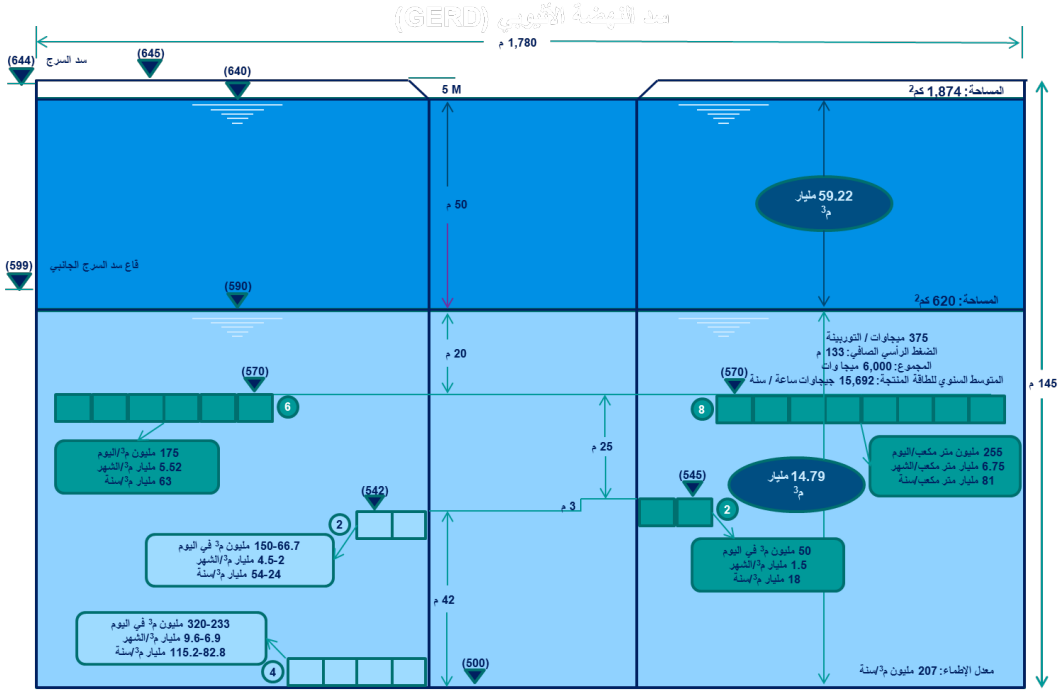
ومن الإفتراضات أن إجمالي الفواقد السنوية من سد الروصيرص وسنار تساوي ٠,٩ مليار متر مكعب في السنة، ويبلغ إجمالي الفواقد السنوية من سد عطبرة وتكيزي وخشم الجربة ١ مليار متر مكعب في السنة، ويبلغ إجمالي الفواقد السنوية من خزان سد جبل الأولياء ٢,٥ مليار متر مكعب في السنة، ويبلغ إجمالي الفواقد السنوية لخزان مروي ١,٨ مليار متر مكعب في السنة، ويبلغ إجمالي الفواقد من نهر النيل حتى أسوان ٣,٣ مليار متر مكعب في السنة.

تم افتراض سلسلة تصرفات مستقبلية للنيل الأزرق مماثلة للتصرفات التاريخية للنيل الأزرق، وتتبع سيناريوهات تبدأ بسلاسل متوسطة للعشر سنوات الأولى تساوي ٣٨ مليار متر مكعب/عام، و٤٥ مليار متر مكعب /عام، و٥٠ مليار متر مكعب/عام. من المفترض أو قد أفتُرض أن بقية السلاسل التاريخيه لتصرفات النيل الأزرق ستتكرر بنفس ترتيب التصرفات التاريخيه ل١٠٥ سنه (١٩١١ -٢٠١١).

وفقاً لاتفاقية ١٩٥٩ الموقعة بين مصر والسودان ، والتي تحدد حصة مصر من النيل عند ٥٥,٥ مليار متر مكعب في السنة والسودان عند ١٨,٥ مليار متر مكعب في السنة، فإن البلدين يتقاسمان أي عجز في مياه النيل بالتساوي. استندت محاكاة السيناريوهات إلى تحقيق هذه الحصص وتحديد سنوات العجز في تلبية هذه الحصص. وقد تم افتراض سيناريوهات للعجز تتراوح من ٠,٥ مليار متر مكعب في السنة إلى ٥ مليار متر مكعب في السنة لكل دولة خلال سنوات العجز لضمان عدم إنخفاض منسوب المياه في السد العالي تحت منسوب التخزين الميت.

من ضمن الفرضيات أن الغرض من السد هو توليد الطاقة فقط كما يفهم ضمنياً مما اتفقت عليه الدول الثلاث (مصر والسودان وأثيوبيا) في اتفاقية اعلان المبادئ حول سد النهضة في مارس ٢٠١٥، وأن اثيوبيا ستلتزم بعدم السحب من بحيرة سد النهضة لأي أغراض أخري.

المواصفات الهندسية لسد النهضة من حيث المناسيب وأماكن وسعة الفتحات والتصرفات التي تسمح بها والطاقة الإنتاجية للتوربينات كما هو موضح بالقطاع الهندسي أدناه في شكل ١٠.



شكل ١٠: القطاع الهندسي والمواصفات الفنية لسد النهضة

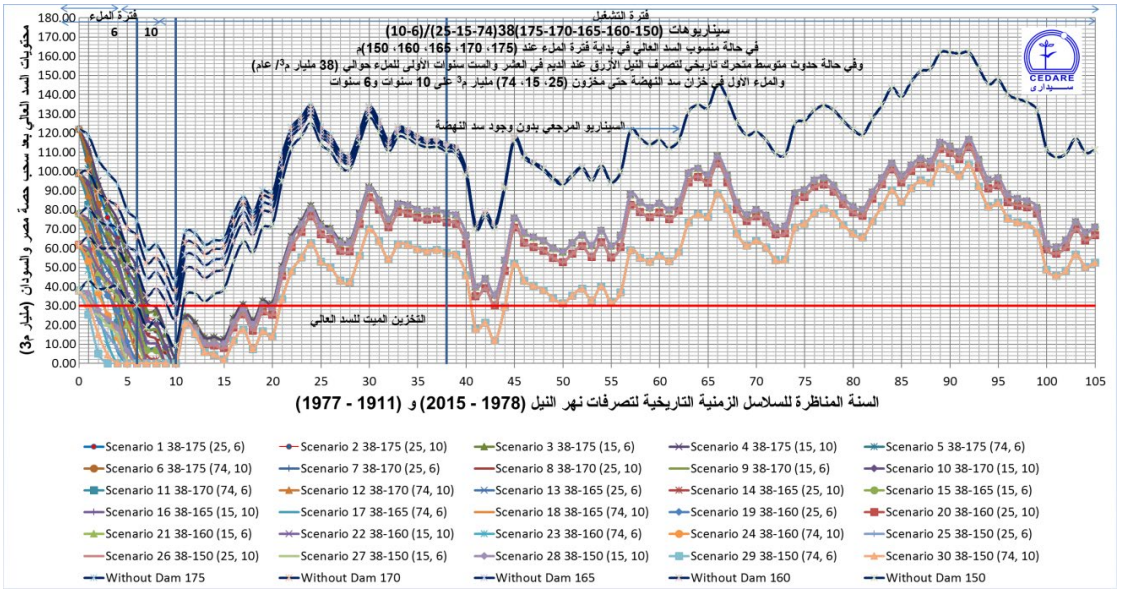
سيناريوهات آثار سد النهضة

المؤثر الأكبر على الوفاء بحصة مصر والسودان فى ظل وجود سد النهضه هو "متوسط حجم التخزين السنوى بسد النهضة"، والذى يرتبط بأقل مخزون ببحيرة سد النهضة يجب أن يعود له المخزون فى نهاية العام المائى، لاستيعاب فيضان العام التالى، فكلما قل المتوسط السنوى لهذا المخزون تقل فواقد البخر والتسرب من سد النهضة ويقل التأثير على الوارد إلى مصر والسودان. وبالتالى يظهر أن افضل سيناريو للتشغيل هو أن يعود مخزون سد النهضه فى نهايه العام المائى الى ١٥ مليار متر مكعب عند منسوب حوالي ٥٩٠ متر، والذى يمكن أن ينخفض بعض الشىء فى الحالات القصوى الى ٧ مليار متر مكعب أو إلى ٣ مليار متر مكعب (ولكن مع عدم تشغيل أى من التوربينات ال ١٤ العليا، وتشغيل التوربينتان السفليتان فقط). ويوضح الجدول أدناه في شكل ١١ تأثير حجم التخزين المتبقي في نهاية العام أثناء التشغيل على سنوات العجز في توفير حصة مصر والسودان خلال فترة السلسلة الزمنية ال١٠٥ سنة المستخدمة للملء والتشغيل. تشمل السيناريوهات أحجام مختلفة لأحجام التشغيل الدنيا (١٥، ٢٥، ٦٢، ٧٤) مليار متر مكعب في نهاية السنة الهيدرولوجية، خلال السلاسل الزمنية المستخدمة. تشمل السيناريوهات أيضاً ٣ متوسطات مختلفة لمدة ١٠ سنوات للنيل الأزرق خلال فترة الملء الأول قبل التشغيل السنوي.

