البـــاب الأول

"المـوارد المائيـة فـى مصـــر"

جـدول المحتـويات

الموضـــوع	الصفحة
جدول المحتويات	٣١
قائمة الجداول	٣٦
قائمة الأشكال	٣٨
١- مقدمة	٣٩
١-١ تمهيد	٣٩
١-٢ الأمطار والسيول	٤٠
١-٣ نهر النيل	٤٠
١-٤ المياه الجوفية	٤١
١-٥ تدوير عوادم الاستخدامات المائية	٤١
١-٦ التحلية	٤٢
١-٧ الرصيد المائى لمصر	٤٢
٢- الأمطار والسيول	٤٣
٢-١ تمهيد	٤٣
٢-٢ خصائص الأمطار فى مصر	٤٤
٢-٣ التوزيع الزمانى والمكانى للأمطار	٤٦
٢-٤ استغلال مياه الأمطار	٤٨
٢-٥ السيول وأسباب وأماكن حدوثها	٥١
٢-٦ كيفية مجابهة السيول والحد من خطورتها	٥٥
٢-٧ الاستفادة بمياه السيول	٥٧
٣- نهر النيل	٥٩
٣-١ تمهيد	٥٩

الموضـــوع	الصفحة
٣-٢ الإمكانات المائية لنهر النيل	٥٩
٣-٢-١ الهضبة الإثيوبية	٦١
٣-٢-٢ الهضبة الاستوائية	٦٣
٣-٢-٣ حوض بحر الغزال	٦٥
٣-٢-٤ إمكانات توليد الطاقة الكهربائية	٦٧
٣-٢-٥ المياه الجوفية	٦٨
٣-٢-٦ الثروة السمكية	٦٩
٣-٣ الدراسات البيئية عن نهر النيل	٧٠
٣-٣-١ مشروع الدراسات البيئية لهضبة البحيرات الاستوائية	٧٠
٣-٣-٢ الدراسة التشخيصية للمشكلات البيئية فى حوض نهر النيل	٧٠
٣-٣-٣ الرؤية المشتركة والدراسات التى اتفق عليها فى مبادرة البنك الدولى	٧١
٣-٤ التعاون بين دول حوض النيل	٧١
٣-٤-١ التعاون على المستوى الثنائى	٧١
٣-٤-٢ التعاون على المستوى الإقليمى	٧٦
٣-٥ الرؤية المستقبلية لتنمية موارد نهر النيل	٨٢
٣-٥-١ الهضبة الاستوائية	٨٢
٣-٥-٢ الهضبة الإثيوبية	٨٥
٣-٦ تأثير مشروعات أعالى النيل على حصة مصر المائية	٨٧
٣-٦-١ الهضبة الاستوائية	٨٧
٣-٦-٢ الهضبة الإثيوبية	٨٨
٣-٧ مشروعات أعالى النيل لزيادة حصة مصر والسودان	٨٩
٣-٧-١ مشروع تقليل الفاقد من مستنقعات بحرى الجبل والزراف ومشروع قناة جونجلى	٩٠
٣-٧-٢ مشروع تقليل الفاقد من مستنقعات مشار وحوض نهر السوباط	٩٣

الموضـــوع	الصفحة
٣-٧-٣ مشروع تقليل الفاقد من منطقة مستنقعات حوض بحر الغزال	٩٣
٣-٧-٤ الآثار البيئية للمشروعات المقترحة	٩٤
٣-٨ التحديات التي تواجه تنمية نهر النيل	٩٧
٣-٨-١ الظروف الاقتصادية لدول حوض النيل	٩٧
٣-٨-٢ الظروف السياسية والخلافات العرقية والقبلية	٩٧
٣-٨-٣ الإمكانات البشرية والمؤسسية فى مجال تنمية الموارد المائية	٩٨
٣-٩ منهج التعاون مع الدول النيلية	١٠٠
٤- موارد المياه الجوفية	١٠٤
٤-١ تمهيد	١٠٤
٤-٢ الأوضاع الجيولوجية للخزانات الجوفية وخصائصها الهيدروجيولوجية	١٠٦
٤-٢-١ الخزان الجوفى بوادى النيل والدلتا	١٠٦
٤-٢-٢ الخزانات الساحلية على البحرين المتوسط والأحمر	١١٤
٤-٢-٣ الخزان الجوفى بمكون رمال المغرة	١٢٨
٤-٢-٤ الخزان الجوفى بالصخور الجيرية المتشققة	١٣١
٤-٢-٥ الخزان الجوفى بمكون رمال النوبيا	١٣٦
٤-٢-٦ الخزان الجوفى بصخور القاعدة	١٤٦
٤-٣ إمكانيات المياه الجوفية المتاحة	١٤٩
٤-٣-١ الخزان الجوفى بوادى النيل والدلتا	١٤٩
٤-٣-٢ الخزانات الجوفية الساحلية	١٥٤
٤-٣-٣ الخزان الجوفى بمكون رمال المغرة	١٥٨
٤-٣-٤ الخزان الجوفى بالصخور الجيرية المتشققة	١٥٩
٤-٣-٥ الخزان الجوفى بمكون رمال النوبيا	١٥٩
٤-٤ تلوث المياه الجوفية	١٦٦
٤-٤-١ منطقة الدلتا وحوافها الصحراوية	١٦٧

الموضـــوع	الصفحة
٤-٤-٢ مناطق الصحراء الغربية والشرقية	١٦٩
٤-٤-٣ منطقة الساحل الشمالى الشرقى	١٦٩
٤-٥ إجراءات حماية مصادر المياه الجوفية من التدهور	١٧٠
٤-٦ اقتصاديات المياه الجوفية	١٧١
٥- إعادة استخدام مياه الصرف الزراعى	١٧٥
٥-١ تمهيد	١٧٥
٥-٢ الممارسات الحالية لإعادة استخدام مياه الصرف	١٧٦
٥-٢-١ إعادة الاستخدام على نهر النيل وفرعيه	١٧٦
٥-٢-٢ إعادة استخدام مياه الصرف على بحر يوسف والفيوم	١٧٩
٥-٢-٣ إعادة استخدام مياه الصرف على ترع منطقة الدلتا	١٨٠
٥-٢-٤ الاستخدامات غير القانونية لمياه الصرف	١٨٢
٥-٢-٥ تقييم الممارسات الحالية لإعادة الاستخدام	١٨٣
٥-٣ كميات مياه الصرف ونوعيتها بالدلتا	١٨٥
٥-٣-١ تصنيف مياه الصرف الزراعى بالدلتا	١٨٥
٥-٣-٢ الكميات المتاحة للتوسع فى إعادة الاستخدام	١٨٩
٥-٤ أهم معوقات التوسع فى إعادة استخدام مياه الصرف	١٩١
٥-٤-١ الحفاظ على الحياة الطبيعية فى البحيرات الشمالية	١٩١
٥-٤-٢ التوازن الملحى لأراضى الدلتا	١٩٢
٥-٤-٣ التعارض مع برامج تطوير الرى السطحى	١٩٣
٥-٤-٤ تأثير مشروع توشكى على كميات ونوعيات مياه الصرف	١٩٣
٥-٥ الآثار البيئية المحتملة لإعادة استخدام مياه الصرف الزراعى	١٩٣
٦- إعادة استخدام مياه الصرف الصحى	١٩٦
٦-١ تمهيد	١٩٦

الموضـــوع	الصفحة
٦-٢ كميات مياه الصرف الصحى الحالية والمستقبلية	١٩٦
٦-٣ نسبة الكميات المعالجة الحالية والمستقبلية	١٩٨
٦-٤ الممارسات الحالية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى	٢٠٠
٦-٥ خطط الدولة للتوسع فى إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة	٢٠١
٦-٦ الاثار البيئية المحتملة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة	٢٠٢
٦-٦-١ الآثار البيئية المحتملة على النبات	٢٠٢
٦-٦-٢ الآثار البيئية المحتملة على البيئة المحيطة	٢٠٤
٧- تحلية مياه البحر والمياه الضاربة إلى الملوحة	٢٠٦
٧-١ تمهيد	٢٠٦
٧-٢ طرق التحلية المختلفة	٢٠٧
٧-٣ استهلاك الطاقة	٢١١
٧-٤ المحطات الثنائية الغرض	٢١٣
٧-٥ تحلية المياه واقتصادياتها	٢١٤
٨- الخلاصة	٢١٧
٩- المراجع	٢٢١

قائمة الجداول

الجدول		الصفحة
(٢-١)	السيول بصعيد مصر خلال العقود الثلاثة الأخيرة	٥٣
(٢-٢)	السيول بشبه جزيرة سيناء خلال العقود الثلاثة الماضية	٥٤
(٣-١)	إمكانيات توليد الطاقة الكهربائية بحوض نهر النيل	٦٨
(٣-٢)	تقديرات دول شرق افريقيا لاستخداماتها المائية	٨٤
(٣-٣)	مستوى دخل الفرد فى دول حوض النيل	٩٩
(٤-١)	مناطق الأولوية لتنمية واستغلال الخزان الجوفى بمكون رمال المالحة بسيناء	١٤٨
(٤-٢)	إمكانيات المياه الجوفية المتاحة فى خزان وادى النيل ومعدلات السحب الحالى والمستقبلى (مليون متر مكعب /سنة)	١٥١
(٤-٣)	إمكانيات المياه الجوفية المتاحة من خزان الدلتا الجوفى ومعدلات السحب الحالى والمستقبلى (مليون متر مكعب /سنة)	١٥٣
(٤-٤)	معدلات التغذية السنوية وكميات السحب من الخزان الجوفى بالشريط الساحلى العريش /الشيخ زويد / رفح (مليون متر مكعب /سنة)	١٥٧
(٤-٥)	إمكانيات المياه الجوفية المتاحة من خزان رمال النوبيا بالصحراء الغربية ومعدلات السحب الحالى والمستقبلى (مليون متر مكعب /سنة)	١٦١
(٤-٦)	معدلات السحب المقترحة من الخزان الجوفى لرمال المالحة بسيناء (مليون متر مكعب /سنة)	١٦٥
(٤-٧)	تكلفة إنتاج وحدة المياه فى الخزانات الجوفية فى مصر	١٧٤
(٥-١)	كميات وتركيز الأملاح بمياه الصرف المعاد استخدامها خلال الفترة ٨٥/٨٤ - ٩٦/٩٥	١٨١
(٥-٢)	كميات (مليون متر مكعب) ودرجة ملوحة (جزء فى المليون) مياه	١٨٧

الجـــدول	الصفحة
الصرف المتدفقة إلى البحر خلال الفترة ٨٥/٨٤ – ٩٦/٩٥	
(٦-١) المستويات المختلفة لمعالجة مياه الصرف الصحى والاستفادة منها	٢٠٣
(٨-١) الرصيد المائى الحالى والمستقبلى لمصر (مليار متر مكعب / السنة)	٢١٨

قائمــة الأشــكال

الشـــكل		الصفحة
(٢-١)	المعدل السنوى لكمية الهطول بالملليمتر	٤٧
(٣-١)	حوض نهر النيل ومنابعه	٦٠
(٤-١)	الأقسام الجغرافية فى جمهورية مصر العربية	١٠٥
(٤-٢)	التوزيع السطحى لأحواض الخزانات الجوفية الرئيسية فى مصر	١٠٧
(٤-٣)	قطاع هيدروجيولوجى لوادى النيل	١٠٨
(٤-٤)	قطاع هيدروجيولوجى لدلتا النيل	١١١
(٤-٥)	خريطة الضغوط البيزومترية للخزان الجوفى بالدلتا وحوافها	١١٣
(٤-٦)	مناطق الخزانات الساحلية بسيناء	١١٧
(٤-٧)	الخزانات الجوفية بالصحراء الشرقية وساحل البحر الأحمر	١٢٥
(٤-٨)	الخزان الجوفى بمكون المغرة بالصحراء الغربية	١٢٩
(٤-٩)	حدود حوض الخزان الجوفى لمكون رمال النوبيا	١٣٧
(٤-١٠)	خريطة السمك الكلى لتكوين رمال النوبيا بالصحراء الغربية	١٣٩
(٤-١١)	خريطة الضغوط البيزومترية للخزان الجوفى برمال النوبيا بالصحراء الغربية	١٤٠
(٤-١٢)	خريطة الضغوط البيزومترية للخزان الجوفى بمكون رمال المالحة بسيناء	١٤٥
(٤-١٣)	إمكانيات مصادر المياه الجوفية بالخزان الجوفى لرمال النوبيا بالصحراء الغربية	١٦٢
(٦-١)	حجم تصرفات الصرف الصحى بمحافظات مصر	١٩٧
(٦-٢)	السعة التصميمية لمحطات الصرف والعجز والزيادة فى السعة	١٩٩

١- مقدمـــة

١-١ تمهيد

يقدم هذا الباب تقييماً للموارد المائية المصرية التقليدية وغير التقليدية ومدى استغلالها فى الوقت الحاضر وإمكانات تنميتها فى المستقبل المنظور، وقد اعتمد هذا التقييم على الدراسات السابقة والتى قامت بها جـــهات تنفيذيـــة وأكاديميـــة وبعض المشاريع والدراسات التى قامت بها جهات أجنبيـــة لصـــالح الجـــهات التنفيذية. وفى نفس الوقت انعكست خبرة القائمين على هذه الدراسة فى تحليـــل نتائج الدراسات السابقة وترجيح ما هو صحيح منها مع الإشارة إلى الحاجة إلـــى دراسات إضافية لبعض الموارد المائية للتأكد من إمكاناتـــها وكيفيـــة إدارتـــها واستغلالها.

وتتمثل الموارد المائية المتوفرة أساساً فى حصة مصر من مياه النيل والتـــى تبلغ ٥٥,٥ مليار متر مكعب سنوياً حسب اتفاقية مصر والسودان عـــام ١٩٥٩م، والكميات المحدودة من مياه الأمطار والسيول، والمياه الجوفيـــة العميقـــة فـــى الصحراء سواء الغربية أم الشرقية وفى سيناء وهى غير متجددة تقريباً ويمكـــن استغلالها خلال فترات زمنية طويلة يخطط لها حسب الظروف التنموية وحسـب مدى الحاجة لمياهها. أمّا موارد المياه غير التقليدية فتشمل إعادة استخدام عوادم استخدامات الزراعة والصناعة والسكان من مياه صـــرف زراعـــى وصحـــى وصناعى، واستغلال المخزون الجوفى الضحل فى الدلتا والوادى والذى تـــأتى مياهه من تسرب مياه النيل أو من الترع والمصارف ومياه الزراعـــة، وأخـــيراً التحلية كمورد مائى يمكن استغلاله خاصة على شواطئ مصر الممتـــدة شـــرقاً وشمالاً وأيضاً لبعض الأحواض الجوفية ذات المياه الضاربة للملوحة.

١-٢ الأمطـــار والسيـــول

يقدم هذا الباب عرضاً سريعاً لأنواع العواصف الممطرة فى مصر وأسباب حدوثها وكمياتها وتوزيعها المكانى والزمانى، مع توصيات لكيفية استغلالها بما يزيد من رصيد مصر المائى. وتتطرق الدراسة أيضاً لظاهرة السيول والتى تحدث بسيناء وجنوب مصر وأسباب حدوثها وكمياتها، وتعرض الوسائل المختلفة للحماية من أخطار السيول مع الاستفادة بمياهها فى تعزيز مواردنا المائية المحدودة.

١-٣ نهـر النيـــل

يقدم هذا الباب تحليلاً لإمكانات نهر النيل المائية من خلال استعراض أهم روافده فى الهضبة الإثيوبية والهضبة الاستوائية وحوض بحر الغزال، والفواقد المائية الهائلة فى منابعه المختلفة. ويقدم الباب أيضاً عرضاً لإمكانات نهر النيل فى توليد طاقة كهرومائية ستكون لها آثار اقتصادية إيجابية على شعوب دول الحوض، بالإضافة إلى إمكانات أخرى من ثروة سمكية ومياه جوفية متجددة يمكن الاعتماد عليها فى التنمية وخاصة فى دول المنبع. ونستعرض هنا أيضا برامج التعاون ما بين دول الحوض والاتفاقيات والمعاهدات الموقعة بينها، وآفاق تطوير هذا التعاون بما يعود على جميع دول الحوض بالفائدة، ومحددات وتحديات هذا التطوير، مع تحليل لأثر مشاريع أعالى النيل على حصتى مصر والسودان. وتتطرق الدراسة للمشاريع الممكن تنفيذها مع السودان لزيادة الحصة المائية لكل منهما وذلك فى مناطق السدود ومستنقعات مشار ومستنقعات بحر الغزال. وتختتم الدراسة بتصور مصر لمنهج التعاون المستقبلى مع دول الحوض بما يحفظ حقوق مصر المائية ويزيد من أواصر التعاون مع هذه الدول وتلبية احتياجاتها.

١-٤ الميـــاه الجوفيـــة

تم تصنيف الأحواض الجوفية فى مصر إلى ٦ خزانات منها خزان حـوض وادى النيل والدلتا، والخزانات الساحلية والخزان الجوفى بتكوين رمال المغـرة، والخزان الجوفى بالصخور الجيرية، والخزان الجوفى بمكون رمـــال النوبيـا، والخزان الجوفى بصخور القاعدة. وتعرض هذه الدراسة وصفاً لهيدروجيولوجية هذه الخزانات الجوفية مع تصنيف لمعاملاتها الهيدروليكية وتحليـــل لمعـدلات التغذية إن وجدت سواءً من الأمطار أم من المسطحات المائية. وتتطرق الدراسة إلى حجم المخزون الجوفى وإمكانات استغلاله مع حصر للاستخدامات الحاليـــة لمياه هذه الخزانات، وتناقش مشاكل تلوث المياه الجوفية من حيـــث مصادرهـا وتأثيرها على المخزون الجوفى والإجراءات المطلوبة لحماية هذه الثروة المائيـة من الاستنزاف والتلوث. وأخيراً تنتهى هذه الدراسة بتقييم تكاليف استغلال ميـاه هذه الخزانات المختلفة.

١-٥ تدوير عوادم الاستخدامات المائية

تدوير الصرف الزراعى والصحى من الممارسات المائية المســتقرة فـى مصر والمستخدمة من عشرات السنين لزيادة كفاءة المنظومة المائية وللإيفـــاء بالاحتياجات المائية المتزايدة. وتمثل مياه الصرف الزراعى أهم هذه المـــوارد، حيث يستخدم من هذه المياه كميات هائلة سواءً عن طريـــق محطـات الخلـط الحكومية أو عن طريق المزارعين أنفسهم لزراعة المحاصيل الشرهة للميـاه أو لتعويض النقص فى مياه الرى فى نهايات الترع وخاصة فـى أوقـات أقصـى الاحتياجات. وتمثل مياه الصرف الصحى المعالجة مصدراً آخر للمياه، تجـرى حالياً إعادة استخدامها ومن المخطط التوسع فى ذلك لسد الحاجة المستقبلية لمزيد من المياه خاصة فى القطاع الزراعى. وتناقش هذه الدراسة الممارسات الحاليـة لتدوير عوادم الاستخدامات المائية، وإمكانات ومحددات التوسع فيها فى المستقبل المنظور، ومدى الاعتماد عليها فى الميزانية المائية لمصر.

١-٦ التحليـــة

يعرض هذا الباب مسحاً سريعاً للوسائل التكنولوجية المختلفة للتحلية وأكثر هذه الطرق شيوعاً ومحدداتها الفنية واستخدامات الطاقة لكل منها. ثم تتطرق الدراسة إلى المحطات ثنائية الغرض لتحلية المياه وتوليد الكهرباء في نفس الوقت ومميزاتها الاقتصادية وعيوبها الفنية، وتتطرق أيضاً لاقتصاديات تقنيات التحلية المختلفة وإمكانات استخدام مياهها لأغراض الشرب والزراعة، وفرق تكاليف تحلية مياه البحر عن تحلية المياه الضاربة للملوحة.

١-٧ الرصيد المائى لمصر

ينتهى هذا الباب بملخص لإمكانات مصر المائية الحالية والمستقبلية حتى عام ٢٠٢٠م وبما يعكس إمكانات تنمية مواردنا المائية سواء بحسن استغلال الأمطار والسيول، أم من خلال مشاريع أعالى النيل لزيادة حصة مصر المائية، أم زيادة استغلال الخزانات الجوفية، وإعادة تدوير عوادم الاستخدامات، والتحلية.

٢- الأمطار والسيول

٢-١ تمهيد

تقع مصر فى منطقة شديدة الجفاف شحيحة المطر، حيث تبلغ كميات الأمطار على الساحل الشمالى ما يزيد قليلاً عن ٢٠٠ مم/ سنة وتقل عن ذلك فى معظم أنحاء مصر. ونستعرض هنا خصائص وأنواع الأمطار التى تسقط على جمهورية مصر العربية وتوزيعها الزمانى والمكانى، وكذلك المتوسطات السنوية وكميات الأمطار التى يمكن الاستفادة بها.

تمثل السيول ظاهرة طبيعية تصاحب عدم الاستقرار فى الظروف المناخية، وعادة ما تكون شديدة الأثر فى المناطق الجافة وشبه الجافة نتيجة لسقوط أمطار بمعدل مرتفع فى فترة زمنية قصيرة. وهذه الظاهرة من الصعب التنبؤ بحدوثها نظراً لتعدد أسباب حدوثها مناخياً، فالتغير المفاجئ فى ضغط الهواء، وسرعة الرياح واتجاهاتها، وشكل وحجم السحب المتنقلة، وفارق درجة الحرارة والرطوبة النسبية، ومكونات الهواء من أكسجين ونيتروجين وثانى أكسيد الكربون، وطبوغرافية المنطقة، كلها معاملات مناخية وجغرافية يمكن أن تؤثر بصورة مباشرة أو غير مباشرة على حدوث الأمطار الرعدية التى تصاحبها السيول. وتحدث السيول بمصر بالمناطق الجبلية بصفة عامة، وعلى السلاسل الجبلية لمحافظة البحر الأحمر وعلى الجزء الشرقى لمحافظات جنوب مصر وجنوب سيناء بصفة خاصة، ورغم الآثار الاجتماعية والبيئية والاقتصادية السلبية للسيول، إلا أنه بالتحكم فيها يمكن الاستفادة منها كمورد مائى غير تقليدى فى التوسعات الزراعية الصغيرة، وذلك من خلال حجز مياه السيول إما سطحيا عن طريق التخزين السطحى والذى لا ينصح به نظرا للارتفاع الشديد لمعدل التبخر، أو جوفيا عن طريق تخزينها أو حقنها فى الطبقات الجوفية الضحلة.

٢-٢ خصائص الأمطار فى مصر

تتعرض مصر لثلاثة أنواع من الأمطار على النحو التالى:

النوع الأول : أمطار المنخفضات الجوية أو كما تسمى بالأمطار الإعصارية (Cyclonic) وهى تتضمن أمطار الجبهات (Frontal) وأمطار غير الجبهات (Non-Frontal) والجبهة يمكن أن تكون جبهة باردة وفى هذه الحالة تتسبب فى سقوط أمطار غزيرة وفى فترة زمنية صغيرة (Heavy Showers) أما حينما تكون الجبهة دافئة فإنها تتسبب فى سقوط أمطار خفيفة وعلى فترة زمنية طويلة.

النوع الثانى : هو ما يمكن أن يطلق عليه أمطار العواصف الرعدية (أو كما يسمى بأمطار التصعيد Convectional) وهو يرتبط بحالة عدم الاستقرار الجوية والتى تنشأ غالباً نتيجة لتسخين الهواء عند سطح الأرض ثم ارتفاعه إلى طبقات الجو الأعلى مما يؤدى إلى تشكيل سحب ركامية، والأمطار الناتجة عنه غالباً ما تكون غزيرة وتسقط فى فترة وجيزة (Heavy Showers) .

النوع الثالث : الأمطار الجبلية (Orographic) وتنشأ هذه الأمطار من ارتفاع الهواء الرطب فوق مرتفعات جبلية تعترضها وما يصاحب ذلك من زيادة فى كثافة الرطوبة وسقوط الأمطار. وتعتمد كثافة المطر على سمك طبقة الهواء الرطب التى تصعد إلى الطبقات الأعلى ، ولكنها بصفة عامة أقل كثافة من أمطار النوعين السابقين.

ومعظم الأمطار التى تسقط على مصر من أمطار النوع الأول - الأمطار الإعصارية - والتى تتركز فى منطقة الساحل الشمالى (ساحل البحر المتوسط) بصفة خاصة ومنطقة الدلتا حتى خط عرض ٢٨° شمالاً بصفة عامة (على، ١٩٩٨م). ومن خصائص هذا النوع من الأمطار أن تتباين كمية المطر فيه تبايناً

كبيراً من منخفض جوى إلى آخر، ومن المعتاد أن تكون المنخفضات الشتوية أكثر مطراً من المنخفضات الربيعية والخريفية. أما أمطار العواصف الرعدية فهى تتركز فى الجهات الجنوبية من البلاد بصفة عامة والجهات الجنوبية الشرقية بصفة خاصة، وتأتى غالباً فى فصل الربيع ولا ترتبط بمكان ثابت وتتميز بعدم الانتظام. وبالنسبة للأمطار الجبلية فهى نادرة الحدوث فى مصر إلا فى مناطق سواحل البحر الأحمر وجبال جنوب سيناء وتحدث أحياناً مصحوبة بالعواصف الرعدية ويكون ذلك غالباً فى فصلى الربيع والخريف.

وكميات الأمطار فى أغلب المناطق فى مصر، بما فيها الساحل الشمالى والذى يعتبر أكثر المناطق مطراً بالنسبة للجهات الأخرى، قليلة ومحدودة، حيث أن متوسط المجموع السنوى للأمطار فى رشيد يزيد بقليل عن ٢٠٠ مم / سنة. وبمقارنة ذلك بكميات الأمطار التى تسقط على بعض الأقطار المجاورة لمصر والتى تقع على ساحل البحر الأبيض المتوسط، نجد أن متوسط المجموع السنوى للأمطار فى مراكش ٢٥٠ مم/ سنة وفى الجزائر تصل إلى ٧٥٠ مم / سنة بينما فى تونس قد تصل إلى ٤٥٠ مم / سنة وفى برقة حوالى ٥٠٠ مم / سنة وفى طرابلس ٣٥٠ مم /سنة، ولعل هذا يرجع إلى عدة أسباب من أهمها:-

أولاً : تصل منخفضات البحر المتوسط الجوية إلى مصر بعد أن تكون قد ضعفت واقتربت من نهاية رحلتها فوق البحر المتوسط.

ثانياً : تقوس ساحل البحر المتوسط لمصر إلى الجنوب مما يؤدى إلى مرور الرياح موازية له فى معظم قطاعاته.

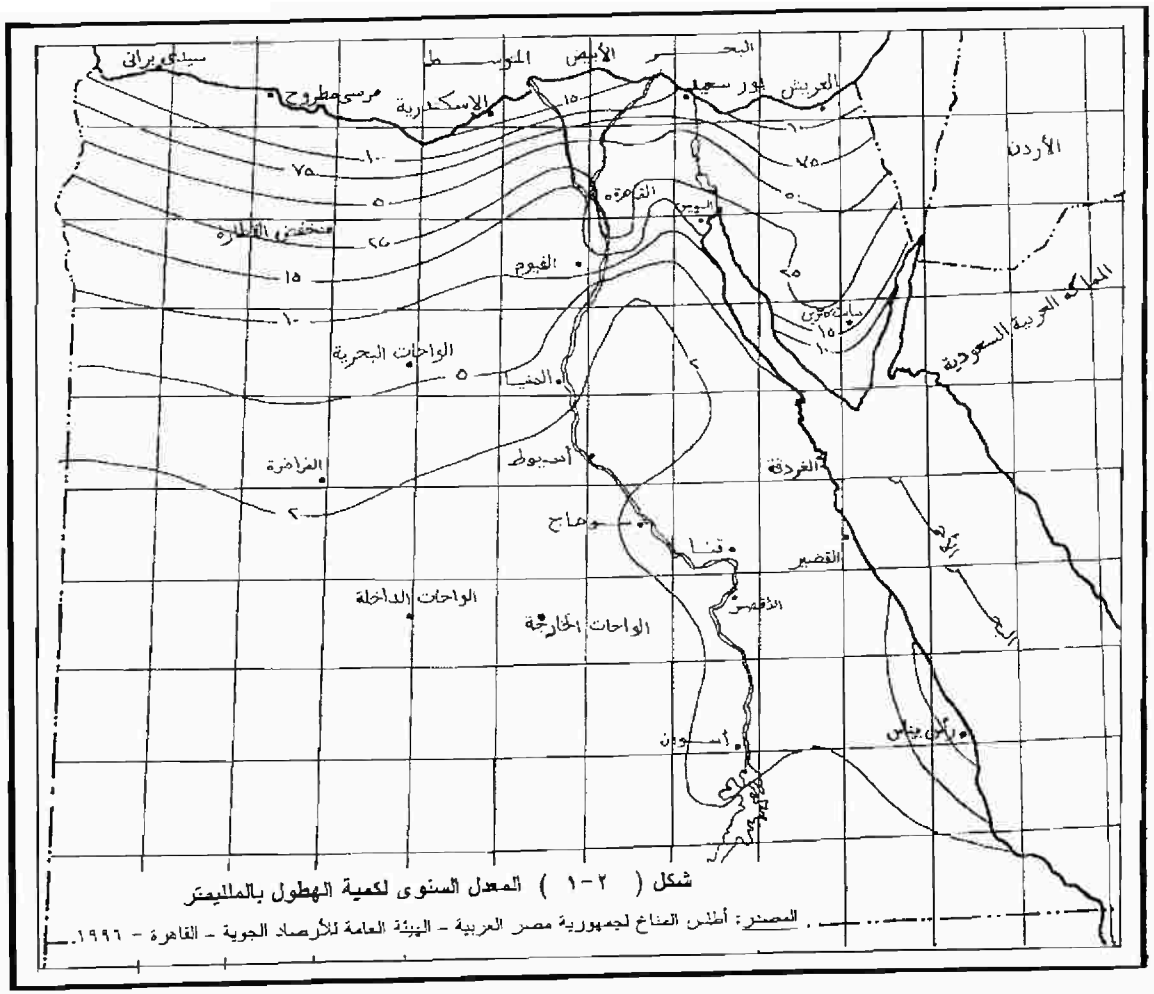
ثالثاً : قيام بعض الدول المجاورة بعمليات استمطار للسحب قبل وصولها إلى السواحل المصرية ويحتاج الأمر إلى بعض الأبحاث العلمية التى تبين مدى تأثر مصر بهذه الممارسات.

وبالإضافة إلى ندرة كميات الأمطار التى تسقط على أغلب المناطق فى مصر، فإنه فى بعض الأحيان لا تكاد تسقط الأمطار على الإطلاق ولعدة سنوات

على بعض الجهات فى مصر، وهذه سمة مميزة لمناخ المناطق الصحراوية. ويوضح الشكل (٢-١) المعدل السنوى لكميات الهطول بالملليمتر على جميع أنحاء جمهورية مصر العربية.

٢-٣ التوزيع الزمانى والمكانى للأمطار

يعتبر التباين المكانى فى سقوط الأمطار إحدى الظواهر الهامة فى مناخ المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث أن الأمطار يمكن أن تسقط بغزارة على مساحة محدودة من الأرض فى يوم ما بينما لا تسقط أى كمية مطر على مكان آخر مجاور له على بعد كيلومترات قليلة. لهذا فالأمطار فى المناطق الجافة غالباً ما توصف بأنها محلية أى تختلف كميتها اختلافاً كبيراً بين محطة وأخرى، وبصفة عامة فإن كميات الأمطار تبلغ أقصاها عند ساحل البحر الأبيض المتوسط وتقل كلما اتجهنا جنوباً حتى نصل إلى مدينة القاهرة، وبعد ذلك يكون هذا التناقص سريعاً حتى المناطق الجنوبية والتى لا تسقط فيها أمطار على الإطلاق. وعند مقارنة كمية المطر السنوى فى محطة رشيد (أكثر المحطات فى مصر مطراً) والتى تزيد قليلاً عن ٢٠٠ مم / سنة، مع كمية المطر السنوى فى محطة الداخلة أو الخارجة (أقل المحطات فى مصر مطراً) والتى تقل عن ٢ مم/ سنة، نجد أنها تمثل حوالى ١٠٠ ضعف أو أكثر، كما تتناقص الأمطار من الشمال إلى الجنوب. ويؤثر على كميات الأمطار أيضاً شكل الساحل واتجاهاته، فنجد أن أكثر أجزاء الساحل أمطاراً هى التى يبرز فيها الساحل نحو الشمال لأنها تواجه الرياح الممطرة مباشرة أما أقل الأجزاء مطراً فهى الأماكن التى يتقوس عندها الساحل نحو الجنوب حيث تكون الرياح موازية للساحل فلا تسقط عليها إلا أمطار خفيفة.



شكل (٢-١) المعدل السنوى لكمية الهطول بالملليمتر

المصدر: أطلس المناخ لجمهورية مصر العربية - الهيئة العامة للأرصاد الجوية - القاهرة - ١٩٩٦.

وتحدث العواصف المطيرة فى مصر فى فصول الخريف والشتاء والربيع فى حين أن فصل الصيف يمتاز بهدوئه وعدم حدوث أى نوع من أنواع الاضطرابات الجوية فيه. وتسقط أمطار فصل الشتاء على الساحل الشمالى للبلاد أما المناطق الجنوبية والشرقية من البلاد فتسقط عليها أمطار فصلى الخريف والربيع. وبالنسبة لأمطار فصل الشتاء فيبدأ موسمها فى الغرب ثم ينتقل إلى الشرق تدريجياً كلما تقدمنا فى فصل الشتاء. فعلى سبيل المثال يبدأ مطر مدينة السلوم عادة أوائل سبتمبر، ويبدأ موسم مرسى مطروح فى أوائل أكتوبر بينما يتأخر فى الإسكندرية إلى نوفمبر وفى رشيد إلى يناير. ومما هو جدير بالذكر أيضاً أن الأمطار، كما هو الحال عادة فى المناطق الجافة، تتميز بالتركيز الشديد حيث يتركز المطر فى عدد قليل من الأيام خلال السنة وفى رخات ثقيلة مركزة وتشتد هذه الحالة فى المناطق الجنوبية الشرقية من البلاد. ويتضح أيضا من خلال تحليل بيانات الأمطار أن متوسط العواصف المطيرة على الساحل الشمالى تتراوح من ٨-١٣ عاصفة/ سنة بمتوسط حوالى ١٠ عواصف/ سنة.

٢-٤ استغلال مياه الأمطار

تقع مصر فى منطقة شحيحة الأمطار ورغم هذا يمكن الاستفادة من مياه الأمطار وخاصة أنها تسقط على مناطق تشح فيها الموارد المائية أو تقع على نهاية شبكة الرى فى شمال الدلتا حيث تظهر مشاكل توفر المياه وبالجودة المطلوبة. وتقدر كمية المياه التى تسقط على الأراضى المروية ويمكن الاستفادة منها بحوالى ٧٠٠ مليون متر مكعب/ سنة (عامر، ١٩٩٩م). أما بالنسبة للمناطق الأخرى والتى لا تمتد إليها شبكة الرى السطحى من نهر النيل فإنها محدودة ولا تزيد عن ٨٤٠ متراً مكعباً للفدان وهى لا تكفى لتغطية احتياجات أى محصول ولكنها يمكن أن تساعد على تنمية بعض النباتات الصحراوية

المناسبة للرعى وتنمية بعض المحاصيل مثل الشعير والزيتون بالساحل الشمالى. وتسقط الأمطار أيضاً على أجزاء متفرقة من البلاد وخاصة فى فصلى الربيع والخريف، وهذه الأمطار تحدث ما يسمى بظاهرة السيول إذا ما سقطت على مجتمعات كبيرة من الهضاب المرتفعة المناسيب مثل جبال البحر الأحمر وجنوب سيناء أو هضاب وسط سيناء المتوسطة الارتفاع. ولمعرفة الإمكانية القصوى للاستفادة بمياه الأمطار فقد عقدت أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا أول ندوة علمية بخصوص ذلك فى عام ١٩٩٤ وظهر منها أن هناك إمكانية لحصاد مياه الأمطار والسيول وتقدر بحوالى ٢ مليار متر مكعب سنوياً، ومن الثابت أيضاً أن هناك زراعات مطرية بالساحل الشمالى الغربى تقدر بحوالى ٢٥٠ ألف فدان، وكذلك هناك حوالى ٢٥٠ ألف فدان أخرى تزرع بزراعات مطرية فى سيناء.

تمثل مياه الأمطار المصدر الرئيسى لإقامة الأنشطة الزراعية والاستخدامات الأخرى فى المناطق المطرية بالساحل الشمالى وكذلك فى سيناء والمناطق الجنوبية الشرقية من مصر نظراً لعدم وصول مياه النيل إليها، وتقدر كمية الأمطار التى يمكن استغلالها بحوالى ٢ مليار متر مكعب فى السنة. وتتعدد الأنشطة الزراعية القائمة على الاستغلال المباشر لمياه الأمطار وكذلك استغلال المياه المتجمعة عن طريق إقامة نظم حصاد مياه الأمطار المناسبة. وينتشر فى الساحل الشمالى الغربى الاستخدام المباشر لمياه الأمطار بالإضافة إلى تخزين المياه فى الآبار الرومانية، وفى الساحل الشمالى الشرقى وسيناء تستخدم مياه الأمطار مباشرة بالإضافة إلى استخدام المياه الجوفية و السطحية المتجمعة من مياه الأمطار. ونظراً لاختلاف التركيب الجيولوجى فى كل من الساحل الشمالى الشرقى والغربى فإن وسائل حصاد وتخزين المياه تختلف فى كل منهما، حيث تعتمد هذه الوسائل على طبيعة التربة والصفات المورفولوجية لها، وتنقسم النظم المحلية السائدة لحصاد مياه الأمطار إلى:

(١) تخزين مياه الأمطار فى قطاع التربة

(٢) تخزين مياه الأمطار فى الخزانات

(٣) تخزين مياه الأمطار فى الطبقة تحت السطحية

ويتطلب تطوير نظام حصاد الأمطار فى مصر اتخاذ العديد من الإجراءات التخطيطية والتنفيذية من أهمها ما يلى:

- إدخال نظام المعلومات الجغرافية لحصر المساحات الصالحة لتطبيق طرق حصد مياه الأمطار المختلفة.
- اختبار طرق حديثة لتخزين مياه الأمطار (خزانات بلاستيك - تخزين المياه فى المناطق الصخرية... الخ).
- تطبيق طرق حصد المياه الدقيق والمزارع المطرية المصغرة.
- زيادة معدل الجريان السطحى لمياه الأمطار فى الأراضى وذلك باختيار مواد معاملة التربة بالتغطية.
- تحليل بيانات الأرصاد الجوية ودراسة طبوغرافية الأرض لوضع النماذج المناسبة لحصد مياه الأمطار.
- إقامة مزارع إرشادية للأنشطة الزراعية المتكاملة تحت الظروف المطرية.
- تحديد السحب الآمن من الآبار السطحية والمتوسطة العمق لمنع تدهور نوعية المياه وبالتالى تدهور التربة.
- تحديد مساحات التساقط لكل خزان أرضى مع إقامة المنشآت المناسبة لتوجيه مياه الجريان السطحى وفى نفس الوقت معاملة سطح التربة فى منطقة التساقط.
- تنظيف وصيانة الخنادق المكشوفة وتحديد المساحة التى يمكن ريها عند كل خندق.

- إدخال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لرفع المياه لإمكان إقامة المزارع تحت الظروف المطرية فى عمق الصحراء
- رفع كفاءة استخدام وحدة المياه باستخدام محسنات التربة، تغطية التربة، تطبيق نظم الزراعة بدون تربة.
- التوسع فى تطبيق الرى التكميلى من المصادر المختلفة وأهمها:
  - المياه المنقولة خلال قنوات الرى.
  - المياه الجوفية الصالحة للاستخدامات الزراعية.
  - المياه المخزونة بطرق حصاد مياه الأمطار.
  - المياه المحلاة سواءً من ماء البحر أم من المياه الجوفية الضاربة للملوحة.

٢-٥ السيول وأسباب وأماكن حدوثها

تحدث السيول فى مصر غالباً فى فصلى الربيع والخريف نتيجة لحالات عدم الاستقرار المفاجئ فى الظروف المناخية، ففى الربيع بصفة عامة تحدث ظاهرتان مهمتان، الأولى هى الرياح الساخنة المسببة لما يسمى رياح الخماسين بما تحمله من هواء ساخن محمل بالأتربة نتيجة مرورها على الصحراء الكبرى بشمال إفريقيا، أما الثانية والتى تحدث أكبر الأثر فى عدم الاستقرار الجوى فهى المنخفضات الهوائية التى تمر فوق البحر المتوسط بما تحمله من رياح باردة آتيه من جنوب أوروبا. والسيول الناتجة عن هاتين الظاهرتين تحدث فى الغالب فى الناحية الغربية للسلاسل الجبلية، وكذلك على المناطق الساحلية مثل الساحل الشمالى الغربى، وكذلك السفح الغربى للهضبة الجيرية بغرب النيل، والناحية الغربية لسلسلة جبال البحر الأحمر وجنوب سيناء.

أما فى فصل الخريف فإن الشمس تبدأ فى التحرك جنوباً مما يتيح الفرصة لتبريد قارتى أوروبا وآسيا، وهذه الحركة تتسبب فى ظهور المرتفع الجوى السيبيرى ومنخفض السودان الموسمى، وأقصى ظروف عدم الاستقرار التى تتسبب فى الأمطار الرعدية الغزيرة تحدث عندما يمتد منخفض السودان الموسمى بما يحمله من هواء ساخن محمل بالرطوبة العالية شمالاً ليقابل التيار النفاث البارد المصاحب للمرتفع الجوى السيبيرى فوق المرتفعات الجبلية، ويؤدى هذا إلى السيول الجارفة كما حدث خلال الأعوام ١٩٧٥م و ١٩٧٩م و ١٩٨٧م و ١٩٩٤م و ١٩٩٦م على سبيل المثال. وتمثل السيول فى مصر ظاهرة متكررة تحدث على فترات متباعدة وغير منتظمة، كما أن معظم الأودية التى تنساب خلالها السيول غير مقاسه لإمكان تحديد منحنى التصرف مع الزمن، وجدير بالذكر أيضاً عدم وجود قياسات للأمطار على المرتفعات الجبلية، ويؤدى هذا إلى صعوبة حساب التصرفات الناتجة عنها، ولذا فإن معظم الدراسات التى تمت على السيول كلها تنبؤات غير معضدة ببيانات حقيقية سليمة، وفى معظم الأحيان يكون تقديرها أعلى من الحجم الحقيقى للسيول. ويوضح جدول رقم (٢-١) السيول التى حدثت خلال العقود الثلاثة الماضية بمحافظات صعيد مصر، ويمكن أن نلاحظ من هذا الجدول أن الاحتياطات التى اتخذتها الدولة لتجنب مخاطر السيول، عقب سيول ١٩٩٤م، قد حجمت بصورة واضحة الآثار الناجمة عن سيول عام ١٩٩٦م. ويضم الجدول السيول الكبيرة التى نجمت عنها آثار واضحة، ولكنّ هناك سيولاً يمكن أن تحدث سنوياً فى الروافد العليا أو الأحباس العليا للأودية دون أن تصل إلى مخارج السيول نتيجة للفواقد الطبيعية سواءً بالتسرب داخل التربة أو بالبخر، ويتأتى هذا نتيجة لقلة معدل الأمطار وطول مدة العاصفة، أما السيول الكبيرة فهى دائماً تنتج عن معدل عالٍ للأمطار خلال مدة قصيرة للعاصفة.

جدول رقم (٢-١) السيول بصعيد مصر خلال العقود الثلاثة الأخيرة
(وزارة الموارد المائية والرى ، ١٩٩٦م)

تاريخ حدوث السيل	مناطق الحدوث	الآثار التى نجمت عن السيل	ما تم صرفه إلى النيل (مليون متر مكعب)
١٩٧٥/٢/٢٣م	سوهاج-أسيوط- المنيا - بنى سويف	تدمير زراعات ٥٠٠ فدان + غرق ١٢ قرية + تصدع ٢٣ قرية	> ٢١١
٤-١٩٧٩/٥/٥م ١٩٧٩/١٠/١٨م	أسوان (إدفو + كوم أمبو) أسوان	تهدم ٢٠٠ منزل + ٣ قتلى تهدم ٣٠٠ منزل	إجمالى ١٩٧٩ م > ٢٥٠
١٩٧٩/١٠/٢٣م	قنا - سوهاج - البحر الأحمر	٣٧ قتيلا + تهدم ١٣١١ منزلا + تدمير ١٠٠٠٠ فدان + نفوق ٥٠٠ رأس ماشية	لم يتم قياسه
١٩٨٠/١٢/٧م	أسوان (أسوان + إدفو)	تهدم ١٠٠ منزل + عزل كامل لمدينة إدفو	لم يتم قياسه
١٩٨٠/١٢/٣٠م	قنا + سوهاج	تدمير ٩٠٠ فدان + تهدم ٢٣ منزلا	لم يتم قياسه
١٩٨٢/٢/٢٣م	الجيزة (مركز الصف)	تهدم ١٨٠ منزلا + نفوق عدد من الماشية	لم يتم قياسه
أوائل إبريل ١٩٨٥م	قنا	٣٢ قتيلا + تدمير مساحات زراعية كبيرة	لم يتم قياسه
١٩٩٤/١٠/٨م	من جنوب أسوان وحتى شمال أسيوط	خسائر فادحة فى الأرواح والممتلكات والبنية التحتية للطرق والسكك الحديدية وخزانات الوقود..... الخ	> ٢٥٠
١٢-١٩٩٦/١١/١٨م	من أسوان جنوبا حتى الجيزة شمالا	خسائر محدودة فى المناطق الزراعية	> ١٥٥

وبالنسبة للسيول بشبه جزيرة سيناء، فإنها عادة تحدث على فترات متقاربة للسيول الصغيرة غير المدمرة، وعلى فترات من ٧-١٢ سنة للسيول المدمرة، إلا أن التوزيع الجغرافى للسيول يختلف من عاصفة لأخرى، والجدول رقم (٢-٢) يوضح بعض هذه السيول ذات الآثار المدمرة خلال العقود الثلاثة الماضية. وهناك العديد من السيول الأخرى المدمرة التى حدثت بشبه جزيرة

سيناء وبصفة خاصة بالأودية التى تصب على خليجى السويس والعقبة مثل وادى سدر وغرندل وفيران والأعوج على خليج السويس وأودية طابا ووتير ودهب وكيد وعواجه على خليج العقبة، هذا بالإضافة إلى الأودية التى تصب فى خليج نعمه – شرم الشيخ – أو فى البحر الأحمر مباشرة، ويجب الأخذ فى الاعتبار أن السيول بالأودية كبيرة المساحة بشبه جزيرة سيناء مثل أودية العريش ووتير ودهب وفيران وسدر تحدث بصفة شبه منتظمة أى يمكن حدوثها سنويا، إلا أن السيول المدمرة هى التى تحدث على فترات زمنية بعيدة نسبيا -متوسط حوالى ١٠ سنوات- لحين توافر الظروف المناخية الملائمة لحدوثها.

جدول رقم (٢-٢) السيول بشبه جزيرة سيناء خلال العقود الثلاثة الماضية

(Dames and Moore, 1985)

تاريخ حدوث السيل	مناطق الحدوث	الآثار التى نجمت عن السيل	حجم السيول (مليون متر مكعب)
١٩٧٥م	نخل – الحسنة – العريش	قطع الطرق وتدمير معظم الزراعات	لم يتم قياسه
١٩٧٩م	طريق وادى فيران	تدمير أجزاء كبيره من الطريق والزراعات	لم يتم قياسه
١٩٨٠	نخل – الحسنه – العريش	قطع الطرق وتدمير بعض الزراعات	لم يتم قياسه
١٩٨٧/١٠/١٨م	نويبع – رأس النقب	تدمير الطريق الدولى وموت مجموعة من السائحين وإصابة ٢٧ فردا	١٥
١٩٨٨/١/٦م	رأس سدر	تدمير جزء من المحور الجنوبى لسيناء ومقتل ٦ أشخاص	لم يتم قياسه
إبريل ١٩٨٨م	نويبع – رأس النقب	تدمير أجزاء متفرقة من الطريق الدولى	٨

٢-٦ كيفية مجابهة السيول والحد من خطورتها

تحدث السيول ذات الأثر الفعال عند توافر عواصف ممطرة ذات معدل مطر عال خلال فترة زمنية قصيرة، فوق تربة ذات نفاذية ضعيفة، ذلك مع طبوغرافية ذات انحدار عال إلى متوسط، وبالإضافة لذلك تكون الجيولوجيا السطحية بصفة عامة من صخور ذات نفاذية ضعيفة وغير متشققة ولا يوجد تراكيب جيولوجية مؤثرة، وكذلك تكون درجة التشعب للأودية قليلة، فإذا اجتمعت هذه الظروف معا فإن السيول الناجمة تكون عنيفة ومدمرة نظرا لكبر حجم مياهها وللسرعة العالية لمياهها والتى قد تصل إلى أكثر من ٤ متر/ث، فتدمر كل ما يواجهها من بنية أساسية وزراعات. وترجع أيضا خطورة هذه السيول إلى قدرتها على حمل أحجار كبيرة قد يصل وزن الحجر الواحد أكثر من طن كما هو الحال فى وادى العريش ووادى قنا ووادى العلاقى، وهذه المواد المحمولة بصفة عامه تتسبب فى المزيد من التدمير.

ولتحديد كيفية مجابهة السيول يجب تحديد مصدر الخطورة، فمصدر الخطورة يمكن أن يكون نتيجة للسيول نفسها كظاهرة طبيعية، وعلى نفس القدر، يمكن أن يكون من صنع الإنسان مثل التعدى على المخرات أو الدلتيات الطبيعية للسيول بإنشاء أى نوع من أنواع التنمية عليها، وبصفة عامة يمكن مجابهة السيول والحد من خطورتها بأساليب إنشائية وغير إنشائية.

وتشمل الأعمال الإنشائية المقصودة هنا السدود (تخزين - إعاقة) أو حوائط توجيه أو قنوات تصريف أو بحيرات صناعية لتجميع مياه السيول. وعادة ما يتم عمل سدود تخزين عند المخارج الرئيسية للأودية ومجموعة من العقوم أو السدود التعويقية لتقليل السرعة وكسر حدة الطاقة المصاحبة للسيول، أما بالنسبة للأودية الصغيرة نسبيا فإنه يتم عمل قنوات أو حوائط توجيه لتحويل المياه إلى قنوات تصريف (طبيعية أو صناعية) قادرة على إستيعاب هذه التصرفات، وتنتهى إلى نهر أو إلى البحر أو إلى منطقة منبسطة واسعة يمكن أن تستوعب

حجم المياه الناتج عن السيول. والأعمال الإنشائية بصفة عامة ذات تكلفة عالية فى الإنشاء، كما أنها تحتاج إلى صيانة دورية، وتزداد الصعوبة فى المناطق الجافة وشبه الجافة فى صيانة وتشغيل الأعمال الإنشائية وبصفة خاصة فى الأودية التى تقع فى مناطق نائية من الصعب الوصول إليها بصورة دورية. وتصميم الأعمال الإنشائية يحتاج إلى قياسات حقيقية للأمطار والسيول لمدة لا تقل عن ٢٥ سنة متواصلة، وهذه القياسات غير موجودة ليس فقط فى مصر وإنما فى معظم البلدان التى تقع فى المناطق الجافة وشبه الجافة، ومن ثم فإن تصميم هذه الأعمال يعتمد على التنبؤ غير المقاس، وفى حالة أن يكون التنبؤ أعلى من الممكن حدوثه فإن التكلفة تكون عالية، وفى حالة العكس تكون المخاطر وآثار الدمار أعلى مما يمكن حدوثه كظاهرة طبيعية. وبالتالى فإن الأعمال الإنشائية ليست هى الحل الآمن فى كثير من الحالات إلا أنها أكثر الحلول شيوعا.

وأما الأعمال غير الإنشائية فتشتمل على مجموعة من الأنشطة التى يمكن أن تحد من مخاطر السيول، وهذه الأنشطة يمكن تلخيصها فيما يلى:-

- الاستفادة بالخبرة الهيدرولوجية لمساقط مائية متماثلة، مع استخدام البيانات المتاحة والمعلومات التى يمكن جمعها من الزيارات الحقلية لإمكان تحديد تصرفات السيول تحت ظروف مناخية مختلفة، وبهذا يمكن تحديد وإنشاء منحنى التصرف مع الزمن لكل عاصفة مطيره ذات أزمنة تكرارية مختلفة.
- إنشاء خرائط تحديد أماكن خطورة الفيضانات بدرجاتها المختلفة، وبالتالى يمكن تحديد المواقع المحظور إقامة أى تنمية أو منشآت أو بنية تحتية بها إلا بعد الأخذ فى الاعتبار كل معاملات الأمان من السيول.
- إنشاء نظام إنذار مبكر ذى مراحل يعتمد على قياس عمق المطر.
- إنشاء شركات تأمين ضد أخطار الكوارث الطبيعية مثل السيول والزلازل وخلافه.

- عمل خطة إعلامية وثقافية لزيادة الوعى العام بخطورة السيول وكيفية تحجيمها والبعد عن المواقع ذات الخطورة العالية بصفة عامة، وفى مواسم الأمطار بصفة خاصة.

وهذه المجموعة من الأنشطة غير الإنشائية تعتمد على الخطط الاستراتيجية والقومية للدول فى شأن تنظيم السيول والتحكم فيها، وكذلك على مدى التطور التقنى والاقتصادى لهذه الدول، كما أنها تعتمد على مدى الوعى العام والإمكانيات الإعلامية سواء لتوعية المواطنين بمخاطر السيول وكيفية مجابهتها أو المحافظة على نظم التحكم فيها والمساهمة فى حمايتها وصيانتها.

٢-٧ الاستفادة بمياه السيول

تعتبر السيول مصدرا مائيا هاما للمياه العذبة إن أمكن التحكم فيها وتجنب مخاطرها، وقد يصل حجم مياه السيول بمصر حوالى مليار متر مكعب سنويا، وحصاد مياه السيول هو أحد الموارد المائية غير التقليدية والتى يوصى بالاستفادة بها سواء مباشرة أم غير مباشرة. والحقيقة أن مدى الاستفادة من السيول يعود بصفة أساسية إلى مدى انتظام حدوثها، وحجم المياه المتوقع منها، وكذلك مدى قرب مصادرها من مناطق الاستفادة منها، وهناك طرق متعددة للاستفادة من مياه السيول تم تطبيق معظمها واستخدامه فى مصر بالساحل الشمالى الغربى والساحل الشمالى الشرقى وبعض المواقع المتفرقة بوسط شبه جزيرة سيناء، على النحو التالى:-

- التخزين السطحى لمياه السيول عن طريق إنشاء سدود تخزين ملحق بها خط مواسير لنقل مياه بحيرة السد لأماكن الاستفادة بها خلف السد (سد الروافعة ١٩٤٦م، وسد الكرم ١٩٩٠م بشبه جزيرة سيناء)
- إنشاء خزانات أو هرابات تحت أرضية (غالبا من الخرسانة) لتجميع مياه السيول والاستفادة من مياهها للتجمعات المحلية الصغيرة.

- إنشاء سدود بقنوات توجيه وتحويل مياه السيول، وذلك لتوجيه مياه السيول نحو مناطق الاستفادة منها لرى الأراضى الزراعية بالغمر (Flooding Irrigation) ، وتخزين بعض المياه للشرب بتوجيهها إلى هرابات تحت سطح الأرض (سد طلعة البدن بوسط شبه جزيرة سيناء).
- إنشاء مجموعة من العقوم (سدود الإعاقة) لكسر حدة الطاقة وسرعة المياه مما يعطى فترة زمنية أطول لتسرب المياه داخل التربة وتغذية أحواض المياه الجوفية. ويتم الاستفادة من الترسيبات التى تحدث خلف هذه العقوم فى الزراعة الموسمية، والتى تشكل مجموعة من المصاطب الصالحة للزراعة التى تعتمد على المياه المخزنة داخل هذه الترسيبات. وعادة ما يتم إنشاء مجموعة من هذه العقوم على الروافد العليا للأودية ذات الانحدارات العالية إلى المتوسطة، ثم يتم تخزين المياه الفائضة للاستفادة منها.
- تخزين مياه السيول فى أحواض المياه الجوفية المتواجدة بمناطق الأودية وذلك إما بالتغذية الطبيعية أو بالحقن عن طريق الآبار. والتغذية الطبيعية مستخدمة فى مصر على نطاق محدود جدا، أما التغذية بالحقن فلم يتم تطبيقها حتى الآن نظرا للتكلفة العالية والحاجة إلى مزيد من التقنيات الحديثة والدراسات الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية اللازمة لذلك.

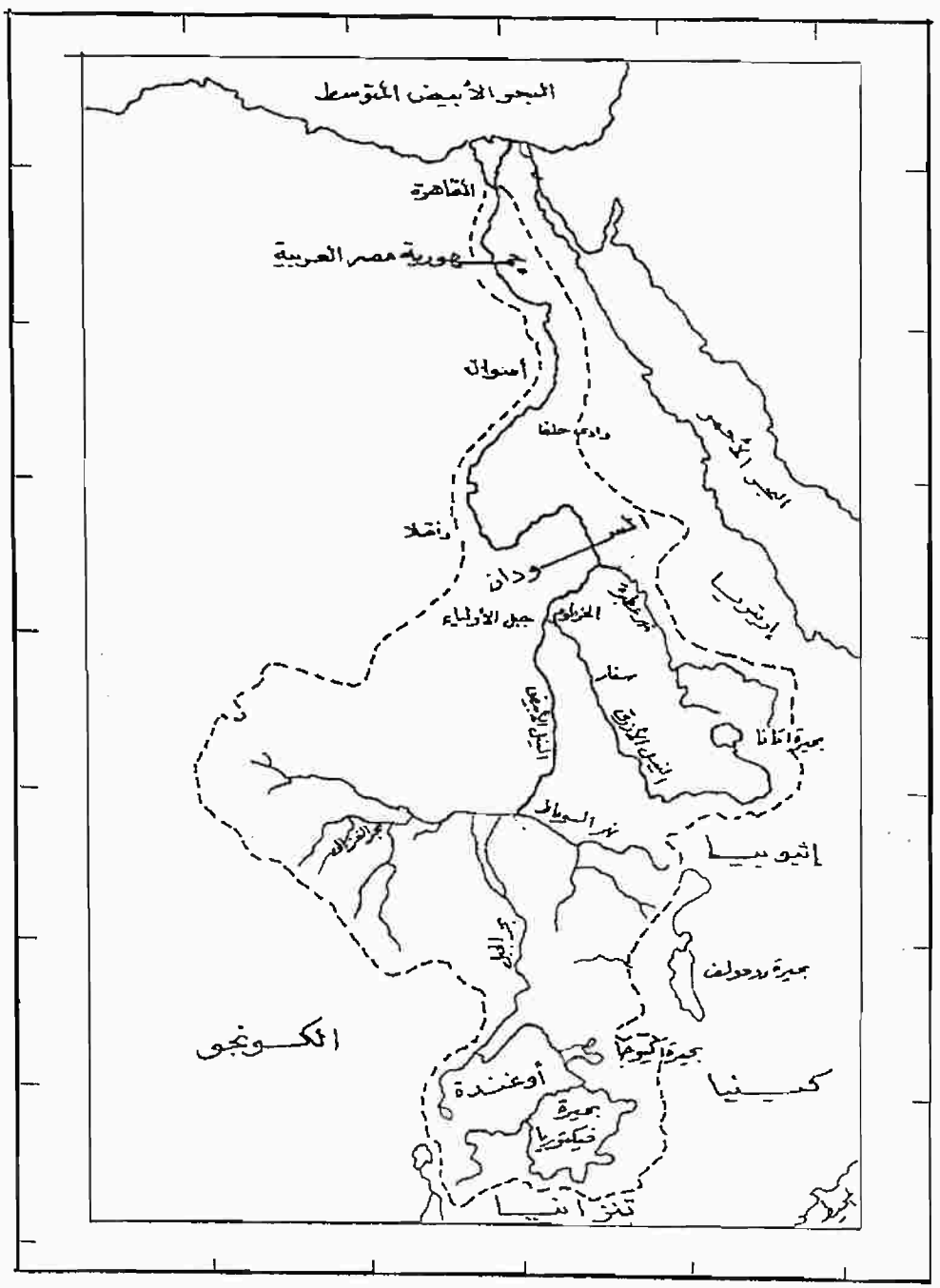
٣- نهـــر النيـــل

٣-١ تمهيد

يمثل نهر النيل هبة الله التى وهبها لمصر ليكون شريان الحياة لكل عوامل الحضارة والتقدم والرقى، ونهر النيل هو ثانى أطول نهر فى العـــالم، إذ يبلـغ طوله حوالى ٦٧٠٠ كيلومتر، وينبسط حوض نهر النيل فـوق ٣٥ خطـا مـن خطوط العرض، من خط عرض ٤° جنوب خط الاستواء عند منابعه بالقرب من بحيرة تنجانيقا، ويصل إلى خط ٣١° شمال خط الاستواء عند مصبه على البحر الأبيض المتوسط، كما أن حوض نهر النيل يبسط سلطانه فوق أكثر من تسـعة خطوط طول، من خط طول ٢٩ ° عند منابعه بالهضبة الاستوائية وحتى خـط طول ٣٠′ ٣٨° عند منابعه بهضبة الحبشة كما هو موضح بالشكل رقم (٣-١). وتقدر مساحة حوض نهر النيل بحوالى ٢,٩ مليون كم٢ ، وهذه المساحة تشـمل أجزاء من عشر دول افريقية وهى إثيوبيا وإريتريا وأوغندا وبوروندى وتنزانيـا ورواندا والسودان والكونجو وكينيا ومصر. وتبلغ المساحة الكلية لـهذه الـدول العشر حوالى ٨,٧ مليون كم٢. ونظرا لهذا الاتساع العرضى والطولى، فإن نهر النيل يمر خلال رحلته الطويلة من منابعه إلى مصبه بلغات وحضارات عديـدة، كما أنه يمر خلال عدة أقاليم مناخية، من الإقليم الاستوائى بمتوسط سنوى لعمق المطر حوالى ٨٠٠ مم عند منابعه، وحتى الإقليم الصحراوي شديد الجفاف عند مروره بالصحراء فى شمال السودان ومعظم طوله بمصر.

٣-٢ الإمكانات المائية لنهر النيل

يختلف إيراد نهر النيل – مثل معظم الأنهار – من عام لآخر، فبينما يصـل فى أقلها إلى ٤٢ مليار متر مكعب/ السنة مقاسا عند أسوان، فإنـه يصـل فـى أعلاها إلى ١٥٠ مليار متر مكعب /السنة، وقد بلغ متوسـط الإيـراد السـنوى الطبيعى لنهر النيل خلال القرن الحالى – مقدرا عند أسوان – نحو ٨٤ مليـار متر مكعب، ويستجمع النيل مياهه من ثلاثة أحـواض رئيسـية هـى الهضبـة الإثيوبية وهضبة البحيرات الاستوائية وحوض بحر الغزال.



شكل رقم (٣-١) حوض نهر النيل ومنابعه

٣-٢-١ الهضبة الإثيوبية

تمثل الهضبة الإثيوبية أكبر منابع النيل إيرادا، إذ تمد النيل الرئيسى عند أسوان بنحو ٨٥٪ من متوسط الإيراد السنوى (٧١ مليار متر مكعب سنويا) وتتجمع مياه الهضبة الإثيوبية من عدد من الأنهار على النحو التالى:

نهر السوباط

يصب هذا النهر، فى النيل الأبيض، على بعد ٢٣ كيلو مترا جنوب ملكال، وهو يجرى فى حبسه الأخير من الشرق إلى الغرب تقريبا، وعلى بعد ٣٥٠ كيلومترا من مصبه، يصب فيه من الجنوب أحد فرعيه الرئيسيين، وهو نهر البيبور. وهناك فرع آخر رئيسى يعرف بنهر البارو، ويعبر منطقة مستنقعات يفقد فيها كميات من إيراده الواصل جمبيلا بالتبخر والتسرب على جانبيه، إلى أن يلتقى بفرع البيبور، ثم تجرى مياه الفرعين فى نهر السوباط الرئيسى حتى مصبه فى النيل الأبيض.

ويبلغ مجموع التصرف السنوى لفرع البارو عند جمبيلا ١٣ مليار متر مكعب، يصل منها عند مصبه بنهر السوباط ٩,٢ مليار متر مكعب سنويا، ويضيع الباقى وهو حوالى ٤ مليارات من الأمتار المكعبة سنويا على جانبيه، وإن كان الجزء الأكبر منها يفقد فى الجانب الأيمن منه عن طريق خور مشار وغيره إلى منطقة مستنقعات مشار التى يضيع كل إيرادها، سواء ما يرد إليها من نهر البارو، أم ما يرد إليها من الأخوار الشرقية النابعة من الهضبة الإثيوبية. ويبلغ تصرف نهر البيبور عند مصبه بنهر السوباط ٢,٨ مليار متر مكعب فى السنة، أى أن مجموع تصرف فرعى البارو والبيبور فى السنة يبلغ ١٢ مليار متر مكعب، ويزداد إيراد السوباط عند الناصر بعد حوالى ٤٠ كيلومترا من ملتقى الفرعين إلى حوالى ١٢,٤ مليار متر مكعب، وعند حلة دوليب عند مصب السوباط بالنيل الأبيض إلى ١٣,٥ مليار متر مكعب سنويا. وهذه الزيادة

فى التصرف بين الفرعين وحلة دوليب هى نتيجة ما يصل لنهر السوباط مباشرة من المياه فى موسم الأمطار، وما يعود من مياه تكون قد تسربت على جانبيه فى الفيضان ووجدت طريقها إلى النهر مرة ثانية بعد انخفاض مناسيبه.

النيل الأزرق

يستمد النيل الأزرق أول مياهه من بحيرة تانا، التى تقدر مساحتها بحوالى ٣٠٠٠ كيلومتر مربع ومنسوب سطحها المتوسط ١٨٠٠ متر فوق سطح البحر، ويقدر التصرف من مخرجها بحوالى ٣,٨ مليار متر مكعب سنويا على بعد ٩٤٠ كيلومترا من الروصيرص، ومقدار السقوط فى المنسوب خلال هذه المسافة ١٣١٠ أمتار. ثم تصب فى النيل الأزرق جملة روافد بعد ذلك، تضيف إلى إيراد النهر المتوسط بحيث يبلغ عند الروصيرص على بعد ٢٧٠ كيلومترا من خزان سنار حوالى ٥٠ مليار متر مكعب فى السنة، ومقدار السقوط فى مناسيب النهر خلال هذه المسافة هو ٣٥ مترا. وفى المسافة بين سنار والخرطوم وقدرها ٣٩٠ كيلومترا، يلتقى به رافدا الدندر والرهد حيث يصبان فى البر الأيمن على بعد ٢١٥ كيلومترا قبلى الخرطوم فيضيفان إلى إيراد النيل الأزرق أربعة مليارات من الأمتار المكعبة سنويا، وبهذا يبلغ متوسط مجموع إيراده ٥٤ مليار متر مكعب فى السنة، ومقدار سقوط منسوب النهر خلال هذه المسافة يبلغ حوالى ٦٤ مترا. والنيل الأزرق نهر عنيف شديد الاندفاع فى موسم فيضانه، تستطيع مياهه حمل الصخور المفتتة من الهضبة الإثيوبية. ويرجع الفضل إلى النيل الأزرق وإلى نهر العطبرة فى تكوين الدلتا بما حملاه من طمى عبر آلاف السنين. ومتوسط إيراد النيل الأزرق، مقدرا عند أسوان، بعد الفواقد الطبيعية منه يبلغ حوالى ٤٨,٥ مليار متر مكعب سنويا.

نهر العطبرة

ينبع هذا النهر من الجبال الإثيوبية على مقربة من بحيرة تانا، على منسوب ٢٠٠٠ متر تقريبا فوق سطح البحر، ويلتقى بعد مسيرة ٨٨٠ كيلومترا بالنيل

الرئيسى عند بلدة عطبرة على بعد ٣١٠ كيلومترات شمال الخرطوم، ويتجاوز انحداره وشدة اندفاعه النيل الأزرق، حيث يبلغ السقوط فى المناسيب من المنبع إلى المصب نحو ١٦٤٠ مترا. وأهم فروع العطبرة هو نهر ستيت الذى يصب فيه على بعد ٥١٠ كيلومترات من مصبه بالنيل الرئيسى. ويبلغ مجموع تصرف نهر عطبرة فى المتوسط ١٢ مليار متر مكعب فى السنة، تقدر بحوالى ١١,٥ مليار متر مكعب عند أسوان.

٣-٢-٢ الهضبة الاستوائية

ويمثل هذا المصدر أكثر المصادر انتظاما فى إمداد النيل بالمياه على مدار العام، ويبلغ المتوسط السنوى للمياه الواردة من الهضبة الاستوائية نحو ١٣ مليار متر مكعب مقدرة عند أسوان، موزعة بين المصادر المختلفة على النحو التالى:

بحيرة فيكتوريا

تبلغ مساحتها ٦٧٠٠٠ كيلومتر مربع، ومنسوبها ١١٣٢,٦ أمتار فوق سطح البحر، ومساحة حوضها ١٩٥٠٠٠ كيلومتر مربع ومعدل سقوط الأمطار على سطحها ١,٥ متر سنويا ومعدل سقوط الأمطار فوق حوضها ١,١٥ مترا لا يصل منه للبحيرة سوى ٨ ٪ والباقى يضيع بالبخر والتسرب. وأهم مصادر مياه البحيرة نهر كاجيرا الذى يمدها بنحو ٦ مليارات متر مكعب ويعبر فى مسيرته دول رواندا وبوروندى وتنزانيا. وقد اشتركت مصر وأوغندا فى أوائل الخمسينات فى إقامة خزان أوين على المخرج الوحيد للبحيرة عند جنجا، حيث يبلغ سقوط المياه فوق شلالى ريبون وأوين حوالى ٢٠ مترا وذلك لتوليد الكهرباء لصالح أوغندا، وليكون كذلك بداية للتخزين بالبحيرات الاستوائية. وتنحدر المياه من نيل فيكتوريا فوق جملة شلالات إلى بلدة نماسجالى على بعد ٨٠ كيلو مترا ليصب فى بحيرة كيوجا، وجملة سقوط المياه بين سطح البحيرتين

تبلغ ١٠٢ متر. ويبلغ إجمالى متوسط المياه الخارجة من البحيرة عبر خزان أوين حوالى ٢٣,٥ مليار متر مكعب سنويا ويصل بحيرة كيوجا نحو ٢١,٥ مليار متر مكعب.

بحيرة كيوجا

ويمتد نيل فيكتوريا من بحيرة فيكتوريا حتى يصب فى بحيرة كيوجا التى تقع بكاملها داخل أوغندا، والتى تختلف طبيعتها عن بحيرة فيكتوريا لكونها محاطة من جميع جوانبها بالمستنقعات، وتقدر مساحتها بحوالى ١٧٦٠ كيلومترا مربعا، ومساحة المستنقعات حوالى ٤٥١٠ كيلومترات مربعة، ومساحة الحوض لنيل فيكتوريا وبحيرة كيوجا ٧٥٠٠٠ كيلومتر مربع، ومعدل سقوط الأمطار على سطح البحيرة ومستنقعاتها حوالى ١,٢٩ مترا، ومعدل التبخر على سطح البحيرة يصل إلى ١,٢ متر وعلى المستنقعات حولها ٢,٢٣ مترا. ويبلغ متوسط التصرف السنوى من بحيرة كيوجا ٢١,٥ مليار متر مكعب متجهه عبر نيل فيكتوريا إلى بحيرة ألبرت. ويخرج نيل فيكتوريا من بحيرة كيوجا فى مجرى طبيعى ودرجة انحدار متوسط لمسافة ٨٠ كيلومترا حتى نقطة "كامدينى" ثم تنحدر مياهه بعد ذلك فوق شلالات تنتهى على مسافة ١٠٠ كيلومتر أخرى وتنتهى بشلالات "مارشيزون"، ويبلغ مجموع السقوط من منسوب بحيرة "كيوجا" عند ماسندى بورت ومدخل بحيرة "ألبرت" خلف "مارشيزون" حوالى ٤٠٩ أمتار.

بحيرة ألبرت

تقع هذه البحيرة فى كل من أوغندا وجمهورية الكونغو الديمقراطية، ويبلغ مسطحها ٥٣٠٠ كيلومتر مربع ويصب فى طرفها الشمالى نيل فيكتوريا (٢١,٥ مليارات) كما يصب فى طرفها الجنوبى نهر السمليكى (٤ مليارات) ويستمد هذا النهر مياهه من بحيرتى إدوارد وجورج. وتخرج المياه من البحيرة إلى نيل ألبرت بتصرف ٢٦,٥ مليار متر مكعب سنويا وهى تمثل مجموع المياه الواردة

من نيل فيكتوريا ونهر سمليكى وحصيلة الأمطار المتساقطة. ويمتد نيل فيكتوريا وألبرت حتى حدود السودان عند بلدة نيمولى حيث يسمى بعد ذلك بحر الجبل ويبلغ متوسط الإيراد السنوى عند بلدة نيمولى نحو ٢٥,٨ مليارات من الأمتار المكعبة ويستكمل النهر مسيرته داخل الأراضى السودانية تحت اسم بحر الجبل.

بحر الجبل والنيل الأبيض

تنحدر مياه بحر الجبل فوق شلالات فولا وبيدن، وعند مقياس الرجاف على بعد حوالى ١٥٦ كيلومترا من نيمولى يبلغ مجموع سقوط المياه ١٥٥ مترا. ويصب فى بحر الجبل فى هذا الحبس عدة روافد سيول، يقدر متوسط تصرفاتها السنوية، مقدرة عند منجلا، ٤,٨ مليارات. وباعتبار الفاقد من مخرج بحيرة ألبرت إلى منجلا حوالى ٥ ٪، فإن متوسط التصرف السنوى عند مخرج بحيرة ألبرت وهو ٢٦,٥ مليار متر مكعب، يقدر عند منجلا بحوالى ٢٥,٢ مليار متر مكعب سنويا، وبإضافة مياه السيول وهى ٤,٨ مليارات، يكون مجموع التصرف السنوى المتوسط بمنجلا ٣٠ مليار متر مكعب. وبعد منجلا تخترق مياه بحر الجبل منطقة السدود، ويفقد من التصرف المار بمنجلا حوالى ٥٠ ٪، ويصل منه إلى ملكال عن طريق مجريى بحر الزراف والجبل بعد أن يلتقيا بالنيل الأبيض ما مجموعه ١٥ مليار متر مكعب سنويا فى المتوسط.

٣-٢-٣ حوض بحر الغزال

يتاخم هذا الحوض من جنوبه حدود جمهورية السودان والكونغو، تلك الحدود التى تنبع من مرتفعاتها الأحباس العليا لأنهر "تبارى، ويای، والنعام، ومريدى، والتنج"، وروافد نهر "السيوى" أحد فرعين رئيسيين لنهر "الجور". ومن الجنوب الغربى للحوض حيث الحدود بين السودان وجمهورية إفريقيا الوسطى، تنبع روافد نهر "البوشيرى" الفرع الثانى لنهر "الجور" ثم نهر "البونجو"، والروافد العليا لنهر "لول" والروافد الجنوبية لبحر العرب. ومن

الشمال تحد حوض بحر الغزال الميول الجنوبية التى تنبع فيها الروافد الشمالية لبحر العرب. وتقدر مساحة حوض بحر الغزال بحوالى ٥٢٦٠٠٠ كيلومتر مربع، كما تقدر مساحة المستنقعات به بنحو ٤٠٠٠٠ كيلومتر مربع. ويبلغ معدل الأمطار على الحوض فى المتوسط بنحو ٠,٩ متر فى العام، ويقدر معدل التبخر بنحو مترين فى العام.

وأهم أنهار الحوض هى بحر العرب ونهر لول (٤,٣ مليارات) عند نياملل. ونهر بونجو (٠,٧ مليار)، ونهر الجور (٥,٣ مليارات) عند واو، ونهر النونج (١,١ مليار)، ونهر جل (٠,٤ مليار). ويبلغ مجموع متوسط التصرف السنوى للأفرع الستة المذكورة حوالى ١١,٨ مليار متر مكعب، ويصب جميعها فى مستنقعات بحر الغزال، الذى يعبر فى طريقه إلى مصبه ببحيرة "نو" بمنطقة مستنقعات تضيع فيها كل مياهه تقريبا، ولا يصل منها إلى النيل الأبيض إلا حوالى ٠,٥ مليار متر مكعب/ السنة. وهناك نهران آخران هما نهر النعام ونهر ياى، ينبعان من جنوب الحوض ولكنهما يتجهان فى نهايتهما نحو بحر الجبل، ويقدر متوسط التصرف السنوى لنهر النعام بنحو ٠,٥ مليار متر مكعب، والتصرف السنوى لنهر ياى بحوالى ٢ مليار متر مكعب / السنة عند بلدة موندرى حيث تضيع مياههما فى المستنقعات المتاخمة لبحر الجبل من الجهة الغربية شمال شامبى. هذا بالإضافة إلى بعض الروافد الأخرى، التى تتجه نحو بحر الجبل وتضيع مياهها فى مستنقعاته، ويقدر مجموع تصرفاتها السنوية بحوالى ٠,٨ مليار متر مكعب. ويبلغ متوسط مجموع تصرفات روافد منطقة بحر الغزال فى السنة ما لا يقل عن ١٥,١ مليار متر مكعب، تضيع كلها فى مناطق المستنقعات ولا يصل منها إلى النيل الأبيض إلا نحو نصف مليار فقط فى السنة.

النيـــل الرئيـــسى

يعرف النهر بالنيل الرئيسى عند التقاء النيل الأزرق بالنيل الأبيـــض فـــى الخرطوم حتى مصبه فى البحر الأبيض المتوسط، حيـــث يبلـــغ طولـــه ٣٠٦٥ كيلومترا. ويبلغ طول النهر فى المسافة من الخرطوم لأسوان ١٨٨٥ كيلو مترا، يجتاز خلالها ستة شلالات، ويبلغ سقوط النهر فيها حوالى ٢٠٠ مـــتر، علـــى أساس التخزين الحالى بالسد العالى. وتبلغ المسافة بين أسوان وقنـــاطر الدلتـــا ٩٤٦ كيلومترا، ومتوسط الانحدار ١ : ١٣٠٠٠، ومتوسط عرض قطاع النـــهر ٩٠٠ متر ومساحة قطاعه ٥٧٠٠ متر مربع، وسبق لمصر أن أقامت على النيل فى هذه المسافة خزان أسوان القديم للتخزين السنوى، وقناطر إسنا ونجع حمادى وأسيوط وقناطر الدلتا. وعند قناطر الدلتا يتفرع النيل إلى فرعى دمياط ورشـيد، ويبلغ طول الفرع حتى مصبه بالبحر الأبيض المتوسط نحو ٢٣٥ كيلومترا، وقد أقيمت قناطر إدفينا على فرع رشيد وقناطر زفتى على فرع دمياط، كمـــا أقيـــم عليه سد ترابى استبدل عام ١٩٨٩م بسد دائم وهو سد فارسكور، مـــع هويـــس ومفيض بالبر الشرقى، وذلك لتيسير الملاحة بين البحـــر الأبيـــض المتوســـط والقاهرة.

٣-٢-٤ إمكانيات توليد الطاقة الكهربائية

إن إمكانيات توليد الكهرباء من حوض نهرالنيل عالية جدا، وإن كان حتـــى الآن طبقا للمعلومات المتاحة يتم توليد ٣٤٨٩ ميجاوات فقـــط، إلا أنـــه طبقـــا للجدول رقم (٣-١) يمكن استغلال الإمكانيات المتاحة بما هو مقـــداره ٥٩٢٥ ميجاوات من المساقط المائية لتوليد الكهرباء، وذلك طبقا للمشروعات المقترحـــة للتنمية بدول الحوض.

جـدول رقم (٣-١) إمكانيات توليد الطاقة الكهربائية من حوض نهر النيل

اسم الدولة	التوليد الحالى (ميجاوات)	التوليد المتوقع مع عام٢٠٢٠م (ميجاوات)	ملاحظات
إثيوبيا	٣٦٠	٣٣٨٠	الخطة القومية حتى عام٢٠٣٥
إريتريا	-	-	البيانات غير متاحة
أوغندا	١٠٥	١٣٨٠	
بوروندى	٤١	٦٥ - ١١٩	
تنزانيا	-	-	البيانات غير متاحة
رواندا		٤٢	
السودان	٢٣٨	٧٢٠	
الكونجو	٣٥	-	استخدام مساقط بحيرة موبوتو سيسى سيكو
كينيا		١٣٥	
مصر	٢٧٤٥	٢٣٨	التوليد المتوقع من إعادة تأهيل القناطر على نهر النيل
إجمالى	**٣٤٨٩**	**٥٩٢٥**	**طبقا للبيانات المتاحة.**

٣-٢-٥ المياه الجوفية

تعتبر المياه الجوفية بدول أعالى النيل من الموارد الغائبة وغير المستغلة إلا فى عدد قليل جدا من الآبار التى تم حفرها لأغراض مياه الشـــرب، ومخـــزون المياه الجوفية بهذه المناطق به إمكانات هائلة نظرا لتجدده المستمر وأيضا لعـــدم استغلاله، وفى دراسة قام بها معهد ماساتشوستس للتكنولوجيـــا (MIT) لمنطقـــة بحر الغزال، وجد أن حوالى ٣٠٪ من مياه بحر الغزال تغذى الطبقات الجوفيـــة الحاملة للمياه (Chan and Eagleson 1980)، وفى الورقة البحثية (Allam and Fahmy 1995) المقدمة بمؤتمر النيل ٢٠٠٢ بأروشا - تنزانيـــا أمكـــن تقديـــر التغذية الطبيعية من الأمطار لأحواض المياه الجوفية لدول النيل العشر بحوالـــى

٣١٩,٥ مليار متر مكعب سنوياً، وهذا يوضح الإمكانات الهائلة لهذا المورد المائى الهام، علماً بأن رصيد مصر من هذه التغذية الطبيعية لا يتعدى مليار متر مكعب سنوياً، فى حين يصل نصيب السودان لأكثر من ٩٠ ملياراً وإثيوبيا لأكثر من ٧٥ مليار متر مكعب سنوياً. ولإستغلال هذا المصدر الهام والحيوى، لابد من عمل مسح جيوفيزيقى وجيولوجى لتحديد هذه الخزانات وحدودها وأعماقها، كذلك إنشاء شبكة آبار مراقبة لتحديد حركة واتجاهات المياه الجوفية وكذلك لمراقبة نوعية المياه حتى يمكن تحديد مواقع استغلال هذه المياه وكمية وكيفية استغلالها.

٣-٢-٦ الثروة السمكية

بالرغم من المسطحات المائية الكبيرة لحوض نهر النيل، والذى تبلغ مساحة البحيرات فيه حوالى ٨١٥٠٠ كم^{٢}، ومساحة المستنقعات خلاله حوالى ٦٧٧٢٠كم^{٢}، هذا بالإضافة إلى ٣٧٥٠٠ كم طول النهر وأفرعه، إلا أن استغلال الثروة السمكية الموجودة به يعد محدوداً للغاية، إذ إن معدل الإنتاج الحالى لا يصل إلى ١,٤ مليون طن / سنة، ويتراوح الاستهلاك المحلى لدول الحوض بين ١ كجم /نسمة/ سنة إلى ٩ كجم / نسمة / سنة. ولتحقيق متطلبات السكان من البروتين الحيوانى فإنه يتطلب زيادة الإنتاج الحالى من الثروة السمكية ثلاث مرات. وترجع محدودية استغلال الثروة السمكية إلى عدم توافر الإمكانات المحلية لأعمال الصيد سواءً من الناحية البشرية المدربة أم من ناحية معدات الصيد والتقنيات الحديثة، وأيضاً تعود إلى تواجد مصادر أخرى أكثر وفرة وسهولة مثل البحر (إريتريا - إثيوبيا - تنزانيا)، أو أنهار أخرى (كينيا - الكونجو) والتى يمكن الاعتماد عليها فى توفير الحصاد السمكى اللازم للاستهلاك المحلى والتصدير أيضاً.

٣-٣ الدراسات البيئية عن نهر النيل

من المعروف أنه بالرغم من أن حوض نهر النيل قد حظى بدراسات عديدة بالنسبة للموارد المائية والتغيرات المورفولوجية خاصة بالنسبة للهضبة الاستوائية، إلا أن الدراسات البيئية على مستوى الحوض لم تحظ بأى عمل إقليمى بصورة جادة حتى الآن. ونستعرض فيما يلى محاولات البدء فى هذه الدراسات على المستوى الإقليمى.

٣-٣-١ مشروع الدراسات البيئية لهضبة البحيرات الاستوائية

أعدت بعض الدراسات عن نوعية المياه فى بحيرة فيكتوريا ضمن أعمال المشروع والذى بدأ فى عام ١٩٦٧م بين دول حوض النيل، وتم إعداد نموذج رياضى لنوعية المياه فى البحيرة إلا أنه للأسف عند تشغيل هذا النموذج ظهرت عيوب كثيرة بنتائجه وبذلت عدة محاولات لإصلاحه باءت كلها بالفشل. وهناك مشروع الإدارة البيئية لبحيرة فيكتوريا بين دول أوغندا وتنزانيا وكينيا، حيث تم توقيع الاتفاقية بين الدول الثلاث فى ٥ أغسطس عام ١٩٩٤م بدار السلام لتنفيذ المشروع، بهدف حل المشاكل البيئية فى بحيرة فيكتوريا مع التركيز على التنمية السمكية ومواجهة نبات الهايسنت، وتحسين نوعية المياه وتقليل صرف النيتريت والمخلفات والملوثات الصناعية، والحفاظ على التربة وإدارة استخدام الأراضى. وقد وافق البنك الدولى على تمويل مشروع الإدارة البيئية لبحيرة فيكتوريا بتمويل قدره ٧٧,٦ مليون دولار أمريكى لمدة ٥ سنوات، كما تشارك الدول الثلاث فى المشروع بإجمالى ٧,٧ مليون دولار أمريكى وقد بدأ المشروع فى نوفمبر ١٩٩٦م.

٣-٣-٢ الدراسة التشخيصية للمشكلات البيئية فى حوض نهر النيل

بمبادرة من البرنامج الانمائى للبيئة UNEP، عقدت عدة اجتماعات على مدى عامين حضرها ممثلون من دول حوض النيل للاتفاق على إعداد عناصر

وأسلوب إعداد دراسة تشخيصية للمشكلات البيئية فى نهر النيل على نسق ما تم بالنسبة لحوض بحيرة تشاد وما تم بالنسبة لمجموعة دول بحر الارالAral Sea. وقد تم الاتفاق على عناصر الدراسة وذلك على المستوى القومى لكل دولة من دول حوض النيل، على أن يتم تجميعها وإعادة صياغتها على المستوى الإقليمى وإدخال العناصر والمشكلات الإقليمية. وقد كان من المقرر أن يلى هذه الدراسة إعداد خطة عمل للبيئة فى حوض نهر النيل Action Plans إلا أنه للاسف لأسباب إجرائية لم يتم إنهاء هذا العمل.

٣-٣-٣ الرؤية المشتركة والدراسات التى اتفق عليها فى مبادرة البنك الدولى

تتضمن مشروعات الرؤية المشتركة لدول حوض النيل والتى بدأت عام ١٩٩٨م عنصرا هاماً عن البيئة، وبدأت بالفعل مجموعات العمل لتسع دول من دول حوض النيل فى وضع الخطوط العريضة للدراسات المختلفة ومن ضمنها الدراسات البيئية. وتشمل هذه الدراسات الحفاظ على البيئة للمسطحات المائية الأرضية، ومقاومة الهايسنت، والمحميات الطبيعية، والحفاظ على الأحياء المائية، وتحديد مصادر التلوث، ورفع كفاءة المؤسسات والنظم المؤسسية، والإعلام البيئى. وسيتم تنفيذ هذه الدراسات على مراحل تبدأ بتجميع الدراسات على المستوى المحلى ثم تتطور لتصبح على المستوى الإقليمى آخذة فى الاعتبار الظروف الإقليمية على مستوى الأحواض الفرعية وعلى مستوى حوض النهر بكامله.

٣-٤ التعاون مع دول حوض النيل

٣-٤-١ التعاون على المستوى الثنائى

حرصت مصر كل الحرص على تأمين مصالحها من مياه النيل التى تحقق لها البقاء والتنمية ودرء التهديدات الداخلية أو الخارجية التى تمس هذه المصالح تحقيقا لأمنها القومى. وقد ترجمت مصر هذا الفكر والمفهوم فى صورة

الاتفاقيات والبروتوكولات التى تمت فى هذا الشأن والتى تنظم العلاقة بينها وبين دول حوض النيل سواء كانت مستقلة أم تحت الاحتلال لضمان عدم المساس بالحقوق المكتسبة أولا، ثم إقامة مشروعات جديدة لتقليل الفاقد وبالتالى زيادة إيراد النهر ثانياً. وفيما يلى موجز للاتفاقيات وتواريخها وما ورد بها من بنود تتعلق بمياه النيل

بروتوكول بين بريطانيا العظمى وإيطاليا فى عام ١٨٩١م

جاء فى البند الثالث "تتعهد الحكومة الإيطالية بعدم إقامة أية إشغالات على نهر عطبرة لأغراض الرى يكون من شأنها تعديل تدفق مياهه إلى نهر النيل على نحو ملموس".

اتفاق بين دولة الكونغو المستقلة وبريطانيا العظمى فى عام ١٨٩٤م

جاء فى البند الثالث "تتعهد حكومة الكونغو المستقلة بألا تقيم أو تسمح بإقامة أى إشغال على نهر سمليكى أو نهر أسانجو أو بجوار أى منهما يكون من شأنه خفض حجم المياه التى تتدفق فى بحيرة ألبرت ما لم يتم ذلك بالاتفاق مع الحكومة السودانية".

المعاهدة بين بريطانيا العظمى وإيطاليا وإثيوبيا فى عام ١٩٠٢م

جاء فى البند الثالث "يتعهد ملك الحبشة لدى حكومة بريطانيا بأن لا يصدر تعليمات أو يسمح بإصدارها فيما يتعلق بعمل أى شىء فى النيل الأزرق أو بحيرة تانا أو نهر السوباط يمكن أن يسبب اعتراض سريان مياهها إلى النيل مالم توافق على ذلك حكومة بريطانيا مقدما هى وحكومة السودان".

المعاهدة بين بريطانيا وبلجيكا فى عام ١٩٠٦م

وقعت هذه المعاهدة بين بريطانيا وبلجيكا نيابة عن دولة الكونغو فى لندن فى مايو ١٩٠٦م، وقد نصت المعاهدة على المادة التالية: "تتعهد حكومة الكونغو ألا تقيم أو تسمح بإقامة أية منشآت قرب أو على نهر سمليكى أو نهر ايسانجو والتى يكون من شأنها تخفيض كمية المياه التى تصب فى بحيرة ألبرت إلا بالاتفاق مع حكومة السودان المصرى – البريطانى"

اتفاقية عام ١٩٠٦م بين بريطانيا وايطاليا وإثيوبيا

والتى تتعهد فيها الدول الثلاث باحترام كل الاتفاقيات السابقة مع التعهد بتأمين حقوق مصر فى مياه النيل، وخاصة تنظيم مياه النيل وفروعه.

المذكرات المتبادلة بين المملكة البريطانية وإيطاليا فى عام ١٩٢٥م

بشأن الامتيازات المتعلقة بإقامة خزان على بحيرة تانا وخط حديدى عبر الحبشة من إريتريا إلى الصومال الإيطالى (روما من ١٤ – ٢٠ ديسمبر ١٩٢٥م). وقد شملت المذكرة عدة عناصر أهمها تعهد الحكومة الإيطالية من جانبها (اعترافاً منها بالحقوق الهيدرولوجية الأولى لكل من مصر والسودان) بعدم إجراء أية إشغالات على المياه الرئيسية للنيل الأزرق أو النيل الأبيض وروافدهما وفروعهما يكون من شأنها أن تعدل بصورة ملموسة تدفق المياه نحو النهر الرئيسى.

اتفاقية مياه النيل عام ١٩٢٩م

أبرمت هذه الاتفاقية بين مصر وبريطانيا العظمى (والأخيرة نيابة عن السودان وكينيا وتنجانيقا وأوغندا) وتنص هذه الاتفاقية على تحريم إقامة أى مشروع من أى نوع على نهر النيل أو روافده أوالبحيرات التى تغذيها كلها إلا بموافقة مصر وبصفة خاصة إذا ما كانت لهذه المنشآت صلة بالرى أو توليد الكهرباء أو إذا ما كانت تؤثر على كمية المياه التى كانت مصر تحصل عليها أو

إذا كانت تضر بمصالح مصر من أية ناحية. وكذا تنص المعاهده على أن لمصر الحق فى الرقابة على طول مجرى النيل من منبعه إلى مصبه وفى إجراء البحوث وكذلك الرقابة على تنفيذ المشروعات التى قد تفيد مصر.

الاتفاق بشأن إنشاء خزان أوين بأوغندا عام ١٩٥٣م

تم تبادل المذكرات بين الحكومة المصرية وحكومة المملكة المتحدة بداية من عام ١٩٤٩م حول مدى حاجة أوغندا لإنشاء محطة توليد طاقة كهربية من شلالات أوين، وانتهت المذكرات بقبول الطرفين بأن يكون تبادل المذكرات والردود عليها بمثابة اتفاق رسمى بين الحكومتين. وملخص هذا الاتفاق أنه من مصلحة الطرفين التعاون فى بناء خزان عند مخرج بحيرة فيكتوريا لأغراض الرى فى مصر وتوليد الطاقة الكهربائية لصالح أوغندا بحيث لا يؤثر إنشاء الخزان وتشغيل محطة توليد الطاقة على كمية المياه التى تصل إلى مصر أو تعديل تاريخ وصولها أو تخفيض منسوبها وبحيث تكون التصرفات الخارجة من بحيرة فيكتوريا متوافقة مع التصرف الطبيعى للنهر قبل إنشاء الخزان.

اتفاق بين مصر والسودان للانتفاع الكامل بمياه النيل عام ١٩٥٩م

جاءت هذه الاتفاقية مكملة لاتفاقية النيل المنعقدة فى عام ١٩٢٩م بين مصر والسودان وليست لاغية لها. وقد شملت المحاور التالية: الحقوق المكتسبة، ومشروعات ضبط النيل وتوزيع عوائدها (السد العالى فى مصر والروصيرص فى السودان)، وشملت أيضاً مشروعات تقليل الفاقد (بحر الجبل - بحر الزراف- بحر الغزال وفروعه - نهر السوباط وفروعه - حوض النيل الأبيض)، وكذلك تنسيق التعاون الفنى بين الدولتين من جهة وبين باقى دول حوض النيل من جهة أخرى.

اتفاق بين مصر وأوغندا على تنفيذ مشروع توسيع محطة كهرباء خزان أوين في مايو ١٩٩١م

تم تبادل خطابين بين حكومة جمهورية مصر العربية وحكومة أوغندا بشأن الموافقة على تنفيذ مشروع توسيع محطة كهرباء خزان أوين واعتبار هذين الخطابين بمثابة اتفاق بين الحكومتين، وملخص هذا الاتفاق:

- احترام اتفاق عام ١٩٥٣م الخاص بإنشاء خزان أوين بأوغندا.
- يمكن لأوغندا تنظيم بحيرة فيكتوريا متى دعت الحاجة إلى ذلك وفقاً للحدود المأمونة وبحيث لا تؤدى إلى آثار عكسية على احتياجات دول المصب.
- التصريف المستخدم للقوى الكهربائية ينبغى أن يكون متوافقاً مع التصريف الطبيعى.
- تكتب مصر إلى البنك الدولى لرفع تحفظاتها على المشروع.

إطار عام للتعاون بين جمهورية مصر العربية وإثيوبيا فى يوليو ١٩٩٣م

ملخص هذا الإطار أن الدولتين تعقدان العزم على تقوية روابط الصداقة لتعزيز التعاون بين الدولتين والالتزام بقواعد حسن الجوار وعدم التدخل فى الأمور الداخلية للبلدين ضماناً لاستقرار الأوضاع فى المنطقة، وبالنسبة لمياه النيل فقد اتفق الجانبان على:

- عدم قيام أى منهما بعمل أى نشاط يتعلق بمياه النيل قد يسبب ضرراً بمصالح الجانب الآخر
- ضرورة المحافظة على مياه النيل وحمايتها.
- احترام القوانين الدولية.
- يتم التشاور والتعاون بين الجانبين بغرض إقامة مشروعات تزيد من حجم تدفق المياه وتقلل الفواقد.

٣-٤-٢ التعاون على المستوى الإقليمى

مشروع الدراسات الهيدرومترولوجية بحوض البحيرات الاستوائية

قامت بعض دول حوض النيل (مصر-كينيا-السودان-تنزانيا-أوغندا) فى أغسطس ١٩٦٧م ببدء مشروع الدراسات الخاصة بهضبة البحيرات الاستوائية تحت مظلة برنامج الأمم المتحدة ومنظمة الأرصاد العالمية بهدف تجميع المعلومات المترولوجية والهيدرولوجية الخاصة بأحواض البحيرات الاستوائية لتحليل الميزان المائى لإمكانية قيام الحكومات المختلفة بتخطيط مشروعات للمحافظة على المياه وحسن استغلالها، وبهدف تحقيق التعاون الإقليمى فى حفظ مياه النيل. وقد تم مد فترة المشروع أكثر من مرة وانضمت إليه تباعا باقى دول حوض النيل حتى تم الانتهاء من أهدافه عام ١٩٩٢م. وقد تم جمع قاعدة من البيانات الأساسية والتى تساعد على تنمية المنطقة الاستوائية بالإضافة إلى أنه قد تم إعداد نموذج رياضى بالكامل للمنطقة تم تطبيقه لمعرفة تأثير الاحتياجات فى دول المنبع على دول المصب.

مشروع التيكونيل

تم عقد لقاء فى ديسمبر ١٩٩٢م فى كمبالا بأوغندا بين السادة الوزراء المعنيين بالموارد المائية بدول حوض نهر النيل لمراجعة وتقييم ما تم عمله من خلال مشروع البحيرات الاستوائية المشار إليه وإعداد وثيقة للتعاون الفنى تشمل كافة دول حوض النيل. وتم الاتفاق فى ذلك اللقاء على ضرورة التعاون المستقبلى بين دول حوض النيل لفترة ثلاث سنوات تحت مسمى (التيكونيل)، وقد وقع على هذا الاتفاق السادة الوزراء المعنيون من الدول التالية مصر - السودان - أوغندا - تنزانيا - زائير - رواندا، كما حضرته بقية الدول النيلية كمراقبين، وتم إنشاء لجنة فنية من ممثلى دول حوض النيل كما تم تشكيل مجلس وزارى لوزراء الموارد المائية فى تلك الدول. وقد تم عقد لقاء لأعضاء اللجنة الفنية للتيكونيل فى شهر نوفمبر ١٩٩٤م بالقاهرة، وتم فى هذا اللقاء وضع

الخطة الشاملة لتنمية حوض نهر النيل. وقد حضر هذا اللقاء ممثلو جميع الدول النيلية، وتم عقد لقاء وزارى فى أروشا بتنزانيا عام ١٩٩٥م حيث تم عرض الخطة الشاملة لحوض نهر النيل وقد حظيت تلك الخطة بموافقة السادة الوزراء المعنيين بشئون مصادر المياه فى الدول النيلية. كما تقرر فى ذلك اللقاء مد فترة التيكونيل لمدة ثلاث سنوات أخرى تبدأ من يناير ١٩٩٦م.