التشغيل بعد فترة الملء والإبقاء علي هذا المخزون كحد أدنى أثناء التشغيل	متوسط الإيراد للنيل الأزرق في العشر سنوات الأولى للملء والتشغيل (م٣/عام)	المنسوب أمام السد العالي في بداية السلسلة الزمنية ١٥٠ م			المنسوب أمام السد العالي في بداية السلسلة الزمنية ١٦٠ م			المنسوب أمام السد العالي في بداية السلسلة الزمنية ١٦٥ م			المنسوب أمام السد العالي في بداية السلسلة الزمنية ١٧٠ م			المنسوب أمام السد العالي في بداية السلسلة الزمنية ١٧٥ م			
		سيناريوهات حجم الملء، والمتبقي كحد أدنى أثناء التشغيل مليار م٣			سيناريوهات حجم الملء، والمتبقي كحد أدنى أثناء التشغيل مليار م٣			سيناريوهات حجم الملء، والمتبقي كحد أدنى أثناء التشغيل مليار م٣			سيناريوهات حجم الملء، والمتبقي كحد أدنى أثناء التشغيل مليار م٣			سيناريوهات حجم الملء، والمتبقي كحد أدنى أثناء التشغيل مليار م٣			
		١٥	٢٥	٧٤	١٥	٢٥	٧٤	١٥	٢٥	٧٤	١٥	٢٥	٧٤	١٥	٢٥	٦٢	٧٤
		سنوات العجز في توفير حصة مصر والسودان			سنوات العجز في توفير حصة مصر والسودان			سنوات العجز في توفير حصة مصر والسودان			سنوات العجز في توفير حصة مصر والسودان			سنوات العجز في توفير حصة مصر والسودان		
في حالة الملء على ١٠ سنوات	٥٠	٢٠	٢٢	٣٧	١٥	١٦	٣٤	١٥	١٦	٣٠	١٥	١٦	٢١	١٥	١٦		٢١
	٤٥	١٨	٢٠	٢٨	١٦	١٨	٢٤	١٥	١٧	٢٣	١٤	١٧	٢٣	١٤	١٦		٢٢
	٣٨	١٩	٢٠	٢٤	١٦	١٧	٢٢	١٥	١٦	٢١	١٤	١٥	٢٠	١١	١٥		١٩
في حالة الملء على ٦ سنوات	٥٠	٢١	٢٣	٢٩	١٥	١٨	٢٨	١٥	١٦	٢٦	١٥	١٦	٢٥	١٥	١٦		٢١
	٤٥	١٩	٢١	٢٩	١٦	٢٣	٢٦	١٥	١٧	٢٥	١٤	١٦	٢٤	١٤	١٦		٢٣
	٣٨	١٩	٢٠	٢٤	١٦	١٨	٢٣	١٥	١٨	٢٢	١٤	١٦	٢١	١٢	١٥	٢٠	٢٠
في حالة الملء على ٥ سنوات	٥٠																
	٤٥															٢٣	
	٣٨																
في حالة الملء على ٤ سنوات	٥٠															٢١	
	٤٥																
	٣٨																

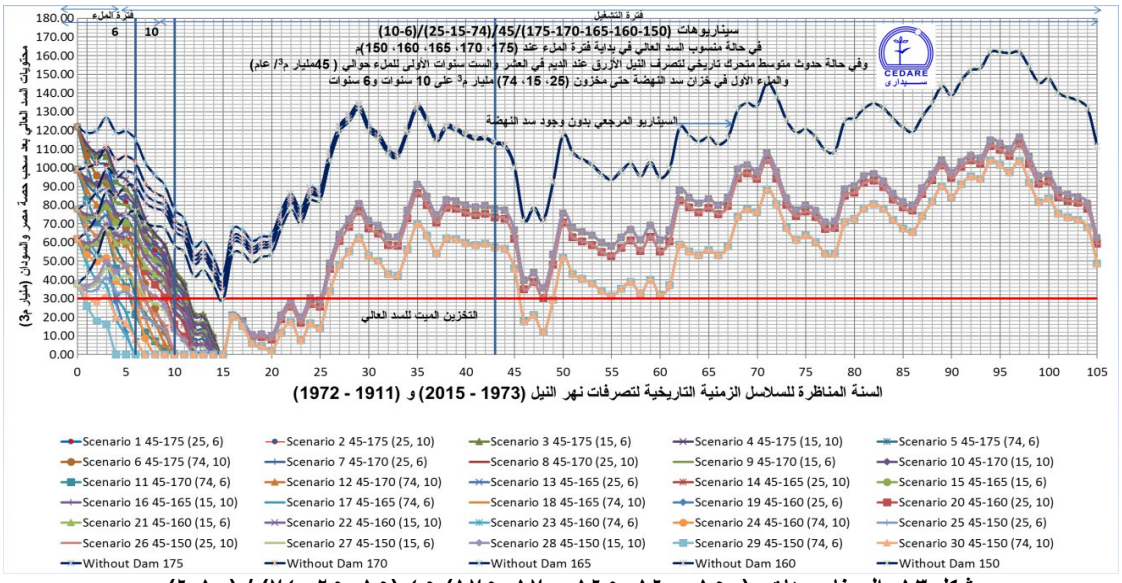
شكل ١١. تأثير الحجم المتبقي في نهاية السنة الهيدرولوجية أثناء تشغيل سد النهضة

ويوضح شكل ١٢ مجموعة من "السيناريوهات المحتملة لمخزون السد العالي في ١٠٥ سنة التالية لإنشاء سد النهضة لمتوسط تصرفات يبدأ ب ٣٨ مليار م٣ عند الملء" مقارنة بالسيناريو المرجعي بدون وجود سد النهضة. ويتضح من كل السيناريوهات المعروضة إنخفاض مخزون السد العالي تحت منسوب التخزين الميت البالغ ٣١ مليار متر مكعب (أي تحت مستوى التوربينات) وذلك نتيجة التأثير التراكمي المتوقع لفواقد البخر والتسرب ببحيرة سد النهضة، والذي سيتضح أثره جلياً في السنوات ذات الإيراد المنخفض للنيل الأزرق.



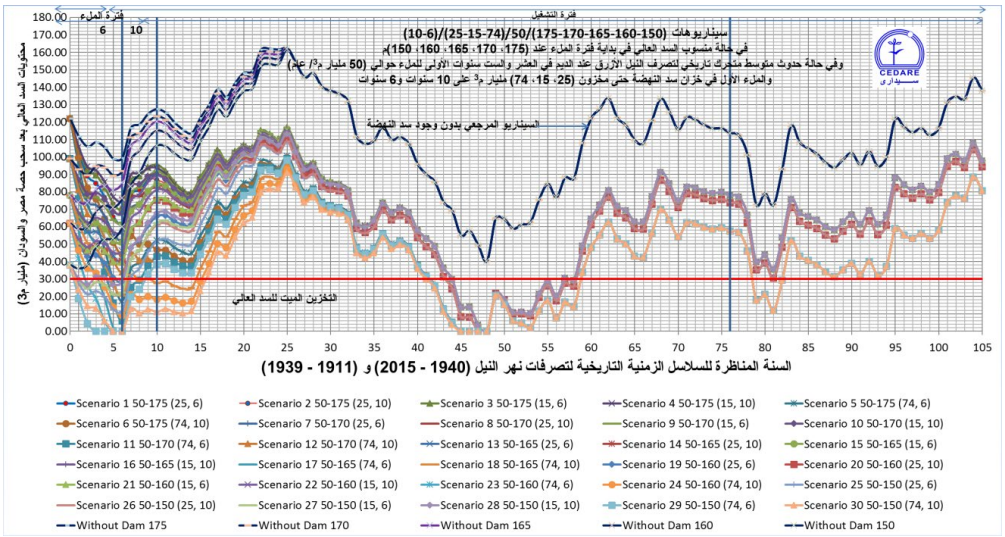
شكل ١٢. السيناريوهات: (١٥٠، ١٦٠، ١٦٥، ١٧٠، ١٧٥) ٣٨ (١٥، ٢٥، ٧٤) / (٦،١٠)

ويوضح شكل ١٣ مجموعة من "السيناريوهات المحتملة لمخزون السد العالي في الـ ١٠٥ سنة التالية لإنشاء سد النهضة لمتوسط تصرفات يبدأ ب ٤٥ مليار م٣ عند الملء" مقارنة بالسيناريو المرجعي بدون وجود سد النهضة. ويتضح من كل السيناريوهات المعروضة إنخفاض مخزون السد العالي تحت منسوب التخزين الميت (أي تحت مستوى التوربينات) وذلك نتيجة التأثير التراكمي المتوقع لفواقد البخر والتسرب ببحيرة سد النهضة، والذي سيتضح أثره جلياً في السنوات ذات الإيراد المنخفض للنيل الأزرق.



شكل ١٣: السيناريوهات: (١٥٠، ١٦٠، ١٦٥، ١٧٠، ١٧٥) ٤٥ (١٥، ٢٥، ٧٤) / (٦،١٠)

ويوضح شكل ١٤ مجموعة من "السيناريوهات المحتملة لمخزون السد العالي في الـ ١٠٥ سنة التالية لإنشاء سد النهضة لمتوسط تصرفات يبدأ ب ٥٠ مليار م^3 عند الملء" مقارنة بالسيناريو المرجعي بدون وجود سد النهضة. ويتضح من كل السيناريوهات المعروضة إنخفاض مخزون السد العالي تحت منسوب التخزين الميت (أي تحت مستوى التوربينات) وذلك نتيجة التأثير التراكمي المتوقع لفواقد البخر والتسرب ببحيرة سد النهضة، والذي سيتضح أثره جلياً في السنوات ذات الإيراد المنخفض للنيل الأزرق.

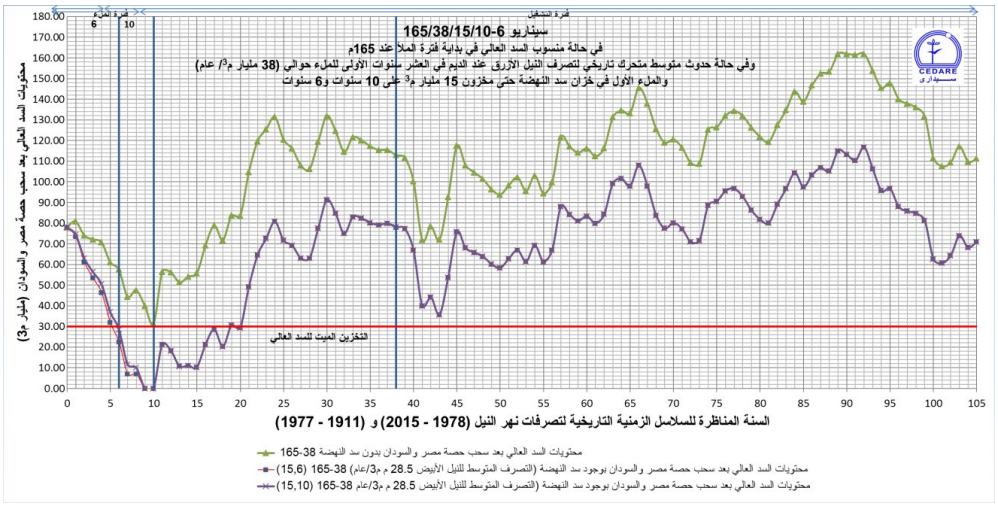


شكل ١٤: السيناريوهات: (١٥٠، ١٦٠، ١٦٥، ١٧٠، ١٧٥) ٥٠ (١٥، ٢٥، ٧٤) / (٦،١٠)

الرسوم البيانية أدناه هي نتائج التحليلات التفصيلية لسيناريوهات منفصلة حيث يظهر تخزين السد العالي المحتمل في نهاية السنة الهيدرولوجية في وجود سد النهضة مقارنة بالسيناريو المرجعي بدون سد النهضة. تم استبعاد بعض السيناريوهات التي قد لا تحدث في التحليلات التفصيلية الواردة أدناه. مثال على ذلك، سيناريوهات مثل تلك التي يكون فيها متوسط النيل الأزرق لـ ١٠ سنوات متتالية منخفض وتكون بداية هذه الفترة متزامنة مع أدنى مستوى في خزان السد العالي، أو عندما يعمل سد النهضة بسعة تخزين لا تقل عن ٧٤ مليار متر مكعب.