وتحتوى الخطة الشاملة على ٢٢ مشروعاً تدور فى إطار خمسة مجالات رئيسية على النحو التالى :-

الخطة المتكاملة لتخطيط وإدارة مصادر المياه

- تحديد الموارد المائية المتاحة والاحتياجات
- خطط التنمية وإدارة الموارد المائية
- تحديد الآثار المترتبة على المتغيرات المناخية
- عمل الميزان المائى لبحيرة فيكتوريا
- إدارة الأراضى المغمورة بالمياه

رفع كفاءة المؤسسات المختلفة

- دعم المؤسسات المختصة
- عمل أطلس للمصادر المائية الموجودة بحوض نهر النيل
- تحسين طرق إدارة المياه
- الإدارة المتكاملة لمصادر المياه
- تدعيم المؤسسات المعنية بنوعية المياه
- إنشاء قاعدة بيانات خاصة بحوض نهر النيل
- تدعيم المراكز القومية الإقليمية من أجل تنمية المهارات بحوض نهر النيل
- تدعيم المؤسسات القومية والإقليمية المعنية بشئون البيئة

التدريب

ويتم ذلك عن طريق عمل دورات تدريبية للفنيين والمديرين ومتخذى القرار من العاملين بالأجهزة المتخصصة فى دول حوض النيل من أجل زيادة وتنمية مهاراتهم.

التعاون الإقليمى

الغرض الرئيسى من هذا البند هو عمل إطار مؤسسى للعمل بجميع دول حوض النيل يكون مقبولاً من جميع الدول النيلية ، ويتضمن هذا البند خمسة مشروعات هى :

- عمل حصر للمنظمات القومية والإقليمية وأنشطتها
- عمل حصر للخبراء المحليين بدول حوض نهر النيل
- عمل إطار للتعاون الإقليمى بين دول الحوض
- تبادل المعلومات بين دول الحوض
- تحديد المشروعات المشتركة على المستويين القومى والإقليمى لتنمية الموارد المائية

حماية وتحسين البيئة

الغرض الرئيسى من هذا البند هو التحكم فى تجريف الأراضى والملوحة والتلوث والحشائش المائية فى البحيرات الاستوائية والنيل الأبيض وتطوير سياسة حماية البيئة فى منطقة البحيرات، ويتضمن هذا البند ثلاثة مشروعات هى:

- الحماية البيئية للأراضى والمياه
- دراسات البيئة فى الأحواض الفرعية
- جمع الدراسات التشخيصية لمشكلات البيئة بحوض نهر النيل

اللجنة الاستشارية الفنية (التجميع الحالى لدول حوض النيل)

بعد انتهاء فترة التيكونيل فى ديسمبر ١٩٩٨م، تطور التعاون بين دول حوض النيل ليشمل وضع استراتيجية للتحرك على المستويين الإقليمى بالنسبة للحوض بالكامل، وبالنسبة للأحواض الفرعية. ومن خلال الاجتماعات الوزارية للمجلس الوزارى لوزراء الموارد المائية لدول حوض النيل، اتفقت الدول على تطوير آلية اللجنة الفنية الاستشارية لحوض النيل وشملت وضع استراتيجية للتعاون بين الدول النيلية والتحرك من مرحلة الدراسات إلى مرحلة تنفيذ المشروعات التى تقوم على مبدأ "الفائدة للجميع Win - Win"، وتكون هذه الآلية من مجلس وزارى ولجنة فنية استشارية وسكرتارية ومدير. وقد شملت الاستراتيجية محورين، الأول عبارة عن مشروعات الرؤية المشتركة وتشمل حوض النيل بكامله. والمحور الثانى عن مشروعات الأحواض الفرعية وتشمل مشروعات يتم تنفيذها بين مجموعة من الدول تشترك فى حوض فرعى مثل مصر والسودان وإثيوبيا فى الهضبة الإثيوبية والنيل الرئيسى، ومصر والسودان وأوغندا وكينيا وتنزانيا بالنسبة للبحيرات الاستوائية، ومشروعات بين دول الهضبة الاستوائية.

وقد شكل البنك الدولى مجموعة استشارية من الممولين تقوم بتمويل هذه المشروعات ومن المتفق عليه السير فى الخطوات التالية:

- يتم عقد اجتماعات بين أعضاء اللجنة الفنية الاستشارية للاتفاق على المشروعات بالنسبة لكل من مشروعات الرؤية المشتركة ومشروعات الأحواض الفرعية، ثم ترفع للوزراء للنظر فى إقرارها.
- ترسل هذه المشروعات إلى اللجنة الاستشارية من الممولين برئاسة البنك الدولى لدراستها وتمويل ما يثبت صلاحيته من الناحية الفنية والاقتصادية.

ويجرى حالياً عقد اجتماعات بين دول حوض النيل بواسطة مجموعة من الخبراء (ثلاثة من كل دولة) تجتمع دورياً لدراسة وإعداد الإطار الإقليمى

والقانونى لدول حوض النيل، وستكون هى الآلية الدائمة التى تجمع دول حوض النيل وتحدد العلاقة بينها فى استغلال مياه النيل، حيث ان الآلية الحالية وما سبقها من آليات تعتبر آليات مؤقتة يتم التعامل بها لحين الانتهاء من الإطار القانونى والمؤسسى لدول حوض النيل.

مؤتمر النيل ٢٠٠٢م

نتناول هنا إحدى آليات التعاون بين دول حوض النيل وهو مؤتمر النيل ٢٠٠٢م الذى يحضره سنوياً ممثلون حكوميون رفيعو المستوى عن دول الحوض. وأول هذه المؤتمرات عقد فى أسوان عام ١٩٩٣م ثم فى السودان ثم تنزانيا وأوغندا ثم إثيوبيا ثم رواندا ثم مصر مرة ثانية عام ١٩٩٩م، ثم إثيوبيا فى نهاية شهر يونيو عام ٢٠٠٠م. وستستمر سلسلة هذه اللقاءات السنوية حتى عام ٢٠٠٢م، لتبادل وجهات النظر الفنية وتبادل الخبرات بين دول الحوض حول مشاريع تنمية موارد نهر النيل وأولوياتها. وتتمثل أنشطة هذا المؤتمر فى الأوراق القطرية التى تعرضها الوفود الرسمية لدول حوض النيل بالإضافة إلى أبحاث علمية وفنية يعرضها باحثون من دول الحوض ومن جهات وهيئات أجنبية عديدة.

وعلى ضوء ما جاء فى الأوراق القطرية لمؤتمر النيل ٢٠٠٢ م يمكن استخلاص ما يلى (علام، ١٩٩٩م) :

- إن البيانات والدراسات المائية المتوفرة لدول الحوض، باستثناء مصر ثم السودان، محدودة وليست هناك خطط قومية مائية تفصيلية يمكن الإعتماد عليها حتى الآن لإعداد خطة متكاملة لتنمية وإدارة نهر النيل.
- هناك مبالغة شديدة فى تقديرات تعداد سكان دول الحوض وفى معدلات الزيادة السكانية وبالتالى فى احتياجاتهم المائية.

- هناك اهتمام مثير للانتباه من دول أعالى النيل بالزراعة المروية بالرغم من أنها لم تمارس هناك بشكل مؤثر منذ القدم، ولم تتطـــرق أى مـــن الأوراق القطرية إلى الزراعات المطرية والعمل على تطويرها وزيادة إنتاجيتها.
- هناك بالفعل حاجة لإنشاء السدود الصغيرة لإمدادات مياه الشرب ولتوليـــد الكهرباء فى معظم دول حوض النيل، وهذه السدود لن تؤثر بشـــكل كبـــير على حصة مصر، ما لم تستخدم مياهها فى أغراض الرى.
- من الملاحظ أن الاحتياجات المستقبلية لدول الهضبة الاستوائية للزراعـــات المروية تم تقديرها بما يعادل الزيادة المتوقعة فى إيراد النهر نتيجة مشروع قناة جونجلى، مما يوحى بأنه قد يكون هناك نوايا لدى هذه الدول للمطالبـــة ببيع المياه لدول المصب.
- هناك مبالغة إثيوبية شديدة فى تقدير احتياجاتها المائية حتـــى لـــو صحـــت تقديراتها للمساحات الزراعية الممكن استصلاحها، حيث تتوفـــر الأمطـــار الغزيرة لشهور عديدة، والرى التكميلى للفدان لن يزيد عن حوالـــى ٢٠٠٠ متر مكعب فى السنة، ولن تزيد الاحتياجات الكلية عـــن ١٠ مليـــار مـــتر مكعب، علماً بأن استصلاح هذه المساحات الهائلة سيستغرق عقوداً طويلـــة من الزمن وبتكاليف هائلة، ذلك بالإضافة إلى تكاليف الســـدود التخزينيـــة وقنوات التحويل.
- الأهمية الكبيرة لتنسيق المواقف بين مصر والسودان فى هذه المؤتمـــرات خاصة وفى برامج حوض النيل عموماً، وبدون هذا التنسيق ســـيكون مـــن الصعب لأى منهما زيادة الإيراد من مياه النيـــل بـــل والمحافظـــة علـــى حصصهما المائية.
- بعد عام ١٩٩٦م أصبحت الأوراق القطرية تكراراً لما ذكر فـــى الأعـــوام السابقة مما قد يستلزم إعادة تقييم فوائد استكمال هذه السلسلة من المؤتمرات السنوية.

٣-٥ الرؤية المستقبلية لتنمية موارد نهر النيل

إن التحدى الحقيقى هو تنمية حوض النهر واستغلال الطاقات الكامنه به لإمكان سد احتياجات الدول النيلية، والتى تختلف من دولة إلى أخرى طبقاً لما لديها من موارد مائية، وبشرية ومساحات صالحة للزراعة، وأولويات تنمية الموارد المائية. فكثير من الدول النيلية لا توجد لديها خطط قومية لاستخدامات المياه فيما عدا مصر والسودان وكينيا ولا تزال إثيوبيا فى المراحل الأولى لإعداد خطتها القومية لاستخدامات البلاد. أما باقى الدول فلم يتم بعد إعداد خططها القومية وتركز فى مطالبها من مياه النيل على محاولة توفير الموارد المائية لمياه الشرب، وأحياناً لتوفير المياه للسكان وللماشيه فى بعض المناطق، ودون الدخول فى مشروعات زراعية كبرى كما هو الحال فى مصر والسودان.

٣-٥-١ الهضبة الاستوائية

عندما وقعت مصر مع السودان اتفاقية مياه النيل عام ١٩٥٩م، وأُنْشِئت الهيئة الفنية الدائمة المشتركة لمياه النيل بين مصر والسودان بموجب هذا الاتفاق، بدأت الهيئة بجانبيها المصرى والسودانى فى الدخول فى محادثات فنية غير رسمية مع دول شرق إفريقيا لبحث مطالبها من مياه النيل، ولاسيما أن هذه الدول قد احتجت حينما وقعت مصر اتفاقية عام ١٩٥٩م والتى تتضمن توزيع حصص مياه النيل مع السودان، وبدأت هذه المحادثات بين وفد مشترك مصرى سودانى من هيئة مياه النيل والدول الثلاث أوغندا وكينيا وتنزانيا فى أكتوبر ١٩٦١م، لتبادل الآراء وتوضيح وجهات النظر فى مطالب هذه الدول من المياه وأى مشكلات مطروحة للبحث، وكانت هيئة مياه النيل حريصة فى ذلك الوقت على ترك بابها مفتوحاً لتستأنف المفاوضات على فترات مستقبلية حتى يبلغ الطرفان غايتهما فى استكمال بحث هذه الموضوعات. وتم الاتفاق فى عام ١٩٦٣م على أن تتقدم دول شرق إفريقيا بمطالبها العاجلة من مياه النيل لمدة

خمس سنوات قادمة، وأن أيه كمية يتفق عليها تنظر فيها حكومتا الجمهوريتين للموافقة عليها على أن يكون مفهوما أن المطالب النهائية سوف تشمل ما يمكن قبوله عاجلاً لتلك البلاد. وتقدمت دول شرق إفريقيا بمطالبها العاجله من مياه النيل وبلغت جملتها ٠,٧١ مليار متر مكعب وقد رفعت الهيئة توصيتها لحكومتى الجمهوريتين بقبول هذا القدر من المياه، لاسيما أن هذه الكميات لن تؤثر على إيراد النهر الواصل للدولتين تأثيراً محسوساً. كانت الهيئة تترسم انتهاز فرصة هذه المحادثات لتدعيم الثقة بين الطرفين، وذلك رغبه فى الوصول إلى اتفاق يحقق مصالحهما معاً، كما أن الهيئة كانت تضع فى ذلك الوقت فى اعتبارها أن أهالى تلك البلاد قد حصلوا على استقلالهم حديثاً فهم فى حاجة إلى وقت يتعرفون فيه بأنفسهم على حاجتهم الحقيقية من المياه. وقد استمرت هذه الحلقات من المباحثات بين دول شرق إفريقيا وهيئة مياه النيل حتى انتهت إلى إقرار قيام مشروع الدراسات الهيدرومترولوجية بحوض البحيرات الاستوائية الذى بدأ منذ عام ١٩٦٧م، وشكلت له لجنة فنية لممثلى دول المشروع وهى مصر والسودان وأوغندا وكينيا وتنزانيا ثم انضمت إليه رواندا وبوروندى ثم زائير فيما بعد، واستمر العمل به حتى عام ١٩٩٢م بقيام تجمع التيكونيل والذى يهدف إلى تنمية حوض النهر لصالح دول حوض النيل جميعها، وتقدمت دول شرق إفريقيا باستخداماتها فى المياه فى ذلك الوقت ومطالبها حتى عام ٢٠٠٠م كما هو موضح فى جدول رقم (٣-٢).

ومن الدراسات التى أجريت فى المشروع ومن تقارير الخبراء، أمكن الوصول إلى نتيجة مفادها أن هذه الكميات مبالغ فيها وغير مبنية على أساس، وأنه يتعين على الدول أن تدرس مواردها المائية وطرق استغلالها بناءً على دراسة خطة قومية متكاملة وعلى أسس علمية سليمة حتى يمكن التعرف على الاحتياجات الفعلية لكل دولة.

مشروعات نهر الكاجيرا

من المعلوم أنه قد أنشئت منظمة الكاجيرا وهى تضم دول تنزانيا ورواندا وبوروندى وأوغندا ومهمتها هى تنمية حوض نهر الكاجيرا والذى يعتبر أكبر رافد يصب فى بحيرة فيكتوريا. وقد درست عدة مشروعات بإقامة خزانات على نهر الكاجيرا لتوليد الكهرباء وللزراعة أكبرها خزان روسومو عند الشلالات المعروفة بشلالات روسومو وتبلغ سعته حوالى ٨ مليار متر مكعب وتبلغ الطاقة التى يمكن توليدها حوالى ١٠٠ ميجاوات.

جدول رقم (٣-٢) تقديرات دول شرق إفريقيا لاستخداماتها المائية بالمليار متر مكعب

الدولة	مطالب هذه الدول عام ١٩٧٢م ولمدة خمس سنوات قادمة	الاستخدامات فى ١٩٨٠م	الاستخدامات المتوقعة فى ٢٠٠٠م
بوروندى	لم تشترك فى المحادثات	٠,٠١	٠,١٦
كينيا	٠,٢٦	٠,٣١	١,٣٥
رواندا	لم تشترك فى المحادثات	-	-
تنزانيا	٠,٤٠	٠,٣٤	٣,٣٤
أوغندا	٠,٠٥	٠,١٤	٣,٤٢
إجمالى	٠,٧١	٠,٩١	٨,٨٠

- البيانات غير متوفرة

كينيا

تعتبر كينيا هى الدولة الوحيدة من دول الهضبة الاستوائية التى درست خطتها القومية لاستخدامات المياه، وقد أعدت الخطة حتى عام ٢٠١٠م، وذلك بمساعدة الحكومة اليابانية عام ١٩٩٢م، ومن المعلوم أن هذه الخطة أعدت للقيام ببعض مشروعات لاستغلال الموارد المائية بلغت جملتها حوالى ٢,٥ مليار متر مكعب سنوياً فى مواقعها.

أوغندا

لا توجد خطة قومية لأوغندا حتى الآن، إلا أنه قد تم إعداد تقرير مبدئي عن استخدامات المياه أعد بمساعدة الحكومة الدانماركية، وهذا المشروع قد ركز على مشروعات توليد الكهرباء وأشار إلى أن احتياجات مياه الرى محدودة. إلا أن أوغندا قد قدمت تقريراً قطرياً عام ١٩٩٢م لليونيب (UNEP) طالبت فيه بأربعة مليارات من الأمتار المكعبة لرى مساحة قدرها ٤٠٠ ألف هكتار، وبحوالى ٢,٥ مليار متر مكعب للصناعة وهى أرقام مبالغ فيها وليست مبنية على دراسات حقيقية.

تنزانيا

لا توجد خطة قومية لتنزانيا إلا أنه فى التقرير القطرى المقدم لليونيب فى عام ١٩٩٢م، طالبت تنزانيا بزراعة ٢٠٠ ألف هكتار وقدرت احتياجاتها من حوض البحيرة بما يتراوح بين ٢-٣ مليار متر مكعب سنوياً، وتعتبر هذه الكميات مبالغاً فيها وغير مبنية على أى دراسة فعلية.

أما عن رواندا وبوروندى فلم تتقدما بأى تقديرات بخلاف ما سبق أن طالبت به هذه الدول عام ١٩٧٢م.

٣-٥-٢ الهضبة الإثيوبية

النيل الأزرق

تضمن التقرير الذى أعده مكتب استصلاح الأراضى بالولايات المتحدة الأمريكية فى عام ١٩٦٤ م عن مشروعات التنمية فى مجال الرى والطاقة فى حوض النيل الأزرق بإثيوبيا، وذلك بناءً على دراسة شاملة للأراضى التى يمكن استصلاحها والموارد المائية واستخداماتها فى توليد الطاقة من حوض النيل الأزرق. وتضمن التقرير ثلاثة مواضيع على النحو التالى:

أ- عمل دراسة شاملة للأراضى التى يمكن استصلاحها والموارد المائية واستخدامها فى توليد الطاقة فى حوض النيل الأزرق.

ب- المساعدة فى إنشاء جهاز فنى تحت إشراف الحكومة الإثيوبية يعمل ضمن مؤسساتها يكون قادرا على استكمال الدراسات المطلوبة لتنمية الموارد المائية سواءً فى حوض النيل الأزرق أو باقى الأحواض الأخرى.

جـ- تدريب الفنيين الإثيوبيين للقيام بإدارة وتشغيل الجهاز الفنى القائم بالدراسات والمباحث اللازمة لهذه المشروعات.

ومما ورد بالتقرير يتضح أنه بالنسبة للبند (أ) فإن الدراسات قد بدأت منذ أوائل عام ١٩٥٨م لجمع البيانات وعمل المباحث الحقلية والتى تمت فى يونية عام ١٩٦٣م، وتم إعداد هذا التقرير فى يونيه ١٩٦٤م. وكان قد تم عمل مسح شامل لحوض النيل الأزرق داخل إثيوبيا لدراسة إمكانية تنمية الموارد المائية به، وقد شمل التقرير ٣٣ مشروعاً لأغراض الرى والطاقة تستهدف استصلاح حوالى ٤٣٥٠٠٠ هكتار وتوليد طاقة كهربائية قدرها ٦,٩ مليون كيلو وات.

ويختلف حجم هذه المشروعات اختلافا كبيرا، وكانت التوصية بأن يتم الاختيار بين المشروعات، على ضوء التقدم فى التنمية القومية وعلى مدى استيعاب البلاد لإمكانية تصدير المحاصيل الزراعية واستخدام الطاقة الكهربائية المولدة من هذه المشروعات. وأهم نتائج هذه الدراسة يمكن تلخيصها فيما يلى:

- إمكانية تنفيذ ٣٣ مشروعا للرى وتوليد الطاقة على حوض النيل الأزرق وفروعه منها ١٤ مشروعاً للرى و ١١ لتوليد الطاقة و ٨ للاثنين معا.

- يمكن استصلاح وزراعة حوالى ٤٣٥ ألف هكتار على حوض النيل الأزرق وفروعه كمرحلة أولى، ومن واقع الدراسات التى تمت فى هذا الشأن بالنسبة لمتوسط المقنن المائى للهكتار وهو حوالى ١١ ألف متر مكعب سنوياً، فإن كميه المياه المستهلكة لو تم تنفيذ هذه المشروعات ستبلغ حوالى ٥,٢ مليار

متر مكعب سنويا هذا بخلاف الفاقد بالتبخر من الخزانات المقامة لهذه الأغراض والتى لم يمكن استخلاصها من التقرير.

- يمكن توليد طاقة كهربائية قدرها حوالى ٧ مليون كيلو وات من المشروعات المقترحة.
- تبلغ تكاليف إنشاء هذه الأعمال حوالى ٩,٢ مليار دولار إثيوبى أى حوالى ٣,٧ مليار دولار أمريكى حسب أسعار التكلفة فى عام ١٩٦٤م.

نهر السوباط

لا تتوفر بيانات تفصيلية عن استخدامات المياه فى حوض نهر السوباط ولكن من المعلوم أن هناك مساحات تصلح للزراعة فى حدود ١٠٠ ألف هكتار، خاصة على نهر البارو، ولم ينفذ منها إلا مساحات صغيرة حتى الآن قد لا تزيد عن عشرة آلاف هكتار.

نهر العطبرة

لاتتوفر بيانات محددة عن استخدامات المياه فى حوض نهر العطبرة إلا أن هناك مشروعا لاستصلاح ٣٠ ألف هكتار على نهر ستيت.

٣-٦ تأثير مشروعات أعالى النيل على حصة مصر المائية

٣-٦-١ الهضبة الاستوائية

من خلال تنفيذ مشروع البحيرات الاستوائية تم إعداد نموذج رياضى لمنطقة البحيرات وطلب من الدول أن تتقدم بمطالبها فى ذلك الوقت، وقد تقدمت بها الدول بشكل غير رسمى، هذا بالإضافة إلى أن كل المطالب فى ذلك الوقت لم تكن مبنية على أساس علمى أو على خطط قوميه لاستخدامات المياه.

- وقد اتضح أن تأثير السحب سيكون فى حدود ٢,٥٠٠ مليار متر مكعب على الخارج من بحيرة فيكتوريا، وذلك بعد استخدام النموذج الرياضى.

- يتوقف تأثير السحب على تفاصيل هذه المشروعات والتى هى غير معلومة بعد، بالإضافة إلى أن العديد من هذه المشروعات على أنهر تصب فى مستنقعات ويفقد منها كميات كبيرة قبل أن تصب فى البحيرة، وعليه فإنه لمعرفة تأثير السحب لابد من التعرف على الخطط القومية لهذه الدول ثم دراسة تأثير السحب من خلال النماذج الرياضية الحديثة والتى أصبحت أكثر دقة مما كانت عليه منذ عشرين عاما.
- لذا فإنه يمكن القول إن تأثير سحب دول الهضبة الاستوائية بما فيها الدول الفرانكوفونيه يمكن الوفاء بها دون تأثير ملموس على الداخل للسد العالى.
- إلا أن ذلك يستدعى دعم النماذج الرياضية المتاحة لمصر ولحوض النيل بكامله لإمكان التعرف على تأثير السحب من المشروعات المقترحة على كميات المياه الواردة للسد العالى.

٣-٦-٢ بالنسبة للهضبة الإثيوبية

من دراسة البيانات السابقة لا يمكن الحكم على مدى تأثيرها خاصة أن بعضها يمتد إلى أكثر من ٣٥ عاماً، حيث لم تتقدم إثيوبيا بخططها القومية بعد للتعرف على احتياجاتها وإمكانية الوفاء بها دون ضرر ملموس على دولتى المصب وهما مصر والسودان. ولكن من المعروف أن المشروعات السابق دراستها بصفة مبدئية باهظة التكاليف، بالإضافة إلى أن هناك شكاً فى إمكانية تنفيذها من الناحية الفنية خاصة الخزانات المقترحة على النيل الأزرق بخلاف ما هو مقترح على الفروع الصغيرة التى يمكن تنفيذ مشروعات عليها. وعموماً فلا شك أن هناك فواقد مائية فى الهضبة الإثيوبية وخاصة عند الحدود السودانية، الأمر الذى يجعل إقامة مشروعات لتقليل الفاقد وزيادة إيراد النهر، أمراً حيوياً لإمكان الوفاء باحتياجات إثيوبيا المستقبلية. وإن إثيوبيا لديها إمكانيات كبيرة لتوليد طاقة كهربائية هائلة يمكن أن تعود عليها بالنفع الكبير، ويمكن أن يكون لها عائد اقتصادى كبير يوازى استصلاح ملايين الهكتارات،

خاصة إذا تم ربط هذه الشبكة بالشبكة الموحدة الممتدة إلى الشرق الأوسط وأوروبا.

وخلاصة القول أنه يمكن الوفاء باحتياجات إثيوبيا من مشروعات لتنمية حوض النهر إذا ما أمكن تنفيذ مشروعات تقليل الفاقد فى المستنقعات وإذا ما تم تنفيذ مشروعات توليد الكهرباء وإذا ما أمكن تنظيم تشغيل السد العالى مع باقى الخزانات المتاحة على أنهار الهضبة الإثيوبية للحصول على أقصى فائدة للدولتين والوفاء باحتياجاتهما.

إن اتفاقية عام ١٩٥٩م حددت العلاقة المائية بالتفصيل بين الدولتين وحددت الحصص بناءً على الحقوق التاريخية فى مياه النيل وبناءً على توزيع الفائدة المائية نتيجة إقامة السد العالى والتى كانت تهدر فى البحر سنوياً قبل إقامة السد العالى. كما حددت الاتفاقية توزيع الفائدة المائية بالنسبة لمشروعات أعالى النيل. وقد أعدت الدولتان مشروعاتهما وخططهما القومية على أساس المتاح من حصص حاليه والزيادات المتوقعة من تنفيذ مشروعات أعالى النيل. وجدير بالذكر أن اتفاقية عام ١٩٥٩ حددت لمصر ٥٥,٥ مليار متر مكعب وللسودان ١٨,٥ مليار متر مكعب.

٣-٧ مشروعات أعالى النيل لزيادة حصة مصر والسودان

أثبتت الدراسات التى تمت حتى الآن فى إطار الهيئة الفنية الدائمة المشتركة لمياه النيل أنه يمكن توفير نحو ١٨ مليار متر مكعب سنوياً، مقدرة عند أسوان، تقسم مناصفة بين مصر والسودان وبيانها كما يلى:

- ٧ مليار متر مكعب من المياه الضائعة فى منطقة السدود، وسيتم الحصول على هذه المياه بعد تنفيذ مشروع قناة جونجلى بمرحلتيه الأولى والثانية، وزيادة كفاءة بحر الجبل، والتخزين فى البحيرات الاستوائية، وقد بدأت مصر فعلا مع السودان فى تنفيذ المرحلة الأولى من قناة جونجلى فى يونيو ١٩٧٨م وكان من المقرر أن تنتهى بنهاية عام ١٩٨٥م لتحقيق فائدة مائية قدرها ٤

مليار متر مكعب سنوياً، مقدره عند أسوان، وتقسم مناصفة بين البلدين، وقد توقف المشروع لظروف أمنية بعد استكمال ٧٠٪ من أعمال الحفر.

- ٧ مليار متر مكعب من المياه الضائعة فى حوض بحر الغزال، ويستدعى ذلك حفر قنوات لتجميع مياه الأنهار والخيران داخل حدود السودان.
- ٤ مليار متر مكعب من المياه الضائعة فى مستنقعات مشار، ويستدعى ذلك إنشاء قنوات جديدة بالمنطقة داخل حدود السودان.

وإجمالى المبالغ المطلوبة لتنفيذ هذه المشروعات نحو ٦٠٦ مليون جنيه حسب أسعار عام ١٩٧٧م موزعة كما يلى:

- ١١٦ مليون جنيه تكاليف المرحلة الأولى لمشروع قناة جونجلى
- ٢٠٠ مليون جنيه تكاليف المرحلة الثانية لمشروع قناة جونجلى
- ٨٠ مليون جنيه تكاليف مشروعات مشار
- ١٨٠ مليون جنيه تكاليف مشروعات بحر الغزال
- ٣٠ مليون جنيه تكاليف مشروعات زيادة كفاءة النيل الأبيض

ولكى تتمكن مصر من السير قدماً فى هذه المشروعات، لابد من وجود علاقات جيدة بين الدول النيلية بصفة أساسية، كما يستتبع ذلك بالضرورة عمل اتفاقيات ومعاهدات إما ثنائية أو متعددة الأطراف بين مصر والدول النيلية.

٣-٧-١ مشروع تقليل الفاقد من مستنقعات بحرى الجبل والزراف ومشروع قناة جونجلى

إن ما يضيع من إيراد النهر فى مستنقعات بحرى الجبل والزراف يبلغ نصف الإيراد الداخل فى هذه المنطقة فى المتوسط، إذ يبلغ متوسط الإيراد السنوى لبحر الجبل عند منجلا حوالى ٣٠ مليار متر مكعب بينما يصل هذا الإيراد السنوى إلى النيل الأبيض عند ملكال عن طريق بحرى الجبل والزراف إلى نحو ١٥ ملياراً من الأمتار المكعبة فقط، وتزيد هذه الفواقد بزيادة تصرف

منجلا وتقل مع انخفاض هذا التصرف، مما يدل على أن الفاقد فى هذه المنطقة مرجعه عدم كفاءة مجرى بحرى الجبل والزراف لتمرير التصرفات العالية، وهذا يؤدى إلى فيضان المياه على ضفاف النهر وضياعها فى المستنقعات الممتدة على جانبيه.

لذلك اتجه التفكير بعد دراسات مستفيضة منذ بداية القرن العشرين إلى تمرير جانب من تصرفات النهر فى المجارى الموجودة بعد تعديلها وتقويتها لزيادة استيعابها لتصرفات النهر مع حفر مجرى جديد إضافى لتمرير باقى تصرفات النهر العالية لضمان وصول هذه التصرفات إلى النيل الأبيض بأقل فاقد ممكن. وفى مايو ١٩٧٤م رفعت هيئة مياه النيل مذكرة بالخطوط العريضة لتنفيذ هذا المشروع لحكومتى مصر والسودان لإقراره، وتضمنت ما يلى:

- استخدام البحيرات الاستوائية (فيكتوريا - كيوجا - ألبرت) للتخزين المستمر واسع المدى لمعادلة التصرفات الخارجة منها.
- تحسين كفاءة بحر الجبل شمال منجلا وكذلك بحر الزراف ليمكنهما مواجهة التصرف فى حدود ٧٥ مليون متر مكعب فى اليوم، محسوبة عند منجلا، بما فى ذلك استكمال دراسة خور العلباب وتحسين كفاءته باعتباره يحمل جزءاً من تصرف الجبل.
- إنشاء قناه جديدة تبدأ من بحر الجبل إلى النيل الأبيض لتحمل تصرفا فى حدود ٤٣ مليون متر مكعب فى اليوم ، وهى ما تسمى بقناة جونجلى.

وتقرر أن يتم تنفيذ المشروع على مرحلتين :

المرحلة الأولى

وهى المرحلة التى لا تتوقف على التخزين فى البحيرات الاستوائية، وتشمل ما يلى:

- حفر قناة جونجلى بقطاع يتسع لتمرير تصرف قدره ٣٠ مليون متر مكعب فى اليوم بطول قدره ٣٦٠ كم ، وذلك بحفر ما يقدر بحوالى ١٠٠ مليون متر مكعب.

- إنشاء الأعمال الصناعية الآتية:

- قنطرة فم قناة جونجلى عند بور لتمرير تصرف قدره ٣٠ مليون متر مكعب / اليوم مجهزة بهويس.

- تعميق مصب القناة عند التقائها عند السوباط لتكون ملاحية دون الحاجة إلى هويس ملاحى.

- إنشاء ثلاثة كبارى علوية وعدد من المعديات على طول القناة.

وقدرت الدراسات التى تمت الفائدة المائية عند أسوان من تنفيذ المرحلة الأولى من هذا المشروع بما يبلغ حوالى أربعة مليارات من الأمتار المكعبة سنويا فى المتوسط يجرى تقسيمها مناصفة بين البلدين طبقا لنصوص اتفاق الانتفاع الكامل بمياه نهر النيل لعام ١٩٥٩م.

المرحلة الثانية :

وتشمل هذه المرحلة ما يلى :

- إتمام أعمال للتخزين فى البحيرات الاستوائية وإنشاء خزان ألبرت على مخرج بحيرة ألبرت "مبوتوسيسى سيكو".

- استكمال حفر قطاع قناة جونجلى على الأورنيك النهائى لتمرير تصرف قدره ٤٣ مليون متر مكعب فى اليوم وهو المقابل لتصرف ٤٥ مليون متر مكعب فى اليوم عند منجلا.

وقد تم تقدير الفائدة المائية لتنفيذ المرحلتين عن أسوان بنحو ٧ مليار متر مكعب سنوياً فى المتوسط، ويتم تقسيم هذه الفائدة المائية مناصفة بين الدولتين.

٣-٧-٢ مشروع تقليل الفاقد بمستنقعات مشار وحوض نهر السوباط

يتغذى نهر السوباط من فرعين رئيسيين هما نهرا البارو والبيبور، ويفقد نهر السوباط فى المستنقعات المتاخمة لنهر البارو كميات كبيرة من إيراده قد تصل إلى حوالى ٤ مليار متر مكعب من المياه فى السنة بين بلده "جامبيلا" وملتقى نهرى البارو والبيبور. وتبلغ مساحة حوض تغذية نهر السوباط حوالى ١٨٧٢٠٠ كيلو متر مربع ويبلغ معدل سقوط الأمطار السنوى حوالى متر فى منطقة السيول وحوالى مترين فى منطقة المرتفعات. وأوضحت الدراسات أنه لتقليل هذا الفاقد فلابد من تجميع مياه هذه المستنقعات (مستنقعات مشار) فى مجرى رئيسى يبدأ من نهر البارو عند فم خور مشار وينتهى إلى النيل الأبيض عند بلده ميلوت (مصب خور ادار)، على أن يراعى فى إنشاء قطاع هذا المجرى الجديد أن يكون قادراً على تمرير تصرفات المياه التى ترد إلى المنطقة من المصادر المختلفة مع الأخذ فى الاعتبار أن القناة التى تمر عبر مستنقعات مشار ستكون فى المستقبل جزءا من مشروع تقليل الفاقد من نهر البارو وتنظيم تصرفاته. وقد أثبتت الدراسات أن أفضل الحلول لتنظيم تصرفات نهر البارو وزيادة إيراده يكون عن طريق التخزين المستمر بأعالى نهر البارو (فى إثيوبيا) مع تمرير تصرف ثابت طول العام خلف الخزان عند (جامبيلا) فى إثيوبيا.

وقدرت الفائدة المائية لهذا المشروع بصفة مبدئية عند أسوان فى حالة التخزين فى نهر البارو داخل الأراضى الإثيوبية، بحوالى ٤ مليار متر مكعب فى المتوسط تقسم مناصفة بين الدولتين.

٣-٧-٣ مشروع تقليل الفاقد من منطقة مستنقعات حوض بحر الغزال

تبلغ مساحة حوض بحر الغزال حوالى ٥٢٦ ألف كيلو متر مربع، منها مساحة حوالى ٤٠ ألف كيلو متر مربع مستنقعات. ويبلغ المتوسط السنوى للأمطار التى تتساقط على هذا الحوض حوالى ٠,٩٠ متر. ويتكون هذا الحوض من عدة أنهار هى بحر العرب ونهر لول ونهر الجور ونهر تونج مريدى ونهر

النعام ونهر باى ونهر جل. ويقدر مجموع التصرفات السنوية لهذه الأنهار بحوالى ١٢ مليارا من الأمتار المكعبة لا يصل منها إلى النيل الأبيض عند مصب بحر الغزال فى بحيرة نو إلا نحو نصف مليار متر مكعب فقط فى السنة. وتبعا لذلك فما زالت هيئة مياه النيل مستمرة فى أخذ الأرصاد وجمع البيانات الهيدرولوجية بغرض تحديد أحسن الطرق لتوصيل مياه النهر إلى النيل الأبيض بفاقد طبيعى معقول. ويتجه التفكير إلى تنفيذ الأعمال التالية لتقليل الفاقد فى هذه المنطقة:

- حفر قناة لتجميع مياه الأنهر فى الجزء الشمالى من المنطقة وتوصيلها بفاقد معقول إلى النيل الأبيض.
- حفر قناة أخرى لتجميع مياه الأنهر فى الجزء الجنوبى من المنطقة وتتجه شرقا نحو بحر الجبل.
- إنشاء خزانات سنوية بالأحباس العليا للأنهر الرئيسية بغية التحكم فى تصرفاتها.

وقدرت الفائدة المائية عند أسوان من هذا المشروع بصفة مبدئية بحوالى سبعة مليارات من الأمتار المكعبة سنويا تقسم مناصفة بين الدولتين.

٣-٧-٤ الآثار البيئية للمشروعات المقترحة

لا تتوفر دراسات بيئية تفصيلية لأى من المشاريع المقترحة أعلاه باستثناء مشروع قناة جونجلى. ومن المعلوم أن مشروع قناة جونجلى هو أول مشروعات تقليل الفاقد من أعالى النيل والمتفق عليه بين مصر والسودان طبقا لاتفاقية مياه النيل بين البلدين الموقعة فى نوفمبر ١٩٥٩م. لذا فإنه قبل البدء فى تنفيذ المشروع قامت الحكومتان بدراسة الأثر البيئى المتوقع من إنشاء المشروع وفيما يلى نبذه مختصرة عن موجز الدراسة التى تمت فى هذا الشأن:

- لأن التغير المحتمل فى مناسيب وتصرفات المياه بالمنطقة تغير محلى ومحدود، فإنه من غير المتوقع حدوث أى تغيير فى مناخ منطقة السدود نتيجة لإنشاء قناة جونجلى، ويرجع ذلك إلى أن كتل الهواء المحملة بالرطوبة والمسببة للأمطار بجنوب السودان تأتى من جنوب الأطلنطى، كما أن مساهمة منطقة السدود فى الرطوبة الكلية لهذه الكتل الهوائية تكاد تكون منعدمة، كذلك فإن الزيادة الكبيرة فى تصرفات المياه بمنطقة السدود خلال الستينات لم يكن لها أى تأثير على المناخ، ولذا فإن تقليل هذه التصرفات لن يكون له تأثير يذكر على مناخ المنطقة. وحيث أن التغير المحتمل هو تقليل كمية المياه المتسربة من مياه النيل إلى المنطقة الغربية للقناة، فإن المنطقة حول منطقة السدود والتى لا تتأثر بهذا التسرب ستكون بعيدة تماماً عن التصحر نتيجة لتنفيذ مشروع قناة جونجلى.

- إن حركة المياه الجوفية فى جنوب السودان فى اتجاه منطقة السدود، كما أن مناسيب المياه الجوفية بالجزء الأوسط من المنطقة تتقاطع مع الخطوط الكنتورية لسطح الأرض عند المناطق المنخفضة، وهذا يوضح إمكانية صرف المياه الجوفية إلى الخيران والبحيرات بمنطقة السدود، ولذا فإن القناه لن تؤثر على حجم وحركة المياه الجوفية بهذه المنطقة.

- ليس من المتوقع أن تتأثر المنطقة سلبياً بعملية التملح التى يمكن أن تحدث نتيجة استصلاح الأراضى والزراعة المروية، وذلك نظراً لأن المحتوى الملحى لمياه النيل ومياه الأمطار التى تسقط معظم أوقات السنة قليل جداً، ويمكن أخذ المثل من نتائج زراعة أراضى الجزيرة التى تقع شمال هذه المنطقة لمدة أكثر من ٧٠ سنة – مع الفارق فى قلة معدل الأمطار مقارنة بمنطقة السدود – ولم تحدث أى مظاهر للتملح مع استخدام مياه النيل.

- ستقوم القناة بالتحكم وتنظيم مياه الفيضانات مما سيؤثر إيجابياً على قاطنى هذه المناطق والذين عانوا الكثير من جراء الفيضانات العالية التى حدثت فى

الستينات، كما أن تنفيذ المنشآت الهيدروليكية للتحكم فى تيار المياه للمنطقة الغربية مع توفير مياه الشرب سيؤدى إلى تحسن الظروف المعيشية لسكان هذه المناطق، كما أنه سيعطى الفرصة للاستخدام المكثف للمراعى مما يقلل الحاجة للهجرة.

- ارتفاع جوانب القناه المقترحة سيمنع مرور مياه الأمطار المتسربة إلى المنطقة الغربية مما سيؤدى إلى تقليل منسوب المياه السطحية بمنطقة السدود بشكل واضح، إلا أنه بصفة عامة نجد أن منطقة السدود تتأثر بالتغير فى مناسيب وتصرفات بحيرة فيكتوريا، فإن استمرت كما هو حادث حالياً بعد الإرتفاع المفاجىء لمنسوب المياه بالبحيرة فى أوائل الستينات، فإن التأثير على منطقة السدود سيكون محدوداً وغير ضار، بل على العكس سيكون مفيداً للمنطقة، أما إذا انخفضت المناسيب عما كانت عليه قبل ١٩٦١م فإن ذلك سيؤثر على النظام الإيكولوجى لمنطقة السدود، وسيظهر هذا التأثير على المستنقعات المستديمة فى موسم الفيضان.

- أكدت الدراسات أنه لن يكون هناك تأثير سلبى واضح على الحيوانات المفترسة نظراً لتوافر الظروف البيئية والإيكولوجية المناسبة لتواجدها فى المنطقة الغربية من القناة حول بحر الغزال وروافده، وهذا سيؤدى إلى عدم وجود الحاجة إلى الهجرة المكثفة لهذه الحيوانات، إلا أن إنشاء هذه القناة سيؤثر على سهولة عبور هذه الحيوانات إلى المنطقة الشرقية للقناة فى مواسم الجفاف، ولكن وجود القناه سيكون بمثابة مورد مائى لشرب هذه الحيوانات.

- من المتوقع أن تقل مساحات المستنقعات المستديمة فى الحدود المسموح بها، ومن المتوقع أيضاً أن تقل مساحة المستنقعات الداخلية التى تعيش بها الأسماك، إلا أن تقييم هذا الأثر على الثروة السمكية من الصعب تحديده، نظراً لعدم وجود بيانات كافية عن حجم وحركة المياه والثروة السمكية وبصفة خاصة فى المستنقعات الداخلية، كما أن هناك مؤشرات تدل على أن توزيع

الثروة السمكية فى منطقة السدود غير منتظم ولهذا فمن الصعب تقييم الأثـــر البيئى لإنشاء القناه على الثروة السمكية بمنطقة السدود.

٣-٨ التحديات التى تواجه تنمية نهر النيل

٣-٨-١ الظروف الاقتصادية لدول حوض النيل

تعانى دول حوض النيل من مشكلات اقتصادية كبيرة نتيجة لحالـــة عـدم الاستقرار السياسى وعدم وجود إمكانيات بشرية ومؤسسية ومالية تســـمح لـــها بالتنمية فى كافة المجالات، الأمر الذى جعل أولوياتها لتنميه مواردهـــا المائيـــة تختلف من دولة إلى أخرى بشكل كبير حيث أن كثيرا من دول حوض النيل بلغ جملة الناتج القومى فيها أدنى مستوى بالقدر الذى يؤكد أن خمساً مـــن الـدول العشر النيلية من أفقر عشر دول فى العالم ، ويوضـــح جـدول (٣-٣) النـــاتج القومى ودخل الفرد فى دول الحوض المختلفة.

٣-٨-٢ الظروف السياسية والخلافات العرقية والقبلية

تعانى أغلب دول حوض النيل من عدم استقرار سياسى نتيجـــة للحـــروب الدائرة فى المنطقة لأسباب عديدة سواءً كانت سياسية أم اقتصاديـــة أم عرقيـــه وقبلية، بالإضافة إلى اختلاف مصالح الدول الكبرى لـــدى دول حـــوض النيـــل وتأثير ذلك على استقرار المنطقة. فعلى سبيل المثال توجد الصراعات التالية:

- الصراع فى جنوب السودان والمشكلات السياسية الناتجة عن الحرب الأهليـــة والتى يصعب حصر أسبابها سواء نتيجة عوامل داخلية أم عوامل خارجيـــة. وهذا الصراع يؤثر بالقطع على تنمية الموارد المائيـــة المســـتقبلية لمصـــر والسودان خاصة بعد توقف العمل فى مشروع قناة جونجلى (المرحلة الأولى) بعد حفر ٧٠٪ من القناة بطول حوالى ٢٤٠ كيلو متراً، بالإضافة إلى أن توتر العلاقات بين السودان والدول المحيطة بها سيكون له مردود سلبى علـــى أى تنمية للموارد الحالية.

- الصراع الدائر فى الهضبة الإثيوبية بين إثيوبيا وإريتريا والذى سوف يؤثر ليس فقط على تنمية المشروعات داخل إثيوبيا، ولكنه سوف يؤثر أيضاً على التحرك المصرى السودانى الإثيوبى فى إطار التعاون فى الأحواض الفرعية.
- الصراع الدائر فى منطقة البحيرات والحرب الأهلية بين قبائل الهوتو والتوتسى والتى تأثرت بها العلاقات بين أوغندا ورواندا والكونجو بالإضافة إلى بعض الدول من دول حوض النيل الأبيض مما جعل المنطقة بأكملها فى حالة من التوتر الذى ينذر بحروب أهلية وعدم استقرار سياسى.
- مرت العلاقات المصرية السودانية بفترات عصيبة نتيجة للتوتر السياسى بين الدولتين، ولكن العلاقات الأزلية بين الدولتين سواء كانت مائية أم سياسية أم أسرية، وصلة الدم والقرابة مكنت البلدين من التغلب على هذه المشكلات. وهناك حقيقة واقعة ودروس مستفادة أثبتت أن مصالحهما مشتركة ومصيرهما واحد فى مواجهة دول المنبع.
- إن وقوع مصر داخل منطقة الشرق الأوسط والتى يأخذ صراع المياه فيها بعدا خطيرا، جعل بعض الدول المجاورة تتطلع إلى الموارد المائية لنهر النيل إلا أن القيادة السياسية قد حسمت هذا الأمر بكافة جوانبه وأكدت على أن نهر النيل ليس له أية علاقة من قريب أو بعيد بمشكلة مياه الشرق الأوسط وأنه نهر إفريقى موارده محدودة ويجب أن تكون مياهه قاصرة على دول حوض نهر النيل.

٣-٨-٣ الإمكانيات البشرية والمؤسسية فى مجال تنمية الموارد المائية

تختلف القدرات والإمكانيات البشرية والمؤسسات المتخصصة فى مجالات تنمية الموارد المائية من دولة إلى أخرى، وبخلاف مصر والسودان فإن إمكانات هذه الدول غاية فى الضعف وتحتاج إلى جهد كبير لرفع كفاءة الأفراد والمؤسسات لتتمكن من تنفيذ مشروعات تنمية الموارد المائية. ومن أكبر الصعوبات التى تواجه التعاون مع دول حوض النيل ضعف الإمكانيات البشرية

جدول (٣-٣) مستوى دخل الفرد فى دول حوض النيل

الـــدول		إثيوبيا	أوغندا	بوروندى	تنزانيا	كونغو	مصر	رواندا	كينيا	إريتريا	السودان
السكان بالملايين ١٩٩٧م		٦٠	٢٠	٧	٣١	٤٧	٦٠	٨	٢٨	٣,٨٣	٢٧,٨٦
مساحة الأرض ألف كيلومتر مربع ١٩٩٥م		١٠٠٠	٢٠٠	٢٦	٨٨٤	٢٢٦٧	٩٩٥	٢٥	٥٦٩	١٠١	٢٣٧٦
كثافة السكان فى الكيلو متر المربع ١٩٩٧م		٥٦	٩٦	٢٤٤	٣٤	١٩	٥٨	٢٥٩	٤٧	٣٨	١٢
الناتج القومى الإجمالى ١٩٩٧م	مليار دولار	٦,٥	٦,٦	١,٢	٦,٦	٥,١	٧١,٢	١,٧	٩,٣	٨,١	٧,٨١
	المرتبة	٨٦	٨٤	١٢٨	٨٣	٨٩	٤١	١٢٣	٧٥	٠٠	٠٠
	متوسط معدل النمو السنوى %	٠,٥٣	٠,٥٣	٣,٧	٠٠	٠٠	٤,٩	١,٥١	٢.٣	٠٠	٠,٦٤
نصيب الفرد من الناتج القومى الإجمالى ١٩٩٧م	دولار	١١٠	٣٢٠	١٨٠	٢١٠	١١٠	١١٨٠	٢١٠	٣٣٠	٢١٠	٢٨٠
	المرتبة	١٣٢	١١٣	١٣٠	١٢٧	١٣١	٧٢	١٢٦	١٠٩	٠٠	٠٠
	متوسط معدل النمو السنوى %	٢,٠٠	٢,٣	١,١	٠٠	٠٠	٥	٢	٠,١	٠٠	٢,٢
الناتج مقاساً بتكافؤ القوة الشرائية ١٩٩٧م	مليار دولار	٣٠,٧	٢١,٣	٣,٩	٠٠	٣٥,٨	١٧٧,٣	٤,٩	٣١,٢	٠٠	٠٠
	نصيب الفرد بالدولار	٥١٠	١٠٥٠	٥٩٠	٠٠	٧٩٠	٢٩٤٠	٦٣٠	١١١٠	٠٠	٠٠
	المرتبة	١١٢	١٠٧	١٢٠	٠٠	١١٥	٧٢	١١٩	١٠٢	٠٠	٠٠

٠٠ بيانات غير متاحة.

وعدم استيعاب التكنولوجيا الحديثة، مما يتطلب التركيز أولاً على رفع كفاءة هذه الدول من الناحية البشرية والمؤسسية حتى يمكن عمل مشروعات سواء على المستوى القومى أو على المستوى الإقليمى. وتعامل مصر مع تسع دول أخرى تتفاوت فيها القدرات البشرية والتكنولوجية والاقتصادية والسياسية أمر بالغ التعقيد ويجعل أحياناً التحرك على المستوى الإقليمى يكاد يكون تحركا هامشيا. وتحتاج التنمية الحقيقية إلى استثمارات ضخمة وإلى الإمكانيات البشرية والاستقرار السياسى، الأمر الذى قد يؤخر التحرك الحقيقى إلى سنوات عديدة فى أغلب الأحيان.

٣-٩ منهج التعاون مع الدول النيلية

إن هناك العديد من التحديات التى تواجه التعاون مع الدول النيلية وتنمية نهر النيل، إلا أن التحرك الحالى على المستوى الإقليمى يؤكد أن هناك رغبة أكيدة لدى كافة دول حوض النيل للتعاون من أجل تنمية حوض النهر. إضافة إلى ذلك أن المؤسسات المالية، وعلى رأسها البنك الدولى، تعمل بجد لجمع شمل هذه الدول للتحرك نحو التعاون لتنمية حوض نهر النيل. والطاقات الكامنة وغير المستغلة فى نهر النيل تعتبر كبيرة جداً سواء كانت فاقد المياه والذى يمكن استقطاب جزء كبير منه، أو طاقات لتوليد الكهرباء أو ثروة سمكية أو الملاحة والربط التجارى بين الدول إضافة إلى المشروعات السياحية وغيرها من المشروعات التى يمكن أن تعود بفائدة كبيرة على الدول النيلية. وهناك قناعة بين الدول النيلية أن التوزيع العادل لاستخدامات المياه ليس مجرد حصص مائية ولكنه توزيع عادل لفوائد اقتصادية Socio Economic Benfits ، وهو ما سوف يسهل إيجاد أسلوب التوزيع العادل وذلك بتوزيع الفوائد الاقتصادية والاجتماعية على الدول النيلية جميعها. وهناك ثوابت تاريخية للسياسة المصرية نحو مياه النيل تتبعها مصر وتؤكد عليها على النحو التالى:

- علاقات طيبه ومتوازنة يحكمها حسن الجوار وخلق مناخ طيب بينها وبين جميع دول حوض النيل، واستغلال قدرات مصر السياسية والفنية والاقتصادية لدعم هذه العلاقات.

- التعاون بين دول حوض النيل يمكن أن يحقق أمانى شعوب وادى النيل حيث أن الطاقات المهدرة من النهر والتى لم تستغل بعد يمكن أن تعود بالنفع الكبير، لو تم التعاون بين دول النهر لاستغلال هذه الطاقات.

- لا مساس مطلقا بحق مصر التاريخى فى مياه النيل الذى أقرته اتفاقية عام ١٩٥٩م والذى تسانده مبادئ القانون الدولى والأعراف الدولية.

- حق مصر الطبيعى فى الحصول على المزيد من إيراد النيل نتيجة تنفيذ المشروعات المتفق عليها فى اتفاقية عام ١٩٥٩م.

- تسعى مصر مع باقى دول حوض النيل لعقد اتفاقية شاملة وتشكيل آلية دائمة تضم جميع دول حوض النيل بهدف وضع الإطار الإقليمى والمؤسسى الذى من خلاله يمكن تحديد العلاقة المائية مع كافة دول الحوض وكذلك إدارة النهر وتنفيذ المشروعات المقترحة على المستوى القومى والمستوى الإقليمى.

- الإيمان بأن كل دولة من دول حوض النيل لها حق فى استخدام نهر النيل الاستخدام العادل بشرط عدم إحداث أى ضرر ملموس لأى دولة آخرى. ويمكن التوفيق بين الخطط القومية لدول حوض النيل وبين الخطط القومية لاستخدامات المياه فى كل من مصر والسودان.

- ضرورة الحفاظ على حوض النهر والبيئة مع العمل على تنمية النهر التنمية المستديمة.

- دعم مجالات التعاون الثنائى جنبا إلى جنب مع التعاون الإقليمى وذلك بتقديم المعونات الفنية لدول حوض النيل ومساعدتها على تنمية مواردها المائية سواء فنيا أم ماليا ودعمها سياسيا إذا احتاج الأمر إلى ذلك، وقد بدأ

بحفر آبار فى كينيا بمبلغ ٤,٥ مليون دولار معونة من مصر بالإضافة إلى معونه أخرى بمبلغ ١٣ مليون دولار لمساعدة أوغندا فى القضاء على ورد النيل فى بحيرتى فيكتوريا وكيوجا.

- فتح آفاق لرجال الأعمال والمستثمرين المصريين لإقامة مشروعات فى دول حوض النيل بنظام BOT خاصة بالنسبة لمشروعات توليد الكهرباء والمشروعات الاستثمارية الأخرى.
- التنسيق بين وزارة الموارد المائية والرى وبين كافة الأجهزة الأخرى المعنية بالدولة لتوطيد العلاقات المصرية مع تلك الدول فى كافة المجالات لخدمة قضية مياه النيل.
- تدعيم القدرات الفنية لدى مهندسى وزارة الموارد المائية والرى والاستمرار فى خلق كوادر من مستويات مختلفة يمكنها الدفاع عن حقوق مصر فى مياه النيل ويمكنها مواجهة التيارات المختلفة والتى قد تسعى إلى حدوث شقاق بين مصر وشقيقاتها من الدول النيلية بالقارة الإفريقية.
- تدعيم خطوط المواصلات سواء خطوط الطيران أم الملاحة مع دول القارة الإفريقية وإعطاء أولوية لدول حوض النيل، وذلك لزيادة حجم التبادل التجارى بين مصر وهذه الدول والذى سوف ينعكس إيجابياً على العلاقات المائية بين مصر ودول حوض النيل.
- لابد أن تلعب مصر دوراً سياسيا رائداً فى المنطقة لمحاولة تهدئة الصراعات فى هذا الجزء من القارة الإفريقية وخاصة جنوب السودان والذى تقع فيه مشروعات أعالى النيل، نظراً لأن استقرار المناخ السياسى سوف يساعد على قيام مشروعات للتنمية المستديمة تعود على أبناء وشعوب وادى النيل بالخير والرفاهية.
- حتمية تحسين العلاقات والروابط السياسية والاقتصادية والاجتماعية بين مصر وكل من السودان وإثيوبيا. وبالفعل تحسنت العلاقات مع السودان

بدرجة كبيرة خلال الشهور القليلة الماضية، ولكن مازالت هناك العديد من العوائق التى تعترض تنمية الروابط مع هذه الدولة الشقيقة، أهمها يعود إلى المشاكل الداخلية للسودان وخاصة مشكلة الجنوب والتى تحتاج الى دعم كبير من مصر للتغلب عليها. أما إثيوبيا فإن موقفها من اتفاقية مياه النيل عام ١٩٥٩ كان ومازال الرفض والاحتجاج حيث ترى أن مصر والسودان قامتا باقتسام مياه النيل دون التشاور مع دول المنبع، وأنها إزاء ذلك تعطى الحق لنفسها لاستخدام موارد النيل فى منابعه الإثيوبية دون الرجوع إلى دول المصب. ولإزالة هذا الشعور بعدم الثقة والتشكك، يجب تدعيم أواصر التعاون مع هذه الدولة الهامة لمصر والتى يأتى منها ٨٥ % من مياه النيل، والعمل على مساعدتها لحل مشاكلها التنموية من خلال المساعدات الفنية والمالية والتنسيق السياسى معها على المستويين القارى والإقليمى، والوقوف معها ودعمها بالمساعدات فى الازمات والكوارث مثل كوارث الجفاف والتى تتكرر من فترة لآخرى فى إطار مماثل لما فعلناه مثلا مع تركيا وقت حدوث الزلازل المدمرة بها. ومن خلال هذا التعاون وزيادة أواصر الصداقة ستتكون الأرضية المشتركة والاستعداد النفسى للتعاون فى إقامة مشاريع مشتركة للاستفادة المثلى من مياه النيل بما يعود بالنفع على الشعبين.

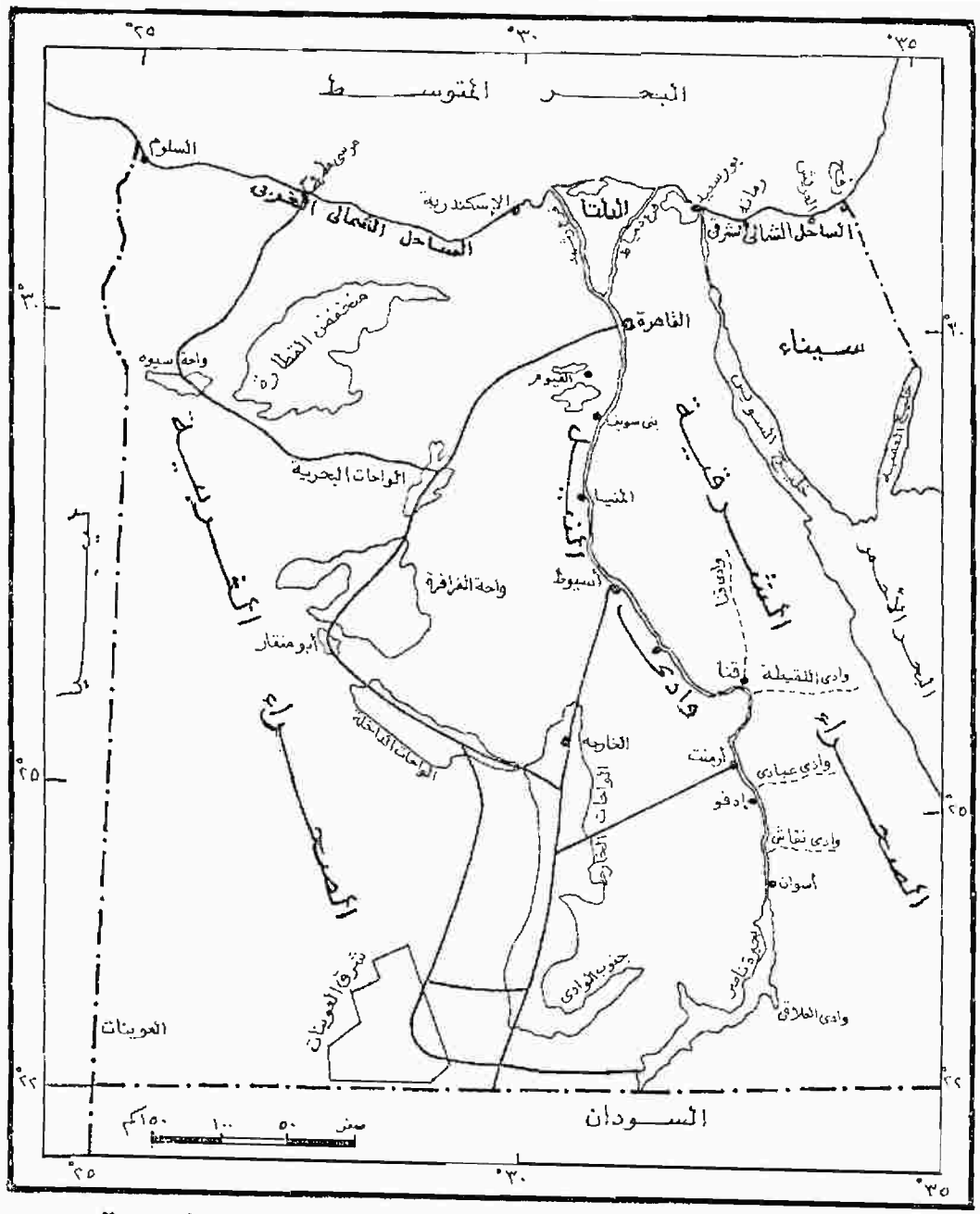
٤- موارد المياه الجوفية

٤-١ تمهيد

تعتبر موارد المياه الجوفية أحد الموارد المائية غير التقليدية والتى تتميز بانتشارها جغرافياً فى جمهورية مصر العربية وبصفة رئيسية فى المناطق الأربعة التالية (شكل رقم (٤-١)).

- **وادى النيل والدلتا:** وتشمل المنطقة الواقعة ما بين دخول نهر النيل إلى مصر والبحر المتوسط بما فى ذلك منخفض الفيوم وبحيرة ناصر.
- **الصحراء الغربية:** وتشمل المنطقة المحصورة بين نهر النيل شرقاً والحدود الليبية غرباً والحدود المصرية السودانية جنوباً والبحر المتوسط شمالاً.
- **الصحراء الشرقية:** وهى المنطقة المحصورة بين وادى النيل بالوجه القبلى والبحر الأحمر.
- **شبه جزيرة سيناء**

وتعتمد المنطقة الأولى أساساً على المياه النيلية التقليدية والتى تقوم عليها معظم أنشطة التنمية من شرب وزراعة وصناعة إلى جانب استخدامها لمصادر المياه الآخرى غير التقليدية كمياه الصرف الزراعى فى شبكات المصارف أو المياه الجوفية التى تخزن بمستودع التكوينات الرسوبية نتيجة تسرب الفائض من مياه الرى النيلية، ومياه الصرف الصحى المعالجة بالإضافة إلى مياه الأمطار فى الجزء الشمالى من الدلتا. وتعتمد باقى مناطق الجمهورية أساساً على مصادر المياه الجوفية غير المتجددة بالإضافة إلى الأمطار المتساقطة على المناطق الساحلية.



شكل رقم (٤-١)- الأقسام الجغرافية في جمهورية مصر العربية

٤-٢ الأوضاع الجيولوجية للخزانات الجوفية وخصائصها الهيدروجيولوجية

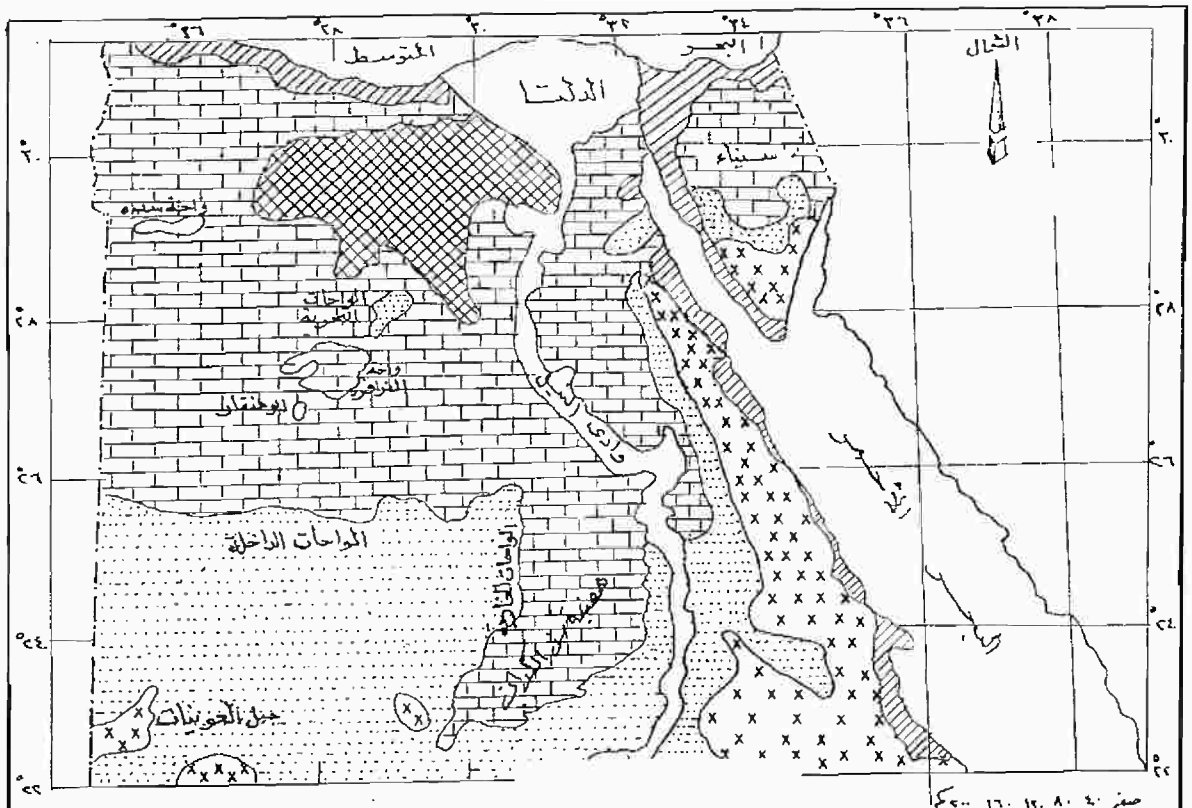
يشتمل الإطار الهيدروجيولوجى لجمهورية مصر العربية على ستة أحواض جوفية رئيسية (شكل رقم (٤-٢)) يشمل كل منها خزاناً حاملاً للمياه الجوفية، منها ما هو متجدد ومنها ما يحتوى على مياه مخزونة غير متجددة.

٤-٢-١ الخزان الجوفى بوادى النيل والدلتا

ويغطى مساحة ٤ ٪ من مساحة الجمهورية لتشمل مناطق السهول الفيضية وتخومها الصحراوية بوادى النيل حتى مشارف الهضبتين الشرقية والغربية من أسوان جنوباً حتى القاهرة شمالاً، ومن الدلتا حتى شرق سيناء شرقاً والحواف الشمالية الشرقية للصحراء الغربية. ولا تعتبر المياه الجوفية بخزان وادى النيل والدلتا مصدرا للمياه لاعتمادها على ما يتسرب إليه موسمياً من فائض مياه الرى.

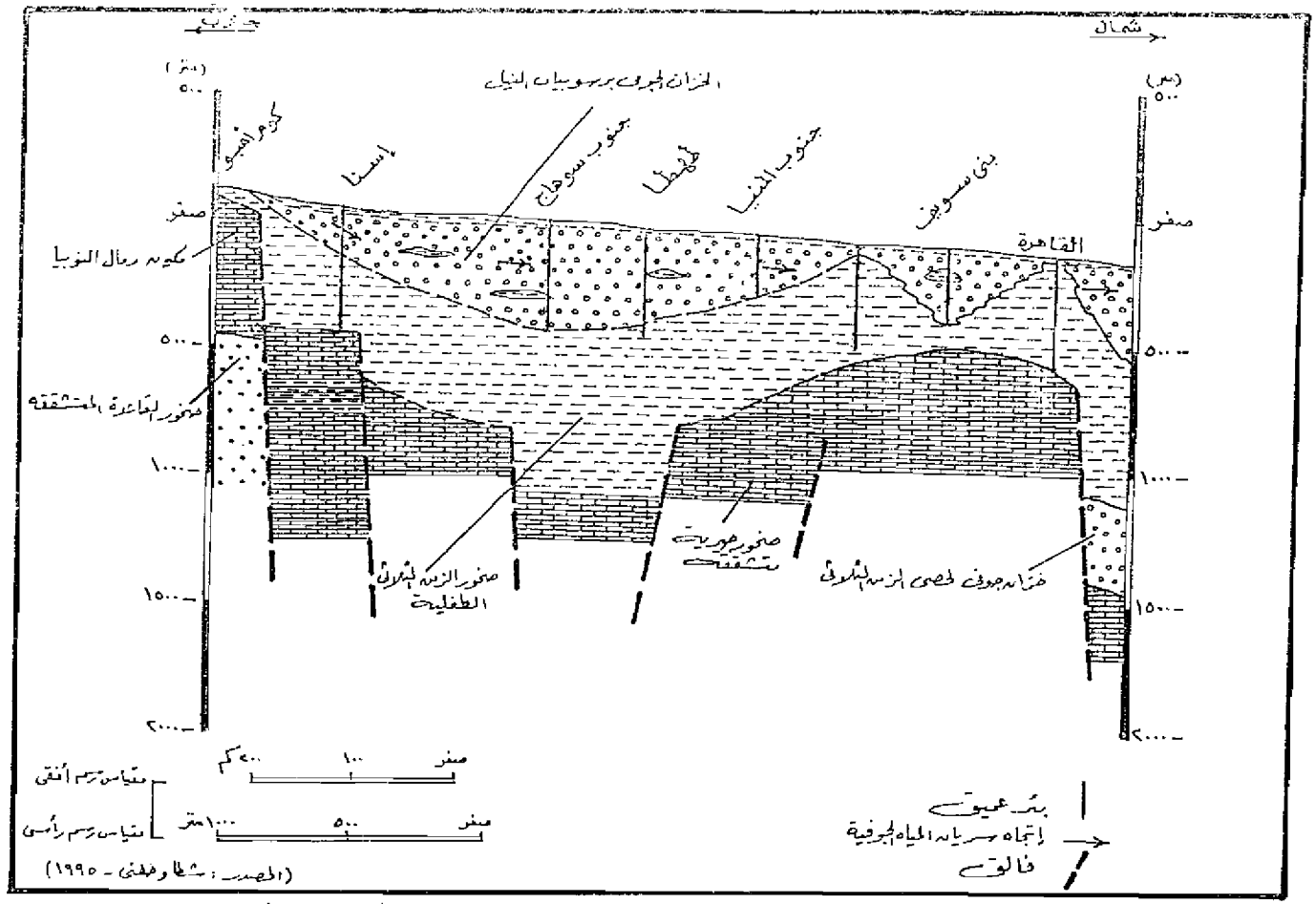
الخزان الجوفى بوادى النيل

ويمتد من إدفو جنوباً حتى القاهرة شمالاً فى أخدود تكتومورفولوجى يتراوح عرضه من ١٠ إلى ٣٠ كيلومتراً إمتلأ برسوبيات الحقب الرباعى والثلاثى المتآخر من رمال وحصى متدرج الحبيبات تتخللها طبقات طفلية، ويعلوها غطاء شبه منفذ من الطمى السلتى بسمك يتراوح ما بين ٣ - ٢٠ متراً بينما تشكل صخور الباليوسين الطفلية عديمة النفاذية قاعدة الخزان، ويحده من الشرق والغرب هضبتا الصخور الجيرية الأيوسينية (شكل رقم (٤ - ٣)). ويبلغ سمك الخزان الجوفى أقصاه ٥٠٠ متر عند سوهاج والمنيا ويتناقص شمالاً وجنوباً ليصل إلى ٣٠ متراً و ٥٠ متراً عند القاهرة وبالقرب من كوم إمبو، على التوالى. ويعتبر الخزان الجوفى بمنطقة السهل الفيضى بالوادى من نوع الخزانات شبه المقيدة لوجود غطاء الطمى السلتى شبه المنفذ والذى يتناقص



شكل رقم (٤-٢) التوزيع السطحى لأحواض الخزانات الجوفية الرئيسية فى مصر.

(المصدر : مشروع المياه الجوفية) ١٩٩٢



شكل رقم (٤-٣) ـ قطاع هيدروجيولوجي لوادي النيل

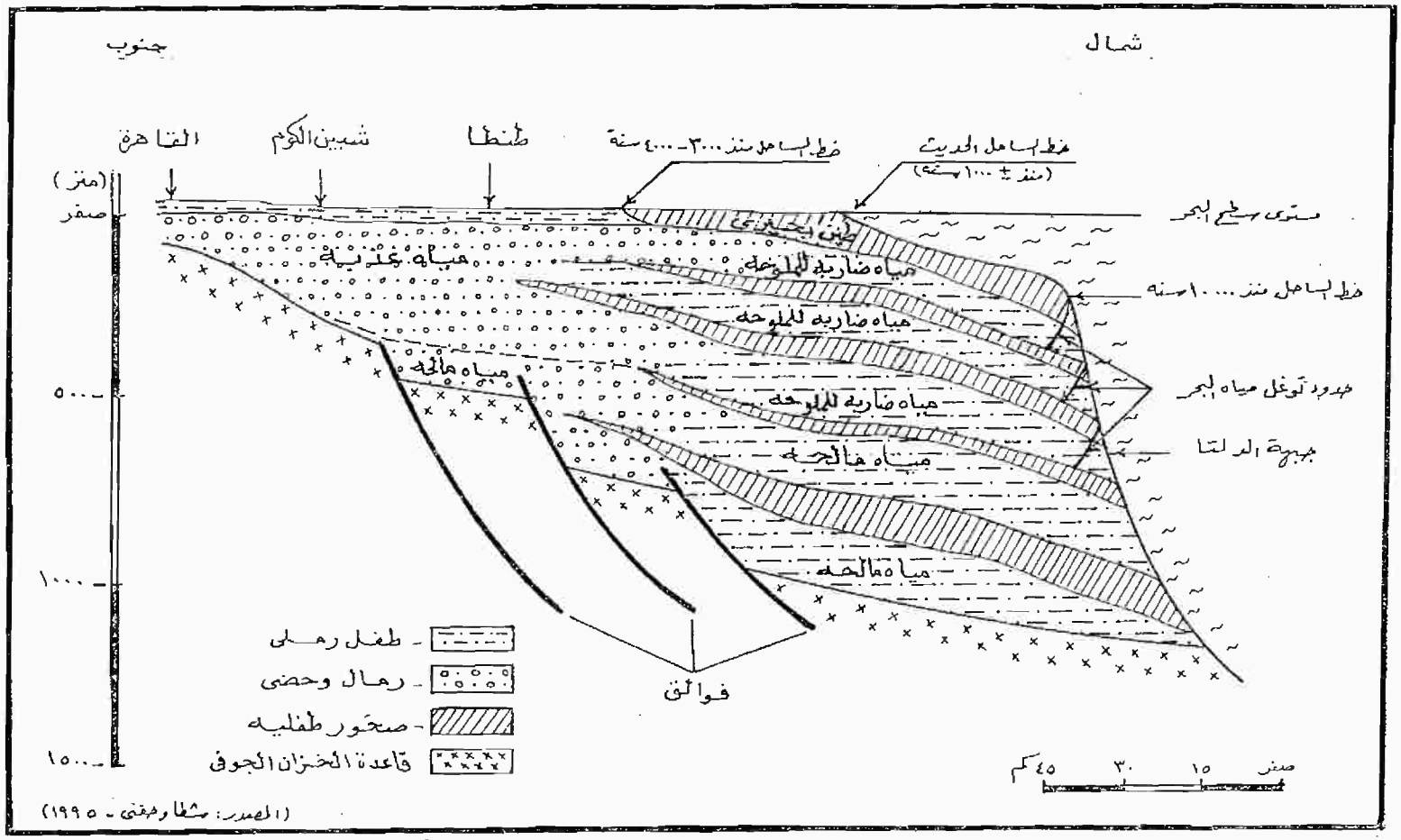
سمكاً فى اتجاه الحواف الصحراوية حتى يتلاشى تماماً ليصبح الخزان ذا مستوى مائى حر. وأوضحت الأرصاد الدورية المسجلة لضغوط الخزان الجوفى أنها تتراوح ما بين ٨٠ متراً فوق سطح البحر عند إسنا وتنحدر شمالاً لتصل إلى ٢٠ متراً فوق سطح البحر عند الجيزة محددة بذلك اتجاها عاماً من الجنوب إلى الشمال لحركة المياه الجوفية بالخزان والذى يختلف عند حواف الوادى ليأخذ اتجاهاً من مناطق الاستصلاح الجديدة بالتخوم الصحراوية للوادى إلى مناطق السهل الفيضى أو بالمناطق القريبة من نهر النيل حيث تتجه المياه الجوفية إليه (كفاقد من الخزان الجوفى خاصة فى الحبس أسيوط - القاهرة) أو منه (كمصدر تغذية للخزان بالقرب من القناطر المقامة على النيل) وحيث يأخذ سريان المياه الجوفية بالخزان اتجاهاً عمودياً على الاتجاه العام لحركتها بوادى النيل. وقدرت السعة التخزينية للخزان بحوالى ٢٠٠ مليار متر مكعب ، ويتميز بمعاملاته الهيدروليكية العالية، حيث يبلغ معامل السريان ما بين ٥٠٠٠ - ٢٠٠٠٠ متر مربع / يوم، ومعامل توصيله الهيدروليكى ٥٠ -٧٠ متراً/ يوم (عطيه ١٩٨٥م، ١٩٨٧م). وتم تقدير معدل التغذية السنوية للخزان بالمياه المتسربة إليه من فائض مياه الرى النيلية ومن شبكات قنوات الرى بوادى النيل بحوالى ٥,٣ مليار مترمكعب، يفقد منها كعائد لنهر النيل وبالبخر فى المناطق التى تتميز بقرب عمق المياه الجوفية من سطح الأرض ما يعادل ٢,١ مليار متر مكعب سنوياً، وبذلك يكون صافى معدل التغذية السنوية للخزان حوالى ٣,٢ مليار متر مكعب (معهد بحوث المياه الجوفية، ١٩٩٦م). وتدل الدراسات التى أجريت أخيراً، أن مصدر تغذية الخزان فى التخوم الصحراوية للخزان الجوفى بالوادى خاصة الشرقية منها هو تسرب مياه العواصف المطرية والسيول بالوديان المتاخمة والتى تصب فيها، أو بالتصاعد الرأسى لمياه المكونات الأقدم (الصخور الجيرية أو رمال النوبيا) عن طريق الفوالق (حفنى وشطا، ١٩٩٥م). وتعتبر المياه الجوفية بالخزان الجوفى بوادى النيل ذات نوعية جيدة فى منطقة السهل الفيضى (الملوحة أقل من ١٠٠٠ جزء فى المليون) والتى تصلح لكافة

أغراض الاستخدام (شرب – رى – صناعة) فى حين تزداد الملوحة لتصل إلى ٥٠٠٠ جزء فى المليون فى الجزء السفلى من الخزان والذى يمتد إلى الحواف الصحراوية للوادى، وبعض مناطق الوادى بسبب التصاعد الرأسى للمياه الجوفية من التكوينات الأقدم عن طريق الفوالق (رمال النوبيا بمناطق نجع حمادى والمنيا والصخور الجيرية المتشققة ببنى سويف).

وبعد إنشاء السد العالى وتطبيق نظام الرى الدائم بدلا من رى الحياض وقيام الدولة باستصلاح مساحات جديدة فى أراضى الحواف الصحراوية للوادى وريها بالمياه النيلية بمناطق الفشن (محافظة بنى سويف) وسمالوط (محافظة المنيا) وإسنا (محافظة قنا)، زادت معدلات التسرب للخزان الجوفى وارتفع مستوى المياه الجوفية (٠,٥–١متر من سطح الأرض) مما أدى إلى خلق مشاكل صرف والتدفق تحت السطحى للمياه الجوفية فى اتجاه الأراضى القديمة بالوادى.

الخزان الجوفى بالدلتا

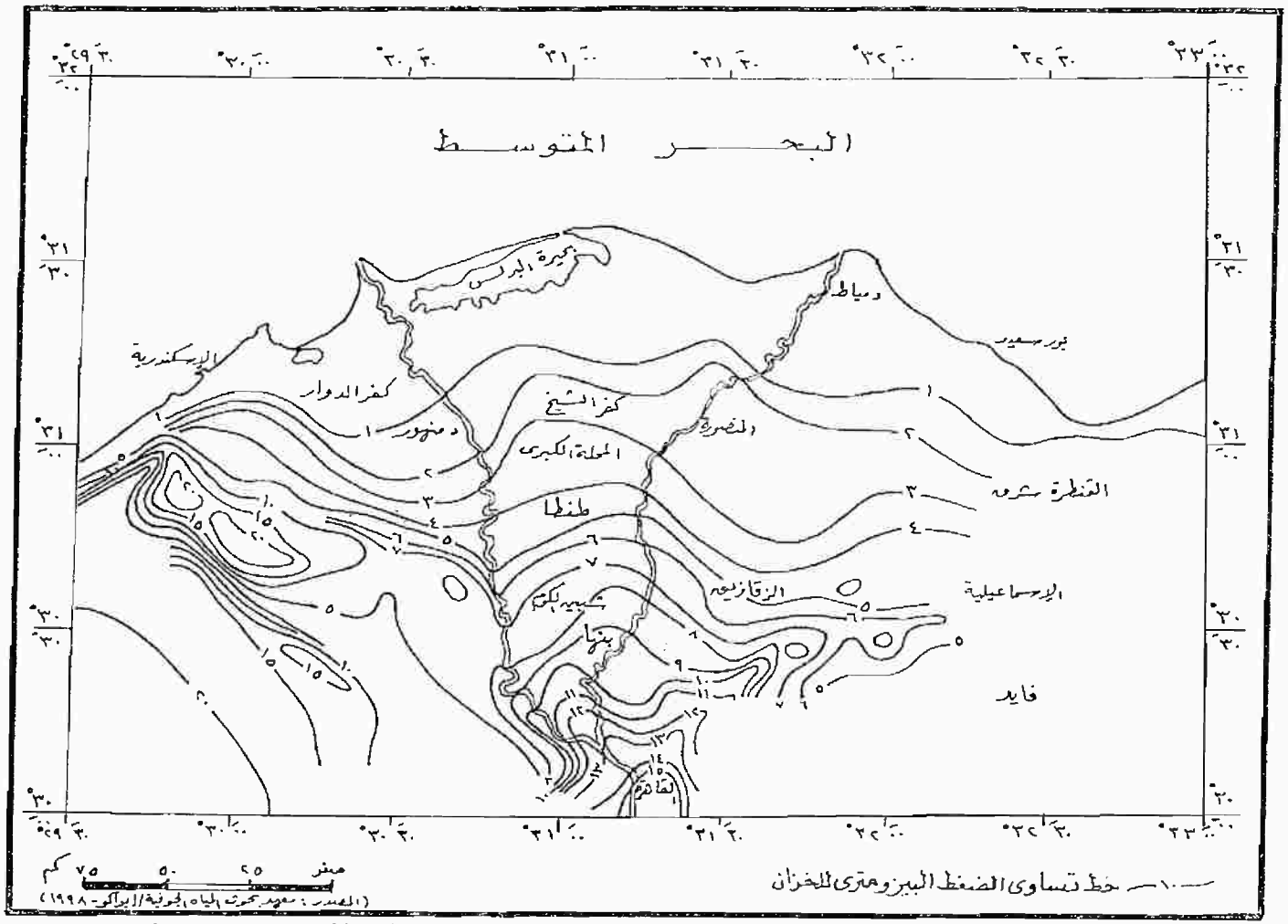
ويشغل السهل الفيضى لدلتا نهر النيل شمال مدينة القاهرة بين فرعى رشيد ودمياط حتى البحر المتوسط شمالاً، وامتداد حوافها الشرقية حتى قناة السويس، والغربية حتى وادى النطرون غرباً. ويتكون الخزان الجوفى بالدلتا من رسوبيات الحقب الرباعى والثلاثى المتآخر من الرمال والحصى تتخللها راقات طفلية تزداد فى اتجاه الشمال. ويتراوح سمك الخزان ما بين ١٠٠ متر عند القاهرة جنوباً إلى ١٠٠٠ متر عند الساحل شمالاً. ويحد الخزان من أعلى غطاء من الطمى السلتى شبه المنفذ بسمك يتراوح ما بين ٢٠ متراً جنوب الدلتا إلى ٦٠ متراً فى الجزء الشمالى منها، مكسباً الخزان خصائص الخزان شبه المقيد، بينما يتلاشى عند الحواف الشرقية والغربية لسهل الدلتا الفيضى ليصبح الخزان ذا مستوى مائى حر. وتشكل صخور الباليوسين الطفلية عديمة النفاذية قاعدة الخزان الجوفى (شكل رقم (٤–٤)).



شكل رقم (٤-٤) - قطاع هيدروجيولوجي لدلتا النيل

توضح خريطة الضغوط البيزومترية لخزان الدلتا (شكل رقم (٤-٥)) وجود انحدار هيدروليكى للمياه الجوفية من الجنوب إلى الشمال بمنطقة وسط الدلتا (+ ١٤ مترا فوق سطح البحر عند القاهرة إلى + متر فوق سطح البحر بالقرب من الساحل)، وأن هناك تغيرا فى اتجاه حركة المياه الجوفية نحو مناطق صرفها الطبيعى بمناطق سبخات البحيرات الشمالية (مريوط - ادكو - البرلس - المنزلة) ومناطق المنخفضات الطبوغرافية بوادى النطرون بغرب الدلتا ووادى طميلات والصالحية والبلاح بشرق الدلتا حيث تفقد بالبخر وفرع رشيد (يعمل كمصرف لمياه الخزان الجوفى بين القناطر الخيرية وقناطر إدفينا). وتظهر الخريطة مناطق تتسم بوجود قباب مائية نتيجة لارتفاع مستويات المياه وغدق مائى بمناطق مشروعات الاستصلاح على المياه النيلية بغرب الدلتا (مناطق شمال التحرير والمزرعة الآلية ومريوط وجنوب التحرير) ومنخفضات مائية نتيجة السحب المفرط بمناطق الخطاطبة وطريق القاهرة / الإسكندرية الصحراوى بغرب الدلتا ومشروع رمسيس الزراعى بشرق الدلتا. وقد أسفرت نتائج تجارب الضخ التى أجريت بمناطق الدلتا وحوافها عن تميز الخزان الجوفى بارتفاع قدرته الإنتاجية من المياه ومعاملاته الهيدروليكية حيث يتراوح معامل السريان ما بين ٥٠٠٠ متر مربع / يوم بالحواف الشرقية والغربية للدلتا و٢٥٠٠٠ متر مربع / يوم بمناطق جنوب ووسط الدلتا فى حين يتراوح معامل التوصيل الهيدروليكى ما بين ٥٠ - ١٠٠ متر/ يوم.

قدرت السعة التخزينية للخزان الجوفى بالدلتا بحوالى ٤٠٠ مليار متر مكعب فى حين يبلغ معدل تغذيته السنوية من تسرب الفائض من مياه الرى النيلية ومن شبكات الرى بحوالى ٦ مليار متر مكعب، والتى لا تعتبر مصدراً للمياه الجوفية بل تعتمد على ما يتم تخزينه منها موسمياً فى مستودع رسوبيات الدلتا لاستغلالها فى أغراض الشرب وكاستخدام مشترك فى أغراض الرى مع المياه النيلية فى فترة أقصى الاحتياجات. والمياه الجوفية بخزان الدلتا الجوفى ذات نوعية جيدة جداً (الملوحة ٣٠٠ - ٨٠٠ جزء فى المليون) فى مناطق جنوب



شكل رقم (٤-٥) - خريطة الضغوط البيزومترية للخزان الجوفى بالدلتا وحوافها

الدلتا بينما تتزايد الملوحة مع العمق وشمالاً حيث تتراوح ما بين ١٠٠٠-٥٠٠٠ جزء فى المليون عند كفر الشيخ فى وسط الدلتا والاسماعيلية فى شرق الدلتا ودمنهور فى غرب الدلتا إلى ٣٠٠٠٠ جزء فى المليون فى المناطق القريبة من الساحل. وتوضح الدراسات التى أجريت أخيراً عن نوعية وأصل المياه المالحة فى الجزء الشمالى فى الدلتا أن الدراسات السابقة اعتمدت على نتائج اختبار الجزء العلوى من الخزان ولعمق لا يتجاوز ١٠٠ متر، بينما أوضحت دراسات ملوحة المياه الجوفية بالبئر العميق بحقل أبو ماضى للغاز الطبيعى بشمال الدلتا (حفنى وشطا ١٩٩٥م) وجود طبقات حاملة لمياه جوفية ذات ملوحة أقل من ٥٠٠٠ جزء فى المليون تحت النطاق العلوى الحامل للمياه الشديدة الملوحة (٣٥٠٠٠ جزء فى المليون) وجبهات لتوغل مياه البحر قصيرة المدى بالقرب من الساحل كما هو موضح (بشكل رقم (٤-٤))، وهو ما يستوجب مزيداً من الدراسات التفصيلية للطبقات العميقة ونوعية محتواها من المياه الجوفية لتحديد مدى توغل مياه البحر بالخزان الجوفى بشمال الدلتا وإعادة النظر فى تقييم الإمكانيات المتاحة للاستغلال الآمن من المياه الجوفية دون إحداث تدهور فى نوعيتها.

٤-٢-٢ الخزانات الساحلية على البحر المتوسط والبحر الأحمر

الخزانات الجوفية بالساحل الشمالى الغربى

تتميز المنطقة الساحلية الشمالية بارتفاع معدلات الهطول المطرى (١٠٠ - ٣٠٠ مم) التى تغذى خزانات جوفية محدودة الامتداد بتكوينات الحقب الرباعى والحديث. وأسفرت دراسات مصادر المياه الجوفية بمنطقة الساحل الشمالى الغربى والممتدة من برج العرب حتى السلوم (أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا - وكالة الوزارة لرى الصحارى، ١٩٧٨م) عن وجود الخزانات الجوفية التالية:

الخزان الجوفى بالكثبان الرملية الساحلية والرواسب الغريانية

وتشكل سلسلة الغرود الرملية الساحلية مخزنا طبيعيا لتجمع مياه الأمطار التى تتسرب رأسيا فيها مكونة خزانات للمياه العذبة الجاثمة على مياه مالحة نتيجة لتوغل مياه البحر المالحة فيها، ويتم استغلالها بمعدلات صغيرة بواسطة الخنادق (منطقة القصر) لتجنب زيادة ملوحتها مع السحب. وتتواجد الرواسب الغريانية الحاملة للمياه الجوفية فى الأجزاء العليا لمجارى سيول الوديان الواقعة فى الجزء الغربى لمنطقة الساحل بين السلوم وفوكه، وهى ذات امتداد محدود وبسمك لا يتعدى ١٠ أمتار. وقد أظهرت نتائج اختبارات الضخ بالآبار المستغلة للكثبان الرملية والرواسب الغريانية وتقييم مصادر المياه الجوفية بهما عن أن معامل السريان ومعامل التوصيل الهيدروليكى لهما حوالى ١٥ متراً مربعاً / اليوم و ١٧ متراً مربعاً /اليوم، ١٢,٨ أمتار مربعة /اليوم و ١٦,٤ أمتار مربعة /اليوم، على الترتيب.

الخزان الجوفى بتكوين إسكندرية

ويتكون من الصخور الجيرية المتفتتة والمنتشرة بطول الساحل الشمالى، المحتوية على مياه جوفية بكميات كبيرة وبملوحة مقبولة فوق المياه المالحة. وأسفرت نتائج تجارب الضخ عن أن متوسط معامل السريان لهذا التكوين يبلغ ٢٦ متراً مربعاً / يوم ومعامل التوصيل الهيدروليكى ٣٢,٥ أمتار/ يوم.

الخزان الجوفى بتكوين علم الخادم وقصر قرطاجى

ويتكون من الصخور الجيرية التابعة لعصر البليوسين، ويتواجد الخزان الجوفى بتكوين علم الخادم بمنطقة السهول الداخلية الممتدة من رأس حبيصة حتى الضبعة حيث تشكل فى منطقة الضبعة تركيبا حوضياً مكوناً خزانا معلقاً للمياه الجوفية الضاربة للملوحة (٢٨٨٨ - ٣٣٢٠ جزءاً فى المليون). ويتواجد الخزان الجوفى بتكوين قصر قرطاجى الجيرى الرملى فى منطقة سهل غوط

رباح شرق مرسى مطروح حيث ملوحة محتواه من المياه الجوفية تتراوح مـــا بين ٧٠٠ - ١٨٧٥ جزءاً فى المليون.

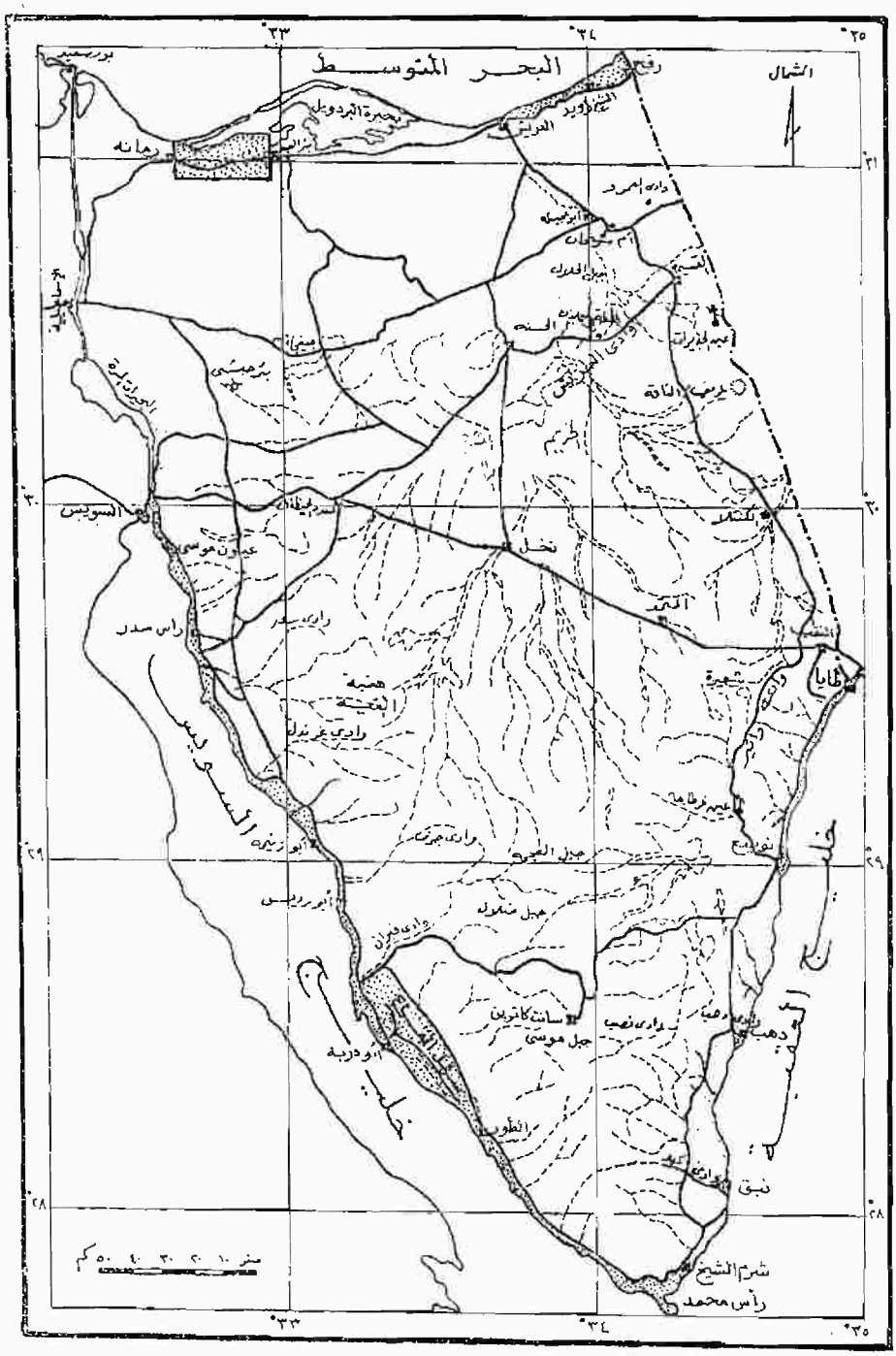
الخزان الجوفى بصخور المايوسين الجيرية

تتواجد هذه الخزانات فى تراكيب حوضيـــة للصخـور الجيريـــة لعصـــر المايوسين الأوسط بسمك يتراوح ما بين ١٢ إلى ٢٠ متراً، مكونة مياهاً معلقـــة فوق مستوى سطح البحر بمناطق فوكة وقطاف (الضبعة). وقد أسفرت تجـــارب الضخ على آبار منطقة فوكة عن أن متوسط قيمة معامل الســـريان ٢٤ مـــتراً مربعاً / يوم. وبينما بلغت ملوحة المياه بحوض فوكة ٢٠٠٠ جزء فى المليـــون، فإن المياه الجوفية بحوض قطاف تتميز بعذوبتها حيث تتراوح ملوحتها ما بيـــن ١٢٥ إلى ٥٧٠ جزءاً فى المليون. وأسفرت الدراسات الهيدروجرافية الإقليميـــة للمنطقة الساحلية الممتدة من برج العرب حتى السلوم عن تحديد معدلات ميـــاه الأمطار المتسربة سنوياً إلى الخزانات الجوفية والتى بلغت فى مجموعها حوالى ١٢٤ مليون متر مكعب.