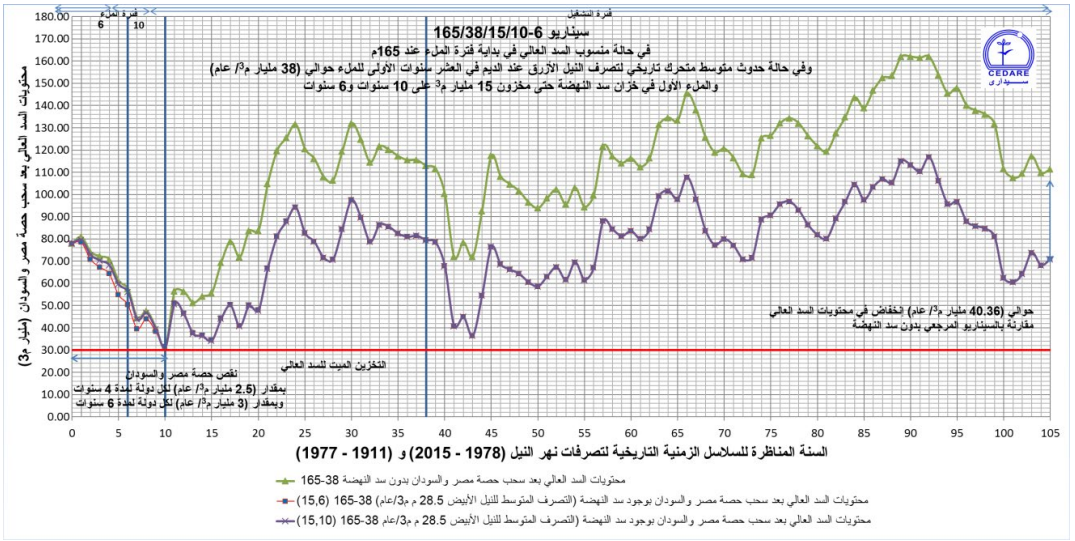
التشغيل بعد الملء خلال معدل تدفق (١٠ سنوات) منخفض لسد النهضة (٣٨ مليار متر مكعب في السنة)

كما هو موضح أدناه في شكل ١٥، يفترض هذا السيناريو سلسلة من التدفقات في بداية فترة الملء بمتوسط سنوي (١٠ سنوات) يساوي ٣٨ مليار متر مكعب في السنة (على غرار ما حدث في الفترة من ١٩٧٨ إلى ١٩٨٧)، الذي كان أقل متوسط تاريخي لمدة ١٠ سنوات، ويتزامن مع مستوى خزان السد العالي في بداية هذه السلسلة على إرتفاع حوالي ١٦٥ م (أي ما يعادل تخزين السد العالي ٧٨ مليار متر مكعب). يفترض هذا السيناريو التشغيل السنوي عند حد أدنى للتخزين يبلغ ١٥ مليار متر مكعب. بلغت سنوات العجز لتلبية حصص مصر والسودان حوالي ١٥ عاماً خلال العشرين عاماً الأولى من سلسلة ١٠٥ سنوات من التدفقات التاريخية المستخدمة. وذلك لتجنب هبوط مستويات خزان السد العالي دون مستوى التخزين الميت.



شكل ١٥. السيناريوهات: (١٦٥) ٣٨ (١٥) / (٦،١٠)

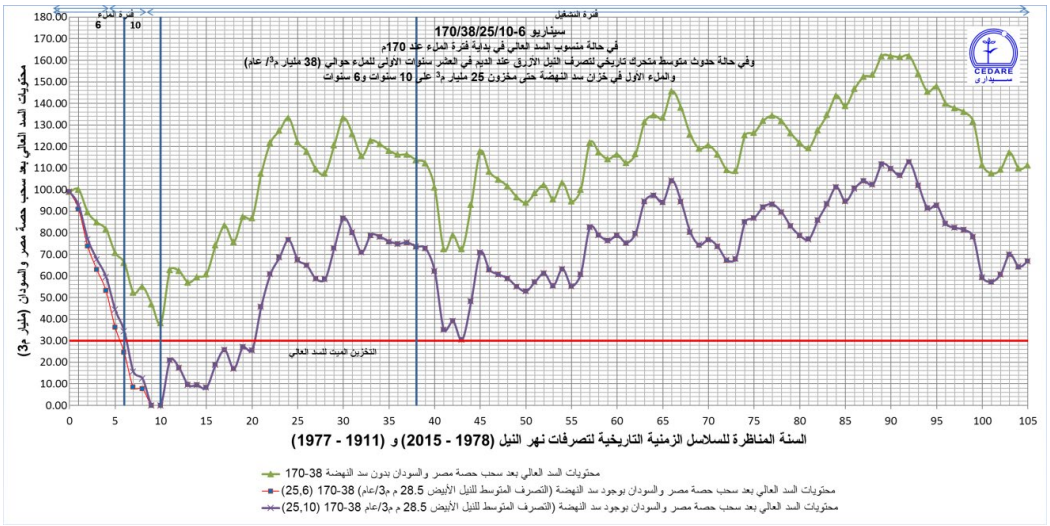
يوضح الرسم البياني أدناه في شكل ١٦ أن العجز السنوي في هذا السيناريو يتراوح بين ٢,٥ مليار متر مكعب و٣ مليار متر مكعب لكل من مصر والسودان لمدة ١٠ سنوات، مع عجز كلي خلال السنوات العشر الأولى يبلغ حوالي ٥٦ مليار متر مكعب.



شكل ١٦. السيناريوهات: (١٦٥) ٣٨ (١٥) / (٦،١٠) موضحاً العجز في حصص مصر والسودان

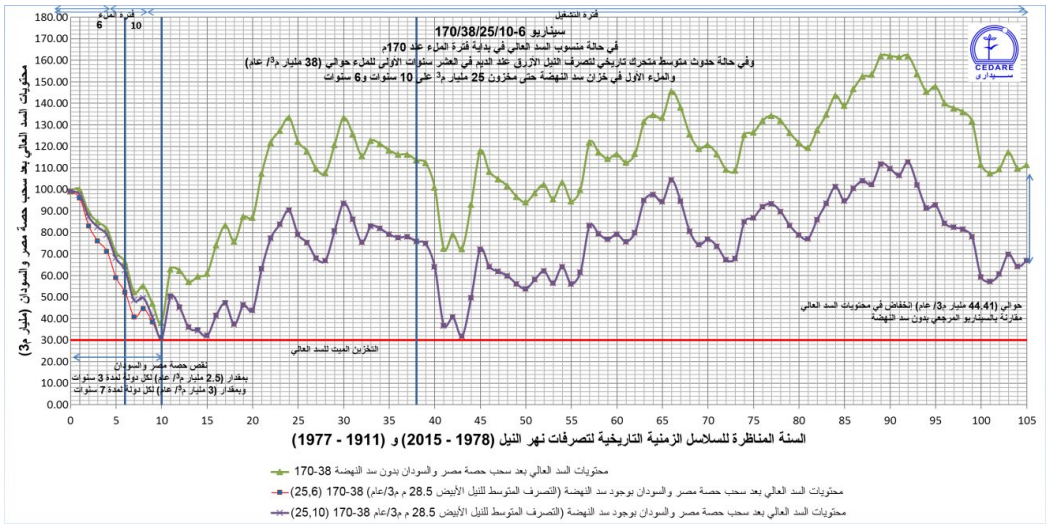
كما هو موضح أدناه في شكل ١٧، يفترض هذا السيناريو سلسلة من التدفقات في بداية فترة الملء بمتوسط سنوي ١٠ سنوات يساوي ٣٨ مليار متر مكعب في السنة (على غرار ما حدث في الفترة من ١٩٧٨ إلى ١٩٨٧)، الذي كان أقل متوسط تاريخي لمدة ١٠ سنوات، ويتزامن مع مستوى خزان السد العالي في بداية هذه السلسلة على إرتفاع حوالي

١٧٠ م (أي ما يعادل تخزين السد العالي ٩٩ مليار متر مكعب). يفترض هذا السيناريو التشغيل السنوي عند حد أدنى للتخزين يبلغ ٢٥ مليار متر مكعب. وقد بلغت سنوات العجز لتلبية حصص مصر والسودان حوالي ١٦ عاماً خلال العشرين عاماً الأولى من سلسلة ١٠٥ سنوات من التدفقات التاريخية المستخدمة.



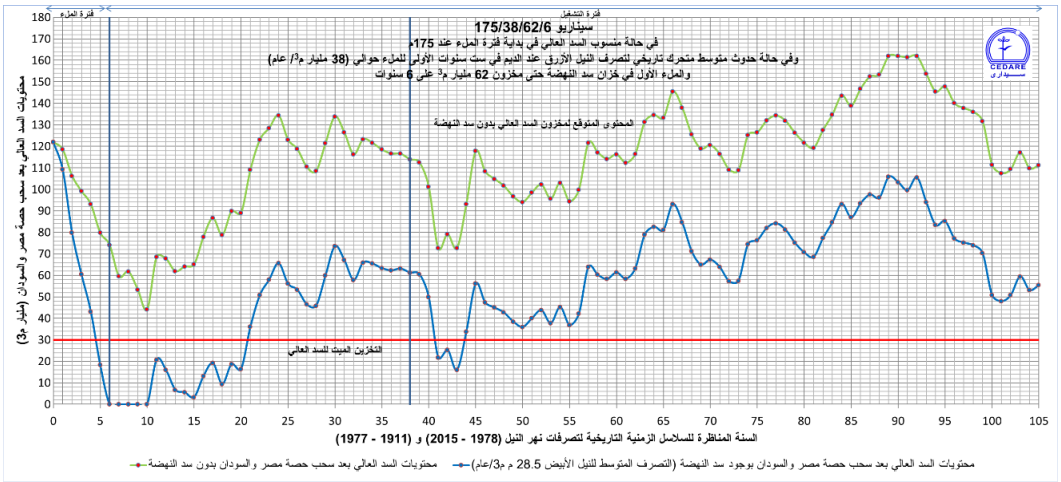
شكل ١٧. السيناريوهات: (١٧٠) ٣٨ (٢٥) / (٦،١٠)

يوضح الرسم البياني أدناه في شكل ١٨ أن العجز السنوي في هذا السيناريو يتراوح بين ٢,٥ مليار متر مكعب إلى ٣ مليار متر مكعب لكل من مصر والسودان لمدة ١٠ سنوات ، مع عجز كلي خلال السنوات العشر الأولى البالغة حوالي ٥٧ مليار متر مكعب لكلا البلدين .