الخزانات الجوفية بمنطقة الساحل الشمالى الشرقى (رمانة-العريـــش- رفـــح) (شكل رقم (٤-٦))

الخزان الجوفى بمنطقة رمانة - بئر العبد

تتواجد المياه الجوفية بمنطقة رمانة - بئر العبد فى تجمعات الكثبان الرملية والتى تمتد من التخوم الشمالية لجبل المغارة جنوباً إلى السهل الساحلى رمانـــة - بئر العبد شمالا والتى يحدها من أسفل مكون الحجر الرملى الكلسى المعـــروف باسم "الكركار"، ويبلغ السمك المشبع بالمياه بالكثبان الرمليـــة ١٢٠ مـــترا فـــى الجنوب ويقل شمالا ليصبح ١٠ أمتار عند الطريق الساحلى. ويتراوح مســـتوى المياه ما بين ٢,٦ أمتـــار فوق سطح البحر عند بلدة قاطيه فى الجنوب إلى مستوى



شكل رقم (٤-٦) - مناطق الخزانات الساحلية بسيناء

سطح البحر أو تحته عند منطقة السبخات الساحلية والتى تعتبر منطقة الصرف الطبيعى لمياه الخزان الجوفى حيث تفقد بالبخر. ويتراوح معامل السريان للخزان ما بين ٦٠٠ إلى ٢٣٠٠ متر مربع / يوم، فى حين يبلغ معامل التوصيل الهيدروليكى ١٠٠ -٦٠٠ متر / يوم. وقدر معدل تغذية الخزان الجوفى بالدفق تحت السطحى من الجنوب والمتسرب من مياه الأمطار حوالى ٥٧٠٠٠ متر مكعب / يوم فى حين قدرت كميات المياه المنصرفة من الخزان عن طريق الآبار وكفواقد طبيعية بالبخر فى منطقة السبخات الساحلية بحوالى ٦٤٠٠٠ متر مكعب / يوم، وتحقيق الموازنة المائية للخزان يشير إلى احتمال توغل مياه البحر بالخزان بمعدل ٧٠٠٠ متر مكعب / يوم. وتتراوح ملوحة المياه الجوفية بالكثبان الرملية جنوب الطريق الساحلى ما بين ٢٥٠٠ إلى ٥٠٠٠ جزء فى المليون.

الخزان الجوفى بمنطقة العريش- رفح

تتواجد المياه الجوفية بمنطقة الشريط الساحلى العريش/ رفح فى رسوبيات الحقب الرباعى والتى تمتد من الساحل شمالاً ولمسافة ١٥ - ٢٠ كم جنوباً، وتشمل التتابعات الجيولوجية التالية:

- تجمعات الكثبان الرملية بالشريط الساحلى
- الرواسب الوديانية بدلتا وادى العريش
- الرسوبيات الشاطئية القديمة بمنطقة الشيخ زويد/ رفح
- الحجر الرملى الكلسى (الكركار) بالشريط الساحلى

وتمثل الصخور الطفلية والجيرية التابعة للحقب الثلاثى قاعدة الخزان الجوفى بينما يمثل مستوى المياه الجوفية حده العلوى، ويتراوح سمك الخزان ما بين ٥ أمتار عند الحد الجنوبى لدلتا الوادى (منطقة لحفن) إلى ٨٠ متراً شرق مدينة العريش، فى حين يتراوح سمكه ما بين ٢٠ متراً جنوب رفح إلى ٦٠

متراً فى منتصف الحوض الرسوبى بين الشيخ زويد ورفح. وتوضح الأرصاد الدورية للمياه الجوفية بالمنطقة أن مستوى المياه الجوفية بمنطقة دلتا وادى العريش تقع جميعها دون مستوى سطح البحر (- ٠,٥ متر إلى - ٣ أمتار) فيما عدا الجزء الممتد بطول الساحل والذى تشغله المناطق السكانية والسياحية والجزء الواقع جنوب مطار العريش (حيث يتراوح مستوى المياه من + ٠.٥ متر إلى + ٢,٥ متر من سطح البحر). فى حين يتراوح مستوى المياه الجوفية من ٤ أمتار فوق سطح البحر عند الطريق الساحلى بين الشيخ زويد ورفح إلى ٠,٥ متر فوق سطح البحر بالقرب من الساحل. وأسفرت نتائج تحليل بيانات تجارب الضخ على الآبار المستغلة للخزان الجوفى بمنطقة العريش عن أن معامل السريان يتراوح ما بين ٣٠٠ متر مربع / يوم إلى ١٨٠٠ متر مربع / يوم، فى حين يتراوح معامل التوصيل الهيدروليكى ما بين ٨٠ - ١٥٠ متراً/ يوم، فى حين يتراوح معامل السريان ما بين ٢٠٠ - ٧٧٠ متراً مربعاً / يوم، ومعامل التوصيل الهيدروليكى ما بين ٢٠ - ٥٠ متراً/ يوم بمنطقة الشيخ زويد/ رفح. وتتراوح الملوحة الحالية لمياه الخزان الجوفى بمنطقة دلتا وادى العريش ما بين ١٢٠٠ جزء فى المليون فى الجنوب إلى ٩٢٥٠ جزءاً فى المليون فى منطقة شرق العريش، فى حين تتراوح الملوحة ما بين ٧٠٠ - ١٠٠٠ جزء فى المليون فى الجزء الأوسط من الشريط الساحلى الشيخ زويد / رفح إلى ٤٠٠٠ جزء فى المليون عند الطريق الساحلى وجنوبه. وقد قدر معدل التغذية للخزان الجوفى بمنطقة دلتا وادى العريش بحوالى ٢٣٦٠٠ متر مكعب / يوم بالإضافة إلى المتسرب من مياه الاستخدام الآدمى بمدينة العريش وضواحيها للخزان الجوفى بمعدل ٢٠٢٢٥ متراً مكعباً / يوم (جارى حالياً تنفيذ شبكة مياه الصرف الصحى ومعالجتها لاستخدامها فى الزراعة خارج منطقة دلتا الوادى) أى أن إجمالى التغذية السنوية الحالية يبلغ حوالى ٤٤٠٠٠ متر مكعب / يوم. وتم تقدير معدل التغذية للخزان الجوفى بمنطقة الشيخ زويد / رفح بحوالى ٤٠,٠٠٠ متر مكعب / يوم بالإضافة إلى العائد للخزان بالتسرب من مياه الاستخدام الآدمى

والمقدر بحوالى ٧٥٠٠ متر مكعب / يوم أى بإجمالى قدره حوالى ٤٧٥٠٠ متر مكعب / يوم.

الخزانات الجوفية بمنطقة الساحل الشرقى لخليج السويس

الخزان الجوفي بمنطقة عيون موسى – أبو رديس

ويمتد من عيون موسى شمالا وحتى أبو رديس جنوباً مروراً بمناطق عيون موسى، رأس سدر، أبوزنيمة والتى تقع فى نطاقها بعض الأودية الهامة مثل وادى سدر ووادى غرندل ووادى فيران. وبالرغم من وجود عدة تكوينات جيولوجية حاملة للمياه الجوفية تابعة لعصور جيولوجية متعاقبة من الحقب الرباعى حتى الكريتاوى السفلى إلا أن نتائج حفر الآبار الضحلة والعميقة بمناطق السهل الساحلى الممتد من عيون موسى حتى أبو رديس أوضحت ضعف الإمكانيات المائية بالتكوينات الضحلة وشدة ملوحة المياه بالتكوينات العميقة حيث تتراوح ما بين ٣٠٠٠ – ٧٠٠٠ جزء فى المليون بتكوين الأيوسين بمنطقة عيون موسى، ٣٠٠٠ – ٣٠٠٠٠ جزء فى المليون بتكوين الأيوسين بمنطقة أبو قطيفة –لاجيا، ٢٢٧٠٠ جزء فى المليون بتكوين الكريتاوى السفلى بمنطقة رأس سدر.

الخزان الجوفي بسهل القاع

يعتبر الخزان الجوفى برسوبيات العصر الرباعى (مجموعة الطور) بمنطقة سهل القاع والممتدة على الساحل الشرقى لخليج السويس ما بين وادى فيران شمالاً ورأس محمد جنوباً (شكل رقم(٤-٦)) من الخزانات الجوفية التى بدأ فى استغلالها منذ عام ١٩٧٢م فى تغطية احتياجات منطقة الطور/ شرم الشيخ من مياه الشرب. ويتكون الخزان الجوفى بسهل القاع من الرمال والحصى والطفل الرملى وفتات صخور القاعدة المجواه بسمك يتراوح ما بين ٥٠ متراً بالقرب من حدوده الغربية لسلسلة جبل قبليات، ٤٠٠ متر شرق مدينة الطور إلى ما

يقرب من ١٠٠٠ متر فى الجزء الأوسط من السهل. ويتباين عمق سطح المياه الجوفية بسهل القاع ما بين مترين بالقرب من ساحل الخليج عند مدينة الطور إلى ١٠٠ متر من سطح الأرض عند الأجزاء المتاخمة لسلسلة الجبال الشرقية. وتوضح مستويات المياه الجوفية بسهل القاع وجود انحدار هيدروليكى من سلسلة الجبال الشرقية فى اتجاه مناطق الرواسب المروحية للأودية التى تصب فى السهل (وديان حبران، ميعر، شرق إسلا) والتى تأخذ مسارها فى اتجاه منطقة الصرف الطبيعى عند مدينة الطور وجنوبها حيث تفقد بالبخر بمنطقة السبخات والملاحات أو فى الخليج.

وقد أسفرت نتائج حفر واختبار الآبار المستغلة للجزء العلوى من الخزان الجوفى (أعماق الآبار : ١٥٠ – ٣٥٠ مترا) عن أن معامل السريان للنطاق المستغل من الخزان يتراوح ما بين ٨٠ – ٣٦٠٠ متر مربع / يوم، ومعامل التوصيل الهيدروليكى ما بين ١٠ –١٤٠ متراً / يوم، وأن ملوحة المياه تتراوح ما بين ٤٠٠–٧٠٠ جزء فى المليون فى المنطقة الواقعة شرق مدينة الطور والتى تأخذ فى التزايد فى اتجاه الشمال والشمال الغربى لتصل إلى ٧٠٠٠ جزء فى المليون بسبب وجود تداخلات من الصخور الجبسية والمتبخرات بقطاع الخزان فى حين أوضحت نتائج الحفر الاختبارى بمنطقة سهل القاع الواقعة جنوب مدينة الطور إلى ارتفاع ملوحة المياه الجوفية بالخزان حيث تراوحت ما بين ١٠٠٠٠ إلى ٣٩٠٠٠ جزء فى المليون وذلك بسبب الميول الشديدة فى طبوغرافية السطح من مناطق منابعها الجبلية فى اتجاه ساحل الخليج مما لا يتيح الفرصة الكافية لمياه الجريان السطحى بوديان المنطقة لتغذية الخزان الجوفى بالمياه العذبة. وتم تقدير معدل التغذية السنوية من الوديان الشرقية للخزان الجوفى بسهل القاع الواقع شمال مدينة الطور بحوالى ٢٥مليون متر مكعب / سنة فى حين يبلغ الفاقد منها بالبخر بمنطقة السبخات جنوب الطور حوالى ٨ مليون متر مكعب / سنة.

الخزان الجوفى بمنطقة الساحل الغربى لخليج العقبة (شكل (٤-٦))

أوضحت نتائج الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيقية ونتائج حفر الآبار فى مناطق السهل الساحلى طابا - شرم الشيخ على الساحل الغربى لخليج العقبة أن ظروف المياه الجوفية بها يمكن تلخيصها فيما يلى:

منطقة طابا - نويبع

أدى قرب خط الساحل من الكتلة الجبلية لصخور القاعدة وضيق السهل الساحلى وانخفاض معدل الهطول المطرى بالمنطقة، بالإضافة إلى صغر مساحة تجميع الأمطار للوديان الصغيرة التى تصب فيها وانحدارها الشديد فى اتجاه الخليج، إلى ضعف إمكانيات المنطقة من المياه الجوفية من حيث الكم والنوع بسبب صعوبة تغذية رسوبيات الوديان ودلتياتها الساحلية بمياه الأمطار والجريان السطحى. وقد أسفرت نتائج المسح الجيوفيزيقى وحفر بعض الآبار بالمجرى السفلى لواديى مراخ والمحاشى بالمنطقة عن ارتفاع ملوحتها (١٥٠٠٠ - ٥٠٠٠٠ جزء فى المليون) مما أدى إلى اللجوء لعمليات تحلية مياه البحر أو المياه الجوفية المالحة أو استغلال المياه الجوفية العميقة بمنطقة شعيره بالمجرى العلوى بوادى واتير ونقلها إلى مناطق الأنشطة السياحية على ساحل الخليج.

منطقة نويبع

تتواجد المياه الجوفية بمنطقة نويبع بدلتا وادى واتير الساحلية فى رواسب الحقب الرباعى، والتى تتكون من الرمال والحصى وفتات صخور القاعدة المجواه، غير أنه لم تجر أية دراسات تفصيلية للتعرف على الوضعية الهيدروجيولوجية للخزان الجوفى بالمنطقة بما فى ذلك سمكه الكلى المشبع بالمياه ومعدلات تغذيته والتغير فى ملوحة المياه مع العمق ومدى توغل مياه

الخليج المالحة داخل الخزان بهدف تحديد إمكانياته المتاحة من المياه الجوفية للاستغلال الآمن دون إحداث تدهور فى نوعية المياه على المدى الطويل. وقد تم حفر تسع آبار ضحلة العمق (٥٠ -٦٠ مترا) خلال الثمانينات لسد احتياجات المدينة من مياه الشرب والزراعة، والتى يجرى استغلالها حالياً بمعدل ٢٥٠٠ متر مكعب / يوم بملوحة تتراوح ما بين ١٢٠٠ - ٥٠٠٠ جزء فى المليون ويتم استخدامها فى الأغراض المنزلية والرى فى حين يتم تحلية مياه البحر بطاقة ٥٠٠ متر مكعب / يوم لتوفير احتياجات المدينة من مياه الشرب. ويقوم أهالى المنطقة باستغلال المياه الجوفية الضحلة بالقرب من ساحل الخليج بحفر آبار قليلة العمق (٤-١٢ متراً) واستخدام بعضها فى أغراض الزراعة بمعدل ٢٥٠متراً مكعباً / يوم وملوحة تتراوح ما بين ٢٠٠٠ - ٩٠٠٠ جزء فى المليون.

منطقة دهب

تماثل ظروف المياه الجوفية بمنطقة دهب مثيلتها بمنطقة نويبع حيث تتواجد برسوبيات الحقب الرباعى بدلتا وادى دهب والتى لم يتم دراستها تفصيلياً لتحديد إمكانياتها المتاحة للاستغلال. وقد أسفرت نتائج حفر سبع آبار ضحلة لأعماق ٥٠ -٧٠ متراً، عن أنَ عمق المياه الجوفية يتراوح ما بين ١٥-٤٥ متراً من سطح الأرض ويتم استغلالها بمعدل ٧٠٠ متر مكعب / يوم بملوحة تتراوح ما بين ٢٥٠٠ - ٤٠٠٠ جزء فى المليون، وتستخدم فى الأغراض المنزلية، فى حين يتم توفير احتياجات المنطقة من مياه الشرب بتحلية مياه البحر بطاقة إنتاجية قدرها حوالى ٢٠٠٠متر مكعب/ يوم.

منطقة شرم الشيخ

أدت الظروف الجيولوجية لموقع مدينة شرم الشيخ وما حولها ووقوعها على شريط ساحلى ضيق بين ساحل الخليج والكتلة الجبلية لجنوب سيناء، مع

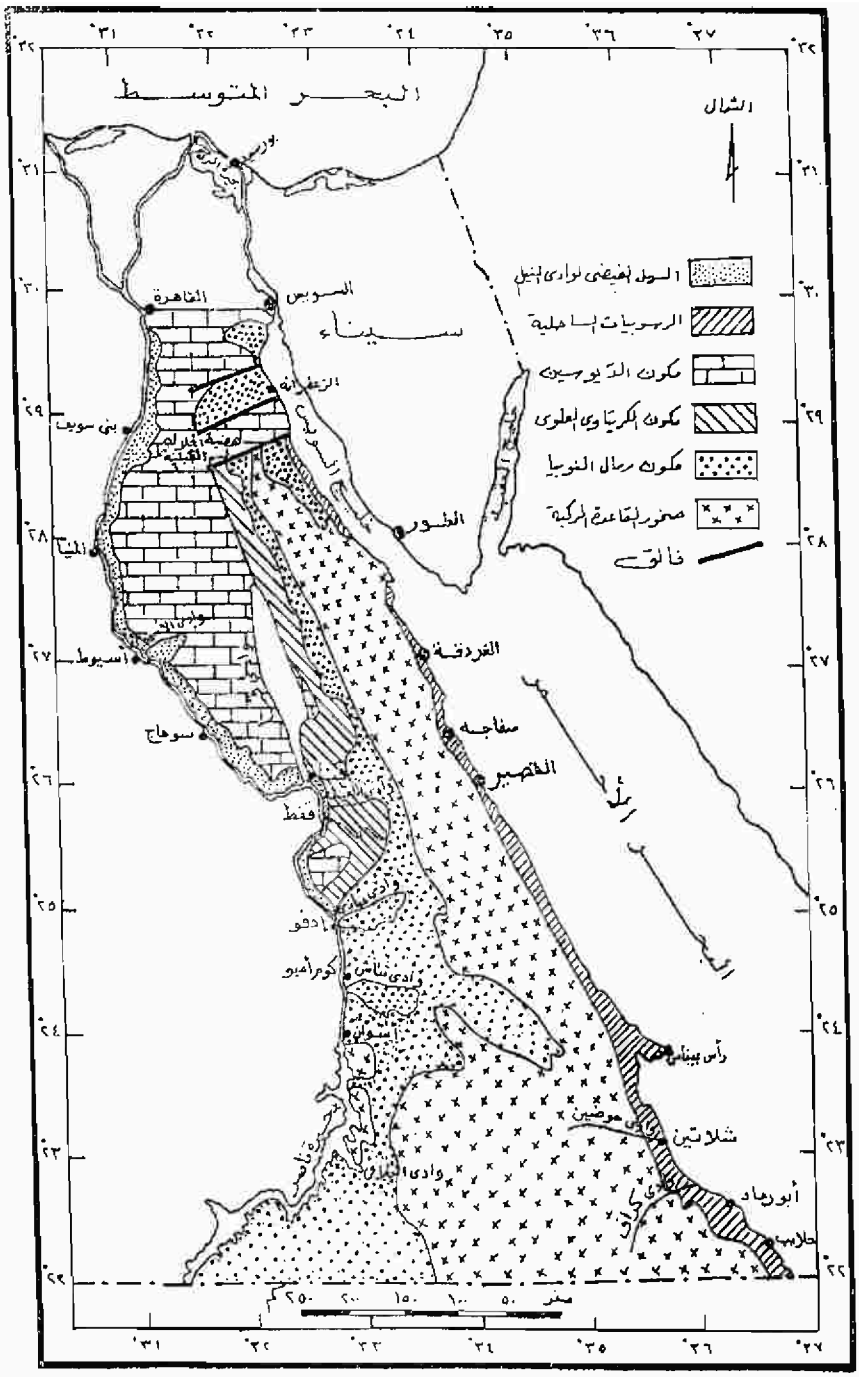
الانحدار الشديد لمجارى الوديان التى تصب فيه إلى افتقار المنطقة لمصادر مياه جوفية ذات نوعية مقبولة بالتكوينات الجيولوجية المختلفة، حيث أسفرت نتائج الحفر الاختبارى بالمنطقة لاختبار تكوين رمال المايوسين عن ارتفاع ملوحة المياه الجوفية والتى تراوحت ما بين ٦٠٠٠ - ١٦٠٠٠ جزء فى المليون. وتجرى حالياً عمليات تحلية مياه الخليج لتوفير احتياجات الأنشطة السياحية وحاجة المدينة من مياه الشرب بالإضافة إلى المياه الجوفية المنقولة من مدينة الطور، ويجرى فى الوقت الحالى تنفيذ عمليات الحفر الاختبارى بوادى نبق وكيد لاختبار وجود مصادر للمياه الجوفية برسوبيات الواديين ذات نوعية مقبولة.

الخزانات الجوفية على ساحل البحر الأحمر (الزعفرانة-حلايب) (شكل (٤-٧))

لم تحظ حتى الآن منطقة السهل الساحلى الغربى للبحر الأحمر بأية دراسات لمصادر المياه الجوفية بها ولتقييم إمكانياتها المتاحة لأغراض التنمية المستديمة، سوى بعض التقارير العامة التى أعدت عن نتائج حصر الآبار والعيون القائمة بالمنطقة الساحلية، الزعفرانة - حلايب، والدراسات الجيولوجية والجيوفيزيقية الإقليمية وحفر الآبار الاختبارية التى أجريت بمناطق وادى دارا وشجر جنوب رأس غارب ووادى حوضين وكراف بمنطقة شلاتين/ حلايب.

منطقة الزعفرانة - رأس غارب

تم حصر العيون والآبار التى تستمد مياهها من المياه الجوفية لصخور الحجر الجيرى المتشقق التابع للعصر الكريتاوى بهضبة الجلالة القبلية والتى تزود ديرى سانت انطونيو وسانت بول بالمياه بمعدل ١٠٠ متر مكعب/ يوم بملوحة ١٦٠٠ جزء فى المليون.



شكل رقم (٤ - ٧) - الخزانات الجوفية بالصحراء الشرقية وساحل البحر الأحمر

منطقة رأس غارب – الغردقة

من واقع نتائج الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيقية وحفر الآبار الاختبارية / الإنتاجية التى قامت بها شركات البترول ومركز بحوث الصحراء بمناطق شجر ورأس شقير ووادى دارا جنوب رأس غارب، أمكن الاستدلال على مصادر للمياه الجوفية بتكوينى رديس الرملى التابع لعصر المايوسين بمنطقة شجر- رأس شقير ورمال النوبيا بمنطقة وادى دارا. وقد أسفرت عمليات حفر واختبار إحدى عشر بئراً بمنطقة شجر ورأس شقير جنوب رأس غارب، عن أن عمق طبقة رمال الغرندل المستغلة بهذه الآبار يتراوح ما بين ٦٠٠-٩٠٠ متر من سطح الأرض وبسمك يتراوح ما بين ٩٠-١٤٠ مترا فى حين يتراوح عمق سطح المياه بالآبار ما بين ٣٠ إلى ٥٠ مترا من سطح الأرض. ويبلغ معدل إنتاج الآبار ٥٩٠٠ متر مكعب /يوم بملوحة تتراوح ما بين ١٧٠٠ إلى ٣٤٠٠ جزء فى المليون. وقد أوضحت نتائج الرصد الدورى لملوحة مياه الآبار زيادتها مع الزمن فى حين تبين من اختبار تكوين رمال النوبيا بمنطقة رأس دارا تواجده على عمق يتراوح من صفر -٣٠ مترا بسمك مشبع ٢٠٠ متر وتتدفق منه المياه تحت ضغطها الارتوازى بملوحة تتراوح ما بين ٣٠٠٠-٥٠٠٠ جزء فى المليون.

منطقة الغردقة – سفاجة

أسفرت أعمال الدراسات الجيولوجية السطحية ونتائج حفر آبار الاستكشاف البترولى والتعدينى بالمنطقة عن أنها تتميز بوجود تكوينات الحجر الرملى والمارل والحجر الجيرى التابعة للزمن الثلاثى الأوسط، تغطيها المصاطب الزلطية ورسوبيات الشواطئ القديمة التابعة لعصر البلايستوسين مع وجود تراكيب الحوضية الرسوبية الهامة والمتاخمة للحافة الشرقية لسلاسل جبال البحر الأحمر كحوض الزيت جنوب غارب وحوض عش الملاحة شمال غرب الغردقة، والتى تتطلب دراستها هيدروجيولوجيا لاحتمال وجود تجمعات للمياه الجوفية العميقة بها. وأسفرت عمليات الحفر الاختبارى بمنطقة دشة الضبعة

جنوب مدينة الغردقة عن وجود مياه جوفية بتكوين المايوسين بملوحة حوالى ٥٠٠٠ جزء فى المليون والتى يتم معالجتها واستخدامها فى منتجع الجونة السياحى. وأوضح الحصر الميدانى للآبار القائمة بالمنطقة (جنوب ، ١٩٦٩م) وجود المياه الجوفية بالرسوبيات الوديانية بوادى باشا بمنطقة سلسلة جبال البحر الأحمر جنوب غرب الغردقة بسمك يصل إلى ٨٥ مترا، ويبلغ عمق المياه الجوفية بها حوالى ١٦ مترا من سطح الأرض وتدر ٨٠ متراً مكعباً /يوم من المياه العذبة.

منطقة سفاجة - رأس بيناس

أشارت نتائج الدراسات القليلة التى أجرتها شركات التعدين وهيئة المساحة الجيولوجية والمشروعات التعدينية بالمنطقة الساحلية الممتدة من سفاجة شمالا حتى رأس بيناس جنوباً، وبيانات الحصر الميدانى للآبار والعيون الطبيعية الموجودة بها إلى وجود المياه الجوفية بصخور المايوسين الرملية بمنجم الحمراوين بسفاجة على عمق ١٢ مترا من سطح الأرض، وتبلغ إنتاجية الآبار المستغلة بها ٥٠٠-١٠٠٠ متر مكعب / يوم بملوحه كليه تتراوح ما بين ٢٣٠٠-٢٨٠٠ جزء فى المليون، وبالرسوبيات الوديانية بوادى كريم غرب القصير حيث يبلغ سمك الطبقة الحاملة للمياه ٧٠ مترا وعمق سطح المياه ٣٠ متراً من سطح الأرض، إلا أن إنتاجية الآبار المستغلة لهذا التكوين من المياه العذبة تتراوح ما بين الضعيفة إلى المتوسطة حيث تبلغ ٦ أمتار مكعبة /يوم ببئر أبو غصون، ١٠ أمتار مكعبة / يوم ببئر وادى كريم بالقصير، و ١٠٠ متر مكعب / يوم ببئر وادى لاهامى برأس بيناس.

منطقة رأس بيناس - حلايب

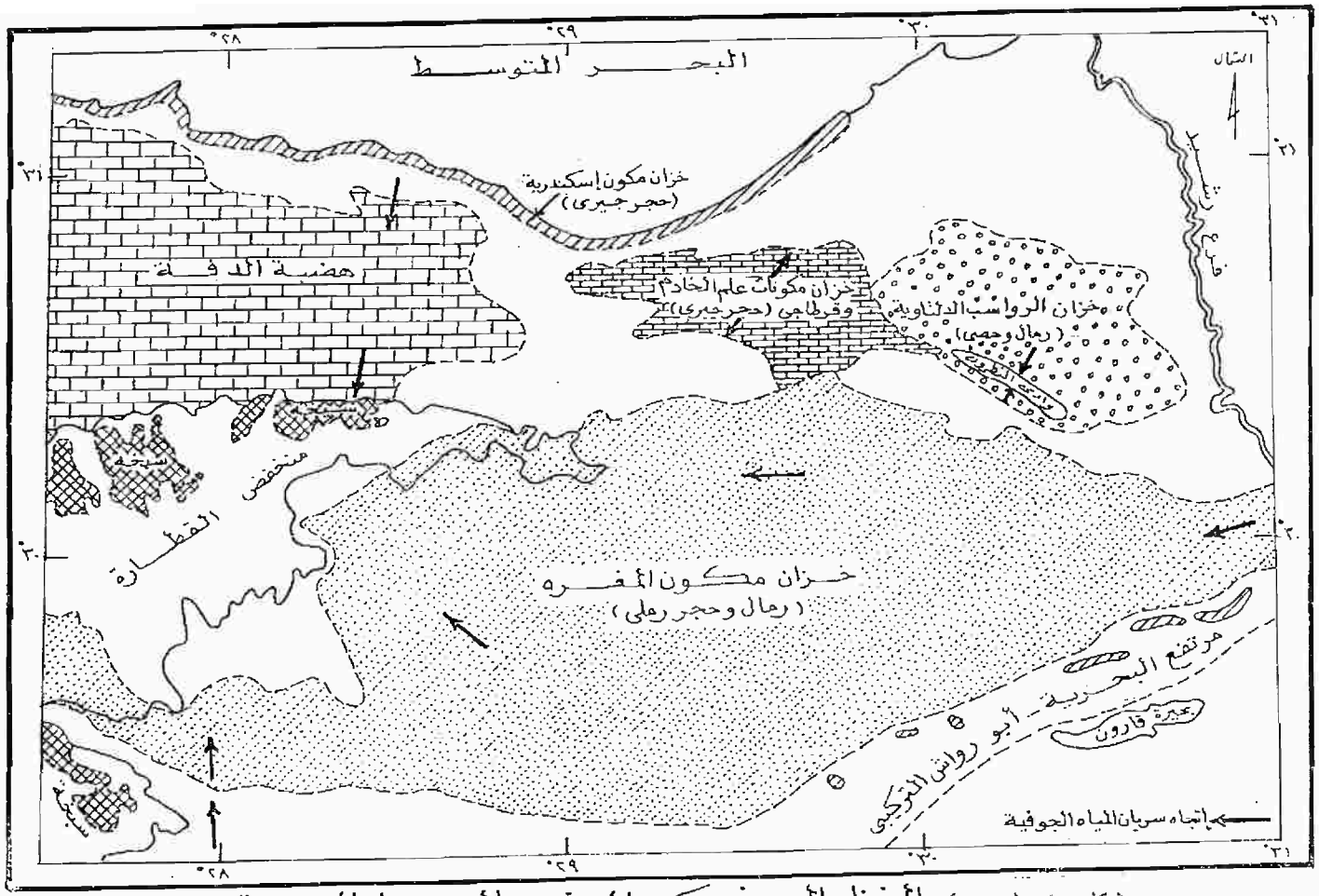
تعتبر المياه الجوفية هى المصدر الرئيسى للمياه العذبة فى هذه المنطقة النائية على ساحل البحر الأحمر، ويشكل الخزان الجوفى برسوبيات الحقب الرباعى الخزان الرئيسى بالمنطقة. وتعتمد إمكانيات المياه الجوفية وملوحتها

على معدل الهطول المطرى بالمنطقة والمتغير من عام لآخر بل ومن موسم لآخر، وتسربها من خلال صخور القاعدة المتشققة إلى رسوبيات الوديان خاصة بواديى حوضين وكراف واللذين يعتبران أهم الوديان بالمنطقة من حيث احتمالات إمكانياتهما المائية لتميزهما بكبر مساحة مستجمع المياه بهما.

وتوضح بيانات الآبار التى تم حصرها بواديى حوضين ورحبة بالمنطقة الجبلية شرق مدينة شلاتين أن آبار الجاهلية ورحبة وأبرق تقع جميعها على مسار فوالق تسمح بتصاعد المياه المتجمعة بصخور القاعدة المتشققة من خلالها إلى رسوبيات الوديان المستغلة بهذه الآبار، وأن ملوحة مياه هذه الآبار تتراوح ما بين ١٠٠٠-١٥٠٠ جزء فى المليون فى حين أسفرت نتائج حصر الآبار القائمة بدلتا وادى حوضين ونتائج البئر الاختبارية التى تم حفرها فى مدخل الوادى عن ارتفاع ملوحة المياه الجوفية (٦٠٠٠-٩٠٠٠ جزء فى المليون) وهو ما يعزى إلى ضعف ما يرد من مياه الجريان السطحى بالوديان إلى دلتياتها بهذه المنطقة وتسرب معظم ما يسقط من مياه الأمطار محليا بالمجرى العلوى للوديان من خلال تشققات صخور القاعدة السائدة بالمنطقة.

٤-٢-٣ الخزان الجوفى بمكون رمال المغره

ويتواجد فى الجزء الشمالى فى الصحراء الغربية ويمتد فى مساحة ٥٠,٠٠٠ كم٢ فى الحواف الغربية لخزان الدلتا الجوفى شرقا إلى منخفض القطارة غرباً وإلى مشارف البحر المتوسط شمالاً وإلى الحافة الشمالية لمرتفع البحرية /أبو رواش التركيبى جنوباً والفيوم فى الجنوب الغربى (شكل(٤-٨)). ويتكون مكون المغرة من الرمال والحجر الرملى وتداخلات طفلية وسلتية تابعة لعصر المايوسين الأسفل والتى تتحول إلى الطفل بالقرب من ساحل البحر المتوسط ودلتا النيل ومتداخلة مع الصخور الجيرية والطفلية لمكون مرماريكا فى الهضبة الغربية غرب منخفض القطارة. وتشكل صخور البازلت أو طفل الضبعة التابعة لعصر الأوليجوسين قاعدة الخزان الجوفى لمكون المغرة، بينما



شكل رقم (٤-٨) - الخزان الجوفى بمكون المغره بالصحراء الغربية

يتراوح سمكه الكلى ما بين ٢٠٠ متر بوادى الفارغ إلى ٨٠٠ متر بحوض أبو الغراديق شرق منخفض القطارة والذى يتناقص فى اتجاه الشمال والغرب ليتداخل مع الصخور الجيرية لمكون مرماريكا الجيرى وصخور الهضبة الجيرية الغربية. ويشكل مكون المغرة خزاناً جوفيا ذا مستوى مائى حر جنوب خط عرض ٣٠° شمالاً، بينما يختفى تحت رسوبيات البلايوسين شمالاً ليصبح من الخزانات المقيدة. ويتراوح مستوى المياه الجوفية بخزان المغرة ما بين -١٠ أمتار من سطح البحر عند الحواف الغربية لخزان الدلتا (وادى الفارغ) شرقاً إلى -٥٠ متراً من سطح البحر عند منخفض القطاره غرباً، و-٤٨ متراً من سطح البحر عند بئر مسواج جنوب منخفض القطاره، ويتراوح السمك المشبع بالمياه بمكون المغرة الرملى ما بين ٧٥ مترا و٧٠٠ متر.

وقد أسفرت نتائج تجارب الضخ التى أجريت على الآبار المستغلة لخزان المغرة الجوفى عن أن قيمة معامل التوصيل الهيدروليكى تتراوح ما بين ٠,١ - ٠,٣ متر/ يوم عند المنطقة المتاخمة لمنخفض القطاره تزداد إلى ١٠-٢٥ متراً/ يوم بوادى الفارغ، بينما تتراوح معامل السريان ما بين ٥٠٠ إلى ٥٠٠٠ متر مربع / يوم. وتتباين نوعية المياه بخزان المغرة الجوفى، حيث تبلغ ملوحتها أقل من ٥٠٠ جزء من المليون فى المنطقة المتاخمة لغرب الدلتا (منطقة وادى الفارغ) وتزداد غرباً وشمالاً لتبلغ ١٠٠٠٠ جزء فى المليون بواحة المغرة على الحافة الشرقية لمنخفض القطاره. وأوضحت الدراسات الهيدروكيميائية أن المياه الجوفية بخزان المغرة هى خليط من مياه حفرية ومياه متجددة حيث تحدث تغذية للخزان من مياه خزان الدلتا بمعدل يتراوح ما بين ٥٠ - ١٠٠ مليون متر مكعب سنويا، يفقد جزء منه بالبخر فى مناطق سبخات وبحيرات وادى النطرون (معهد بحوث المياه الجوفيه / إواكو، ١٩٩٢م).

٤-٢-٤ الخزان الجوفى بالصخور الجيرية المتشققة

منطقة الصحراء الغربية

يمتد الخزان الجوفى بالصخور الجيرية فى منطقة الصحراء الغربية مكونا هضبة شاسعة من سن الكداب فى الجنوب إلى ساحل البحر المتوسط شمالاً ومن غرب حوض نهر النيل شرقاً إلى مشارف الهضبة والتى تحيط بمنخفضات الواحات الخارجة والداخلة غرباً. وتمتد الهضبة الجيرية فى اتجاه الشمال الغربى مروراً بمنطقة أبو منقار وبحر الرمال الأعظم. وتتكون الهضبه الجيرية أساسا من الصخور الجيرية الطباشيرية والدولوميتية ويتخللها فى بعض المواقع طبقات من الطفل الصفحى وخليط من الحصى والشيرت التى يرجع زمنها الجيولوجى من عصر المايوسين إلى الكريتاوى العلوى، وتتميز الصخور الجيرية بأنها كثيرة التشقق والتكهف فى الأجزاء الشمالية من المنطقة، ويتراوح سمكها ما بين ١٥٠-٢٠٠ متر بواحة الفرافرة، ٥٠٠-١٠٠٠ متر بواحة سيوه - منخفض القطارة، فى حين يبلغ سمك التكوين التابع لعصر المايوسين ١٠٠-٤٠٠ متر بهضبة الدفة شمال الصحراء الغربية. ولم تختبر الخصائص الهيدرولوجية للخزان الجوفى بالصخور الجيرية إلا فيما تم رصده ببعض الآبار من مناسيب المياه الجوفية بالخزان والتى تتراوح ما بين ٨٠ متراً فوق سطح البحر بواحة الفرافرة، و٦٢ متراً فوق سطح البحر ببئر جبل عجيله، و ٤٨ متراً فوق سطح البحر عند بئر ديور، فى حين تتراوح ما بين ١ -١٠ أمتار تحت سطح البحر بخزان الصخور الجيرية لعصر المايوسين الأوسط بواحة سيوة، وحوالى ٦٠ - ١٨٠ متراً فوق سطح البحر بهضبة الدفة (معهد بحوث المياه الجوفية، ١٩٩٧م).

وتشير الدراسات التى أجريت عن مصادر تغذية الخزان الجوفى بالصخور الجيرية بمناطق جنوب ووسط الصحراء الغربية أن مصدر تغذيته هو

التصاعد الرأسى لمياه الخزان الجوفى لرمال النوبيا والذى يليها عمقاً بتأثير ضغطها البيزومترى (الرملى ١٩٦٧م، ونوفو كاستورو ١٩٨٥م)، بينما المعتقد أن يكون مصدر التغذية الرئيسى للمياه الجوفية بصخور المايوسين الأوسط الجيرية بواحة سيوة وهضبة الدفه هو بالتدفق تحت السطحى لمياه ذات الخزان من مناطق الجبل الأخضر فى ليبيا (عزت ، ١٩٧٧م). وتتراوح الملوحة الكلية لمياه الخزان الجوفى لصخور العصر الكريتاوى العلوى والإيوسين الجيرية ما بين أقل من ١٠٠٠ جزء فى المليون بواحة الفرافرة إلى ٢٠٠٠-٥٠٠٠ جزء فى المليون فى الجزء الجنوبى من الهضبة الشمالية والتى تزداد شمالاً لتصبح ١٠٠٠٠ جزء فى المليون بالقرب من مشارف السهل الساحلى للبحر المتوسط. وتبلغ ملوحة مياه الخزان الجوفى لصخور عصر المايوسين الأوسط الجيرية ١٦٠٠ - ٥٠٠٠ جزء فى المليون بواحة سيوة، و ٣٠٠٠-٥٠٠٠ جزء فى المليون فى الجزء الجنوبى من هضبة الدفه والتى تتزايد شمالاً لتبلغ ١٠٠٠٠ جزء فى المليون.

منطقة الصحراء الشرقية (شكل (٤-٧))

هضبة الصخور الجيرية الطفليه للعصر الكريتاوى العلوى والإيوسين

تغطى مساحة ٥٤٠٠٠ كم٢ فى الصحراء الشرقية مشكله هضبة تمتد من هضبة الجلالة شمالاً حتى كوم إمبو جنوباً ومن سلسلة مرتفعات البحر الأحمر شرقاً إلى السهل الفيضى لوادى النيل غرباً. ويبلغ متوسط سمك مكون الصخور الجيرية الطفلية للكريتاوى العلوى والإيوسين ٥٠٠ متر تعتبر فى مجملها صخوراً ضعيفة النفاذية مشكلة بذلك طبقة مقيدة للخزان الجوفى لرمال النوبيا والذى يليها عمقا، إلا أنه يمكن الحصول على مياه جوفية محدودة من الصخور الجيرية والتى تتميز بتشققاتها الكثيرة والتى تسمح بتسرب مياه الأمطار النادرة بالمنطقة إليها (١-٢مم/سنة).

هضبة الجلالة القبلية

وتمثل تركيباً جيولوجياً مرفوعاً يتكون من رسوبيات الصخور الجيرية المتشققة والصخور الطفلية التابعة لعصرى الكريتاوى العلوى والأيوسين. وتتواجد مصادر للمياه الجوفية بالصخور الجيرية المتشققة والتى يتم تغذيتها من الأمطار التى تسقط على الهضبة وتغذى بعض العيون الطبيعية المستغله لها والتى تعتبر مصدراً هاما للأديرة المتواجدة بالهضبة كعين دير سانت انطونيو والتى يبلغ تصرفها ١٠٠ متر مكعب /يوم بملوحة كليه ١٦٠٠ جزء فى المليون.

منطقة شبه جزيرة سيناء

يشكل تتابع الصخور الجيرية الحاملة للمياه الجوفية بشمال ووسط سيناء الخزانات الجوفية التالية:

الخزان الجوفي بصخور المايوسين

يتكون من صخور طفلية وتداخلات من الصخور الرملية والجيرية ويتواجد فى الغالب تحت الكثبان الرملية أو رسوبيات الوديان، وتتراوح قيمة معامل السريان للخزان ما بين ١-٢ متر مربع / يوم. واختبرت ملوحة مياه الخزان الجوفى لصخور المايوسين بمناطق شرق البحيرات المره ببئر حبشى-١ ووجدت بملوحة كليه ١٠٢٠ جزءاً فى المليون وبمنطقة عيون موسى بملوحة كلية ٧٦٠٠ جزء فى المليون وجنوباً بمنطقة رأس مسلة بملوحة ٢٦٠٠-٥٠٠٠ جزء فى المليون، وبمنطقة لاقيا ببئر لاقيا-٢ بملوحة ٣٨٠٠٠ جزء فى المليون وبمنطقة آبار شركة بتروبل بالمجرى السفلى لوادى فيران بملوحة ٣٩٠٠-٥٣٠٠ جزء فى المليون. واختبرت نوعية مياه مكون المايوسين بمنطقة المقضبة بشمال سيناء (بئر المصرى-١) حيث وجدت بملوحة ١٠٠٠٠ جزء فى المليون.

الخزان الجوفي بصخور الإيوسين

يتواجد بهضبتى العجمة والتيه بوسط سيناء ويمتد شمالاً حتى المنطقة المحصورة ما بين جبل ريسان عنيزه وجبل المغاره، بسمك يتراوح ما بين ٢٠٠-٣٦٠ مترا، ولم تُختبر أى من الآبار التى اخترقت خزان صخور الأيوسين بمناطق غرب سيناء سوى بئر الاستكشاف البترولى القطيفة -١ شمال شرق رأس سدر حيث وجدت ملوحة المياه الجوفية بخزان الأيوسين حوالى ٢٠٠٠ جزء فى المليون، والتى تزداد لتصل إلى ٣١٠٠٠٠ جزء فى المليون ببئر لاقيا جنوب منطقة رأس سدر. ويرجع التباين فى ملوحة المياه فى الخزان الجوفى إلى اختلاف فى أعماق الخزان بسبب تعرضه للفوالق، وإلى الاختلاف فى مدى تسرب مياه الأمطار إليه.

وتوضح بيانات الآبار التى تم حفرها واختبار الخزان الجوفى بصخور الأيوسين الجيرية فى المنطقة الممتدة من جيفجافه شرقاً حتى القسيمة غرباً أن ملوحتها تتزايد غرباً من ٨٥٠٠ جزء فى المليون إلى ١٩٠٠٠ جزء فى المليون (بئر المويلح). وتدر عيون الجديرات وقديس بمنطقة القسيمة بشمال شرق سيناء مياهها من خزان صخور الأيوسين الجيرية المتشققة التى يحدها من أسفل صخور مكون إسنا الطفلى عديم النفاذية وتتغذى بمياه الأمطار عند مكاشفه السطحية شرقاً. وقد قدر التصرف اليومى لعيون الجديرات وقديس من المياه بحوالى ١٥٠٠ متر مكعب و٤٨٠ متراً مكعباً بملوحة ١٤٤٠ جزءاً فى المليون و١٢٠٠ جزء فى المليون على التوالى، فى حين يقدر تصرف عين حمام فرعون التى تندفع مياهها من صخور الأيوسين على ساحل خليج السويس جنوب رأس سدر بحوالى ٢٠٠٠ متر مكعب /يوم بدرجة حرارة ٧٠ °م وملوحة ١١٠٠٠ جزء فى المليون، والتى يمكن استغلالها فى أغراض السياحة العلاجية.

وجدير بالذكر أنه لم يتم إجراء الدراسات التفصيلية لتقييم مصادر المياه بمكون صخور الأيوسين الجيرية بمناطق مكاشفها السطحية بشبه جزيرة سيناء

خاصة المنطقة الممتدة ما بين الحسنة والقسيمة شمالاً والمنطقة الواقعة شمال نخل والتمد جنوباً حيث تتميز بوجودها فوق مكون إسنا الطفلي والمحتمل أن يكون لها قدره تخزينية عاليه لما يتسرب إليها من مياه الأمطار.

الخزان الجوفي بصخور الكريتاوى العلوى

ويغطى مساحات شاسعة فى سيناء حيث يمتد من حدوده الجنوبية الواقعة شمال السفوح الجنوبية لهضبتى التيه والعجمة ويمتد شمالاً حتى الفالق الرئيسى شمال جبال المغارة –ريسان عنيزة–الحلال، والذى يشكل الحد الشمالى للخزان، فى حين يمتد شرقاً حتى أخدود العقبة–البحر الميت، وغربا حيث يواجه الكتلة الهابطة لصخور العصر الثلاثى والحديث ضعيفة النفاذية. ويتكون الخزان الجوفى لصخور الكريتاوى العلوى من الحجر الجيرى الطباشيرى والصخور الطفلية فى الجزء العلوى منها ومن الحجر الجيرى والدولوميت والحجر الجيرى الدولوميتى والمارل فى الجزء السفلى من الخزان بسمك يتراوح من ٤٠٠ – ٧٠٠ متر فى الجزء الأوسط والشمالى من سيناء، بينما يقل تدريجيا جنوباً ليصل إلى ١٥٠ – ٢٠٠ متر عند مكاشفه السطحية على سفوح هضبتى التيه والعجمة. وتدل البيانات المستنتجة من الآبار المستغلة بصخور الكريتاوى العلوى أن عمق مستوى المياه بها يتراوح ما بين ٨٥ مترا عند بئر شعيرة بجنوب شرق سيناء و ١٨٠ مترا عند بئر الحسنة، و٤٠–٩٠ مترا بوادى العمرو/المقضية بشمال سيناء. وتوضح خريطة الضغوط البيزومترية للخزان أن الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية هى من الجنوب الشرقى إلى الشمال الغربى وأن هناك خط تقسيم للمياه بالقرب من خط الحدود الشرقية مع اتجاه حركة المياه بالخزان إلى منطقة صرفه الطبيعى بمنطقة البحر الميت شرقاً حيث يبلغ مستوى المياه الجوفية ٢٥٠ مترا تحت سطح البحر (ديمزومور ١٩٨٥). وأسفرت نتائج اختبارات الضخ أن معامل السريان للصخور الجيرية لعصر الكريتاوى العلوى يتراوح ما بين ٠,٩٤ متراً مربعاً /يوم بمنطقة شعيرة بجنوب

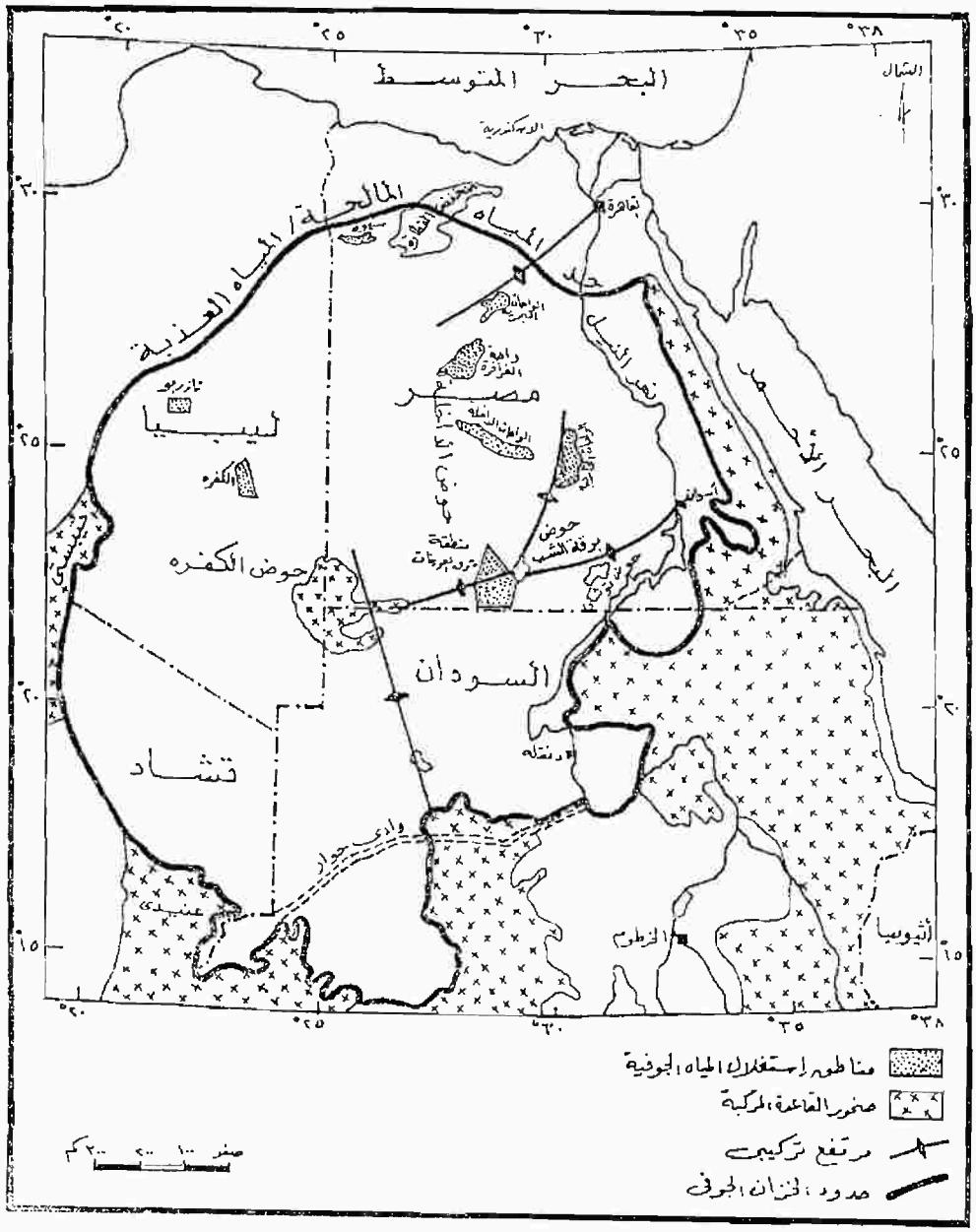
سيناء، و٦ أمتار مربعة /يوم بوادى غرندل بجنوب غرب سيناء، بينما بلغت أقصى قيمة له بآبار منطقتى الحسنة ووادى البروك بوسط سيناء ١٠٢ و ٦٦٠ متراً مربعاً / يوم على التوالى.

وتشكل الصخور الجيرية للعصر الكريتاوى العلوى خزانا مقيدا فى معظم مناطق وسط وشمال شرق سيناء بينما يسلك سلوك الخزانات ذات المستوى المائى الحر فى باقى المناطق بسيناء. وتعتمد تغذية الخزان الجوفى بمكون الكريتاوى العلوى على ما يتسرب إليه مباشرة من مياه الأمطار أو من الجريان السطحى بالوديان المخترقة لمكاشفه السطحية. وقد قدر معدل التغذيه للخزان بحوالى ١٩٠٠٠٠ متر مكعب / يوم (ديمز ومور ، ١٩٨٥م). وتتراوح ملوحة المياه الجوفية بمكون الكريتاوى العلوى مابين ١١٠٠-١٥٠٠ جزء فى المليون بجنوب سيناء، و٥٦٢٨ جزءاً فى المليون بوسط سيناء وتزداد إلى ١٠٨٧٠ جزءاً فى المليون بمنطقة المقضبة بشمال سيناء. وقد أدى عدم توفير قاعدة للبيانات الأساسية لهيدروجيولوجية الخزانات الجوفية بالصخور الجيرية المتشققة إلى صعوبة تحديد الميزان المائى والمياه الجوفية المتاحة للاستغلال.

٤-٢-٥ الخزان الجوفى بمكون رمال النوبيا

منطقة الصحراء الغربية

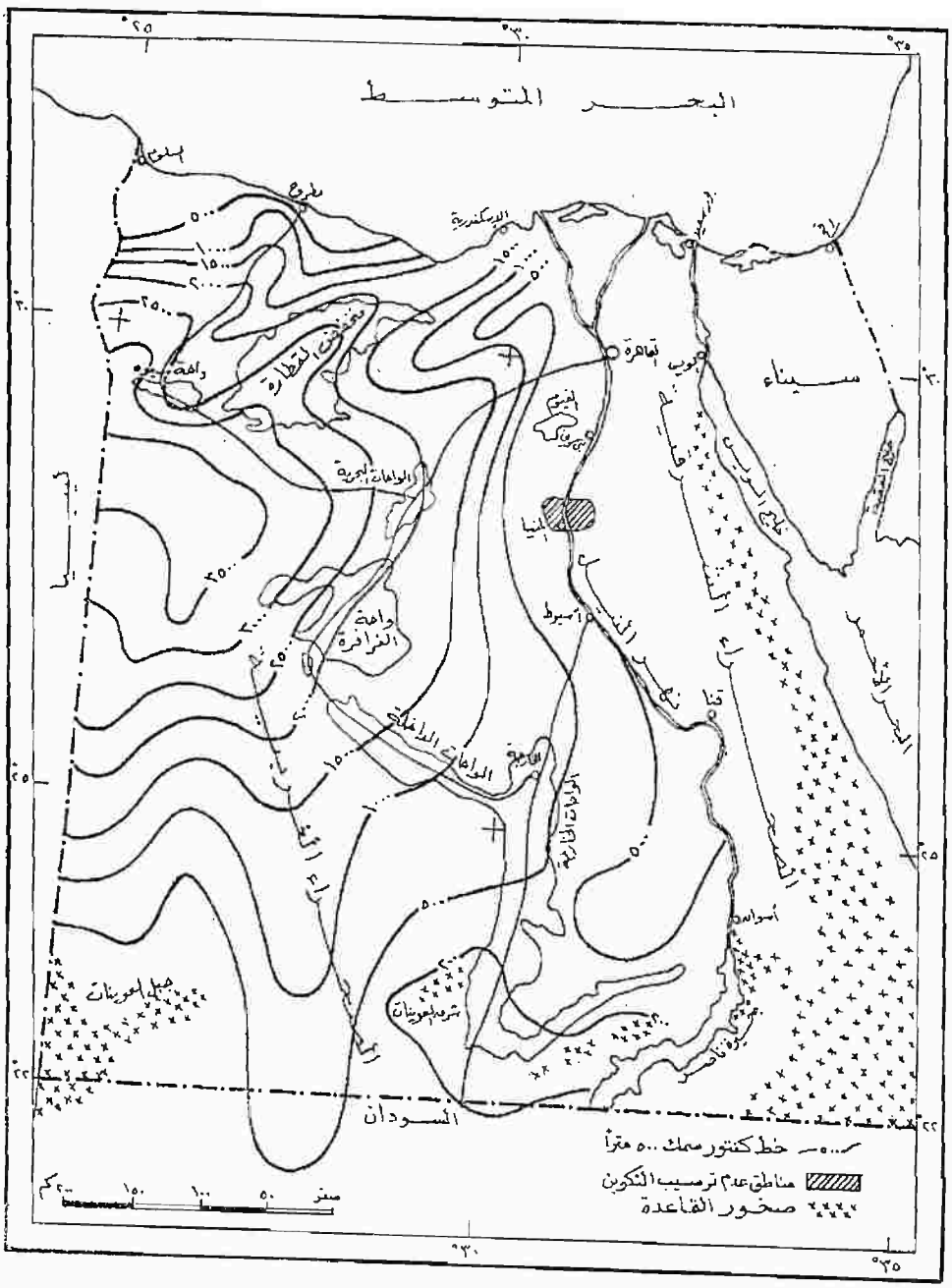
يعتبر الخزان الجوفى بمكون رمال النوبيا بالصحراء الغربية من أهم خزانات المياه الجوفية وأكبرها بمنطقة شمال شرق إفريقيا حيث يشغل كامل مساحة الصحراء الغربية ويمتد خارج حدودها جنوبا حتى مرتفعات كردفان بجمهورية السودان وغرباً حتى مرتفع تيبستى/ سرت التركيبى بالجماهيرية الليبية ومرتفعات تشاد فى الجنوب الغربى وسلسلة جبال البحر الأحمر شرقاً ليغطى مساحة ٢ مليون كيلو متر مربع. (شكل رقم(٤-٩)). ويتكون الخزان الجوفى بمكون رمال النوبيا من تتابع طبقى من الصخور الرملية والرمال الطفلية يتخللها طبقات من الطفل والطفل الصفحى والتى تظهر مكاشفها السطحية



شكل رقم (٤-٩) : حدود حوض الخزان الجوفي لمكون رمال النوبيا

بمناطق جنوب غرب الصحراء الغربية ثم تأخذ فى الاختفاء تحت غطاء سميك من الصخور الطفلية والجيرية شمال خط عرض ٢٥° شمالاً ليكتسب الخزان الجوفى خصائص الخزانات المقيدة، وحيث تتدفق المياه ذاتيا بتأثير ضغطها البيزومترى. وقد أدى تعرض منطقة الصحراء الغربية للحركات الأرضية خلال العصور الجيولوجية المتعاقبة إلى انقسام حوض رمال النوبيا إلى عدة أحواض فرعية للمياه الجوفية، مثل حوض الداخلة فى مصر وحوض الكفرة فى ليبيا، ذات اتصال هيدروليكى فيما بينها، بينما يشكل حوض برقة الشب وحوض توشكى فى جنوب شرق الصحراء الغربية وحوض الصحراء الشرقية أحواضا فرعية شبه منفصلة عن باقى الصحراء الغربية.

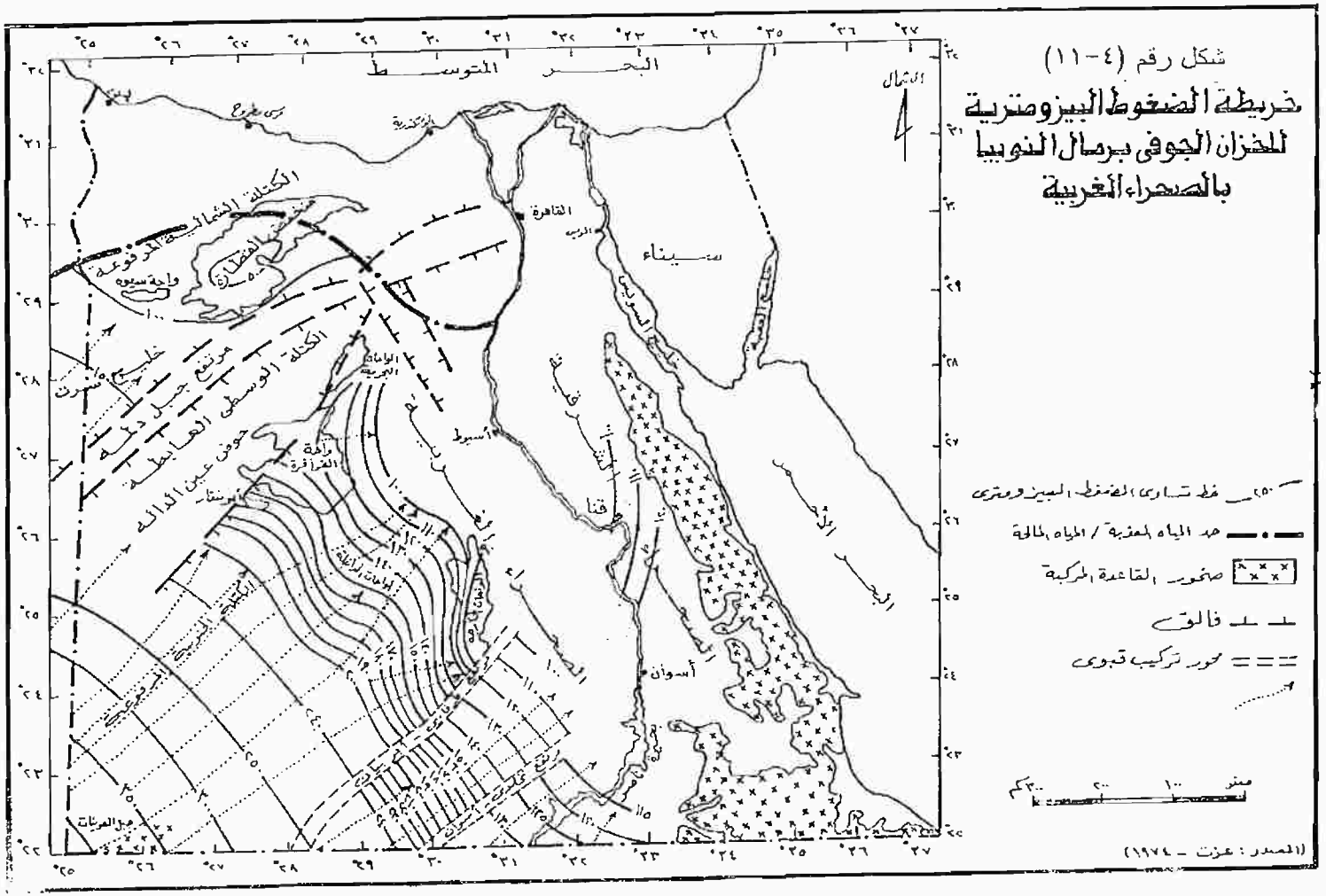
ويتراوح سمك مكون رمال النوبيا ما بين ٢٠٠ - ٥٠٠ متر فى منطقة جنوب الوادى الجديد - شرق العوينات، ٢٠٠-٨٠٠ متر بالواحات الخارجة، ١٥٠٠ - ٢٠٠٠ متر بالواحات الداخلة ٢٥٠٠ متر بواحة الفرافرة، ٢٠٠٠ متر بالواحات البحرية، ويبلغ أقصى سمك للخزان ٣٥٠٠ متر بمنطقة حوض دسوقى الرسوبى جنوب واحة سيوة (شكل رقم(٤-١٠)). وقدرت السعة التخزينية للخزان الجوفى برمال النوبيا بحوالى ٢٤٠ × ١٠ ^١٢ متر مكعب من المياه العذبة. وتوضح خريطة الضغوط البيزومترية للخزان الجوفى بالصحراء الغربية (شكل (٤-١١)) أنها تتراوح ما بين ٢٧٠ مترا فوق سطح البحر فى الجزء الجنوبى الغربى إلى ١٠٠ متر فوق سطح البحر فى الجزء الشمالى الشرقى محددة بذلك اتجاه حركة المياه الجوفية بالخزان. وتعتبر مناطق واحات الصحراء الغربية مناطق تصريف لمياه الخزان عن طريق الآبار والعيون أو الفواقد الطبيعية، بينما يعتبر المنخفض الطبوغرافى الممتد من منخفض القطارة-واحة سيوه شرقاً حتى واحة الجغبوب (ليبيا) غربا منطقة التصريف النهائى لمياه الخزان الجوفى. وأسفرت نتائج اختبارات الضخ التى أجريت على الآبار المستغلة للخزان الجوفى أن معامل التوصيل الهيدروليكى لمكون رمال النوبيا يتراوح ما بين ١-١٠ أمتار/يوم فى حين يتراوح معامل السريان ما بين ٥٠٠-٤٥٠٠ متر مكعب /يوم.



شكل رقم (٤-١٠)- خريطة السمك الكلي لتكوين رمال النوبيا بالصحراء الغربية

شكل رقم (٤-١١)

خريطة الضغوط البيزومترية للخزان الجوفي برمال النوبيا بالصحراء الغربية



(المصدر : عزت - ١٩٧٤)

وتتميز المياه الجوفية بالخزان الجوفى لرمال النوبيا بالصحراء الغربية بعذوبتها وصلاحيتها لكافة أغراض الاستخدام، حيث تتراوح ملوحتها الكلية ما بين ٢٠٠-٥٠٠ جزء فى المليون فيما عدا الجزء الشمالى من الصحراء الغربية الواقع شمال خط عرض ٢٩° شمالاً والذى يكون فيه الجزء السفلى من الخزان مشبعاً بمياه ضاربة للملوحة إلى مالحة يتزايد سمكها شمالاً حتى الحد الفاصل بين المياه العذبة والمياه المالحة بالخزان شمال واحة سيوة - منخفض القطارة، حيث يصبح كامل سمك الخزان مشبعا بمياه مالحة إلى شديدة الملوحة (١٠٠٠٠ إلى ١٢٠٠٠٠ جزء فى المليون).

وتكتسب مياه الخزان الجوفى لرمال النوبيا الخاصية التآكلية لقيسونات ومصافى الآبار وأجزاء المضخات المصنوعة من الصلب الكربونى نظراً لاحتوائها على نسب مرتفعة من غازات ثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والأكسجين مما يستوجب استخدام مهمات الآبار من مواد مقاومة للتآكل لإطالة العمر الافتراضى لها. ذلك بالإضافة إلى احتوائها على نسبة من الحديد الذائب تتراوح ما بين ١-٥ أجزء فى المليون وتزداد بمنطقة أبو منقار-الفرافرة لتصل إلى ١٠-٢٠ جزءاً فى المليون، مما يستوجب معالجتها فى حالة استخدامها لأغراض الشرب.

والمياه الجوفية الموجودة بالخزان النوبى مياه تكونت قديما فى فترات العصور المطيرة المتعاقبه والتى كانت آخرها منذ ٨-١٠ آلاف سنة والتغذية الحالية لا تكفى وحدها لحفظ حالة شبه الاتزان القائمة وكميات المياه الجوفية المنصرفة من الخزان، ويساند هذا الرأى ما توصل إليه المهتمون باستخدام النظائر المشعة فى تحديد عمر المياه الجوفية والتى أوضحت أنه يتراوح ما بين ٢٠٠٠٠ إلى ٣٠٠٠٠ سنة، بالإضافة إلى وجود ميل هيدروليكى للمياه الجوفية من الجنوب الغربى بمناطق المكاشف السطحية للخزان الجوفى (مناطق التغذية القديمة بالجلف الكبير بالصحراء الغربية وجنوب الكفره فى ليبيا والسودان) إلى

مناطق تصريفها الطبيعى بالمنخفضات الطبيعية (هاينل وبرجمـــان، ١٩٨٥م)، ونرى فى هذا الصدد أن مكـــون رمـــال النوبيـــا ذو نفاذيـــة ضئيلـــة (١-١٠ أمتار/يوم) وبالتالى فإن سريان المياه فيه يكون بسرعة بطيئة (٢٠-٢٥ متراً فى السنة) وعليه فإن معدلات السحب المتوقعة من الخزان الجوفى لإقامـــة أنشـــطة تنمية مقبوله ستتعدى بالضرورة معدلات التغذية المحلية للخزان بمناطق التنميـــة وإن الجزء الأكبر من كميات المياه التى سيتم استغلالها لهذه الأغراض ســـتكون من المخزون الجوفى وفى حدود اقتصاديات رفع المياه من الآبار والإبقاء علـــى احتياطى من مصادر المياه الجوفية غير المتجددة للأجيال القادمة. قدر (عـــزت، ١٩٧٤م) معدل الدفق تحت السطحى عبر الحدود السودانية والليبيـــة بحوالـــى ١,٢٣ مليار متر مكعب /سنة.

منطقة الصحراء الشرقية

يعتبر مكون رمال النوبيا الممتد من سلسلة جبال البحر الأحمر شرقاً حتـــى وادى النيل غرباً من أهـــم المكونات الجيولوجيـــة الحاملـــة للميـــاه الجوفيـــة بالصحراء الشرقية ويشكل حزاما متصلا لمكاشفه السطحية من حدوده الشـــمالية حتى خط عرض ٢٢° شمالاً فى الجنوب بمحاذاة مرتفعات البحر الأحمر والـــذى يتواجد مترسباً فوق صخور القاعدة، بينما ينحدر غرباً تحت غطاء رسوبى مـــن الصخور الطفلية والجيرية التابع لعصرى البليوسين والكريتاوى العلوى. ويتكون مكون رمال النوبيا من الحجر الرملى الحديدى. وتتميز المنطقة بوجـــود عـــدة وديان ذات مجارٍ مختلفة الاتجاه منها وادى قنا من الشـــمال للجنـــوب ووديـــان اللقيطة، ونتاشى، عبادى وخريت والعلاقى من الشرق للغـــرب والتـــى تصـــب دلتياتها فى نهر النيل. ويتراوح السمك المسجل للخزان الجوفى بمكـــون رمـــل النوبيا فى وادى اللقيطة وقنا من ٣٠٠-٥٠٠ متر، ٣٠٠ - ٨٠٠ مـــتر علـــى التوالى. ويتميز الخزان بأنه من نوع الخزانات المقيدة، وتتدفق المياه من الآبـــار ذاتيا فى المناطق ذات المناسيب المنخفضة بالقرب من وادى النيـــل. وتوضـــح

أرصاد الضغوط البيزومتريه للخـــزان بواديـــى قنـــا واللقيطـــة أن المســـتوى البيزومترى للخزان يتراوح ما بين ٥٠ متراً فوق سطح البحـــر فـــى المنـــاطق القريبة من وادى النيل إلى ١٢٠ مترا فوق سطح البحر في المجـــرى العلـــوى للواديين، وأن مصدر التغذية الرئيسى للخزان هو مياه الأمطار التى تسقط علـــى سلسلة المرتفعات التى تحيط بروافد الواديين والتى تتجمع فيها لتأخذ مسارها إلى الخزان الجوفى بالتسرب. وتوضح التقديرات المبدئية لمعدلات التغذية الســـنوية للخزان الجوفى لرمال النوبيا من مياه السيول التى تنتشـــر بوديـــان الصحـــراء الشرقية أنها تبلغ حوالى ٣٠٠ مليون متر مكعب (بيرارت، ١٩٨٠م). وتـــتراوح ملوحة المياه الجوفية ما بين ١٨٠٠ جزء فى المليون بالمجرى العلوى للواديـــن إلى ٢٥٠٠ جزء فى المليون فى دلتيهما مع احتواء المياه على نســـبة مرتفعـــة نسبياً من الحديد وغاز كبريتيد الهيدروجين.

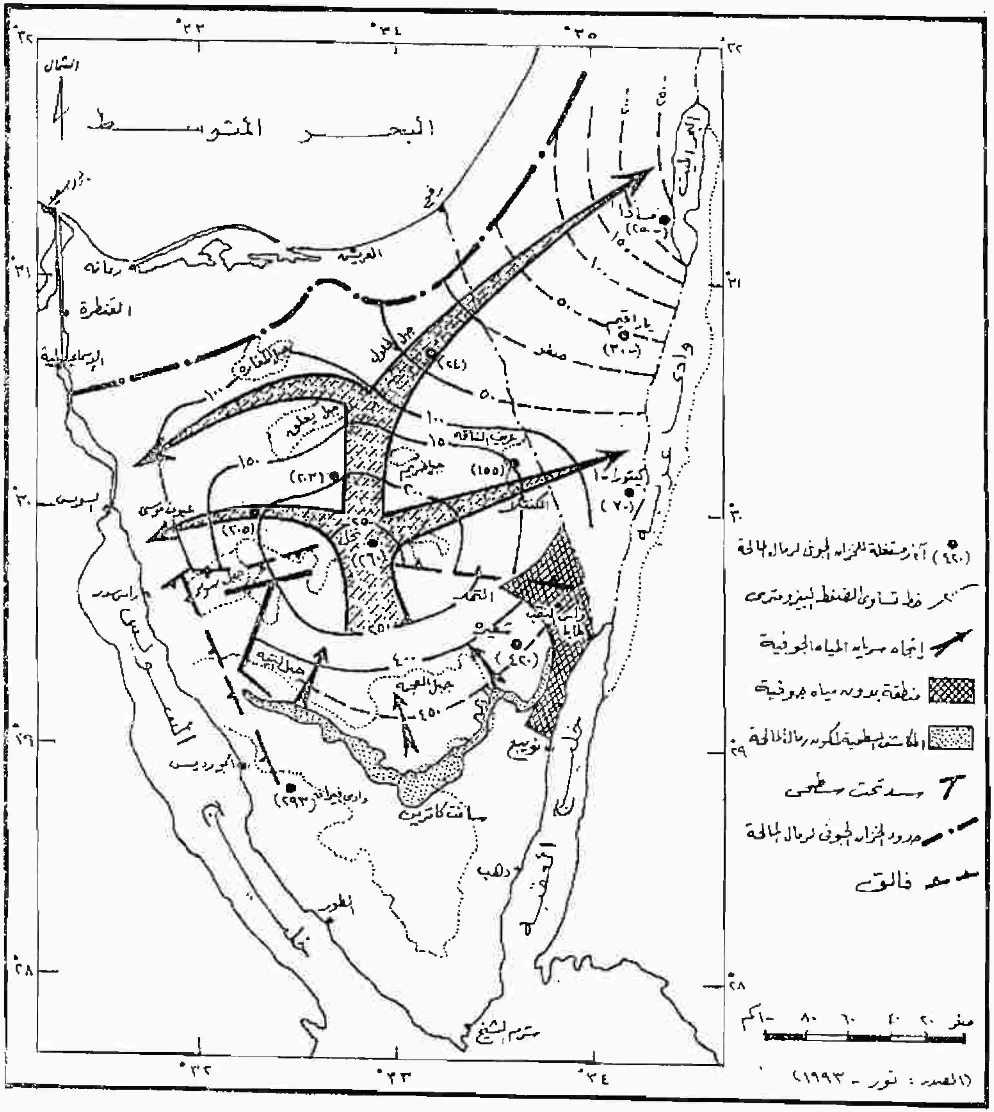
منطقة سيناء

دلت الدراسات الإقليمية للخزان الجوفى بمكون المالحـــة الرملـــى التـــابع للعصر الكريتاوى السفلى بشبه جزيرة سيناء والمقابل لمكـــون رمـــال النوبيـــا بالصحراء الغربية والشرقية بأنه يتواجد تحت شبه الجزيرة ممتدا مـــن منـــاطق مكاشفه السطحية بهضبتى التيه والعجمه بجنوب سيناء وشمالاً حيث يختفى تحت الغطاء الرسوبى من مركب الصخور الجيرية والطفليـــة للعصـــر الكريتـــاوى العلوى والثلاثى، فى حين تتغير سحنة المكون من السحنة الرملية إلى الســـحنة الجيرية / الطفلية شمال منطقة الطيات التركيبية بجبال يعلق-المغارة-الحـــلال بشمال سيناء حيث يعرف بمكون ريسان عنيزه. ويتواجد مكون المالحـــة علـــى عمق ٥٠٠-٨٠٠ متر من سطح الأرض وبسمك ١٥٠ مترا فى جنوب ســـيناء ويزداد إلى ٤٠٠ متر شمالاً عند جبل الحلال.

وأسفرت نتائج تجارب الضخ على الآبارالمستغلة لمكون المالحة أن عمـــق سطح المياه يتراوح ما بين ١٥٠ -٣٥٠ متراً من سطح الأرض وأن معـــامل

السريان يتراوح ما بين ٣٠٠ -١٠٠٠ متر مربع / يوم باستثناء مناطق المنشرح ووادى البروك بوسط سيناء حيث معامل السريان بالمكون لا يتجاوز ٥٥ متراً مربعاً/يوم، ١٥متراً مربعاً /يوم على التوالى. وأوضحت قياسات مناسيب المياه الجوفية بمكون المالحة الرملى أنها تتراوح ما بين ٢٥٠ متراً فوق سطح البحر فى جنوب سيناء تنحدر تدريجياً لتصل إلى أقل من٥٠ متراً فوق سطح البحر فى الشمال. وتوضح خرائط الضغوط البيزومترية للخزان اتجاهاً عاماً لحركة المياه الجوفية بالخزان من الجنوب إلى الشمال إلا أن نظم الفوالق ذات الاتجاه شرق-غرب (فالق رقبة النعام وفالق طلعة البدن/عريف الناقة) قد أحدثت اتجاها ثانويا فى حركة المياه الجوفية حيث تتجه فى منطقتى وسط وشمال سيناء إلى مناطق تصريفها الطبيعى بخليج السويس (عيون موسى) غرباً وإلى منطقة أخدود العقبة-البحر الميت شرقاً (شكل (٤-١٢)).

وأسفرت التقديرات المبدئية عن أن السعة التخزينية لخزان مكون المالحة تبلغ ٢٦٠ مليار متر مكعب وأن محتوى الخزان من المياه الجوفية يعتبر من نوع المياه الأحفورية القديمة التى تسربت لصخور الخزان خلال فترات العصور المطيرة، إلا أنه من المعتقد حدوث تغذية حالية للخزان من مياه الأمطار بمناطق مكاشفه السطحية بجنوب سيناء تقدر بحوالى ٥,٣ مليون متر مكعب /سنة، منها ٤,٦ مليون متر مكعب سنوياً تتجه نحو مناطق الصرف الطبيعى بجنوب غرب سيناء، ٠,٧ مليون متر مكعب سنوياً تتجه شرقاً نحو منطقة الصرف الطبيعى للخزان بأخدود العقبة-البحر الميت (البحيرى، ١٩٩٨)، وتتراوح ملوحة مياه الخزان الجوفى بمكون المالحة ما بين ٥٠٠-١٥٠٠ جزء فى المليون بمناطق جنوب سيناء وتزداد فى اتجاه الشمال لتتراوح ما بين ١٥٠٠-٢٠٠٠ جزء فى المليون بمناطق وسط سيناء (صدر الحيطان-نخل-البروك- الحسنة-القسيمة) وإلى ٢٠٠٠-٥٠٠٠ جزء فى المليون فى منطقة عيون موسى-الجيفجافة ثم ٥٠٠٠-١٠٠٠٠ جزء فى المليون بشمال سيناء. وتدل نتائج الاختبارات التى أجريت على المياه الجوفية بمكون المالحة بواديى فيران



شكل رقم (٤-١٢) **خريطة الضغوط البيزومترية للخزان الجوفي بمكون رمال المالحة بسيناء**

وغرندل بجنوب غرب سيناء عن تميزها بضحالة عمق المكـــون (١٥٠-٤٠٠ متر من سطح الأرض) وعمق مستوى المياه (٤٠-٨٠ متراً من سطح الأرض) ومعدل الإنتاج (٥٠-١٠٠متر مكعب/ ساعة) والملوحة الكلية (٧٠٠-٨٠٠ جزء فى المليون) وهو ما يعتقد معه بالمقارنة بالخصائص الهيدروجيولوجية لمكـــون المالحة بمناطق جنوب ووسط سيناء عن وجوده فى أحواض منفصلة عن أماكن تواجده بباقى مناطق سيناء (نور وآخرون، ١٩٩٣م). وقد تـــم تحديـــد منـــاطق الأولوية لتنمية واستغلال المياه الجوفية بخزان مكون المالحة الجوفـــى، طبقـــا لأعماق المكون وسطح المياه وإنتاجية الآبار من المياه وملوحتها الكلية كما هـــو موضح بالجدول رقم (٤-١).

٤-٢-٦ الخزان الجوفى بصخور القاعدة

مناطق الصحراء الشرقية

وتتواجد صخور القاعدة المتشققة فى سلسلة جبال البحر الأحمر وتتكون من مركب صخور الشست والنيس والجرانيت والتى تشكل فى مجملـــها صخـــوراً متبلورة غير مسامية، ويعتمد انتقال المياه خلالها عن طريق المسامية والنفاذيـــة الثانوية (التشققات والفجوات)، وتتم تغذية صخور القاعدة محلياً بمياه الأمطار أو بمناطق امتدادها داخل السودان، بينما يتم تصريف المياه منها نحو البحر الأحمر أو الخزانات الجوفية برسوبيات الوديان المتصلة بها. وتستغل مياه هذا الخـــزان فى عدد قليل من الآبار المحفورة يدوياً والتى تنتج كميات محدودة من الميـــاه. وتعتمد إنتاجية الآبار المستغلة لهذا النوع من الصخور على ما فيها من تشـــققات فى حين تنتج الآبار العميقة نسبياً فى صخور القاعدة (كآبار البرامية ودنجـــاش)

كميات جيدة من المياه. وفى الجزء الجنوبى فى الصحراء الشرقية والمتاخم لبحيرة ناصر يوجد اتصال مباشر بين صخور القاعدة ومياه البحيرة، إلا أنه لم تقيم إمكانياتها من المياه والمتوقع أن تكون محدودة (معهد بحوث المياه الجوفية / ايواكو١٩٩٧).

منطقة جنوب سيناء

تختزن المياه الجوفية بتسرب مياه الأمطار الساقطة محلياً على صخور القاعدة المركبة من خلال الشقوق العديدة، وتتأثر حركة المياه وتجمعها بالسدود البازلتية القاطعة والفوالق الموجودة داخل صخور القاعدة. ويتم تصريف المياه الجوفية من صخور القاعدة على هيئة عيون أو ينابيع طبيعية (عين زيتونة بسانت كاترين) أو بالتسرب إلى ما يعلوها من الرسوبيات الوديانية (منطقة عين قرطاجة بوادى واتير).

ونظراً لعدم ذوبان الصخور النارية أو المتحولة وتغذيتها الحديثة بالمياه، فإن نوعية محتواها من المياه تتميز عادة بعذوبتها رغم محدودية كمياتها والتى لا تكفى إلا لأغراض الاستخدام الآدمى المحلى. وتعتبر مناطق وادى فيران ووادى واتير وأم بجمة من المناطق التى تنتشر فيها العيون الطبيعية والآبار السطحية التى تدر مياهها من صخور القاعدة المتشققة. وقد تم مؤخراً تنمية عين قرطاجة بالمجرى السفلى لوادى وتير بالقرب من مدينة نويبع لتعظيم إنتاجيتها من المياه وذلك بحفر أربع آبار سطحية لعمق ٧ أمتار حيث أمكن زيادة إنتاجية العين من ٤٠٠ إلى ٢٠٠٠ متر مكعب / يوم بملوحة ٩٠٠ جزء فى المليون، والتى من المقرر استغلالها فى أغراض الشرب بمناطق الأنشطة السياحية بمدينة نويبع وماحولها.

جدول رقم (٤-١) مناطق الأولوية لتنمية واستغلال الخزان الجوفى بمكون رمال المالحة بسيناء

مرتبة الأولوية	مناطق الأولوية	خصائص الخزان الجوفى			
		عمق الخزان (متر من سطح الأرض)	عمق سطح المياه (متر من سطح الأرض)	إنتاجية البئر (متر مكعب / ساعة)	الملوحة الكليه (جزء فى المليون)
(أ)	(أ-١) • غرب سيناء المجرى السفلى بواديى فيران وغرندل	١٩٠-٣٥٠	٣٧-٧٨	٥٠-٨٠	٨٠٠-١٥٠٠
	• وسط وجنوب سيناء المنشرح، نخل، البروك وادى واتير	٥٠٠-٨٠٠	١٠٠-٢٠٠	٣٠-٦٠	٨٠٠-٢٠٠٠
	(أ-٢) القسيمه، عريف الناقة، الكنتلا، التمد، صدر الحيطان	٥٠٠-٧٠٠	٢٠٠-٣٠٠	٢٠-٤٠	١٥٠٠-٣٠٠٠
(ب)	(ب-١) هضبة التيه، جنوب طريق صدر الحيطان - نخل - التمد، شعيره	٥٠٠-٩٠٠	٣٠٠-٤٠٠	٥٠-٧٥	≥ ١٥٠٠
	(ب-٢) عيون موسى، جيفجافه، الحسنه، طلعة البدن، الحلال، أم شيحان، وادى العمرو - الخريم	٨٠٠-١٠٠٠	١٥٠-٢٥٠	٣٠-٦٠	٣٠٠٠-٥٠٠٠

٤-٣ إمكانات المياه الجوفية المتاحة

يتضح من الأوضاع الهيدروجيولوجية للخزانات الجوفية فى مصر والتى تم عرضها فيما تقدم، أنه يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع رئيسية من حيث طبيعة مصادرها من المياه وتجددها من عدمه على النحو التالى:

- الخزانات الجوفية الساحلية وتحتوى على مصادر مائية متجددة.
- الخزانات الجوفية بوادى النيل ودلتاه وتحتوى على مياه جوفية مصدرها نهر النيل ولكنها متجددة.
- الخزانات الجوفية الصحراوية وتحتوى على مصادر مائية غير متجددة.

وتتوقف الأسس التى يتم بمقتضاها تقييم الإمكانيات المائية للخزانات الجوفية بنوعياتها المختلفة على النواحى التالية:-

- فى حالة الخزانات الجوفية المتجددة يعتمد معدل السحب الآمن منها على معدل تغذيتها بالمياه وعدم تأثير السحب على نوعية المياه واقتصاديات استخدامها، كما هو الحال فى خزان حوض نهر النيل والخزانات الجوفية الساحلية
- فى حالة الخزانات الجوفية غير المتجددة يعتمد تحديد إمكانياتها المتاحة من المياه الجوفية للاستغلال على معدل السحب منها الذى يكفل استمراريتها كمصدر لأطول فترة ممكنة، واقتصاديات استخدامها مع الإبقاء على احتياطى من المياه الجوفية للأجيال القادمة.

٤-٣-١ الخزان الجوفى بوادى النيل والدلتا

الخزان الجوفى بوادى النيل

انتهت الدراسات الهيدروجيولوجية ودراسة تقييم الخزان الجوفى بوادى النيل إلى النتائج الآتية: (معهد بحوث المياه الجوفية، ١٩٩٦م).

- معدل التغذية السنوية للخزان الجوفى : ٥,٣ مليار متر مكعب
- الفاقد السنوى من الخزان لنهر النيل أو بالبخر : ٢,١ مليار متر مكعب
- معدل السحب الآمن من الخزان = صافى معدل التغذيـــة الســنوية = ٣.٢ مليار متر مكعب

ويوضح الجدول رقم (٤-٢) إمكانيات المياه الجوفية المتاحة ســنوياً مــن الخزان الجوفى وحوافه الصحراوية بمحافظات الوجه القبلــى بحوالــى ٣.١٧٢ مليار متر مكعب، وكميات المياه الجوفية المستغلة من الخــزان فــى أغــراض الشرب والرى والتى يقدر إجمالها بنحو ٢,٤٢٢ مليار متر مكعب سنوياً، لذا فإن كميات المياه المتاحة للاستغلال فى المشروعات المســتقبلية هــى فــى حــدود ٠,٧٥٠مليار متر مكعب سنوياً.

الخزان الجوفى بالدلتا

أوضحت الدراسات السابقة الخاصة بالميزان المائى للخزان الجوفى بالدلتــا عن الآتى:

- معدل التغذية السنوية للخزان بالتسرب من فائض مياه الرى ومن شــبكات الرى يقدر بحوالى ٦,٤٥مليار متر مكعب.
- معدل السحب الآمن من الخزان الجوفى سنوياً يقدر بحوالى ٤,٣ مليار مــتر مكعب.

ويوضح جدول رقم (٤-٣) الإمكانيات المتاحة من المياه الجوفية بمنــاطق وسط وشرق وغرب الدلتا وحوافها الصحراوية ومعدلات السحب الحالى بــهذه المناطق والمتاح منها لمشروعات التوسع المستقبلى.

جدول رقم (٤-٢) إمكانيات المياه الجوفية المتاحة فى خزان وادى النيل ومعدلات السحب الحالى والمستقبلى (مليون متر مكعب /سنة).

المحافظة	الإمكانيات المتاحة من المياه الجوفية			معدل السحب من الخزان الجوفى ١٩٩٦م			المتاح للتوسع المستقبلى
	السهل الفيضى	الحواف الصحراوية	الإجمالى	أغراض الشرب	أغراض الرى	الإجمالى	
أسوان	٣٨,٤١	٢٠٧,٤٨	٢٤٥,٨٩	٧,٢٩	٦٨,٢٧	٧٥,٥٦	١٧٠,٣٣
قنا	٢٣١,٣٧	٤٤٠,٣٧	٦٧١,٧٤	٣٨,٧١	٤١٤,٩٣	٤٥٣,٦٤	٢١٨,١٠
سوهاج	٢٣٩,٦٠	٣٦,٣٣	٢٧٥,٩٣	٤٩,٣٢	١٣٣,٧٦	١٨٣,٠٨	٩٢,٨٥
أسيوط	٦٠٤,١٢	٢٣٢,٩٨	٨٣٧,١٠	٣٨,٥٩	٧٥٢,٣٧	٧٩٠,٩٦	٤٦,١٤
المنيا	٤٦٨,٨٥	١١٨,٢٨	٥٨٧,١٣	٤٩,٩٠	٥٠٤,٢٤	٥٥٤,١٤	٣٢,٩٩
بنى سويف	٧٥,٩٩	٢٣٤,٤٣	٣١٠,٤٢	٢٢,٤٤	٢٤٣,٧١	٢٦٦,١٥	٤٤,٢٧
الجيزة	١٨٢,١٢	٦٢,٦٢	٢٤٤,٧٤	٣٥,٤٧	٦٣,٣٣	٩٨,٨٠	١٤٥,٩٤
الإجمالى	**١٨٤٠,٤٦**	**١٣٣٢,٤٩**	**٣١٧٢,٩٥**	**٢٤١,٧٢**	**٢١٨٠,٦١**	**٢٤٢٢,٣٣**	**٧٥٠,٦٢**

المصدر: معهد بحوث المياه الجوفية /إيواكو، ١٩٩٨م.

ويتبين من البيانات الموضحة بالجدول أن إجمالى المستغل سنوياً من المياه الجوفية بخزان الدلتا وحوافه الصحراوية فى أغراض الشرب والرى هو ٧٧٢ مليون متر مكعب، و ٢٣٦٠ مليون متر مكعب على التوالى، وأنه بينما تعدى السحب الحالى بمنطقة شرق الدلتا وحوافها الصحراوية معدل السحب الآمن بها فإن معدلات السحب الحالى من الخزان الجوفى بمنطقتى وسط وغرب الدلتا وحوافه الصحراوية تشير إلى إمكانية التوسع فى استغلال الخزان بمعدل ١٣٢٢ مليون متر مكعب سنويا بمنطقة وسط الدلتا و ٣٠٦ مليون متر مكعب سنويا بمنطقة غرب الدلتا وحوافها الصحراوية.

مما تقدم يتضح أن إجمالى الإمكانيات المتاحة من الخزان الجوفى بحوض نهر النيل تبلغ حوالى ٧,٥ مليار متر مكعب سنويا، فى حين أن إجمالى السحب بمناطق وادى النيل والدلتا وحوافها الصحراوية فى أغراض الشرب والصناعة والرى تبلغ حوالى ٥,٥ مليار متر مكعب سنويا، وبذلك يصبح إجمالى المتاح سنويا من المياه الجوفية فى الخزان للاستخدام فى المشروعات المستقبلية نحو ٢,٠ مليار متر مكعب.

جدول رقم (٤-٣) إمكانيات المياه الجوفية المتاحة من خزان الدلتا الجوفى ومعدلات السحب الحالى والمستقبلى (مليون متر مكعب / سنة)

الإقليم	الإمكانيات المتاحة من المياه الجوفية	المحافظة	معدل السحب الحالى ١٩٩٧م			المتاح للاستغلال المستقبلى
			شرب	رى	إجمالى	
شرق الدلتا وحوافه الصحراوية	٧٠٨	السهل الفيضى				–
		القليوبية	٥٦,٢٠	٢١٨,٠٠	٢٧٤,٢٠	
		الشرقية	٦٩,٤٠	١٩٦,٨٠	٢٦٦,٢٠	
		الإسماعيلية	ـــــ	٤٩,٢٠	٤٩,٢٠	
		الدقهلية	٢٦,٢٨	٧٨,٨٨	١٠٥,١٦	
		الحواف الشرقية الصحراوية	٧,٢٠	٤٥٤,٠٠	٤٦١,٢٠	
		الإجمالى	**١٥٩,٠٨**	**٩٩٦,٨٨**	١١٥٥,٩٦	
وسط الدلتا	٢٤١٠	السهل الفيضى				١٣٢٢
		المنوفية	١٢٤,٧٠	٢٩٣,٠٠	٤١٧,٧	
		الغربية	١٠٠,٢٧	١٣٥,٠٠	٢٣٥,١٢	
		كفر الشيخ	–	٠,٤٤	٠,٤٤	
		القاهرة الكبرى	٣٢٩,٢٠	٠,٧٠	٣٢٩,٩٠	
		الدقهلية	٢٦,٣٠	٧٨,٩٠	١٠٥,٢	
		الإجمالى	**٥٨٠,٤٧**	**٥٠٨,٠٤**	١٠٨٨,٥١	
غرب الدلتا وحوافه الصحراوية	١١٩٣	السهل الفيضى				٣٠٦
		الإسكندرية	–	٠,٧	٠,٧	
		البحيرة	٣٢,١	١٣٧,١	١٦٩,٢	
		الحواف الغربية الصحراوية	–	٧١٦,٩٦	٧١٦,٩٦	
		الإجمالى	**٣٢,١**	**٨٥٤,٧٦**	٨٨٦,٨٦	
الإجمالى العام	٤٣١١		**٧٧١,٦٥**	**٢٣٥٩,٦٨**	٣١٣١,٣٣	٥٥١٦٢٨

المصدر : معهد بحوث المياه الجوفية / إيواكو، ١٩٩٨م.

٤-٣-٢ الخزانات الجوفية الساحلية

منطقة الساحل الشمالى الغربى

تم إجراء الدراسات التفصيلية لمصادر المياه الجوفية ببعض مناطق الساحل الشمالى الغربى وهى مناطق الضبعة، فوكة، باجوش والقصر والتى أسفرت عن النتائج التالية (عزت وآخرون، ١٩٧٨م):

منطقة الضبعة

قدرت التغذية السنوية للخزان الجوفى بتسرب مياه الأمطار بمعدل ١٩,٧١ مليون متر مكعب، وأن ماهو متاح منها للاستغلال يبلغ ٩,٨ مليون متر مكعب /سنة. ويقدر استغلال المياه الجوفية بمنطقة العلمين-الضبعة من الكثبان الرملية الساحلية والحجر الجيرى البطروخى (مكون إسكندرية) والصخور الجيرية المتماسكة بمعدل سنوى يبلغ ١٢٠٠٠متر مكعب.

منطقة حوض فوكة

قدر معدل التغذية السنوية للخزان الجوفى بمكون الحجر الجيرى الميوسينى بحوض فوكة المتميز بوجود مياه جوفية معلقة بحوالى ٥,١ مليون متر مكعب، والتى يمكن استغلالها بأمان بمعدل ٢,٦ مليون متر مكعب سنويا دون استنزاف الخزان أو تدهور نوعية محتواه من المياه الجوفية. ويبلغ معدل السحب من الخزان الجوفى بحوض فوكة حوالى ٧٠٠٠٠متر مكعب/ سنة يتم استغلالها فى أغراض الرى من ست آبار إنتاجية متوسطة العمق وخمس وعشرين بئرا ضحلة مجهزة بطلمبات تدار بمراوح هوائية.

منطقة باجوش

قدرت كميات المياه المتسربة سنويا للخزان الجوفى بمنطقة باجوش من مياه الأمطار بحوالى ٢,٦٢ مليون متر مكعب وأن المتاح منها للاستغلال الآمن

دون إحداث أية آثار بيئية سلبية على الخزان الجوفى فى حدود ١,٣ مليون متر مكعب سنويا. ويتم استغلال المياه الجوفية بمنطقة باجوش عن طريق آبار مستغلة للرواسب الغريانية الحاملة للمياه وبإجمالى ٧٥٠٠ متر مكعب سنويا.

منطقة القصر

يبلغ معدل تغذية الخزان الجوفى بالمتسرب إليه من مياه الأمطار حوالى ٢ مليون متر سنويا، ويتم استغلالها من الخزانات الجوفية بالكثبان الرملية الساحلية والرسوبيات الغريانية والصخور الجيرية المايوسينية باستخدام الخنادق الأفقية بمنطقة الجرف الساحلى والآبار المجهزه بالمراوح الهوائية وبإجمالى ٤٣٥٠٠ متر مكعب سنويا. والجدير بالذكر أن معدلات استغلال المياه الجوفية المذكورة فيما تقدم تمثل الوضع عام ١٩٧٨م، لصعوبة الحصول على أية بيانات خاصة بوضع الاستغلال الحالى بمناطق الساحل الشمالى الغربى.

مناطق شمال وجنوب سيناء الساحلية

منطقة رمانة – بئر العبد

أسفرت نتائج الدراسات الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية التى أجريت لتقييم مصادر المياه الجوفية بتجمعات الكثبان الرملية فى المنطقة الساحلية الممتدة على جانبى الطريق الساحلى رمانة / بئر العبد بشمال سيناء، عن أن صافى تغذيتها بالمياه بما يتسرب إليها من مياه الأمطار وبالدفق تحت السطحى من الجنوب يعادل ٢٠,٨ مليون متر مكعب سنويا، وأن كميات المياه الجوفية المتاحة للاستغلال بالمنطقة تبلغ ١٢,٦ مليون متر مكعب سنويا، فى حين أن معدل السحب السنوى الحالى من الآبار بمنطقة رمانه / بئر العبد (٤٠٠ بئر) حوالى ٥,١ مليون متر مكعب، وبالرغم من إمكانية التوسع على المتاح من المياه الجوفية بالمنطقة إلا أن الأمر يتطلب ضرورة تحديد معدلات السحب الآمن منها دون تدهور نوعيتها بالتصاعد الرأسى للمياه المالحة أسفل تجمعات المياه العذبة بالكثبان الرملية أو بزيادة توغل مياه البحر داخل المنطقة.

قدر معدل التغذية الطبيعية للخزان الجوفى بدلتا وادى العريش بحوالى ٨,٦ مليون متر مكعب/ سنة، بالإضافة إلى ما يتسرب إليه من مياه الاستخدام الآدمى (لعدم وجود شبكة صرف صحى والجارى تنفيذها حاليا) بحوالى ٧,٤ مليون متر مكعب /سنة، أى بإجمالى ١٦,٠٠ مليون متر مكعب /سنة. ويبلغ معدل السحب الحالى من الخزان الجوفى بدلتا وادى العريش لأغراض الرى والشرب ٢٠,٥ مليون متر مكعب سنويا وهو ما يوضح جليا زيادة معدل الاستغلال الحالى لمياه الخزان معدل التغذية السنوية وهو ما أدى إلى هبوط مستوى المياه الجوفية إلى ما دون سطح البحر فى معظم أجزاء المنطقة وزيادة ملوحتها مما يتطلب اتخاذ الضوابط التالية:

- إن شبكة الصرف الصحى لمدينة العريش والجارى تنفيذها حاليا والمقرر إعادة استخدام المياه بعد معالجتها فى رى مساحات جديدة خارج دلتا وادى العريش سيؤدى بالضرورة إلى خفض معدلات التغذية الحالية بحوالى ٧,٤ مليون متر مكعب /سنة، بالإضافة إلى اختفاء مرتفع المياه الجوفية الحالى بمنطقة مدينة العريش وضواحيها مما سيؤدى إلى زيادة توغل مياه البحر إلى داخل المنطقة وارتفاع ملوحة المياه الجوفية، لذا فإن هناك ضرورة لإعادة النظر فى استخدام مياه الصرف الصحى بعد معالجتها فى رى المساحات المزروعة بمنطقة دلتا وادى العريش للإقلال من كميات المياه الجوفية المستغلة حاليا فى أغراض الرى خاصة فى المناطق التى ظهر بها ارتفاع فى ملوحة المياه الجوفية فى الفترة الأخيرة بالإضافة إلى ما هو متوقع من استمرار التغذية بتسرب فائض مياه الرى المعالجة.
- إيقاف ضخ الآبار المخصصة لتوفير احتياجات الشرب والاستخدام الآدمى لمدينة العريش (معدل السحب الحالى من ٤٤ بئرا: ٩,٢٧ مليون متر مكعب /سنة) وإحلالها بزيادة مياه النيل المنقولة لمدينة العريش والتى تبلغ حاليا ١٠,٠٠٠ متر مكعب /يوم.