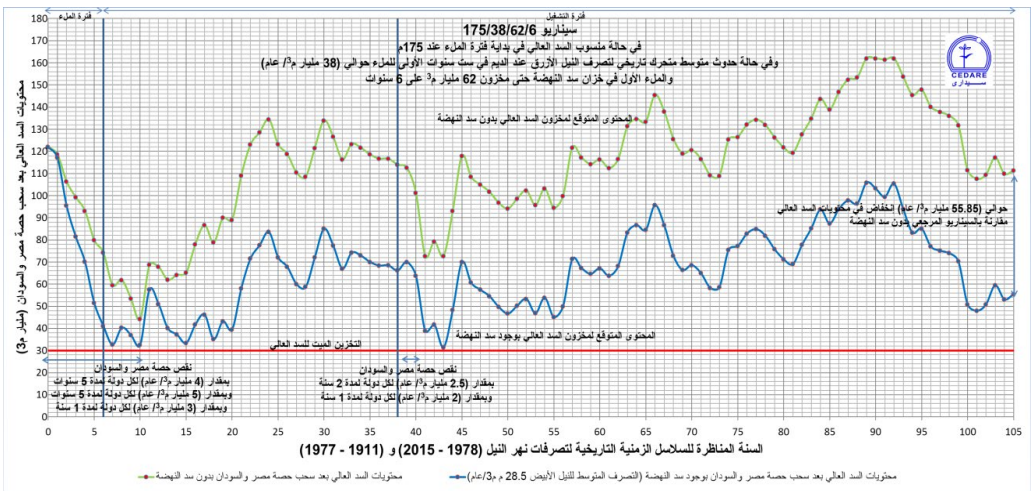
شكل ١٨. السيناريوهات: (١٧٠) ٣٨ (٢٥) / (٦،١٠) موضحاً العجز في حصص مصر والسودان

كما هو موضح أدناه في شكل ١٩، يفترض هذا السيناريو سلسلة من التدفقات في بداية فترة الملء بمتوسط سنوي ١٠ سنوات يساوي ٣٨ مليار متر مكعب في السنة (على غرار ما حدث في الفترة من ١٩٧٨ إلى ١٩٨٧)، الذي كان أقل متوسط تاريخي لمدة ١٠ سنوات، ويتزامن مع مستوى خزان السد العالي في بداية هذه السلسلة على إرتفاع حوالي ١٧٥ م (أي ما يعادل تخزين السد العالي ١٢٢ مليار متر مكعب). يفترض هذا السيناريو التشغيل السنوي عند حد أدنى للتخزين يبلغ ٦٢ مليار متر مكعب. بلغت سنوات العجز لتلبية حصص مصر والسودان حوالي ٢٠ عاماً خلال العشرين عامًا الأولى وبعد ٤٠ عاماً من سلسلة ١٠٥ سنوات من التدفقات التاريخية المستخدمة.



شكل ١٩. السيناريو: (١٧٥) ٣٨ (٦٢) / (٦)

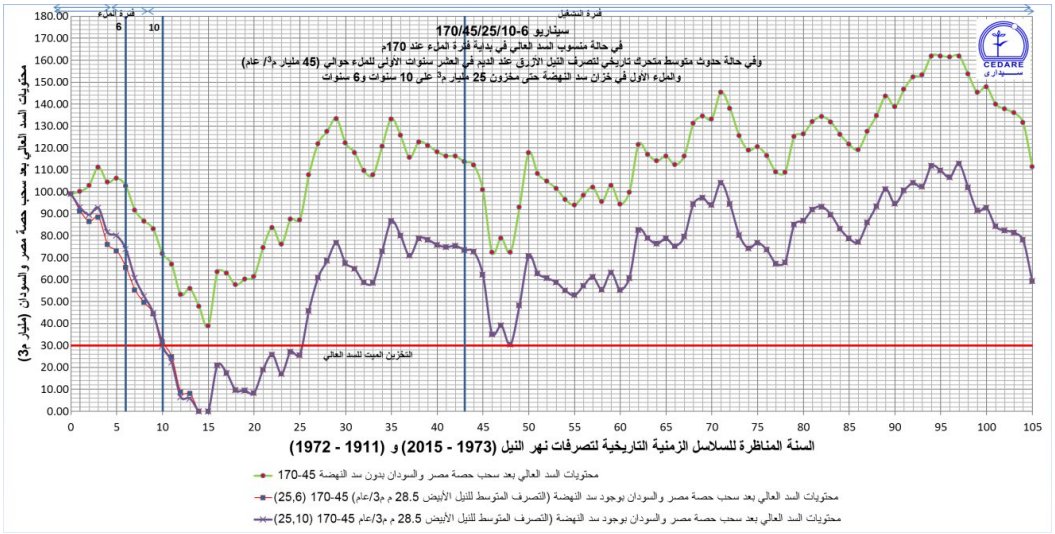
يوضح الرسم البياني أدناه في شكل ٢٠ أن العجز السنوي في هذا السيناريو يتراوح بين ٢,٥ مليار متر مكعب إلى ٥ مليار متر مكعب لكل من مصر والسودان لمدة ١١ عاماً، منذ بداية الملء و٣ سنوات بعد ٣٨ عامًا مع إجمالي عجز يبلغ حوالي ١١٢ مليار متر مكعب لكلا البلدين.



شكل ٢٠. السيناريو: (١٧٥) ٣٨ (٦٢) / (٦) موضحاً العجز في حصص مصر والسودان

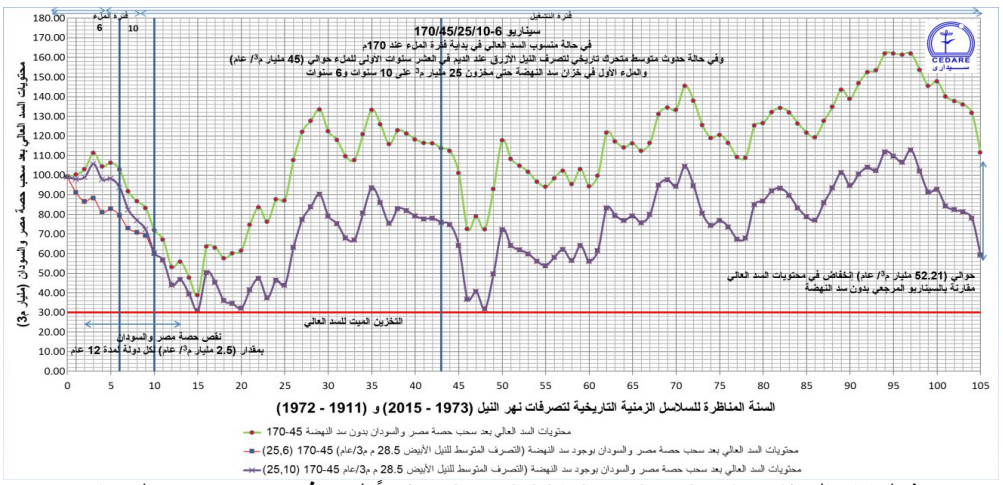
التشغيل بعد الملء خلال معدل تدفق (١٠ سنوات) متوسط لسد النهضة (٤٥ مليار متر مكعب في السنة)

كما هو موضح أدناه في شكل ٢١، يفترض هذا السيناريو سلسلة من التدفقات في بداية فترة الملء بمتوسط سنوي (١٠ سنوات) يساوي ٤٥ مليار متر مكعب في السنة (على غرار ما حدث في الفترة من ١٩٧٣ إلى ١٩٨٢)، ويتزامن مع مستوى خزان السد العالي في بداية هذه السلسلة على إرتفاع حوالي ١٧٠ م (أي ما يعادل تخزين بالسد العالي يساوي ٩٩ مليار متر مكعب). يفترض هذا السيناريو التشغيل السنوي عند حد أدنى للتخزين يبلغ ٢٥ مليار متر مكعب. بلغت سنوات العجز لتلبية حصص مصر والسودان حوالي ١٧ عاماً خلال أول ٢٥ عامًا وبعد ٤٧ عاماً من سلسلة ١٠٥ سنوات من التدفقات التاريخية المستخدمة.



شكل ٢١. السيناريوهات: (١٧٠) ٤٥ (٢٥) / (٦،١٠)

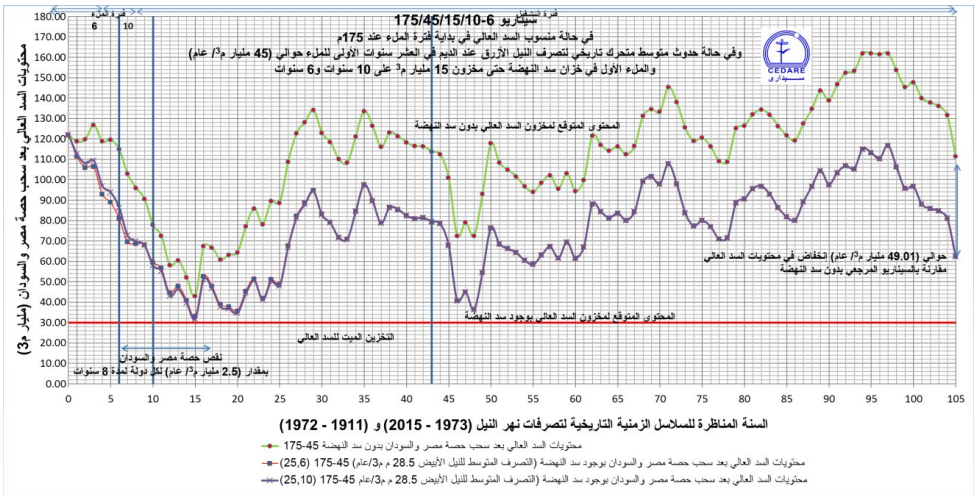
يوضح الرسم البياني أدناه في شكل ٢٢ أن العجز السنوي في هذا السيناريو يبلغ حوالي ٢,٥ مليار متر مكعب لكل من مصر والسودان لمدة ١٢ عاماً، مما يمثل عجز خلال أول ١٤ عاماً حوالي ٦٠ مليار متر مكعب لكلا البلدين.



شكل ٢٢. السيناريوهات: (١٧٠) ٤٥ (٢٥) / (٦،١٠) موضحاً العجز في حصص مصر والسودان

كما هو موضح أدناه في شكل ٢٣، يفترض هذا السيناريو سلسلة من التدفقات في بداية فترة الملء بمتوسط سنوي ١٠ سنوات يساوي ٤٥ مليار متر مكعب في السنة (على غرار ما حدث في الفترة من ١٩٧٣ إلى ١٩٨٢)، ويتزامن مع مستوى خزان السد العالي في بداية هذه السلسلة على إرتفاع حوالي ١٧٥ م (أي ما يعادل تخزين السد العالي ١٢٢ مليار متر مكعب). يفترض هذا السيناريو التشغيل السنوي عند حد أدنى للتخزين يبلغ ١٥ مليار متر مكعب.

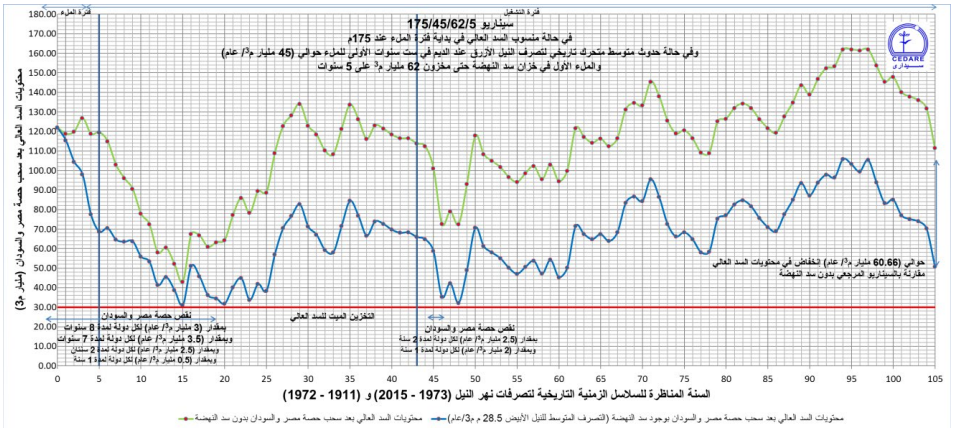
يوضح الرسم البياني أدناه أن العجز السنوي في هذا السيناريو كان حوالي ٢,٥ مليار متر مكعب لكل من مصر والسودان لمدة ٨ سنوات، مع عجز كلي خلال أول ١٧ سنة حوالي ٤٠ مليار متر مكعب لكلا البلدين.



شكل ٢٣. السيناريوهات: (١٧٥) ٤٥ (١٥) / (٦،١٠) موضحاً العجز في حصص مصر والسودان

كما هو موضح أدناه في شكل ٢٤، يفترض هذا السيناريو سلسلة من التدفقات في بداية فترة الملء بمتوسط سنوي ١٠ سنوات يساوي ٤٥ مليار متر مكعب في السنة (على غرار ما حدث في الفترة من ١٩٧٣ إلى ١٩٨٢)، ويتزامن مع مستوى خزان السد العالي في بداية هذه السلسلة على إرتفاع حوالي ١٧٥ م (أي ما يعادل تخزين السد العالي ١٢٢ مليار متر مكعب). يفترض هذا السيناريو التشغيل السنوي عند حد أدنى للتخزين يبلغ ٦٢ مليار متر مكعب.

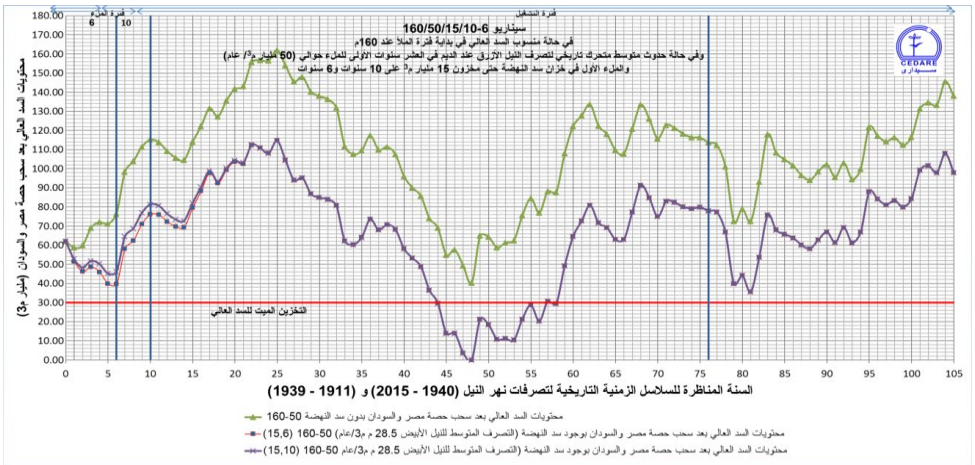
يوضح الرسم البياني أدناه أن العجز السنوي في هذا السيناريو كان يتراوح من ٠,٥ مليار متر مكعب إلى ٣,٥ مليار متر مكعب لكل من مصر والسودان لمدة ١٨ عاماً في بداية السلسلة وفترة ٣ سنوات بعد ٤٢ عاماً، مع عجز كلي حوالي ١٢٢ مليار متر مكعب لكلا البلدين.



شكل ٢٤. السيناريو: (١٧٥) ٤٥ (٦٢) / (٥) موضحاً العجز في حصص مصر والسودان

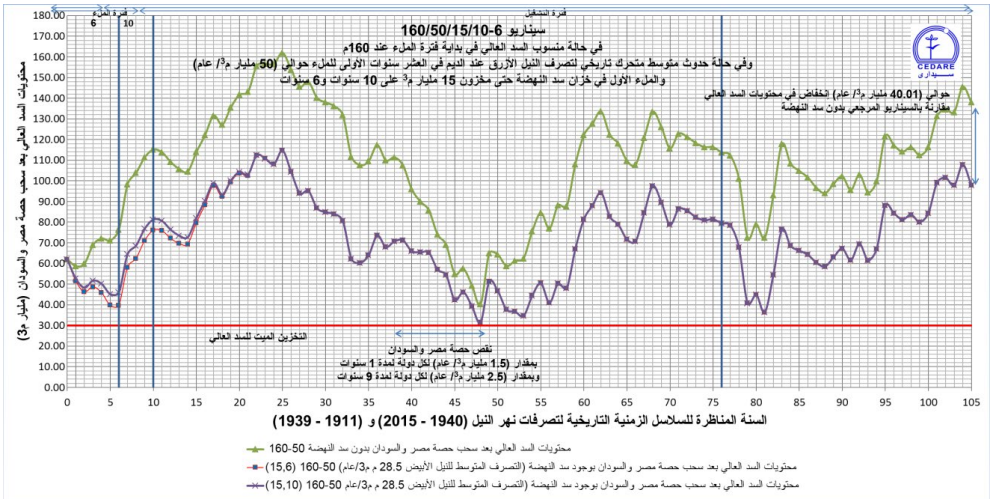
التشغيل بعد الملء خلال معدل تدفق (١٠ سنوات) مرتفع لسد النهضة (٥٠ مليار متر مكعب في السنة)

كما هو موضح أدناه في شكل ٢٥، يفترض هذا السيناريو سلسلة من التدفقات في بداية فترة الملء بمتوسط سنوي (١٠ سنوات) يساوي ٥٠ مليار متر مكعب في السنة (على غرار ما حدث في الفترة من ١٩٤٠ إلى ١٩٤٩)، ويتزامن مع مستوى خزان السد العالي في بداية هذه السلسلة على إرتفاع حوالي ١٦٠ م (أي ما يعادل تخزين السد العالي ٦٢ مليار متر مكعب). يفترض هذا السيناريو التشغيل السنوي عند حد أدنى للتخزين يبلغ ١٥ مليار متر مكعب. بلغت سنوات العجز لتلبية حصص مصر والسودان حوالي ١١ سنة بعد ٤٤ سنة من سلسلة ١٠٥ سنوات من التدفقات التاريخية المستخدمة.



شكل ٢٥. السيناريوهات: (١٦٠) ٥٠ (١٥) / (٦،١٠)

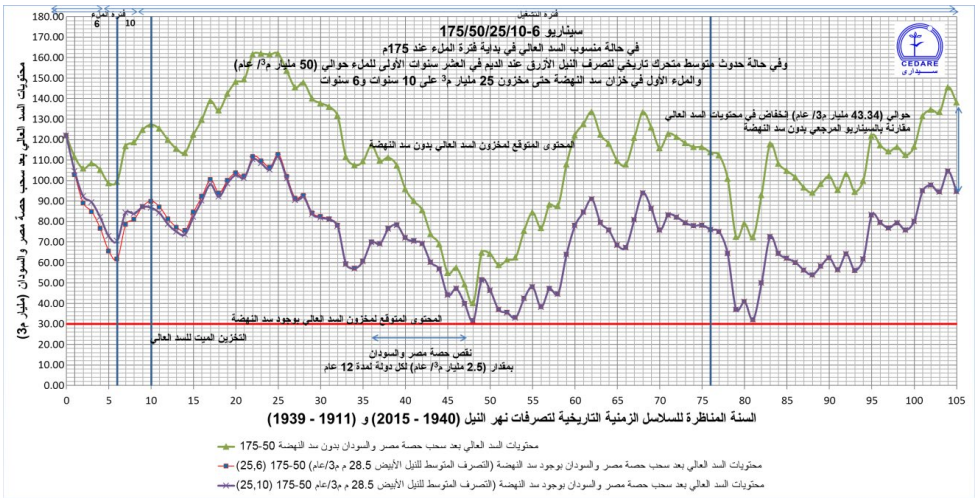
يوضح شكل ٢٦ أدناه أن العجز السنوي في هذا السيناريو يتراوح بين ١,٥ مليار متر مكعب و ٢,٥ مليار متر مكعب لكل من مصر والسودان لمدة ١٠ سنوات، مع عجز كلي بعد ٣٨ عاماً حوالي ٤٨ مليار متر مكعب لكلا البلدين.