- العمل على ترشيد استخدام مياه آبار الرى باستخدام طرق الرى المتطـــور بدلا من الرى بالغمر بما يقلل من معـــدلات الســحب لــرى المســاحات المزروعة.

قدر معدل التغذية الطبيعية بتسرب مياه الأمطار للخزان الجوفـــى بمنطقـــة الشيخ زويد /رفح وبالدفق تحت السطحى من الجنوب الشرقى بحوالـــى ١٤,٦٠ مليون متر مكعب سنويا بالإضافة إلى مايتسرب للخزان مـــن ميـــاه الاســتخدام الآدمى بمدن المنطقة بمعدل ٢,٧٤ مليون متر مكعب سنويا أى بإجمالى معـــدل تغذية ١٧,٣٤ مليون متر مكعب سنويا، ويبلغ معدل الاســـتغلال الحـــالى مـــن الخزان الجوفى بالمنطقة لأغراض الرى والشرب ما يعادل ٢٣,٧٥ مليون مـــتر مكعب سنويا. مما تقدم يتضح زيادة معدلات السحب من الخزان الجوفى بمنطقـــة الشريط الساحلى العريش / رفح عن معدلات التغذية وهو ما سيؤدى بالضرورة إلى استنزاف الخزان الجوفى وتدهور نوعية محتواه من المياه الجوفية بمـــرور الوقت، ويوضح الجدول رقم (٤-٤) معدلات التغذية للخزان الجوفـــى بمنطقـــة الشريط الساحلى العريش / الشيخ زويد / رفـــح ومعـــدلات الســـحب الحـــالى لأغراض الرى والشرب بها.

جدول رقم (٤-٤) معدلات التغذية السنوية وكميات السحب من الخزان الجوفى بالشريط الساحلى العريش/ الشيخ زويد / رفح (مليون متر مكعب /سنة)

المنطقة	معدل التغذية	معـــدلات الســـحب الحاليـــة					
		آبار الرى		آبار الشرب		الإجمالى	
		العدد	السحب	العدد	السحب	العدد	السحب
العريش	١٦,٠٠	١٥١	١١,٢٣	٤٤	٩,٢٧	١٩٥	٢٠,٥٠
الشيخ زويد /رفح	١٧,٣٤	٣١٤	١٤,٥٧	٨٩	٩,١٨	٤٠٣	٢٣,٧٥
الإجمالى	**٣٣,٣٤**	**٤٦٥**	**٢٥,٨٠**	**١٣٣**	**١٨,٤٥**	**٥٩٨**	**٤٤,٢٥**

المصدر: معهد تنمية الموارد المائية، ١٩٩٩م.

قدر ديمز ومور (١٩٨٥) معدل التغذية السنوية للخزان الجوفى بمنطقة سهل القاع الواقعة إلى الشمال من مدينة الطور من مياه الجريان السطحى لوديان الشرقية التى تصب فى السهل بحوالى ٢٥ مليون متر مكعب، وأن المتاح منها للاستغلال وفى حدود ١٣ مليون متر مكعب سنويا، منها ٣,٦٥ مليون متر مكعب/سنة يمكن استغلالها بمنطقة شرق مدينة الطور حيث حقل مياه آبار الشرب والتى تتميز بعذوبة مياه الخزان (الملوحة الكلية : ٥٠٠ - ١٠٠٠ جزء فى المليون) وعدم حدوث توغل لمياه الخليج المالحة داخل الخزان.

أوضحت خرائط مستويات المياه الجوفية بالخزان الجوفى بسهل القاع أن مناطق السبخات وخليج السويس جنوب مدينة الطور هى التصريف الطبيعى لمياه الخزان بمعدل حوالى ٨ مليون متر مكعب سنويا فى الوقت الحالى، ويبلغ معدل السحب الحالى من الخزان الجوفى ٣,٢١ مليون متر مكعب سنويا، منها ٢,١٩ مليون متر مكعب /سنة لأغراض الشرب لمدينتى الطور وشرم الشيخ و١,٠٢ مليون متر مكعب/ سنة لأغراض الرى.

٤-٣-٣ الخزان الجوفى بمكون رمال المغرة

رغم الامتداد الشاسع للخزان الجوفى بمكون المغره الرملى بشمال الصحراء الغربية، إلا أنه لم يجر تقييم لإمكانيات مصادره من المياه الجوفية سوى للجزء الواقع بمنطقة وادى الفارغ الواقع على الحواف الغربية لمنطقة غرب الدلتا إلى الجنوب من وادى النطرون (حيث يتميز الخزان الجوفى بمياه جوفية منخفضة الملوحة) وبهدف تحديد إمكانيات التوسع الزراعى بوادى الفارغ على مصادر المياه الجوفية.

أسفرت نتائج النموذج الرياضى للخزان الجوفى بمنطقة غرب الدلتا والذى استخدم لتمثيل سيناريوهات سحب للمياه الجوفية بوادى الفارغ عن إمكانية استغلالها بمعدل ١٢٠ مليون متر مكعب / سنة ولفترة ٥٠ عاما لرى مساحة

٣٥٠٠٠ فدان فى أراضى الوادى (معهد بحوث المياه الجوفية، ١٩٩٢). وتقدر كميات المياه المستغلة حاليا بوادى الفارغ بحوالى ٦٧,٥ مليون متر مكعب سنويا لرى مساحة ١٥٠٠٠ فدان التى تم استصلاحها، وبذا تبلغ الكمية المتاحة للتوسع فى حدود ٥٥ مليون متر مكعب سنويا يمكن استغلالها تدريجيا فى أغراض الرى مع مداومة الرصد الدورى لمدى التغير فى مستويات المياه الجوفية وملوحتها بالوادى.

٤-٣-٤ الخزان الجوفى بالصخور الجيرية المتشققة

يشير التقرير الصادر عن أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا ومعهد بحوث المياه الجوفية، (١٩٩٧م) عن "المنظور الإقليمى للخزان الجوفى بالصخور الجيرية المتشققة فى مصر" إلى صعوبة تقييم مصادر المياه الجوفية بهذا الخزان فى الوقت الحالى وتحديد إمكانياته المتاحة للاستغلال فى أغراض التنمية بسبب عدم توفر قاعدة البيانات الهيدروجيولوجية الأساسية للخزان الجوفى واللازمة لذلك. وقد أوصى التقرير بإجراء المزيد من الدراسات التفصيلية التى تشمل المسوحات التكتومورفولوجية باستخدام صور الأقمار الصناعية والجيوفيزيقية لتحديد المناطق التى تتميز بوجود الشقوق والفواصل والكهوف فى الصخور الجيرية وحصر الآبار واختباراتها وحساب الميزان المائى للخزان وتحديد خصائصه الهيدروكيميائية.

٤-٣-٥ الخزان الجوفى لمكون رمال النوبيا

منطقة الصحراء الغربية

تم إجراء دراسات تقييم مصادر المياه الجوفية بالخزان الجوفى لرمال النوبيا غير المتجددة وتحديد إمكانياتها المتاحة للاستغلال بمناطق التنمية بالصحراء الغربية وفقا للأسس الآتية:

- الظروف الإقليمية لهيدروجيولوجية الخزان الجوفى بالصحراء الغربية والتفصيلية بالمناطق المستهدفة للتنمية (الواحات الخارجة - الداخلة - الفرافرة - البحرية - سيوه - شرق العوينات - شواطئ بحيرة ناصر).
- العمق الحدى الاقتصادى لرفع المياه والذى يحقق عائدا مقبولا من استغلالها.
- عدم تعدى عمق رفع المياه خلال فترة استغلالها عمق الرفع الحدى الاقتصادى للمياه بكل منطقة حتى لا يؤدى ذلك إلى انخفاض العائد من استخداماتها وإنحسار النشاط الاقتصادى بالمنطقة وهجرة المجتمعات التى قامت على أنشطة التنمية بها ومن ثم تصحر المنطقة مرة آخرى.
- الاستغلال التدريجى لمصادر المياه الجوفية بحيث يتم استغلال كامل كمياتها المتاحة خلال فترة ١٠-١٥ سنة للإقلال من معدل الهبوط فى مستويات المياه بالخزان وإطالة عمر تدفقها الذاتى لخفض تكلفة وحدة المياه قبل الانتقال إلى مرحلة الرفع بالطلمبات.
- عدم استنزاف الخزان الجوفى والإبقاء على احتياطى من المخزون للأجيال القادمة.

وأسفرت دراسات تقييم الخزان الجوفى لرمال النوبيا بالصحراء الغربية وتحديد إمكانيات استغلاله فى أنشطة التنمية المختلفة (شرب - زراعة - تعدين) بمناطق الواحات الخارجة والداخلة والفرافرة والبحرية عن إمكانية استغلال المياه الجوفية بهذه المناطق بمعدل ١٠٤٥ مليون متر مكعب سنويا بهذه المناطق وفى حدود الرفع الاقتصادى بكل منطقة خلال فترة ١٠٠ عام وعلى النحو الموضح بالجدول رقم (٤-٥) وشكل رقم (٤-١٣).

جدول رقم (٤-٥) إمكانيات المياه الجوفية المتاحة من خزان رمال النوبيا بالصحراء الغربية ومعدلات السحب الحالى والمستقبلى (مليون متر مكعب /سنة).

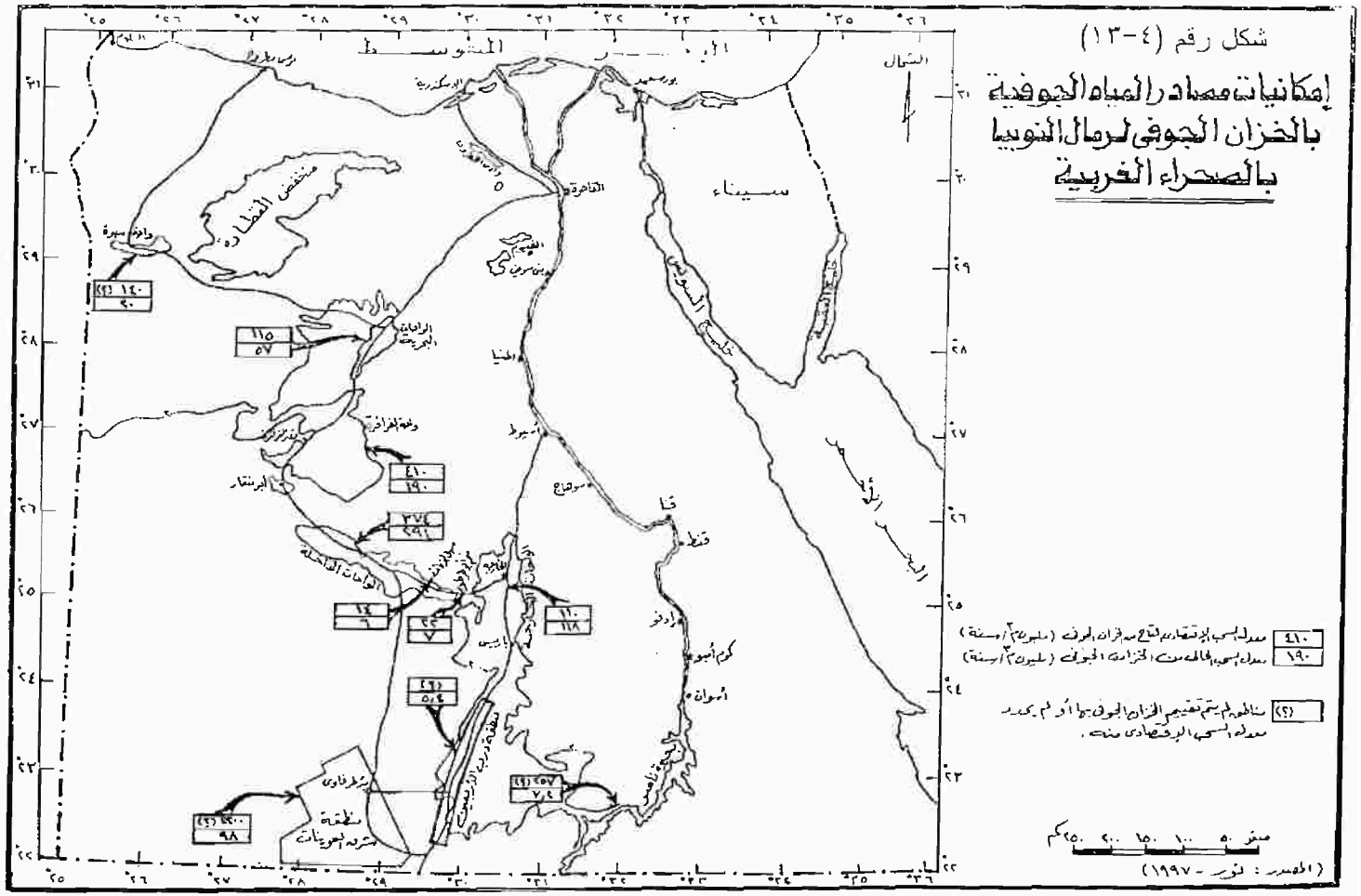
منطقة التنمية	إمكانيات الاستغلال الاقتصادى للمياه الجوفية			معدل السحب الحالى			الكميات المتاحة للتوسع المستقبلى
	معدل السحب	عمق الرفع الاقتصادى	عمق الرفع بعد ١٠٠ عام	شرب	رى	إجمالى	
الواحات الخارجة	١١٠	٣٨	٥٢	١٣	١٠٥	١١٨	الاستغلال الحالى يزيدعن المتاح
سهل الزيات	١٤	٦٢	٦٤	-	٦	٦	٨
مناجم أبو طرطور	٢٢	-	٢٠٠	٧	-	٧	١٥
الواحات الداخلة وغرب الموهوب	٣٧٤	٦٣	٦٢	١٨	٢٧٣	٢٩١	٨٣
واحة الفرافرة وأبو منقار	٤١٠	١١٥	٦٥	٥	١٨٥	١٩٠	٢٢٠
الواحات البحرية	١١٥	٩٦	٧٥	٦	٥١	٥٧	٥٨
إجمالى	١٠٤٥			٤٩	٦٢٠	٦٦٩	٣٨٤

المصدر: نور، ١٩٩٨م

ويتبين من الجدول أن معدل السحب الحالى من المياه الجوفية بمناطق الوادى الجديد يبلغ ٦٦٩ مليون متر مكعب /سنة وأن المتاح للاستغلال فى المشروعات المستقبلية فى حدود ٣٨٥ مليون متر مكعب /سنة. وقد انتهت الدراسات التى أجريت لتحديد إمكانيات التوسع الزراعى على مصادر المياه الجوفية بمناطق واحة سيوة (عزت وآخرون، ١٩٧٧م) وشرق العوينات (مركز بحوث التنمية والتخطيط التكنولوجى - جامعة القاهرة ، ١٩٨٥م) وشواطئ بحيرة ناصر (معهد بحوث المياه الجوفية، ١٩٨٧م) إلى أن معدلات السحب المتاحة من الخزان الجوفى بهذه المناطق مقابل رفع ١٠٠ متر فى نهاية فترة ١٠٠ عام ودون اعتبار لاقتصاديات استغلالها أو لاحتمالات زيادة ملوحة المياه (واحة سيوة) هى على النحو التالى:

شكل رقم (٤-١٣)

إمكانيات مصادر المياه الجوفية بالخزان الجوفي لرمال النوبيا بالصحراء الغربية



* منطقة واحة سيوة: استغلال الخزان الجوفى لرمال النوبيا بمعدل ١٤٠ مليون متر مكعب / سنويا لرى مساحة ١٧٠٠٠ فدان. يبلغ معدل السحب الحالى حوالى ٢٠ مليون متر مكعب / سنويا والمساحة المزروعة حاليا بالواحة تبلغ حوالى ١٠٠٠٠ فدان.

* منطقة شرق العوينات: استغلال الخزان الجوفى بمعدل ١٢٠٠ مليون متر مكعب سنويا لرى مساحة ١٩٠,٠٠٠ فدان. ويبلغ معدل السحب الحالى حوالى ٩٨ مليون متر مكعب سنويا لرى مساحة ١٣٠٠٠ فدان.

* منطقة شواطئ بحيرة ناصر: استغلال الخزان الجوفى بمعدل ٢٠٠ مليون متر مكعب سنويا بمناطق عافية، توشكى، أبو سمبل على الشاطئ الغربى للبحيرة و٥٧ مليون متر مكعب سنويا بوادى العلاقى على الشاطئ الشرقى لها. ويجرى حاليا استغلال مصادر المياه الجوفية بمنطقة غرب البحيرة فى مشروعات التوسع الزراعى على طول مسار ترعه الشيخ زايد ومنطقة خور توشكى بمعدل ٧,٢ مليون متر مكعب سنويا.

ويتطلب الأمر إعادة تحديث دراسات النماذج الرياضية للمناطق الثلاث الأخيرة مع إدخال ما استجد من بيانات هيدروجيولوجية عن الخزان الجوفى من الآبار التى تم حفرها مؤخرا بهذه المناطق بهدف تحديد معدلات الاستغلال الاقتصادى لمصادر المياه الجوفية بها دون تعرضها لأية آثار بيئية سلبية خلال فترة استخدامها فى أنشطة التنمية المختلفة (استنزاف الخزان أو تدهور نوعية المياه الجوفية). ومن الجدير بالذكر أنه لم يسبق إجراء الدراسات الخاصة بتحديد إمكانيات مصادر المياه الجوفيه المتاحه للتوسع بمنطقة درب الأربعين والجارى بها الآن مشروع تنمية المنطقة فى مساحة ١٢٠٠٠ فدان.

الصحراء الشرقية

بالرغم من وجود عدد من الوديان الهامة بالصحراء الشرقية مثل وديان قنا والماتولى (اللقيطة) وعبادى ونتاش والعلاقى والتى تتميز بوجود مساحات من الأراضى الصالحة للزراعة، فلم تحظ أى منها حتى الآن بالدراسات التفصيلية لمصادر المياه الجوفية بخزان رمال النوبيا لتقييم إمكانياتها المتاحة للاستغلال الاقتصادى سوى ما تم بالنسبة لوادى العلاقى فى إطار دراسات مصادر المياه الجوفية بشواطئ بحيرة ناصر والتى أسفرت عن إمكانية استغلالها بمنطقة وادى العلاقى بمعدل ٥٧ مليون متر^{٣} سنويا (حفنى، ١٩٩١م).

سيناء

يقدر معدل التغذية السنوية للخزان الجوفى لمكون رمال المالحة (المقابل لمكون رمال النوبيا بالصحراء الغربية والشرقية) من مياه الأمطار المتسربة خلال مكاشفه السطحية بهضبة العجمة بجنوب سيناء بحوالى ٥,٣٢ مليون متر مكعب، فى حين تبلغ السعة التخزينية للخزان بحوالى ٢٦٠ مليار متر مكعب (البحيرى، ١٩٩٨م).

وأسفرت نتائج النموذج الرياضى للخزان الجوفى لرمال المالحة بسيناء والذى استخدمه البحيرى (١٩٩٨م) لتقييم مصادره من المياه الجوفية، عن إمكانية استغلاله بمعدل ٦,٣٥ مليون متر مكعب سنويا بحيث لا يتعدى عمق رفع المياه ٤٥٠ مترا فى المناطق المقترح استغلال الخزان الجوفى بها لأغراض التوطين وهى مناطق الحسنه، وادى البروك، نخل، صدر الحيطان، عريف الناقة، الكنتلا والتمد (شكل رقم (٤-٧))، مع قصر فترة استغلال مياه الخزان الجوفى فى منطقة التمد لمدة ٥٠ عاما فقط لتعدى عمق المياه الجوفية فى نهاية فترة ١٠٠ عام عمق رفع المياه المحدد بحوالى ٤٠ مترا، ويوضح الجدول رقم (٤-٦) معدلات السحب المتاحة من الخزان الجوفى لرمال المالحة بمناطق التنمية المقترحة بسيناء.

وبتطبيق برنامج السحب الموضح عاليه يصبح تدفق المياه الجوفية تحت السطحى خارج الحدود الشرقية لسيناء فى اتجاه البحر الميت – خليج العقبة بمعدل ٠,٢٥١ مليون متر مكعب سنويا، وفى اتجاه منطقة عيون موسى وخليج السويس بمعدل ٠,٤٩٦ مليون متر مكعب سنويا. ومن الملاحظ على الدراسة المتقدم ذكرها أن برامج خطط السحب من الخزان الجوفى لم يتم تحديدها بالربط بأنشطة تنمية (شرب – زراعة – صناعة) واحتياجاتها، بالإضافة إلى أن عمق الرفع الحدى للمياه قد تم تحديده على أساس عمق رفع اختيارى وغير مرتبط باقتصاديات استخدامات المياه والتى على أساسها يتم اختيار أفضل البرامج لاستغلال المياه الجوفية. وبالرغم من حفر ٤٢ بئرا لاستغلال مكون المالحة الرملى بوسط وجنوب سيناء إلا أنه لا تستغل حاليا منها سوى ١٥ بئرا فقط بمعدل ١,٣٥ مليون متر مكعب سنويا، منها ١,٠٨ مليون متر مكعب سنويا فى أغراض الرى و ٠,٢٧ مليون متر مكعب سنويا فى أغراض الشرب.

جدول رقم (٤-٦) معدلات السحب المقترحة من الخزان الجوفى لرمال المالحة بسيناء (١٠٠٠ متر مكعب /سنة)

منطقة الاستغلال	معدل السحب المقترح	عمق مستوى المياه الحالى (بالمتر من سطح الأرض)	الهبوط فى مستوى المياه بعد ١٠٠ عام	
			المسموح به	الناتج عن السحب المقترح
الحسنه	١٦٤٢,٥٠	١٦٥	٢٨٥	٦٠
وادى البروك	٥١١,٠٠	١٦٠	٢٩٠	١٦٠
صدر الحيطان	١٨٢٥,٠٠	٢٧٠	١٨٠	١٣٠
نخل	١٨٢٥,٠٠	٢٢٠	٢٣٠	١١٨
التمد	١٨٢,٥٠	٣٨٠	٧٠	١١٠
الكنتلا	١٨٢,٥٠	٣٥٠	١٠٠	٩٥
عريف الناقة	١٨٢,٥٠	٢٩٠	١٦٠	٧٥
الإجمالى	**٦٣٥١,٠٠**			

المصدر : البحيرى، ١٩٩٨م

٤-٤ تلوث المياه الجوفية

تتعرض المياه الجوفية فى كثير من مناطق تواجدها بمصر للعديد من أساليب وأنواع التلوث، والتى ترتبط أساسا بنوعية استخدامات الأراضى وأساليب صرف المخلفات، وتعتمد قابلية المياه الجوفية للتلوث على عدة عوامل أهمها:

- تقل قابلية المياه الجوفية للتلوث فى حالة وجود طبقة طينية سطحية تعلو الخزان الجوفى، ووجود المياه به تحت ضغط هيدروليكى كما هو الحال بمناطق السهل الفيضى بحوض النيل ووسط وشمال الصحراء الغربية والشرقية.
- تزداد قابلية المياه الجوفية للتلوث فى حالة الخزانات الحرة المتميزة بقرب مستوى المياه من سطح الأرض كما هو الحال بمناطق الحواف الصحراويه بعكس ما يحدث فى حالة وجودها على عمق كبير حيث يعمل الجزء غير المشبع بالمياه على الإقلال من تركيز وقدرة الملوثات.
- تزداد قابلية المياه الجوفية للتلوث فى حالة وجودها بمكونات رملية حصوية منتظمة الحبيبات (ذات نفاذية عالية) أو بالصخور المتشققة.

أما الأنشطة السطحية المتعددة والمسببة لتلوث المياه الجوفية تتلخص فيما يلى:

- **الأنشطة الزراعية:** وما يصاحبها من إضافة أسمدة ومبيدات وغسيل التربة والتبخر ويؤدى ذلك إلى ظهور عدة أنواع من الملوثات أهمها: النيتروجين والمبيدات والأملاح الذائبة، ويعتبر التلوث الزراعى موزعا على سطح الأراضى الزراعية.
- **الأنشطة الآدمية:** وينتج عنها تلوث عضوى نتيجة لما يتسرب إلى باطن الأرض من شبكات الصرف الصحى أو من خزانات التجميع الأرضية (البيارات) كما هو الحال فى كثير من القرى وما تحتويه هذه المخلفات من نسب متفاوته من مركبات النيتروجين (أمونيا أو نيتروجين عضوى).

- **الأنشطة الصناعية:** وهى أخطر مصادر التلوث وتختلف باختلاف نوع الصناعة وطريقة التخلص من الناتج عنها، وبوجه عام فإن معظم المصانع لا تتخلص من مخلفاتها فى باطن الأرض مما يقلل من خطورتها على المياه الجوفية، إلا أن صرفها فى مياه النيل أو فى المصارف يتسبب بطريقة غير مباشرة فى تلوث المياه الجوفية بالدلتا ووادى النيل بتسرب العناصر الثقيلة (الرصاص، الزنك، الكروم، وخلافه) مع المياه المتسربة من النيل والمصارف والترع إلى الخزان الجوفى.
- **السحب الجائر من المياه الجوفية:** ويؤدى ذلك إلى تلوث المياه الجوفية بارتفاع ملوحتها وبصفة خاصة فى المناطق القريبة من ساحل البحر (شمال الدلتا والسواحل الشمالية) أو بالسحب بالقرب من المكونات الجيولوجية الحاملة لمياه عالية الملوحة مثل الصخور الجيرية، أو فى حالات السحب من المياه الجوفية العذبة والقابعة فوق مياه مالحة تحتها كما هو الحال بالخزانات الجوفية بوسط وشمال الدلتا وحوافها الصحراوية وشمال الصحراء الغربية والخزانات الجوفية الساحلية.

وفيما يلى ملخص للدراسات التى أجريت على الخزانات الجوفية بمناطق الدلتا والصحراء الغربية والساحل الشمالى لتحديد نوعيات ومقدار واحتمالات تلوث المياه الجوفية بها.

٤-٤-١ منطقة الدلتا وحوافها الصحراوية

تتميز مناطق الأراضى الزراعية القديمة بانخفاض تركيز مركبات النيتروجين وذلك بسبب وجود شبكة الصرف العام والحقلى بالدلتا مما ساعد على استقطاب مكونات النيتروجين مع مياه الصرف وادمصاص الأمونيوم أثناء حركة المياه خلال طبقة الطين السطحية، أما فى الجزء الشمالى من الدلتا فقد وجدت تركيزات عالية لمركب الأمونيوم بسبب تأثير تداخل مياه البحر. ولكن وجد أن تركيز النيترات فى مناطق الأراضى المستصلحة بغرب وشرق الدلتا

عالٍ مع اختفاء مركب الأمونيوم وهو ما يرجع إلى الظروف الهيدروجيولوجية بتلك المناطق حيث يتميز قطاع التربة بالنفاذية العالية وكبر عمق المياه الجوفية مما يخلق بيئة مناسبة لتحويل الأمونيوم إلى نيترات، والتى قدر تركيزها بالمياه الجوفية ما بين ٧٠-١٠٠ جزء فى المليون حتى عمق ٣٠ متراً من سطح الأرض. ويتسبب وجود النيترات بتركيز أكبر من ٤٥ جزءاً فى المليون فى مياه الشرب إلى تعرض الأطفال الرضع للإصابة بشلل الأطفال بمناطق غرب الدلتا (وادى الفارغ والخطاطبة) وشرق الدلتا (الصالحية) والمتوقع زيادتها بمرور الوقت نظرا لاستخدام الأسمدة. وقد لوحظ تناقص تركيز النيترات مع العمق ليصبح ضعيفا (٣-١٥ جزءاً فى المليون) بعد عمق ٥٠ مترا من سطح الأرض.

أما نسبة تركيز الحديد والمنجنيز فقد وجد أنها بصفة عامة قليلة ولكنها تزداد تدريجيا فى اتجاه الشمال ومع العمق بسبب تأثير وجود تداخلات العدسات الطينية بالخزان الجوفى. وهناك تلوث عضوى (Faccal Coliform) بتركيز يزيد على ١٠٠ (عدد / ١٠٠ مللى لتر) فى الأعماق الضحلة وخاصة فى المناطق التى تكون فيها المياه الجوفية ذات قابلية عالية للتلوث، مثل مناطق غرب وشرق الدلتا والتى تتميز بوجود خزان جوفى ذى مستوى مائى حر مع قرب المياه الجوفية من سطح الأرض.

تزداد ملوحة المياه الجوفية على ١٥٠٠ جزء فى المليون فى مناطق الأراضى المستصلحة المعتمدة على المياه الجوفية بمناطق غرب وشرق الدلتا (البستان والمزرعة الآلية وشمال التحرير ومدن النوبارية وغرب وادى النطرون والصالحية والعاشر من رمضان) وبدرجات أعلى فى شمال الدلتا حيث تأثير المياه المالحة. وجدير بالذكر أن زيادة استغلال المياه الجوفية عن معدلات السحب الآمن من الخزان الجوفى بالدلتا ووادى النيل وحوافهما الصحراوية سيؤدى إلى ارتفاع ملوحة المياه نتيجة لتوغل المياه المالحة إلى وسط وجنوب الدلتا أو للتصاعد الرأسى للمياه المالحة القابعة تحت المياه العذبة بمناطق وسط وحواف الدلتا الصحراوية ووادى النيل.

٤-٤-٢ مناطق الصحراء الغربية والشرقية

يتميز الخزان الجوفى برمال النوبيا بكونه من نوع الخزانات ذات الضغط الارتوازى ووجوده تحت غطاء سميك من الصخور الطفلية بمناطق وسط وشمال الصحراء الغربية والشرقية، مما يضعف قابليته للتلوث، فى حين يؤدى ظهور مكاشفه السطحية فى المناطق الجنوبية بالصحراء الغربية والشرقية وبعمق سطح المياه الجوفية الذى يتراوح ما بين ٢٠-٤٠مترا من سطح الأرض فى قطاع رملى ذى نفاذية مرتفعة إلى جعل قابليته للتلوث عالية فى حالة استغلاله فى أغراض مشروعات التنمية الزراعية (مناطق شرق العوينات-توشكى). وأسفرت نتائج التحاليل الكيميائية لمياه الآبار المستغلة للخزان الجوفى بالصحراء الغربية والشرقية عن وجود تركيز لعنصر الحديد بها يزداد من ١-٣ جزء فى المليون بمناطق شرق العوينات-الواحات الخارجة إلى ٥-٢٠جزءا فى المليون بمناطق أبومنقار-واحة الفرافرة. ويعزى ذلك إلى وجود التداخلات الطفلية فى قطاع الخزان الرملى. ويتواجد الجزء السفلى من الخزان الجوفى برمال النوبيا مشبعا بمياه ضاربة إلى شديدة الملوحة شمال خط عرض ٢٩٠٠° شمالا ويزداد سمكه شمالا حتى يصبح كامل قطاع الخزان الجوفى مشبعا بالمياه شديدة الملوحة شمال خط عرض ٣٠ ٢٩° شمالا، وهو ما يتحتم معه ضرورة تحديد معدل استغلال المياه الجوفية فى أغراض التنمية الشاملة المستديمة بمناطق شمال الصحراء الغربية (الواحات البحرية وواحة سيوة) دون إحداث تدهور فى نوعية المياه مع الزمن، بزحف المياه المالحة من الشمال أو بالتصاعد الرأسى للمياه المالحة القابعة تحت المياه العذبة بالخزان الجوفى.

٤-٤-٣ منطقة الساحل الشمالى الشرقى

أدى السحب غير المخطط من الخزانات الجوفية الضحلة بمنطقة الشريط الساحلى العريش/ رفح وبمعدلات تفوق المعدلات المسموح بها للاستغلال الآمن، إلى إحداث هبوط شديد فى مستويات المياه الجوفية إلى ما دون مستوى

سطح البحر فى معظم أجزاء منطقة دلتا وادى العريش وتدهور نوعية المياه الجوفية وارتفاع ملوحتها من ١٢٠٠-٤٥٠٠جزء فى المليون عام ١٩٨٢م إلى ٢٥٠٠-٩٢٥٠ جزءا فى المليون عام ١٩٩٩م، مع زيادة توغل مياه البحر بالخزان الجوفى.

٤-٥ إجراءات حماية مصادر المياه الجوفية من التدهور

تختلف طرق حماية المياه الجوفية من حيث حماية مشروعات استغلالها القائمة من التدهور أوضمان سلامة المشروعات المستقبلية، والتى تتوقف على معرفة وضعية الخزان وحالة المياه الجوفية والتغيرات التى طرأت عليها منذ بدأ استغلالها من حيث معدلات السحب والهبوط فى مستوى المياه ونوعيتها وهو ما يستوجب وجود نظم مراقبة دورية جيدة. ويتطلب حماية مصادر المياه الجوفية من التدهور خلال فترة استغلالها لأغراض التنمية المستديمة اتباع الإجراءات التالية:

- ضرورة تحديد إمكانيات المياه المتاحة للاستغلال الآمن والمتواصل فى الاستخدامات المختلفة دون حدوث تدهور فى نوعيتها، وتعريف المسئولين عن إدارة المياه ومستخدمى المياه بذلك.

- تحديد استخدامات المياه الجوفية المطلوبة واحتياجاتها ووضع التخطيط الجيد لتنميتها واستغلالها وإدارتها وإعداد الخطط الطويلة المدى وأخرى قصيرة المدى لاستغلالها مع المراقبة والمراجعة الدورية لسلوك الخزان الجوفى لمتابعة التغييرات التى قد تطرأ عليه من حيث الكم والنوع لضمان التدخل فى الأوقات المناسبة قبل تفاقم المشاكل.

- ضرورة التطبيق الحازم للقوانين المنظمة لاستغلال مصادر المياه الجوفية (القانون رقم ١٢ لسنة ١٩٨٤م ولائحته التنفيذية) وحمايتها من التلوث.

- توجيه الإرشاد الزراعى للتركيز على أسس ومعدلات استخدام المخصبات الزراعية والمبيدات بهدف إقلال المتسرب منها إلى الخزانات الجوفية.

- صيانة شبكات الصرف الصحى مع إمداد مناطق التجمعات السكانية والقرى والتى تفتقر إلى وجود مثل هذه الشبكات بشبكات مناسبة أو خزانات تحليل بالمواصفات المطلوبة للإقلال من التلوث الآدمى.

- عدم السماح بحقن الملوثات الصناعية والآدمية فى الخزان الجوفى، مع مراقبة خزانات البترول الأرضية وضمان سلامتها من الشروخ لمنع تسرب المواد البترولية إلى المياه الجوفية.

- ضرورة اتباع التصميم المثالى للآبار (خاصة آبار مياه الشرب) والاختيار السليم لمواقعها بحيث تكون بعيدة ما أمكن عن مصادر التلوث الطبيعى (الحديد والمنجنيز) مع عزل الجزء العلوى منها بالتغليف الأسمنتى لحمايتها من أى تلوث مباشر من السطح.

- ضرورة تكثيف برامج للتوعية الشعبية عن طريق أجهزة الإعلام والمدارس بأهمية المحافظة على مصادر المياه الجوفية وحمايتها من التلوث باعتبارها أحد مصادر المياه الهامة فى سد احتياجات المجتمع من مياه الشرب والرى.

٤-٦ اقتصاديات المياه الجوفية:

تعتمد اقتصاديات استخدام المياه الجوفية على إمكانياتها المتاحة للاستغلال وبما يحقق تعظيم العائد منها والمدى الزمنى لاستدامتها دون إحداث أية مردودات سلبية على مصادرها كاستنزاف أو تدهور لنوعيتها. وتعتمد تكلفة استخراج وحدة المياه من الخزانات الجوفية المختلفة فى مصر على تصميم الآبار وقدرتها الإنتاجية للمياه وخصائصها المختلفة والتى تشمل:

- نوع البئر الإنتاجية: متدفقة ذاتيا (بتأثير الضغط الارتوازى للمياه) أو بالضخ.

- التصرف التصميمى للبئر: هو معدل الضخ الأمثل فى البئر بما يحقق تعظيم أدائها الهيدروليكى خلال فترة عمرها الافتراضى، ومعدل الضخ باستخدام الطلمبات مستقبلا فى حالة الآبار المتدفقة ذاتيا.

- فترة الاستخدام اليومى: ٢٤ ساعة فى حالة الآبار المتدفقة أو ١٦ ساعة فى حالة الطلمبات.

- العمر الافتراضى للبئر: ١٢ سنة للآبار الضحلة التى يستخدم فيها القيسونات والمصافى من نوع الصلب الكربونى المصنع محليا، و٢٥ سنة للآبار العميقة المجهزة بقيسونات مستوردة كالتى تستخدم فى آبار البترول والمصافى من النوع المقاوم للصدأ والتآكل (آبار الصحراء الغربية والشرقية وسيناء).

- تصميم الآبار : ويعتمد على الخصائص الهيدروجيولوجية للنطاق الحامل للمياه الجوفية ومعدل الضخ المطلوب للاستخدام المقرر وبما يحقق تعظيم الأداء الهيدروليكى للبئر وكفاءتها الإنتاجية واستغلالها بالمعدل المقرر طوال فترة عمرها الافتراضى.

وتم تقدير تكلفة وحدة المياه الجوفية المنتجة من الآبار المستغلة للخزانات الجوفية بمناطق الجمهورية المختلفة باعتبار المدخلات التالية:

- معدل الفائدة السنوية: ١٠٪
- تكلفة الصيانة السنوية: ١٪ من تكلفة إنشاء البئر، ٨٪ من تكلفة وحدة الضخ (الطلمبة ومولد الطاقة)
- إجمالى الإنفاق السنوى = معدل الإهلاك السنوى + تكاليف الصيانة والتشغيل السنوية
- تكاليف الاهلاك السنوية = القيمة الحالية (ف (١+ ف) / (١+ ف)^{ر} -١)

حيث ف هو معدل الفائدة السنوية، ر هو العمر الافتراضى للبئر

- تكلفة وحدة المياه المنتجة فى البئر = $\frac{\text{إجمالى الإنفاق السنوى}}{\text{كمية المياه المنتجة من البئر سنوياً}}$

ويوضح الجدول رقم (٤-٧) تكلفة إنتاج وحدة المياه فى الآبار المستغلة من الخزانات الجوفية بالمناطق المختلفة بالجمهورية.

جدول رقم (٤-٧) تكلفة إنتاج وحدة المياه فى الخزانات الجوفية فى مصر

المنطقة	الخزان الجوفى المستغل	الخصائص الهيدروليكية للآبار				التكاليف الإستثمارية لمهمات انتاج المياه (جنيه)			العمر الافتراضى للبئر (سنة)	تكلفة إنتاج وحدة المياه (جنيه/م٣)	ملاحظات
		العمق الكلى (متر)	الإنتاج المقرر م٣/ساعة	الإنتاج المقرر م٣/سنة	مقدار رفع المياه (متر)	البئر	الطلمبة	مولد الطاقة			
١- منطقة حوض النيل											
وادى النيل والدلتا	خزان وادى النيل والدلتا	٦٠	٢٥٠	١٤٦٠٠٠٠	١٠	٧٥٠٠٠	٣٠٠٠٠	٣٥٠٠٠	١٢	٠,٠٤٥	
الحواف الصحراوية (وادى الفارغ)	خزان رمال المغرة	٢٠٠	١٥٠	٨٧٦٠٠٠	٤٠	١٤٠٠٠٠	٤٠٠٠٠	٥٠٠٠٠	١٢	٠,١١	
٢- الصحراء الغربية											
الواحات الخارجة	خزان رمال النوبيا	٥٥٠	٢٠٠	١١٦٨٠٠٠	٨٠	٤٥٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠	١٢٠٠٠٠	٢٥	٠,١٧	
الواحات الداخلة	خزان رمال النوبيا	٨٠٠	٣٠٠	٤٩٩٣٢٠٠*	٥٠	٨٠٠٠٠٠	٩٠٠٠٠	١١٠٠٠	٢٥	٠,٠٩٥**	تتميز الآبار بالتدفق الذاتى لفترة ١٠ سنوات ثم تستغل بالطلمبات بعد ذلك.
الواحات الفرافرة	خزان رمال النوبيا	٨٠٠	٤٠٠	٦٦٥٧٦٠٠*	٣٠	٨٩٣٠٠	١٣٠٠٠٠	١٤٥٠٠	٢٥	٠,٠٨٦**	
الواحات البحرية	خزان رمال النوبيا	٥٠٠	٢٠٠	١٦٨٠٠	٦٠	٤٢٠٠٠٠	٢٥٠٠٠	٣٠٠٠٠	٢٥	٠,٠٧٥	تتميز الآبار بالتدفق الذاتى لفترة ١٥ سنة ثم تستغل بالطلمبات بعد ذلك.
شرق العوينات	خزان رمال النوبيا	٣٥٠	٢٥٠	١٤٦٠٠٠	٦٠	٣٩٧٠٠٠	٧٠٠٠٠	٩٠٠٠٠	٢٥	٠,١٢	
سيوة	خزان رمال النوبيا	١٠٠٠	٤٠٠	٣٥٠٤٠٠	متدفق	١٢٠٠٠٠٠	--	--	٢٥	٠,٠٤١	
٣- الصحراء الشرقية											
وادى الطيطة	خزان رمال النوبيا	٥٠٠	٢٠٠	١١٦٨٠٠	٣٠	٤٠٠٠٠٠	٣٠٠٠٠	٤٥٠٠٠	٢٥	٠,١٥	
٤- سيناء											
العريش / رفح	خزان العصر الرباعى	٦٠	٥٠	١٥٠٠٠٠	٣٠	٤٥٠٠٠	٢٠٠٠٠	٣٥٠٠٠	١٠	٠,٣٠	
وسط وجنوب سيناء	خزان مكون رمال المالحة	٩٠٠	٧٥	٣٢٨٥٠٠	٤٠٠	٩٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠	١٢٠٠٠	٢٥	١,٠٨	

* إجمالى كميات المياه المنتجة خلال العمر الافتراضى للبئر.

** متوسط تكلفة وحدة المياه المنتجة من البئر خلال مراحل عمرها الافتراضى بالتدفق الذاتى ثم باستخدام الطلمبات.

٥- إعادة استخدام مياه الصرف الزراعى

٥-١ تمهيد

تعتبر مياه الصرف الزراعى فى مصر من أهم موارد المياه غير التقليدية، والتى تعتمد عليها الدولة فى خططها وسياساتها للتوسعات الزراعية. و إعادة استخدام مياه الصرف أخذت مكاناً لها فى السياسات المائية ابتداءً من عام ١٩٧٥ م، وقدرت حينذاك مياه الصرف المتاحة للاستخدام بحوالى ٧,٦٧ مليار متر مكعب سنوياً، بالإضافة إلى ما كان يعاد استخدامه فى ذلك الوقت. ولما كانت مياه الصرف المتاحة تتغير بتغير أساليب وبرامج إدارة المياه، فكان لابد من التقييم الدورى لهذا المصدر، ومدى استدامته للمساهمة فى استكمال الاحتياجات المائية. وبالفعل صدرت السياسة المائية الثانية فى عام ١٩٨٢ م، حيث حددت الزيادة المتوقعة فى الموارد المائية بحوالى ١١,٧ مليار متر مكعب سنويا حتى عام ٢٠٠٠ م (٢ مليار متر مكعب من قناة جونجلى، و ٢ مليار متر مكعب من المياه الجوفية، و ٧,٧ مليار متر مكعب من مياه الصرف). وقدمت وزارة الرى إلى البنك الدولى دراسة عن السياسات المائية بمصر لمجابهة الاحتياجات المائية حتى علم ٢٠٢٥م (Abu-Zeid and Radi, 1991) وخلصت هذه الدراسة إلى ثلاثة بدائل حددت المساحة الإضافية التى يمكن ريها لتتراوح بين ٢,٣٦ إلى ٣,٢٨ مليون فدان لتضاف الى الرقعة الزراعية المروية عام ١٩٩٠م، وكميات مياه الصرف المتاحة للاستخدام ما بين ٥ – ٨ مليار متر مكعب سنوياً.

وترجع أهمية إعادة استخدام مياه الصرف إلى استقطاب الفواقد المائية وإعادتها إلى شبكة الرى، وبالتالى رفع كفاءة شبكة الرى. ويصل حجم ما يعاد استخدامه حالياً من مياه الصرف حوالى ٤,٥ مليار متر مكعب سنوياً، وتنوى الدولة التوسع فى إعادة الاستخدام لزيادة هذه الكمية حوالى ٤ مليار متر مكعب

إضافية من خلال ثلاثة مشروعات كبيرة تم تنفيذ البنية الأساسية لها، وبعضها لم يعمل بسبب ارتفاع مستوى التلوث بمياه المصارف، وامتد التلوث ليصيب مصارف كثيرة، الأمر الذى تسبب فى غلق بعض محطات إعادة استخدام مياه المصارف، والتى كانت تعمل لفترة طويلة ماضية، قبل أن تستفحل مشاكل التلوث. وتعود مشكلة التلوث أساساً إلى زيادة صرف المخلفات الصناعية والصحية غير المعالجة فى هذه المصارف. وفى الفترة الأخيرة تزايدت الاحتياجات المائية على الترع بعد تحرير التركيب المحصولى والأسعار حيث زاد التكثيف المحصولى وزادت الرقعة الزراعية. وقد بات واضحاً عجز المياه فى نهايات الترع خاصة خلال موسم الصيف، مما دفع بالمزارعين إلى ضخ مياه المصارف المجاورة لحقولهم مباشرة، وبدون ترخيص من وزارة الرى، ودون الاعتبار لنوعية مياه الصرف والتى قد تسبب أضراراً صحية وبيئية، ولجأت أيضاً بعض مناطق الرى إلى إنشاء بعض المحطات الصغيرة لضخ مياه المصرف فى الترعة الفرعية لتحسين حالة الرى بها وأطلق عليها محطات الطوارئ. ومع تواجد هذه الممارسات المختلفة لإعادة الاستخدام، والتى قد تتعارض نظم تشغيلها والأهداف المرجوة منها أصبح من اللازم وضع الضوابط والمعايير التى تنظم إعادة استخدام مياه الصرف، وبما يحقق الاستدامة لهذا المصدر لمجابهة الزيادة فى الاحتياجات المائية.

٥-٢ الممارسات الحالية لإعادة استخدام مياه الصرف

٥-٢-١ إعادة الاستخدام على نهر النيل وفرعيه

يعتبر نهر النيل – فى المسافة من خلف السد العالى وحتى أمام قناطر أسيوط- المصرف الرئيسى الذى يستقبل مياه المصارف على جانبى النهر فى هذه المسافة، نظراً لطبوغرافية الأرض بهذه المناطق والتى تسمح فقط بالصرف تجاه النهر. ولم تعد هذه المصارف محملة بمياه الصرف الزراعى فقط، بل أصبحت تنوء بمخلفات الصرف الصحى، غير المعالجة فى معظم الأحيان،

للقرى والمدن المجاورة، وما لذلك من تأثير ضار على مياه النهر خاصة في المواقع القريبة من مصبات هذه المصارف. غير أن النهر لما يحمله من كميات كبيرة من المياه، فسرعان ما تختفى هذه الملوثات بعد أن تقطع مسافات قصيرة. ومن ناحية أخرى يصرف على النهر أيضاً المخلفات الصناعية من المصانع المنتشرة على امتداده مثل مصانع الألومنيوم والسكر. أما بالنسبة للمسافة من خلف قناطر أسيوط وحتى أمام قناطر الدلتا فإن النهر يستقبل مياه المصارف من بعض الأراضى الزراعية على جانبيه، غير أن معظم صرف الأراضى الزراعية فى هذه المسافة يُرفع جزء كبير منه إلى بحر يوسف، هذا إلى جانب صرف بعض زمام محافظتى الجيزة وبنى سويف على مصرف المحيط والذى يصب مياهه فى فرع رشيد خلف قناطر الدلتا بعد أن يكون قد حُمّل بمياه الصرف الصحى لمحطتى زنين وأبو رواش إلى جانب الصرف الصحى للمدن والقرى القريبة من هذا المصرف فى الجيزة وبنى سويف. ويستقبل فرع رشيد مياه مصارف أخرى، هى مصارف تلا وسبل بمحافظة المنوفية وجنوب التحرير بمحافظة البحيرة، أما فرع دمياط فيستقبل مياه ثلاثة مصارف رئيسية هى مصارف: رقم ١ الأعلى والمحلة الكبرى فى وسط الدلتا، ومصرف السرو الأعلى بمنطقة شرق الدلتا.