شكل ٢٦. السيناريوهات: (١٦٠) ٥٠ (١٥) / (٦،١٠) موضحاً العجز في حصص مصر والسودان

كما هو موضــح أدناه في الشــكل ٢٧، يفترض هذا السيناريو سلسلة من التدفقات في بداية فترة الملء بمتوسط سنوي ١٠ سنوات يساوي ٥٠ مليار متر مكعب في السنة (على غرار ما حدث في الفترة من ١٩٤٠ إلى ١٩٤٩)، ويتزامن مع مستوى خزان السد العالي في بداية هذه السلسلة على إرتفاع حوالي ١٧٥ م (أي ما يعادل تخزين السد العالي ١٢٢ مليار متر مكعب). يفترض هذا السيناريو التشغيل السنوي عند حد أدنى للتخزين يبلغ ٢٥ مليار متر مكعب. بلغت سنوات العجز لتلبية حصص مصر والسودان حوالي ١٦ عاماً بعد ٣٦ عاماً من سلسلة ١٠٥ سنوات من التدفقات التاريخية المستخدمة.

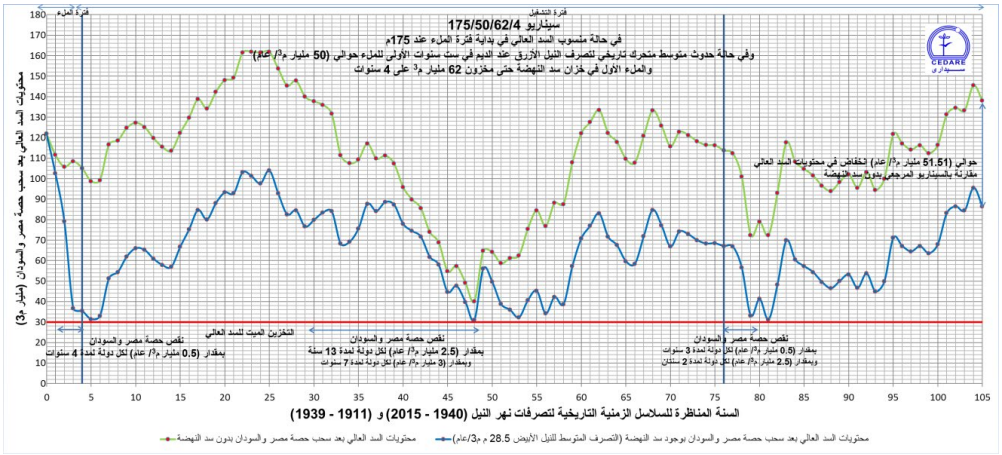
يوضح شكل ٢٧ أدناه أن العجز السنوي في هذا السيناريو كان حوالي ٢,٥ مليار متر مكعب لكل من مصر والسودان لمدة ١٢ عاماً، مع عجز كلي بعد ٣٦ عاماً من حوالي ٦٠ مليار متر مكعب لكلا البلدين.



شكل ٢٧. سيناريوهات: (١٧٥) ٥٠ (٢٥) / (٦،١٠) موضحاً العجز في حصص مصر والسودان

كما هو موضح أدناه في شكل ٢٨، يفترض هذا الســيناريو ســلسلة من التدفقات في بداية فترة الملء بمتوســط سنوي ١٠ سنوات يساوي ٥٠ مليار متر مكعب في السنة (على غرار ما حدث في الفترة من ١٩٤٠ إلى ١٩٤٩)، ويتزامن مع مستوى خزان السد العالي في بداية هذه السلسلة على إرتفاع حوالي ١٧٥ م (أي ما يعادل تخزين السد العالي ١٢٢ مليار متر مكعب). يفترض هذا السيناريو التشغيل السنوي عند حد أدنى للتخزين يبلغ ٦٢ مليار متر مكعب. بلغت سنوات العجز لتلبية حصص مصر والسودان حوالي ٢١ سنة في فترات مختلفة من سلسلة ١٠٥ سنوات من التدفقات التاريخية المستخدمة.

يوضح الشكل ٢٨ أدناه أن العجز السنوي في هذا السيناريو يتراوح من ٠,٥ مليار متر مكعب إلى ٣ مليار متر مكعب لكل من مصر والسودان لمدة ٢٩ عاماً، مع إجمالي عجز في الفترات المختلفة من السلسلة حوالي ١٢٤ مليار متر مكعب لكلا البلدين.



شكل ٢٨. السيناريو: (١٧٠) ٥٠ (٦٢) / (٤) موضحاً العجز في حصص مصر والسودان

سنوات وحجم العجز لسيناريوهات ملء وتشغيل سد النهضة

يوضح الجدول في شكل ٢٩ تحليل عدد سنوات العجز في المياه وحجم العجز في السيناريوهات المختارة لمصر والسودان، من أجل السلسلة التاريخية المحاكاة للتدفقات المستخدمة خلال "فترة التشغيل" بعد "الملء الأول" بمقدار ١٥ مليار متر مكعب والحفاظ على هذا التخزين كحد أدنى لمستوى التشغيل.

التشغيل بعد فترة ملء ١٥ مليار م³ والإبقاء علي هذا المخزون كحد أدنى أثناء التشغيل	متوسط الإيراد للنيل الأزرق في العشر سنوات الأولى للملء والتشغيل (م³/عام)	المنسوب أمام السد العالي في بداية السلسلة الزمنية ١٦٠ م				إجمالي حجم العجز لكل بلد	المنسوب أمام السد العالي في بداية السلسلة الزمنية ١٦٥ م				إجمالي حجم العجز لكل بلد	المنسوب أمام السد العالي في بداية السلسلة الزمنية ١٧٥ م				إجمالي حجم العجز لكل بلد
		المسحوب من مصر والسودان					المسحوب من مصر والسودان					المسحوب من مصر والسودان				
		٥٥,٥	٥٤	٥٣	٥٢,٥		٥٥,٥	٥٤	٥٣	٥٢,٥		٥٥,٥	٥٤	٥٣	٥٢,٥	
		١٨,٥	١٧	١٦	١٥,٥		١٨,٥	١٧	١٦	١٥,٥		١٨,٥	١٧	١٦	١٥,٥	
		حجم العجز (مليار م³/عام/ لكل دولة)					حجم العجز (مليار م³/عام/ لكل دولة)					حجم العجز (مليار م³/عام/ لكل دولة)				
		متغير	١,٥	٢,٥	٣		متغير	١,٥	٢,٥	٣		متغير	١,٥	٢,٥	٣	
		عدد سنوات العجز					عدد سنوات العجز					عدد سنوات العجز				
في حالة الملء على ١٠ سنوات	٥٠	١٥	١	٩		٢٤										
	٤٥											١٤		٨		٢٠
	٣٨						١٥		٤	٦	٢٨					
في حالة الملء ٦ سنوات	٥٠	١٥	١	٩		٢٤										
	٤٥											١٤		٨		٢٠
	٣٨						١٥		٤	٦	٢٨					

شكل ٢٩. سنوات وحجم العجز لمصر والسودان، للتشغيل على مخزون ١٥ مليار متر مكعب في نهاية العام

يوضح الجدول في شكل ٣٠ تحليل عدد سنوات وحجم العجز في السيناريوهات المختارة لمصر والسودان. بالنسبة للسلسلة التاريخية للتدفقات المستخدمة في المحاكاة خلال "فترة التشغيل" بعد "الملء الأول" بمقدار ٢٥ مليار متر مكعب والحفاظ على هذا التخزين كحد أدنى لمستوى التشغيل.

التشغيل بعد فترة ملء ٢٥ مليار م^3 والإبقاء علي هذا المخزون كحد أدنى أثناء التشغيل	متوسط الإيراد للنيل الأزرق في العشر سنوات الأولى للملء والتشغيل (م^3/عام)	المنسوب أمام السد العالي في بداية السلسلة الزمنية ١٧٠ م				إجمالي حجم العجز لكل بلد	المنسوب أمام السد العالي في بداية السلسلة الزمنية ١٧٥ م				إجمالي حجم العجز لكل بلد
		المسحوب من مصر والسودان					المسحوب من مصر والسودان				
		٥٥,٥	٥٤	٥٣	٥٢,٥		٥٥,٥	٥٤	٥٣	٥٢,٥	
		١٨,٥	١٧	١٦	١٥,٥		١٨,٥	١٧	١٦	١٥,٥	
		حجم العجز (مليار م^3/عام/ لكل دولة)					حجم العجز (مليار م^3/عام/ لكل دولة)				
		متغير	١,٥	٢,٥	٣		متغير	١,٥	٢,٥	٣	
		عدد سنوات العجز					عدد سنوات العجز				
في حالة الملء على ١٠ سنوات	٥٠						١٦		١٢		٣٠
	٤٥	١٧		١٢		٣٠					
	٣٨	١٥		١٣	٧	٢٨					
في حالة الملء ٦ سنوات	٥٠						١٦		١٢		٣٠
	٤٥	١٦		١٢		٣٠					
	٣٨	١٦		١٣	٧	٢٨,٥					

شكل ٣٠. سنوات وحجم العجز لمصر والسودان، لتشغيل سد النهضة على ٢٥ مليار متر مكعب مخزون في نهاية العام

يوضح الجدول في شكل ٣١ تحليل عدد سنوات وحجم العجز في السيناريوهات المختارة لمصر والسودان، وبالنسبة للسلسلة التاريخية للتدفقات المستخدمة في المحاكاة خلال "فترة التشغيل" بعد "الملء الأول" بمقدار ٦٢ مليار متر مكعب والحفاظ على هذا التخزين كحد أدنى لمستوى التشغيل.

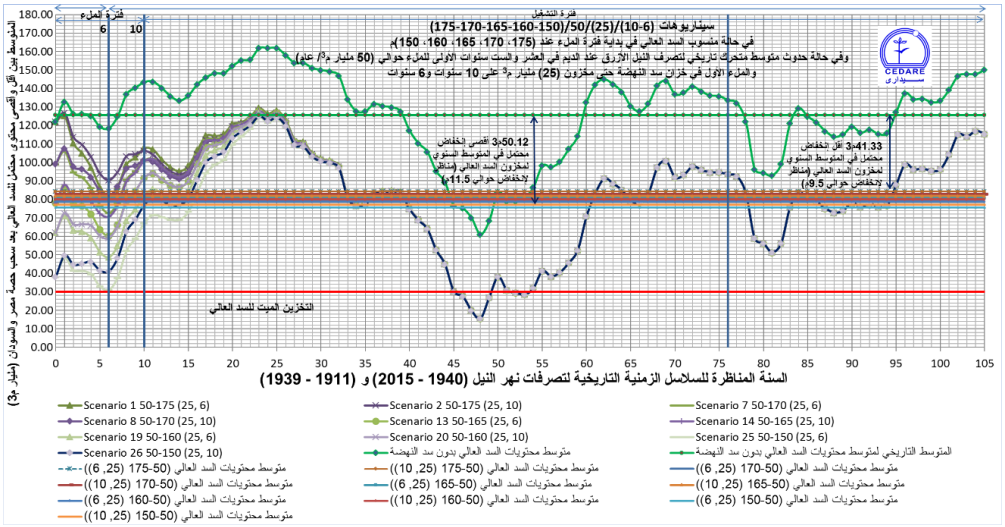
التشغيل بعد فترة ملء ٦٢ مليار م^3 والإبقاء علي هذا المخزون كحد أدنى أثناء التشغيل	متوسط الإيراد للنيل الأزرق في العشر سنوات الأولى للملء والتشغيل (م^3/عام)	المنسوب أمام السد العالي في بداية السلسلة الزمنية ١٧٥ م								إجمالي حجم العجز لكل بلد
		المسحوب من مصر والسودان								
		٥٥,٥	٥٥	٥٣,٥	٥٣	٥٢,٥	٥٢	٥١,٥	٥٠,٥	
		١٨,٥	١٨	١٦,٥	١٦	١٥,٥	١٥	١٤,٥	١٣,٥	
		حجم العجز (مليار م^3/عام/ لكل دولة)								
		متغير	٠,٥	٢	٢,٥	٣	٣,٥	٤	٥	
		عدد سنوات العجز								
في حالة الملء على ٤ سنوات	٥٠				١٥	٧				٦٢
في حالة الملء على ٥ سنوات	٤٥		٥		٤	٨	٧			٦١
في حالة الملء على ٦ سنوات	٣٨				٢	٢		٥	٥	٥٦

شكل ٣١. سنوات وحجم العجز لمصر والسودان، لتشغيل سد النهضة على ٦٢ مليار متر مكعب مخزون في نهاية العام

آثار سد النهضة على الطاقة الكهرومائية للسد العالي

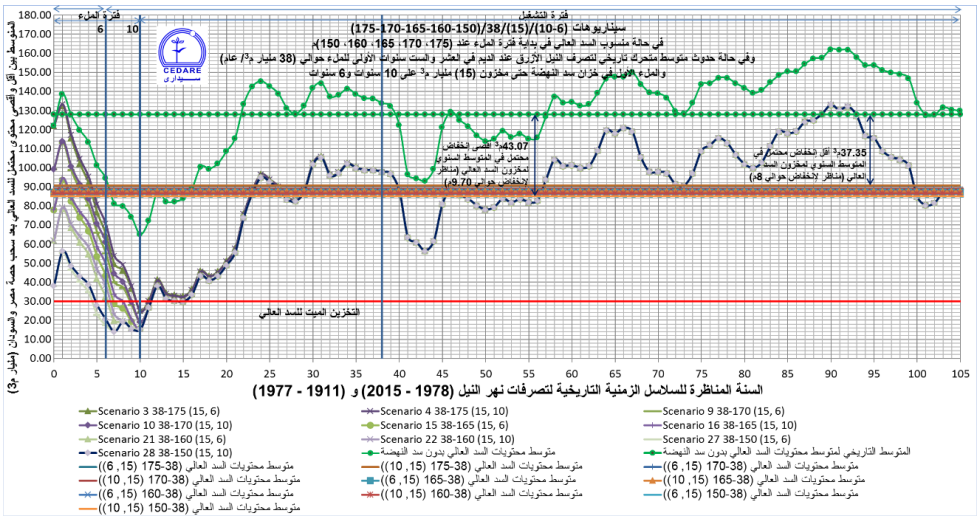
أما بالنسبة للطاقة الكهرومائية للسد العالي، فإن التأثير على نقص الطاقة الكهرومائية المتولدة من السد العالي مؤكد، ما لم يتم الاتفاق على تصريف كامل تدفقات النيل الأزرق خلال نفس الأشهر التي تصل فيها، دون توزيعها على مدار العام. فإن إنتاج الطاقة المائية المنتظم على مدار العام من سد النهضة يؤدي إلى انخفاض في متوسط مستويات المياه للسد العالي، حتى لو وافقت الدول الثلاثة على تصريف التدفق بالكامل سنوياً بعد فترة الملء. من المتوقع أن تنخفض الطاقة الكهرومائية المولدة من السد العالي بنسبة ٢٤ إلى ٤٠ في المئة بسبب سد النهضة. على الرغم من أن الطاقة الكهرومائية في السد العالي لا تمثل نسبة كبيرة من الطاقة المولدة على المستوى الوطني في مصر، إلا أنها تمثل حوالي ثلث الطاقة الكهرومائية للتوربينات التي يتم إنشاؤها بسد النهضة وتساهم في توفير احتياجات محافظتين أو أكثر في صعيد مصر.

يوضح الرسم البياني أدناه في شكل ٣٢ سيناريوهات الانخفاض في متوسط مستويات ومحتويات السد العالي التي تؤثر على توليد الطاقة الكهرومائية بسبب تشغيل سد النهضة عند مستوى تشغيل أدنى يعادل حجم تخزين يبلغ ٢٥ مليار متر مكعب وضمان عودة مستويات سد النهضة إلى ذلك المستوى بنهاية السنة الهيدرولوجية. تؤدي هذه السيناريوهات إلى انخفاض الحد الأقصى لمتوسط تخزين الخزان في السد العالي بحوالي ٥٠ مليار متر مكعب، وانخفاض أقصى يبلغ حوالي ١١,٥ متراً في متوسط منسوب المياه في السد العالي، وإنخفاض أدنى في مستوى المنسوب حوالي ٩,٥ متر.



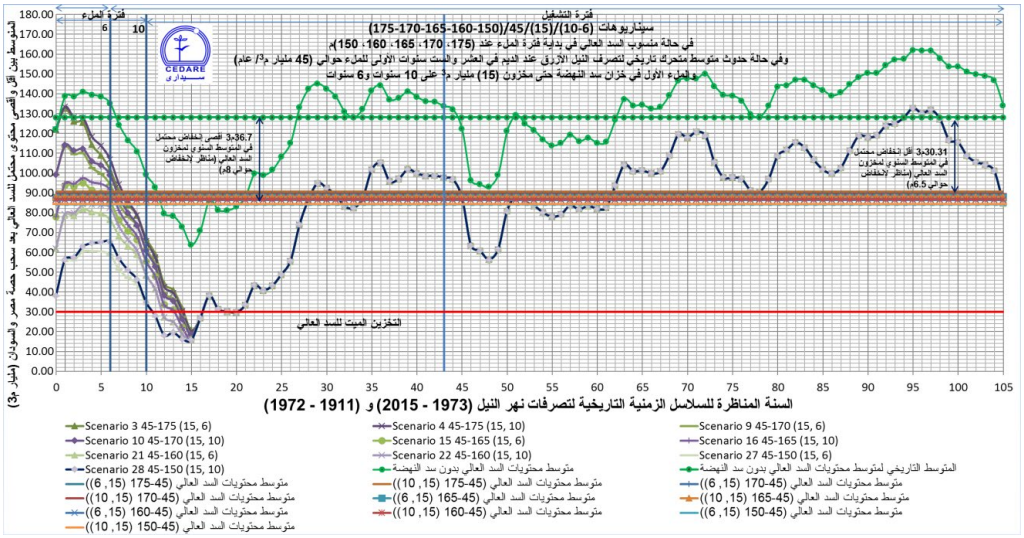
شكل ٣٢. متوسط محتويات السد العالي والمناسيب للسيناريوهات:
(١٥٠، ١٦٠، ١٦٥، ١٧٠، ١٧٥) ٥٠ (٢٥) / (٦،١٠)

يوضح الرسم البياني أدناه في شكل ٣٣ سيناريوهات الانخفاض في متوسط مناسيب ومحتويات السد العالي التي تؤثر على توليد الطاقة الكهرومائية بسبب تشغيل سد النهضة عند مستوى تشغيل أدنى يعادل حجم تخزين يبلغ ١٥ مليار متر مكعب والتأكد من عودة مستويات سد النهضة إلى ذلك المستوى عند نهاية السنة الهيدرولوجية. تؤدي هذه السيناريوهات إلى انخفاض الحد الأقصى لمتوسط تخزين الخزان في السد العالي بحوالي ٤٣ مليار متر مكعب، وانخفاض أقصى يبلغ حوالي ٩,٧ متر في متوسط منسوب المياه في السد العالي. وإنخفاض أدنى في مستوى المناسيب قدرة ٨,٥ متر.



شكل ٣٣. متوسط محتويات السد العالي والمناسيب للسيناريوهات:
(١٥٠، ١٦٠، ١٦٥، ١٧٠، ١٧٥) ٣٨ (١٥) / (٦،١٠)

يوضح الرسم البياني أدناه في شكل ٣٤ سيناريوهات الانخفاض في متوسط مناسيب ومحتويات السد العالي التي تؤثر على توليد الطاقة الكهرومائية بسبب تشغيل سد النهضة عند مستوى تشغيل أدنى يعادل حجم تخزين يبلغ ١٥ مليار متر مكعب والتأكد من عودة مستويات سد النهضة إلى ذلك المستوى عند نهاية السنة الهيدرولوجية. تؤدي هذه السيناريوهات إلى انخفاض في متوسط تخزين الخزان من السد العالي من حوالي ٣٠ مليار متر مكعب إلى ٣٧ مليار متر مكعب، وانخفاض من حوالي ٦،٥ متر إلى ٨ متر في متوسط منسوب المياه في السد العالي.



شكل ٣٢. متوسط محتويات السد العالي والمناسيب للسيناريوهات:
(١٥٠، ١٦٠، ١٦٥، ١٧٠، ١٧٥) ٤٥ (١٥) / (٦،١٠)

يوضح الجدول أدناه في شكل ٣٥ أن السيناريوهات المستخدمة تؤدي إلى انخفاض في ضاغط توليد الطاقة الكهرومائية يتراوح بين ٢٤ ٪ إلى ٤٠ ٪، والتي سيكون لها تأثير مماثل على انخفاض الطاقة الكهرومائية الناتجة عن السد العالي بسبب وجود سد النهضة. ويرجع ذلك إلى انخفاض في متوسط مناسيب السد العالي المناظرة لانخفاضات التخزين المتوسط بين ٣٠ مليار متر مكعب و ٥٠ مليار متر مكعب.

	متوسط الإيراد في العشر سنوات الأولى للملء والتشغيل	أقل إنخفاض في متوسط مخزون السد العالي	أقصى إنخفاض في متوسط مخزون السد العالي	أقل إنخفاض في متوسط المناسيب في السد العالي	أقصى إنخفاض في متوسط المناسيب في السد العالي	أقل % إنخفاض في ضاغط توليد الطاقة	أعلى % إنخفاض في ضاغط توليد الطاقة
التشغيل	٥٠	٣٧,٢٨	٤٥,١٧	٨,٣٠	١٠,٣٠	%٢٩	%٣٦
على ١٥	٤٥	٣٠,٣١	٣٦,٧٠	٦,٥٠	٨,٠٠	%٢٤	%٢٩
مليار م٣	٣٨	٣٧,٣٥	٤٣,٠٧	٨,٠٠	٩,٧٠	%٢٧	%٣٣
التشغيل	٥٠	٤١,٣٣	٥٠,١٢	٩,٥٠	١١,٥٠	%٣٣	%٤٠
على ٢٥	٤٥	٣٤,٣٠	٤٠,٨٩	٧,٠٠	٩,٠٠	%٢٥	%٣٣
مليار م٣	٣٨	٤١,٦٩	٤٦,٨٢	٩,٢٠	١٠,٢٠	%٣٢	%٣٥

شكل٣٥. تقديرات الإنخفاض في توليد الطاقة الكهرومائية للسد العالي المتعلقة بالإنخفاض في المحتويات والمناسيب

الإستنتاجات

توضح الدراسة أن هناك عجز في تحقيق حصص مصر والسودان في جميع السيناريوهات تقريباً. أكبر تأثير على الحصص السنوية لمصر (٥٥,٥ مليار متر مكعب) والسودان (١٨,٥ مليار متر مكعب) بعد الانتهاء من الملء وتشغيل سد النضة هو حجم التخزين الميت (تخزين يصل إلى أعلى مستوى التوربينات)، حجم الملء الأول ومتوسط حجم التخزين السنوي، والذي يؤثر على حجم فواقد البخر والتسرب. الآثار التراكمية لتلك الفواقد لها تأثير كبير على حجم التخزين في خزان السد العالي. كلما انخفض متوسط التخزين السنوي لخزان سد النهضة، انخفض التبخر وفواقد التسرب من سد النهضة وإنخفض التأثير على تدفق نهر النيل الأزرق إلى مصر والسودان. وسوف يؤدي سد النهضة إلى انخفاض في الطاقة الكهرومائية الناتجة من السد العالي بسبب تشغيل توربينات السد العالي بمنسوب متوسط أقل من السيناريو المرجعي قبل إنشاء سد النهضة.

حجم الملء الأول أو الحد الأدنى لمنسوب التشغيل في سد النهضة هو عامل مؤثر على التأثير التراكمي لفواقد البخر والتسرب أثناء التشغيل وهو التأثير الرئيسي على الحد من تدفقات النيل الأزرق إلى مصر والسودان. الاتفاق على قواعد التشغيل السنوي لا يقل أهمية، إن لم يكن أكثر أهمية، من الاتفاق على قواعد الملء الأول. قد يحدث الخطر الأكبر في فترة التشغيل وليس في فترة الملء، لذلك قد يحدث التأثير الحقيقي لسد النهضة في السنوات التالية للملء وخلال فترة التشغيل. على المدى الطويل، تتقارب جميع سيناريوهات الملء، وسيكون التأثير الكبير لسد النهضة خلال التدفقات الطبيعية المنخفضة للنيل الأزرق.

التوصيات

توصي الورقة بأهمية سرعة الانتهاء من الدراسات الرسمية المشتركة بين الثلاث دول للاتفاق على الآثار المحتملة لسد النهضة ومن ثم الاتفاق على قواعد الملء الأول والتشغيل السنوى لتقليل حجم الآثار السلبية على مصر والسودان. وتوصي بضرورة الإتفاق على حجم الملء الأول قبل الحديث عن سنوات الملء، وربطه بقواعد التشغيل والإتفاق على قواعد الملء أخذاً في الإعتبار قواعد التشغيل وعدم الفصل بينهم. كما توصي بدراسة جدوى وقف الإنشاء بسد النهضة عند منسوب أقل من الحجم التصميمي الحالي لسد النهضة والمعروف ب ٧٤ مليار متر مكعب والتشغيل على متوسط مناسيب منخفض لتقليل الآثار السلبية على مصر والسودان فى المصب، والإكتفاء بالسعة التخزينية اللازمة فقط لاستيعاب الفيضان خلال أشهر الفيضان.

ضرورة إبرام اتفاق تفصيلي بين مصر والسودان وأثيوبيا حول قواعد الملء الأول والتشغيل السنوى والآلية المقترحة للتنسيق فى إدارة السدود بالدول الثلاث. وتؤكد الدراسة على أهمية تضمين الاتفاق التفصيلي إلتزام من أثيوبيا بعدم إستخدام مياه بحيرة سد النهضة في أغراض إستهلاكية والتأكيد على ما جاء في إتفاق إعلان المبادئ وفي تصريحات رؤساء الحكومات الأثيوبية المتعاقبة من أن إنشاء السد بغرض توليد الطاقة، وذلك لضمان الأمن المائي لدول المصب. كما توصي الدراسة بتقييم سبل التعويض للآثار السلبية المحتملة على حصص مصر والسودان من المياه وعلى النقص في الكهرباء المولدة من السد العالى إعمالا بما نص عليه إتفاق إعلان المبادئ من مناقشة مسألة التعويض.

أهمية الإتفاق على أن يكون حجم الملء الأول هو التخزين الميت المعروف بأقل مخزون ببحيرة سد النهضة أعلى التوربينات الرئيسية مباشرة والمقدر بحوالي ١٥ مليار م٣، وعلى أهمية أن ينخفض مخزون سد النهضة إلى حجم الملء الأول في نهايه العام المائي كل سنة بعد تفريغ الإيراد السنوي للنيل الأزرق، لتقليل التأثير التراكمي لفواقد البخر والتسرب ولاستيعاب فيضان العام التالى بخزان سد النهضة. كما توصي الدراسة بأن يبدأ التفاوض في أسرع وقت حول المبادئ العامة لقواعد الملء والتشغيل السنوي ومعايير الضرر والتعويض وبالتوازي مع إجراء الدراسات التي ستعتمد عليها القرارات والاتفاقات النهائية حول قواعد الملء والتشغيل والتعويض، إذا ثبت إحتمال وقوع الضرر وتم إقرار قبوله.

المراجع

Abeyou Wale (2008). "Hydrological Balance of Reservoir Tana Upper Blue Nile Basin", Thesis submitted to the International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Ethiopia, April 2008.

Abu-Zeid, Mahmoud. (2010). "Arab and African Water in the Twenty First Century". El-Tobgy Foundation for Trading, Printing and Publishing, Cairo..

AbuZeid, K. (2018). "Egypt State of the Water Indicators – 2015", Workshop, Cairo, December 2018

AbuZeid, K. (2017a) "Potential Impacts of Grand Ethiopian Renaissance Dam (GERD) on Egypt & Sudan", Water Resources Program, Centre for Environment and Development Center for the Arab Region and Europe (CEDARE).

AbuZeid, K. (2017b), "Potential Impacts of Grand Ethiopian Renaissance Dam on Nile Water Availability for Egypt and Sudan", "Shared Waters in the Arab Region: Potential Transboundary Impacts & Cooperation Opportunities", 4th Arab Water Forum AWC, 27 November 2017, Cairo, Egypt.

AbuZeid, K. (2012). The Watercourse/Blue Water & River Basin/Green Water Approach to Win-Win Solutions in Transboundary River Basin Management" The Official Journal of the Arab Water Council, Pages 1-15, Volume 3, No. 1, July 2012, ISSN 1996-5699.

AbuZeid, K., CEDARE & Fayoum University (2016). "Chapter IV: Impacts of the Operation of the GERD", Water Resources Program (Center for Environment & Development for Arab Region & Europe - CEDARE), "Economic Impacts of the GERD on Water, Agriculture and Egypt's National Security", Institute of Research and Strategic Studies on the Nile Basin Countries (Fayoum University).

Islam Abou El-Magd and Elham Ali (2012), "Estimation of the evaporative losses from Reservoir Nasser, Egypt, Using Optical Satellite Imagery", National Authority for Remote Sensing & Space Sciences, Suez University, Article in International Journal of Digital Earth, March 2012.

Kamalddin E. Bashar and Mohanad O. Mustafa (2009). “Water Balance Assessment of the Roseires Reservoir”. Intermediate Results Dissemination Workshop, UNESCO, Ministry of Irrigation and Water Resources (Sudan) February 5-6, 2009, Addis Ababa, Ethiopia.

Ministry of Water Resources and Irrigation (MWRI) (2004). “Central Directorate for Nile Water Control Yearly Report”, 2003-2004. Pp 44.

Said, Rushdi. (1993). “Geology, Hydrology and Utilization.” The River Nile. Pergamon Press, Oxford, 1993. Pp 123..

مجلة المجلس العربى للمياه
Arab Water Council Journal

المجلس العربى للمياه
Arab Water Council

The Official Journal
of the Arab Water Council

Indexed in
EBSCO
INFORMATION SERVICES

Volume 9, No.2, December 2018
ISSN 1996 - 5699