وتعتبر المياه المتدفقة إلى النهر نوعاً من إعادة الاستخدام بمناطق زراعة الوجه القبلى حتى أمام قناطر أسيوط وهى مساحة لاتقل عن مليون فدان تصرف جميعها على النهر، مما يجعل الكفاءة الكلية للنظام فى هذه الأحباس عالية نسبياً. وقد ثبت من تحليل بيانات القياسات الحقلية للمصارف المتدفقة على النهر، والتى أجريت بواسطة معهد بحوث النيل فى الفترة من ١٩٩١ م – ١٩٩٥م، أن متوسط ما يصرف على النهر من خلال هذه المصارف من خلف السد العالى وحتى أمام قناطر الدلتا يصل إلى حوالى ٨,٢ مليون متر مكعب يومياً، حيث تصرف ٣,٤ مليون متر مكعب فى اليوم على الحبس الأول من أسوان وحتى

أمام قناطر إسنا، و ١,٠١ مليون متر مكعب فى اليوم على الحبس الثانى من خلف قناطر إسنا وحتى أمام قناطر نجع حمادى، و٢,٧٩ مليون متر مكعب فى اليوم على الحبس الثالث من خلف قناطر نجع حمادى وحتى قناطر أسيوط، و ١,٠٣ مليون متر مكعب فى اليوم على الحبس الرابع من خلف قناطر أسيوط وحتى قناطر الدلتا. أى أنه يمكن القول إن هناك حوالى ٣ مليار متر مكعب سنويا يعاد استخدامها على أحباس نهر النيل فى الوجه القبلى، وهى كمية ليست صغيرة وتمثل حوالى ١٥% من إجمالى المياه المسحوبة فى الوجه القبلى، أى حوالى ٩% من إجمالى المياه الواصلة لمنطقة الدلتا. ومما هو جدير بالذكر أن تركيز الأملاح المذابة فى مياه هذه المصارف تتراوح بين ٣٧٠ و ٧٠٠ جزء فى المليون فى المتوسط. وسوف يبقى نهر النيل هو المكان الوحيد لاستقبال مياه هذه المصارف فى الوجه القبلى، نظراً لطبوغرافية الأرض، ولذلك يجب أن تبذل الجهود لضمان تدفق مياه صرف ذات نوعية جيدة لا تضر ببيئة النهر، خالية من ملوثات الصرف الصحى والصناعى. وبالنسبة لفرعى رشيد ودمياط، فقد تبين من قياسات معهد بحوث الصرف، أنهما يستقبلان حوالى مليار متر مكعب سنوياً من مياه الصرف (٠,٣٥ مليار متر مكعب فى السنة على فرع دمياط، و ٠,٦٨٠ مليار متر مكعب فى السنة على فرع رشيد)، وبالرغم من أن هذه المياه تساهم فى استكمال احتياجات الرى للمناطق التى تقع على نهاية الفرعين، إلا أن التلوث الذى يوجد بها يجعل ضررها أكثر من نفعها، وبات على الدولة أن تتخذ خطوات جادة من أجل وقف التلوث الناتج من صرف هذه المياه على فرعى النيل، فمحطات مياه الشرب التى تقع على الفرعين خلف مصبات هذه المصارف، تأثرت بشكل كبير بنوعية المياه بالنهر، وتحاول المحافظات المتضررة وقف محطات ضخ مياه الصرف على النيل، وذلك بعد

أن بلغت الشكوى من نوعية مياه الشرب أقصاها. ومما يزيد من خطورة الصرف على فرعى رشيد ودمياط، أن كمية مياه النيل المتدفقة بهما تقل بشكل كبير بعد أن تأخذ الترع الكبيرة والرياحات أمام قناطر الدلتا حصصها المائية، فيصبح النهر فى بعض الأوقات غير قادر على تجديد مياهه خاصة وأن قطاع النهر عريض بالفرعين، فتهدأ سرعة المياه، ويزداد بذلك تأثير التلوث. وتحاول وزارة الموارد المائية والرى جاهدة التخلص من الملوثات التى رسبت فى قاع النهر أو العالقة من خلال إطلاق كميات بسيطة من المياه بفرعى رشيد ودمياط لتجد طريقها إلى البحر حاملة معها ما أمكن من الملوثات.

٥-٢-٢ إعادة استخدام مياه الصرف على بحر يوسف والفيوم

يتفرع بحر يوسف من أمام قناطر ديروط على ترعة الإبراهيمية عند الكيلو ٦٠ من فم الإبراهيمية والتى تأخذ مياهها من أمام قناطر أسيوط مباشرة. ويسير بحر يوسف غرباً وشمالاً حتى يصل إلى محافظة الفيوم، ليروى مساحة تزيد على ٧٠٠ ألف فدان بمحافظات المنيا وبنى سويف والفيوم والجيزة، بالإضافة إلى الأراضى الجديدة غرب بحر يوسف، ولتحسين الكفاءة الكلية لاستخدام المياه بهذه المناطق فقد تم رفع مياه المصارف بواسطة محطات رفع كبيرة لتضخها مرة أخرى فى بحر يوسف. وقد بلغت كمية مياه الصرف التى تعاد إلى بحر يوسف من الفم وحتى مدخل قناطر اللاهون عند مدخل الفيوم حوالى ٠,٨ مليار متر مكعب سنوياً. وكما هو الحال على نهر النيل، فإن إعادة الاستخدام تغير من نوعية المياه وتؤثر على مياه الشرب من هذه الترعة.

وينتهى المطاف بمياه بحر يوسف فى محافظة الفيوم، لتروى زمام يقدر بحوالى ٤٠٠ ألف فدان والتى يتم التخلص من مياه صرفها إلى بحيرة قارون ووادى الريان واللذين يستقبلان حوالى ٠,٦ مليار متر مكعب سنوياً. ولتحسين كفاءة

الرى بالفيوم ورى أراضٍ جديدة بها، فقد أنشئت ٧ محطات صغيرة لضخ مياه المصارف للترع الفرعية، بكمية تقدر بحوالى ٠,٢٦ مليار متر مكعب سنوياً، وبالتالى فإن إجمالى ما يعاد استخدامه على بحر يوسف حوالى مليار متر مكعب سنوياً، وهو ما يساوى ٢٠% من تصرف بحر يوسف السنوى.

٥-٢-٣ إعادة استخدام مياه الصرف على ترع منطقة الدلتا

منطقة الدلتا هى المطاف الأخير لمياه النيل القادمة من الوجه القبلى، فتستغل المياه فى أغراض الزراعة والشرب والصناعة، ثم تلقى المخلفات بعد ذلك إلى البحر والبحيرات الشمالية. ولذلك تتجه الأنظار دائماً إلى مقدار ما يصرف إلى البحر، والبحث فى إمكانية استغلالها بما يزيد من المساحة المزروعة. غير أن هناك محددات كثيرة تحكم عملية إعادة الاستخدام فى منطقة الدلتا، منها المحافظة على الاتزان الملحى لهذه المنطقة ومنع دخول مياه البحر إليها، فلابد أن تكون هناك كميات من المياه تتدفق ناحية البحر لوقف غزو مياه البحر لأراضى الدلتا.

وأدركت الدولة منذ السبعينات أهمية التوسع فى إعادة استخدام مياه الصرف، لزيادة الرقعة الزراعية، فقد أنشأت الدولة محطات رفع عملاقة لرفع مياه المصارف الرئيسية وخلطها بمياه الترع الرئيسية لتحسين حالة الرى عليها. وقد وصل مقدار ما يعاد استخدامه حالياً على الترع وفرعى رشيد ودمياط ما يقرب من ٤ مليار متر مكعب من خلال ٢٣ موقعاً للخلط أطلق عليها "المستوى الرئيسى لإعادة الاستخدام" لأنه يدار بواسطة المستوى المركزى لتوزيع المياه بالوزارة. ويوضح الجدول رقم (٥-١) تطور إعادة استخدام مياه الصرف خلال الفترة ١٩٨٤/١٩٨٥م - ١٩٩٥/١٩٩٦م.

جدول (٥-١) كميات (مليون متر مكعب) ودرجة ملوحة (جزء فى المليون) مياه الصرف المعاد استخدامها خلال الفترة ١٩٨٤/١٩٨٥م - ١٩٩٥/١٩٩٦م

السنة	شرق الدلتا		وسط الدلتا		غرب الدلتا		إجمالى الدلتا	
	الكمية	الملوحة	الكمية	الملوحة	الكمية	الملوحة	الكمية	الملوحة
١٩٨٤/١٩٨٥م	١٣٠١	٨١٩	٧٦٣	٨٢٦	٨١٤	٩١٥	٢٨٧٨	٨٦٤
١٩٨٥/١٩٨٦م	١٢٦٣	٨٣٢	٧٤٨	٧٧٤	٧٨٨	٩٦٦	٢٧٩٩	٨٥٨
١٩٨٦/١٩٨٧م	١٤٢٠	٨٥٨	٧٦٦	٧٩٤	٨٠٧	٩٧٩	٢٩٩٣	٨٧٧
١٩٨٧/١٩٨٨م	١٣٨١	٩٢٢	٦٩٣	٩٠٢	٦٢٩	١٢١٦	٢٧٠٣	٩٨٦
١٩٨٨/١٩٨٩م	١٤٠٠	٩٧٩	٧٠٤	٩٣٤	٥٥٥	١٠٣٧	٢٦٥٩	٩٧٩
١٩٨٩/١٩٩٠م	١٥٠٤	١٠٠٥	١٥٠٦	١٤٣٤	٦٢٦	٩٥٤	٣٦٣٦	١١٧١
١٩٩٠/١٩٩١م	١٥٨٥	١٠١٨	١٩٩٩	١٠٨٨	٦٣٩	١٠٠٥	٤٢٢٣	١٠٥٠
١٩٩١/١٩٩٢م	١٤٤٥	٩٣٤	٢٠٥٨	١١٥٢	٦١٧	٩٣٤	٤١٢٠	١٠٤٣
١٩٩٢/١٩٩٣م	١٤٦٠	٩٠٢	١٨٤١	١٠٨٢	٥٦١	٨١٩	٣٨٦٢	٩٧٣
١٩٩٣/١٩٩٤م	١١٢٠	١٠١١	١٦٩١	١١٢٦	٦١٩	٧١٧	٣٤٣٠	١٠١٨
١٩٩٤/١٩٩٥م	١٣٩٠	١٠٥٠	١٨٤٣	١١٩٠	٦٨٥	٧٩٤	٣٩١٨	١٠٦٩
١٩٩٥/١٩٩٦م	١٧٤٦	١٢١٠	١٨١٥	١١٤٦	٧٠٦	٧٦٨	٤٢٦٧	١١٠٧
متوسط الفترة ١٩٨٤-١٩٩٠م	١٣٥٣	٨٨٢	٧٣٥	٨٤٦	٧١٩	١٠٢٣	٢٨٠٦	٩١٣
متوسط الفترة ١٩٩٠-١٩٩٣م	١٤٩٩	٩٦٥	١٨٥١	١١٨٩	٦١١	٩٢٨	٣٩٦٠	١٠٥٩
متوسط الفترة ١٩٩٣-١٩٩٦م	١٤١٩	١٠٩٠	١٧٨٣	١١٥٤	٦٧٠	٧٥٩	٣٨٧٢	١٠٦٥

٥-٢-٤ الاستخدامات غير القانونية لمياه الصرف

خلال العقد الأخير أطلقت الدولة عنان التركيب المحصولـــى، وأصبحـــت الحرية فى يد الفلاح ليختار المحصول الذى يرغب فى زراعته. وقد اتجه معظم الفلاحين إلى زراعة المحاصيل عالية الإنتاجية، عالية الاستهلاك للميـــاه، مثـــل محصول الأرز، والذى زادت مساحته بدرجة كبيرة، علاوة على تغيير أنمـــاط الزراعة، مثل زراعة أكثر من محصولين فى العام الواحد، وتحميل محصوليـــن فى الأرض فى نفس الوقت، كل ذلك ساهم فى زيادة الاحتياجات المائية، إلـــى جانب زيادة الرقعة الزراعية، الأمر الذى ترتب عليه انخفاض مناسيب المياه فى الترع، وعجز كمياتها خاصة فى النهايات. ولم يجد المزارع مناصاً لـــه ســـوى اللجوء إلى المصرف المجاور لأرضه لضخ المياه منه إلى الحقل مباشـــرة دون الاعتبار لنوعية مياه تلك المصارف، وما قد تسببه من أضرار صحيـــة وبيئيـــة واقتصادية. وأطلق على هذه الظاهرة غير القانونية "الاستخدام غـــير الرســـمى لمياه الصرف" وهو نظام يمارس بمعرفة الفلاح دون ترخيص من وزارة الرى. ومن الأشكال الأخرى للاستخدام غير الرسمى لمياه الصرف قيام الفـــلاح بســـد مواسير الصرف الحقلى ومجمعاتها بأرضه وذلك من أجل إبقاء المياه مختزنـــة تحت جذور النبات وعدم تسربها خارج حقله من خلال الصرف المغطى، ويتـــم ذلك غالباً فى حقول الأرز. وأثبتت الدراسات أن كمية المياه المعاد اســـتخدامها بواسطة ممارسات الاستخدام غير الرسمى، لا تقل عن ٣ مليار مـــتر مكعـــب سنوياً (عبد العظيم ، ١٩٩٩م)، وهى كمية كبيرة يستلزم معها اتخاذ الخطـــوات اللازمة لتقنينها، لما لها من آثار عكسية على نظم إدارة الرى فى مصر.

ومع تزايد الطلب على المياه على الترع الفرعية وتزايد شكاوى المنتفعين، وعجز مسئولى الرى بالمحافظات عن زيادة حصة هذه الترع من ميـــاه النيـــل، خاصة بعد صرف الحصة الكاملة لمياه النيل وتحويل جـــزء منـــها للأراضـــى الجديدة المستصلحة، وعدم السيطرة على زمامات الأرز المخالفة، فقد اضطرت بعض إدارات الرى فى المحافظات المختلفة بالوجه البحرى إلى اللجوء لإنشـــاء

محطات رفع صغيرة (تتراوح تصرفاتها من ٠,٥ إلى ١,٠٠ متر مكعب في الثانية) داخل حدود إدارة الرى لضخ جزء من مياه المصرف إلى مياه الترعة، وأطلق على هذا النظام لإعادة استخدام مياه الصرف " النظام الوسيط لإعادة الاستخدام" وهو نظام وسيط بين النظام الذى يديره المستوى المركزى بالوزارة والنظام الذى يديره الفلاح بصورة غير رسمية، وإن كانت إدارات الرى تطلق عليه محطات التغذية أو الطوارئ.

٥-٢-٥ تقييم الممارسات الحالية لإعادة الاستخدام

بالرغم من وجود ثلاث ممارسات أو أنظمة مختلفة لإعادة استخدام مياه الصرف، إلا أن كلاً منها له بعض أوجه القصور بالرغم من إسهامها جميعاً فى حل مشاكل عجز المياه فى بعض الأوقات، وخاصة فى فصل الصيف وخلال موسم زراعة الأرز. وسوف نقدم هنا بعض أوجه القصور التى سجلت لهذه الممارسات بالدلتا (عبد العظيم ، ١٩٩٩م):

أ. أثر ضخ مياه الصرف بالترع الرئيسية على نوعية المياه أمام مآخذ محطات مياه الشرب، لما تحمله هذه المصارف من ملوثات كيميائية وبيولوجية لها أثر ضار على صحة الإنسان. ومع احتدام هذه المشكلة تم إيقاف ثلاث محطات كبيرة هى محطة صرف المحسمة والتى تخلط مياهها بترعة الإسماعيلية، ومحطة صرف الوادى والتى تخلط مياهها بترعة الوادى الشرقى، ومحطة بطيطة والتى كان من المتوقع أن تخلط مياهها بترعة روينة بكفر الشيخ، غير أنها لم تعمل أبدا بعد الانتهاء من إنشائها وذلك لارتفاع مستوى التلوث بمصرف الغربية الرئيسى. وقد تسبب غلق هذه المحطات فى فقدان ما يقرب من ٠,٧ مليار متر مكعب سنويا، ليتم تعويضها من مياه النيل، وهو ما يزيد الضغط والعبء على مياهه المحدودة.

ب. وجود معظم مواقع محطات إعادة الاستخدام فى شمال الدلتا حيث يزداد تركيز الأملاح بالمصارف لتأثرها بتداخل مياه البحر وارتفاع مناسيب المياه الجوفية، مما يزيد من احتياجات الغسيل للأملاح التى قد تتراكم من جراء استخدام مياه الصرف، وهو ما يقلل من كميات مياه الصرف الفعلية المستفاد منها.

ج. تتركز الأضرار الناتجة عن إعادة استخدام مياه الصرف بالشكل غير الرسمى، وبأسلوب الفلاح السابق توضيحه، وعدم درايته بنوعية مياه الصرف وآثارها، ويؤدى هذا إلى تدمير خصائص التربة الزراعية نتيجة تراكم الأملاح بها وكذلك بعض الملوثات الأخرى والتى تؤثر على نفاذيتها، وكل ذلك يؤدى فى النهاية إلى تقليل إنتاجية المحصول. وقد أجريت دراسة على بعض المناطق فى كفر الشيخ لدراسة تأثر إنتاجية محصول القمح عند ثلاث معاملات للرى، هى الرى من الترعة (٢٤٩ جزءاً فى المليون) والرى من مياه مخلوطة (٦٣٣ جزءاً فى المليون) والرى من المصرف فقط (٢١٨٢ جزءاً فى المليون)، وقد تبين أن الإنتاجية انخفضت- مقارنة بالمحصول الذى تم ريه من الترعة - بنسبة ٣٣٪ و٦٦٪ للمحصول الذى تم ريه بمياه مخلوطة وذلك الذى روى بمياه صرف مباشرة على التوالى. ويضاف إلى انخفاض الإنتاجية، زيادة تكاليف الرى الناتجة من زيادة كميات مياه الرى من أجل ضمان غسيل الأملاح المتراكمة فى التربة، كما قد تتسبب مياه الصرف الملوثة فى إصابة المزارعين بالأمراض، وكذلك تلوث المنتجات الزراعية التى تصيب مستهلكيها أيضاً بالأمراض.

د. تسببت طلمبات المزارعين فى الاستخدام غير الرسمى لمياه الصرف والمنتشرة على جسرى المصرف فى انهيار جسور المصرف، وإعاقة المرور عليها، وزيادة تكاليف صيانة المصارف المكشوفة. كما يتسبب

غلق مواسير الصرف الحقلى فى تدمير شبكة الصرف المغطى وارتفاع تكاليف صيانتها وإحلالها، بالإضافة إلى ارتفاع منسوب الماء الأرضى للحقول المجاورة نظراً لتقليل كفاءة عمل شبكة الصرف المغطى، وهو ما يؤثر على إنتاجيتها خاصة لو كانت تزرع بمحاصيل حساسة للمياه الجوفية والملوحة.

هـ. وجد أن محطات مياه الصرف الصغيرة التى أنشئت بمعرفة إدارات الرى لتغذية نهايات الترع لا تعمل طوال العام، بل لفترة قصيرة جداً لا تتجاوز عدة أيام فقط خلال أوقات الشكاوى من نقص مياه الرى، وليس لها جدول تشغيل محدد ليساعد فى عملية توزيع المياه، وهو ما لا يتناسب مع التكاليف التى أنفقت على إنشائها.

و. هناك تعارض شديد بين الممارسات المختلفة لإعادة استخدام مياه الصرف، بين المستوى الرئيسى والمستوى الفردى (غير الرسمى) والمستوى الوسيط، وخاصة أن الممارسات غير المقننة سوف تؤثر سلباً على المياه المتاحة لمشروعات إعادة الاستخدام المستقبلية، مثل مشروعات الخلط على ترعتى السلام والنوبارية.

٥-٣ كميات مياه الصرف ونوعيتها بالدلتا

٥-٣-١ تصنيف مياه الصرف الزراعى بالدلتا

يعرض جدول (٥-٢) كميات مياه الصرف المتدفقة من الدلتا إلى البحر وتركيز الأملاح بها خلال الفترة ٨٤/١٩٨٥م-١٩٩٥/١٩٩٦م. وبالرغم من أن شبكة المصارف المكشوفة صممت على التخلص من مياه صرف الأراضى الزراعية ونقلها خارجها للتخلص من الأملاح التى يمكن أن تتجمع بالتربة، فقد لوحظ أنها تحمل أيضاً مخلفات أخرى تلقى إليها مثل مخلفات الصرف الصحى والصناعى والتى تكون غالباً غير معالجة، الأمر الذى يسبب تغيراً ملحوظاً فى نوعية مياه المصارف، وتصبح فى بعض الأحيان غير ملائمة للاستخدام حتى

فى أغراض الزراعة. وقد تم تصنيف مياه الصرف بالدلتا بناءً على أربعة مؤشرات رئيسية (معهد بحوث الصرف، ١٩٩٤م)، تحدد صلاحية هذه المياه لأغراض الزراعة وفقاً للمواصفات التى حددتها منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (FAO) مؤخراً، ووفقاً للبيانات المتاحة بمعهد بحوث الصرف لعام ١٩٩٤/٩٣م، وهذه المؤشرات هى: معدل مياه الصرف (مم/يوم) لتحديد مدى توافرها، ودرجة تركيز الأملاح بمياه الصرف (جزء فى المليون)، ونسبة الصوديوم المدمص، وتركيز الكلور، وتركيز الكلور والصوديوم يحدد صلاحية المياه للمحاصيل الحساسة. وقد تبين من تحليل هذه البيانات أن منطقة الدلتا يمكن تقسيمها، عرضياً، إلى ثلاث مناطق: المنطقة الأولى جنوب الدلتا، والمنطقة الثانية شمال الأولى والمنطقة الثالثة فى شمال الدلتا ليحدها البحر من الشمال. وتتميز المنطقة الجنوبية بصلاحية مياه الصرف بها للرى حتى ولو مباشرة نظراً لأن تركيز الأملاح بها أقل من ١٠٠٠ جزء فى المليون، وتقل بها نسبة الصوديوم المدمص وكذلك تركيز الكلور، غير أنه لوحظ أن تركيز الكلور يزيد عما حددته مواصفات FAO لرى المحاصيل الحساسة فى بعض المواقع، مما قد يستدعى خلط هذه المياه بالمياه العذبة لتخفيف آثارها. وبالرغم من صلاحية مياه الصرف بجنوب الدلتا إلا أنها تتوافر بكميات قليلة وهى أقل من ١ مم/يوم. وعندما نتحرك إلى الشمال، فى المنطقة الثانية نجد أن مياه الصرف تتوافر بكميات أكبر تتراوح بين ١ و ٣ مم/يوم، ولكن بنوعية أقل، حيث يتراوح تركيز الأملاح المذابة ما بين ١٠٠٠ و ٢٠٠٠ جزء فى المليون وتزيد نسبة الصوديوم المدمص والكلور بها، وبما يشكل خطورة شديدة على المحاصيل الحساسة إذا تم ريها مباشرة بهذه المياه، ولذلك تتطلب كميات كبيرة من المياه العذبة للخلط معها لتقليل خطورتها. أما بالنسبة للمنطقة الشمالية فتزيد بها كميات الصرف عن ٣ مم/يوم، وتصل فى بعض الأماكن إلى ١٥ مم/يوم، ويرجع ذلك إلى تأثير تداخل مياه البحر فى الشمال وارتفاع مناسيب المياه الجوفية، وقد وجد أن تركيز الأملاح بها يزيد على ٢٠٠٠ جزء فى المليون ويصل فى بعض المناطق إلى ٥٠٠٠ جزء فى المليون، وقد وجد أيضاً أن نسبة الصوديوم المدمص وتركيز الكلور تزيد بشكل كبير مما يشكل خطورة شديدة

على المحاصيل. ويمكن القول فى هذه الحالة إن تلك المياه خاصة القريبة مـــن البحر يصعب إعادة استخدامها، وقد يتطلب خلطها بكميات مياه عذبة كبيرة جـداً لتحسين نوعيتها. ولذا يوصى بالتركيز على استخدام مياه الصرف فى المنـــاطق الجنوبية ذات النوعية الجيدة بدلاً من تركها تتحرك ناحية الشمال لتسوء نوعيتها عندما تختلط بالمياه فى مناطق شمال الدلتا.

جدول (٥-٢) كميات (مليون متر مكعب) ودرجة ملوحة (جزء فى المليون) مياه الصرف المتدفقة إلى البحر خلال الفترة ١٩٨٤/١٩٨٥-١٩٩٥/١٩٩٦م

السنة	شرق الدلتا		وسط الدلتا		غرب الدلتا		إجمالى الدلتا	
	الكمية	الملوحة	الكمية	الملوحة	الكمية	الملوحة	الكمية	الملوحة
١٩٨٤/١٩٨٥م	٤٣٩١	١٣٥٧	٥٠١٣	٢١٤٤	٤٣٢١	٣٦٨٦	١٣٧٢٥	٢٣٨١
١٩٨٥/١٩٨٦م	٤٢١٩	١٤٩٨	٤٨٨٣	٢٣٧٤	٤٣٣٩	٣٢١٣	١٣٤٤١	٢٣٧٤
١٩٨٦/١٩٨٧م	٣٨١٥	١٥٥٥	٤٩٠٠	٢٣٨١	٣٩٥٥	٣٠٢١	١٢٦٧٠	٢٣٣٠
١٩٨٧/١٩٨٨م	٣٥١٤	١٦٩٠	٤٢٩١	٢٥٣٤	٤٠٣٠	٣٦١٦	١١٨٣٥	٢٦٥٠
١٩٨٨/١٩٨٩م	٣١٨١	١٧٦٦	٤١٤٢	٢٤٨٣	٤١٦٨	٣٨٤٠	١١٤٩١	٢٧٧٨
١٩٨٩/١٩٩٠م	٣٦٥١	١٨٢٤	٤١٥٩	٢٥٥٤	٤٥٧٣	٣٦٨٠	١٢٣٨٣	٢٧٥٢
١٩٩٠/١٩٩١م	٣٧٢٦	١٧٤١	٣٦٧٤	٢٥٩٨	٥١١٦	٣٩٩٤	١٢٥١٦	٢٩١٢
١٩٩١/١٩٩٢م	٣٧٩٥	١٥٣٦	٤٠٩٢	٢٧٠١	٥١١٨	٣٤٩٤	١٣٠٠٥	٢٦٧٥
١٩٩٢/١٩٩٣م	٤٠٩٤	١٥٦٨	٣٧٤٠	٢٦١٨	٤٣١٢	٣٨٢١	١٢١٤٦	٢٦٨٨
١٩٩٣/١٩٩٤م	٤٢١٩	١٧٣٤	٣٥٦٩	٢٧٦٥	٤٦١٣	٣٥٢٠	١٢٤٠١	٢٦٩٤
١٩٩٤/١٩٩٥م	٤٢٥٦	١٩٠٧	٣٩٦٦	٢٦٧٥	٤٢٥٢	٣٦٣٥	١٢٤٧٤	٢٧٣٩
١٩٩٥/١٩٩٦م	٣٧٩٠	٢٠٤٨	٤١٢٧	٢٦٦٢	٤٤٦٩	٣٦٢٩	١٢٣٨٦	٢٨٢٢
متوسط الفترة ١٩٨٤-١٩٩٠م	٣٨٢٤	١٥٧٣	٤٦٤٦	٢٣٨٣	٤١٦٣	٣٤٧٥	١٢٦٣٢	٢٥٠٢
متوسط الفترة ١٩٩٠-١٩٩٣م	٣٨١٧	١٦٦٧	٣٩١٦	٢٦١٨	٤٧٨٠	٣٧٤٧	١٢٥١٣	٢٧٥٧
متوسط الفترة ١٩٩٣-١٩٩٦م	٤٠٨٨	١٨٩٧	٣٨٨٧	٢٧٠١	٤٤٤٥	٣٥٩٥	١٢٤٢٠	٢٧٥٢

ولا تقتصر نوعية مياه المصارف على المعايير السابقة، خاصة وأنها لا تعكس مستوى التلوث بالمصارف الرئيسية بالدلتا والناتج عن صرف المخلفات الصناعية ومخلفات الصرف الصحى غير المعالجة. وتم فى هذا الصدد الاعتماد على تحديد قيم بعض المؤشرات الهامة مثل: العد الاحتمالى للبكتريا القولونية MPN ومعدل الطلب على الأكسجين الحيوى BOD، ومعدل الطلب على الأكسجين الكيميائىCOD، وتركيز النترات والفوسفات والعناصر الثقيلة. وقد تم تقييم بعض المواقع على مصرف بحر البقر ومصرف بحر حادوس فى منطقة شرق الدلتا، ومصرف الغربية الرئيسى ومصرف الأعلى فى منطقة وسط الدلتا، ومصرف إدكو فى منطقة غرب الدلتا، وقد تبين أنMPN تصل قيمتها إلى أكثر من ١٢×١٠ ٦ خلية/١٠٠مل (مللى ليتر) كما فى مصرف الغربية الرئيسى أمام محطة الحامول لإعادة استخدام مياه الصرف، وتصل إلى أقل قيمة لها وهى حوالى ١×١٠ ٦ خلية/١٠٠مل كما فى مصرف المحسمة، وعلى العموم فهذا يعطى مؤشرا على احتواء مياه المصارف على مخلفات الصرف الصحى غير المعالجة، كما أن هذه التقديرات تفوق حدود المواصفات المحلية والدولية لإعادة الاستخدام، غير أن ما يخفف من حدتها هو خلطها مع مياه الترع. وتراوحت قيم BOD بين ٨ و٢٠ مجم/لتر، وتراوحت قيم COD بين ١١٣ و ١٣٨ مجم/لتر، وارتفاع COD يؤكد وجود مخلفات صناعية، وقد بلغت نسبة COD/BOD أكثر من ٥,٠ فى معظم المواقع مما يدل على وجود المخلفات الصناعية. ولكن بالنسبة لتركيز النترات والفوسفات والمعادن الثقيلة فهى فى الحدود الآمنة طبقا للمواصفات المحلية والعالمية. مما تقدم يتضح أن مياه المصارف الرئيسية تنوء من التلوث العضوى والكيميائى، وأن خلط مياهها مع الترع الرئيسية خاصة التى تخدم أغراض مياه الشرب سيسبب مشاكل صحية كبيرة، مما أدى بالفعل إلى غلق بعض محطات إعادة الاستخدام، ويتطلب هذا الوضع البحث فى إمكانية

إعادة استخدام مياه المصارف الفرعية والتى قد تكون أحسن حالا من مياه المصارف الرئيسية، وعلى أن تخلط بمياه الترع الفرعية التى تخدم أغراضا زراعية فقط، وهو ما يطلق عليه النظام الوسيط لإعادة الاستخدام.

وقد ثبت بالفعل أن مياه المصارف الفرعية، وذلك فى منطقة دراسة تم اختيارها بأبى حماد، على درجة عالية من الجودة (عبد العظيم، ١٩٩٩م)، فدرجة تركيز الأملاح بها منخفضة لا تزيد عن ٥٠٠ جزء فى المليون، وهى صالحة لرى المحاصيل ولو حتى مباشرة وفقا لمواصفات FAO والتى تسمح بالرى بمياه المصارف حتى ١٠٠٠ جزء فى المليون. وبالنسبة لمستوى التلوث فقد وجد أنه أقل بكثير من المصارف الرئيسية، فقيمةMPN تتراوح بين ٤٠٠٠ و١٣٠٠٠٠ خلية / ١٠٠مل، بالمقارنة بتلك المقاسة على مصرف بحر البقر بالمنطقة والتى وصلت إلى ٢×١٠ ٦ خلية/١٠٠ مل، وبينت النتائج انخفاض قيم BOD و COD بشكل واضح مقارنة بالمصارف الرئيسية. ويعزى ذلك إلى أن المصارف الفرعية تمر بعيدا عن المدن الكبيرة والمناطق الصناعية، مما يجعلها تحمل مياه الصرف الزراعى فقط، وإن كانت بعض القرى المجاورة تصرف عليها مخلفاتها، ولكن بمعدلات صغيرة. ومن ثم فإنه من الضرورى وضع سياسة جديدة للنظر فى استخدام مياه هذه المصارف فى استكمال الاحتياجات المائية للترع الفرعية وحل مشاكل عجز المياه بها، وتوفير بعض المياه العذبة فى فصل الشتاء.

٥-٣-٢ الكميات المتاحة للتوسع فى إعادة الاستخدام

ثبت من تحليل بيانات مياه المصارف المتدفقة إلى البحر أن هناك ما لا يقل عن ١٢ مليار متر مكعب تلقى حاليا إلى البحر، وأربعة مليارات يعاد استخدامها. ومن بين هذه الكميات ما يقرب من حوالى ٨ مليار متر مكعب

سنويا (شاملة ما يعاد استخدامه حاليا) ذات تركيز أملاح أقل من ٣٠٠٠ جزء فى المليون، وبالتالى يتبقى ٤ مليارات يمكن إعادة استخدامها ولكنها بتركيز أملاح أعلى مما هو مستخدم حاليا، وهذا يعنى أنه لاستخدام هذه الكمية فلابد من الأخذ فى الاعتبار إضافة مياه عذبة لإزالة الأملاح التى قد تتراكم من جراء استخدام هذه المياه، وبالتالى لا ينصح بأن يزيد إجمالى كمية المياه المعاد استخدامها عن ٨ مليار متر مكعب سنويا، حيث أية زيادة سوف تشكل عبئا على إدارة المياه فى الدلتا بدون مردود حقيقى، حيث يستخدم معظمها فى الإيفاء باحتياجات غسيل التربة من الأملاح المتراكمة. وبالفعل يوجد حاليا ثلاثة مشروعات للتوسع فى إعادة الاستخدام فى الدلتا، لاستخدام ما يقرب من ٤ مليار متر مكعب إضافية. وهذه المشروعات هى، الأول مشروع خلط مليار متر مكعب سنويا من مياه مصرف العموم بمياه ترعة النوبارية، وقد تم الانتهاء من كافة أعمال البنية الأساسية لهذا المشروع منذ عام ١٩٩٤م ولكنه لم يعمل بعد لارتفاع مستوى التلوث بمياه مصرف العموم، وتبذل الجهود حاليا للتخلص من هذا التلوث عن طريق معالجة مياه الصرف الصحى للمدن التى تصرف على هذا المصرف. والمشروع الثانى هو مشروع خلط حوالى ٢ مليار متر مكعب من مصرف حادوس ومصرف السرو ومصرف فارسكور على ترعة السلام. وتم الانتهاء من هذا المشروع بالفعل ويعمل حاليا ولكن على نطاق صغير لعدم الانتهاء من ترعة السلام. والمشروع الثالث هو مشروع رى ٥٥٠٠٠ فدان بمنطقة قلابشو وأبو ماضى شمال محافظة الدقهلية، من خلال ضخ مليار متر مكعب من مصرف رقم (١) الأسفل ومصرف رقم (٢) الأعلى، حيث تم إنشاء هدار عند نقط تلاقيهما لتغذية الترعة الآخذة من المصرف أمام الهدار، وجارى حاليا استكمال البنية الأساسية لاستصلاح الأراضى بها. وبالتالى فإن إجمالى ما

سوف يعاد استخدامه من مياه الصرف فى المستقبل سوف يصل إلى ٨ مليـــار متر مكعب، بشرط إيقاف التلوث بالمصارف.

٥-٤ أهم معوقات التوسع فى إعادة استخدام مياه الصرف

بالإضافة إلى مشكلة تلوث مياه المصارف والتى تمثل المحـــدد الرئيســى للتوسع فى إعادة استخدام مياه الصرف الزراعى، إلا أن هناك عـــدة معوقـات أخرى كمية تحدد بدرجة كبيرة كميات مياه الصرف الممكن إعادة اســتخدامها، وفيما يلى سرد لهذه المحددات والمعوقات:

٥-٤-١ الحفاظ على الحياة الطبيعية فى البحيرات الشمالية

تلعب مياه المصارف المتدفقة إلى البحيرات الشمالية دورا هاما فى الحفـاظ على الحياة الطبيعية بها، ومن أهمها الحفاظ على النمو السمكى بتلك البحـيرات. ولا شك أن التوسع فى إعادة استخدام مياه الصرف بمنطقة الدلتا ســـوف يقلـل الكميات المنصرفة إلى تلك البحيرات، الأمر الذى يترتب عليه تغير نوعية المياه بتلك البحيرات. فعلى سبيل المثال، يؤدى الخفض فى الميـــاه المنصرفـــة إلـــى البحيرات إلى ازدياد تركيز الأملاح بمياهها مما قد يكون له الأثر السلبى خاصة إذا زاد عن حد معين (الحد الأقصى الذى يسمح بنمو الأسماك). وطبقا لأرصـــاد مياه الصرف المتدفقة إلى البحيرات الشـــمالية عـــام ١٩٩٣/١٩٩٤م، نجـد أن كميات المياه المتدفقة إلى بحيرة المنزلة كانت حوالى ٤,٢ مليار مـــتر مكعـب وتركيز الأملاح بمياه البحيرة كان ٢٠٠٠ جزء فى المليون، وإلى بحيرة البرلس حوالى ١,٢ مليار متر مكعب وتركيز الأملاح بها حوالى ٣٥٠٠ جـــزء فـــى المليون، وإلى بحيرة إدكو حوالى مليار واحد وتركيز الأملاح كان بـــها ١٣٠٠ جزء فى المليون. وتساهم هذه الكميات المتدفقة إلى البحيرات فى تجديد مياهـــها والحفاظ على الحياة الطبيعية بها. ومع استقطاع جزء من مياه الصرف المتدفقـة إليها، مثل مشروع ترعة السلام الذى سيستقطع حوالى ٢ مليار مـــتر مكعـب

سنويا كانت تذهب إلى بحيرة المنزلة، فسوف يؤدى ذلك إلى خفض المياه المنصرفة إليها إلى حوالى ٢,٢٠ مليار متر مكعب سنويا، ومن ثم تقليل معدل تجديد مياهها، وبالتالى زيادة تركيز الأملاح بمياهها لتصل إلى حوالى ٣٨٠٠ جزء فى المليون، وهكذا الحال بالنسبة لباقى البحيرات. وقد بينت الدراسات السابقة أن أقل كمية مياه صرف تتدفق إلى البحر والبحيرات يجب ألا تقل عن ٨ مليار متر مكعب سنويا للحفاظ على الحياة الطبيعية بالبحيرات، وعند هذا الحد يزداد تركيز الأملاح بالبحيرات ولكن أقل من ٤٠٠٠ جزء فى المليون والتى اعتبرت الحد الأقصى للنمو السمكى بالبحيرات الشمالية.

ونود أن ننوه إلى أهمية القضاء على التلوث بمياه المصارف قبل تدفقها إلى البحيرات ، لما لذلك من أثر خطير يهدد استدامة الحياة الطبيعية بالبحيرات. ومثال على ذلك، بحيرة مريوط والتى أدى التلوث بها إلى انقراض أنواع من السمك وانحدار معدلات إنتاجها ، بل ولم تعد موجودة على خريطة الإنتاج السمكى.

٥-٤-٢ التوازن الملحى لأراضى الدلتا

إن التوسع فى إعادة استخدام مياه الصرف الزراعى يعنى جلب المزيد من الأملاح للتربة الزراعية، الأمر الذى يجب معه التخلص من تلك الأملاح المتراكمة من خلال عمليات الغسيل للتربة الزراعية. أضف إلى ذلك أن التوسع فى إعادة الاستخدام لمياه الصرف سوف يترتب عليه أن تقل كمية المياه التى تتدفق إلى البحر، وبالتالى تزايد تداخل مياه البحر إلى شمال الدلتا وما تجلبه من أملاح. ولهذا فإنه من الضرورى إيجاد توازن بين هذه المتغيرات بما يضمن الاستدامة لعمليات إعادة استخدام مياه الصرف. وقد خلصت معظم الدراسات السابقة إلى أن أقل كمية يجب أن تتدفق إلى البحر من مياه الصرف هى ٨ مليار متر مكعب سنويا لمنع تداخل مياه البحر، ويعنى هذا أن كميات مياه الصرف الكلية التى يمكن إعادة استخدامها سوف تتراوح بين ٨ و ٩ مليار متر مكعب.

٥-٤-٣ التعارض مع برامج تطوير الرى السطحى

تعتمد مشروعات تطوير الرى على تحسين توزيع المياه على الترعة الفرعية (ترعة التوزيع) وذلك من خلال إعادة تصميم قطاعات الترع، والتحكم فى النهايات، وتقليل الفواقد المائية من النهايات، وتحديد نقطة رفع واحدة لكل مسقى على الترعة، وجدولة الرى بين المنتفعين. ولذلك تذهب بعض الآراء إلى أن تطوير الرى سوف يقلل مياه الصرف، ويزيد من درجة تركيز الأملاح بها، وهو الأمر الذى يمكن أن يؤثر بشكل واضح على إعادة استخدام مياه الصرف.

٥-٤-٤ تأثير مشروع توشكى على كميات ونوعيات مياه الصرف

وبالنسبة لمشروع توشكى والذى من المتوقع أن يستقطع خمسة مليار متر مكعب سنويا من المياه أمام السد العالى، فسوف يؤثر بالطبع على ممارسات ونظم إدارة المياه خلف السد العالى (فى وادى النيل والدلتا). وقد تبين أن تركيز الأملاح فى مياه المصارف سوف يرتفع بنسبة ١٣,٦٪ مما قد يؤثر بالطبع على ممارسات إعادة استخدام مياه الصرف (عبد العظيم ، ١٩٩٩م).

٥-٥ الآثار البيئية المحتملة لإعادة استخدام مياه الصرف الزراعى

بالرغم من أن إعادة استخدام مياه الصرف فى نظام الرى المصرى تعد إحدى وسائل رفع كفاءة استخدامات المياه، إلا أن هناك بعض المحاذير التى يجب مراعاتها عند التوسع فى استخدام مياه الصرف، فقد يكون لها آثار بيئية سيئة سواء على المدى القريب أو البعيد. ولا تتركز هذه الآثار البيئية على التربة والنبات فحسب، بل قد تمتد لتصيب الإنسان أيضا، سواء من العاملين فى مجال الرى والزراعة أم من المستخدمين للمنتجات الزراعية. ونود أن ننوه هنا إلى أن شبكة المصارف فى مصر، لا تحمل مياه الصرف الزراعى فحسب، بل تمتد أيضا لتستقبل مياه الصرف الصحى والصناعى غير المعالجة فى كثير من الأحيان، وهو ما يزيد الأمر خطورة.

ويحدث غالبا فى حالة الرى بمياه رديئة النوعية أن تتبخر المياه وتترك الأملاح والمركبات والعناصر الضارة بالتربة. ويستلزم الأمر حينئذ وضع نظم جيد للصرف وإدارة مياه الرى بما يضمن غسيل الأملاح من التربة وعدم التأثير على خصائصها وبالتالى عدم التأثير على إنتاجية المحاصيل. ومن المشاكل المحتملة على التربة الزراعية هى:

- تراكم الأملاح بالتربة الزراعية وخاصة فى منطقة الجذور مما يؤدى إلى عدم قدرة النبات على امتصاص المياه من التربة وبالتالى يؤثر على نمو النبات.
- تراكم الأملاح فى منطقة الجذور يؤدى إلى تقليل خاصية النفاذية للتربة، ومن ثم تقليل معدل دخول مياه الرى إلى منطقة الجذور، مما يتسبب فى ارتفاع منسوب الماء الأرضى، ونمو الحشائش، وانتشار الأمراض. وتتأثر نفاذية التربة بدرجة تركيز الأملاح بمياه الرى، وتركيز الكربونات والبيكربونات، وتأثير محتوى الصوديوم بالمياه بالنسبة إلى محتوى الكالسيوم والماغنسيوم.
- يؤدى ارتفاع نسبة العناصر ؛ البورون والكلوريد والصوديوم إلى زيادة نسبة السمية فى مياه الرى والتى لها تأثير على نمو النبات، حيث تسبب احتراق أوراق النبات وبالتالى تقليل إنتاجيته بشكل كبير جدا.
- كما يؤدى زيادة محتوى الكربونات فى مياه الرى وكذلك النسب الشاذة (غير المعتادة) لمؤشر الحمضية (ph) إلى التأثير على أوراق وثمار الفاكهة خاصة فى نظم الرى بالرش، كما يؤدى ارتفاع نسبة النيتروجين فى مياه الرى إلى تأخير مرحلة نضج المحصول.

ويختلف تأثير مياه الرى على المحاصيل من محصول لآخر، فهناك المحاصيل شديدة الحساسية لنوعية مياه الرى وهناك المحاصيل الأقل حساسية، وهو ما يجب اعتباره عند استخدام مياه الصرف فى الرى (الفاو، ١٩٩٥م).

من ناحية أخرى نجد أن مياه الصرف تحمل كميات من مياه الصرف الصحى والصناعى، ولهذا فإن تأثيرها على الصحة العامة للمزارعين وكذلك مستهلكى المنتجات الزراعية يزداد خطورة. وتوجد بعض المؤشرات التى تحدد صلاحية مياه الرى على الصحة العامة مثل مؤشر الاحتياج للأكسجين الحيوى لأكسدة المواد العضوية، وكذلك الأكسجين الكيميائى، والعد الاحتمالى للبكتريا القولونية. ويؤدى ارتفاع الملوثات العضوية إلى انتشار البكتريا الممرضة والتى تصيب الإنسان والحيوان. وتختلف قدرة أنواع البكتريا الممرضة على البقاء حية فى المياه أو التربة الزراعية، حيث تبقى بعضها حية لمدة أيام والبعض لمدة شهور والبعض لمدة أعوام. ومن أمثلة البكتريا الممرضة الإسكارس والكوليرا والقولون واميبا الدوسنتاريا ويرقة التينيا وبكتريا التيفود وغيرها.

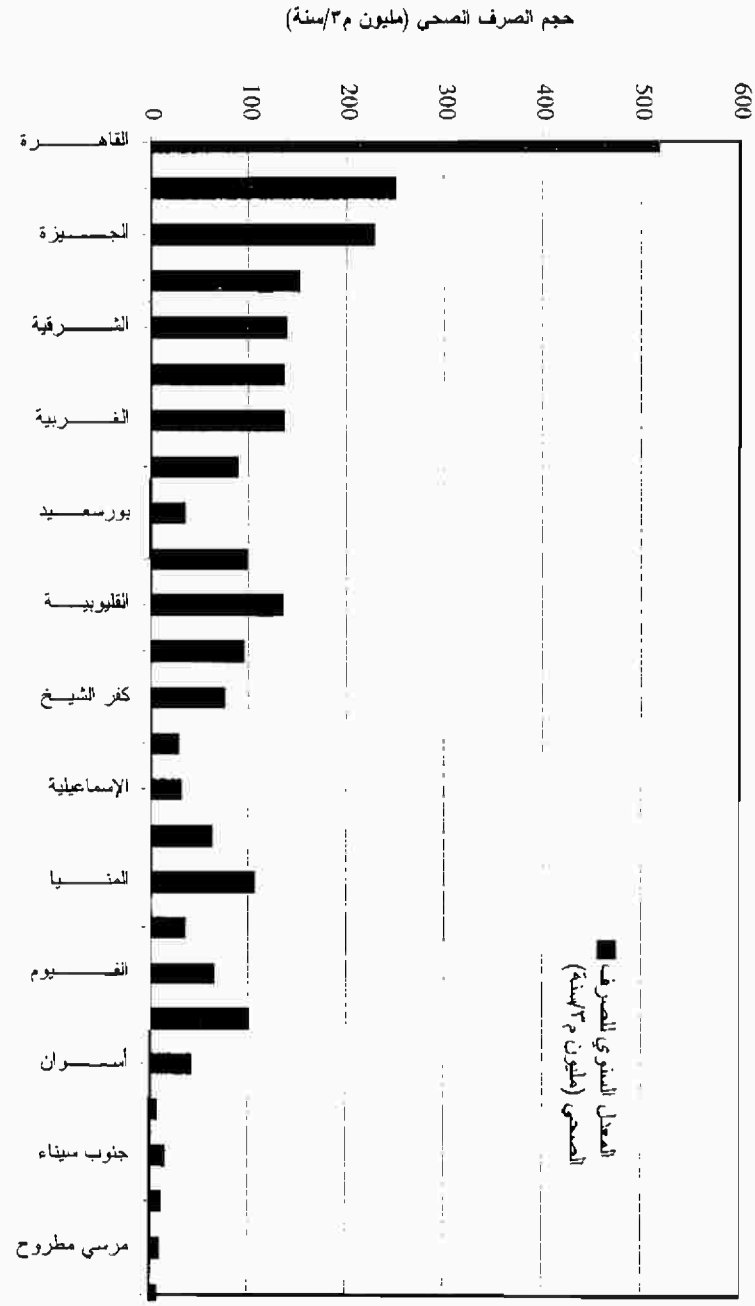
٦- إعادة استخدام مياه الصرف الصحى

٦-١ تمهيد

تمثل مياه الصرف الصحى عادم الاستخدامات السكانية التى معظمها مياه للشرب، وفى مصر نوعان من شبكات الصرف الصحى، الأولى منهما تحمل مياه الصرف الصحى فقط، والثانية تحمل مياه الصرف الصناعى بالإضافة إلى مياه الصرف الصحى، ومياه هذا النوع من الشبكات تمثل الخليط الناتج عن استخدامات مياه الشرب ومياه الصناعة. وقد أوضح التقرير رقم (١٦) من تقارير وحدة الدراسات الاستراتيجية بالمركز القومى لبحوث المياه الصادر عام ١٩٩٦م بأن إجمالى صرف مياه الصناعة يقدر بحوالى ٧٥٠ مليون متر مكعب / السنة. وفيما يلى عرض لبيانات مياه الصرف الصحى من حيث كمياتها الحالية وتقديراتها المستقبلية ونسبة الكميات المعالجة منها. ثم تتطرق الدراسة للممارسات الحالية لاستخدامات مياه الصرف الصحى، والتقديرات المستقبلية للتوسع فى هذه الاستخدامات. وتنتهى هذه الدراسة باستعراض الآثار البيئية لتدوير هذه المياه خاصة فى الاستخدامات الزراعية.

٦-٢ كميات مياه الصرف الصحي الحالية و المستقبلية

يوضح الشكل رقم (٦-١) معدلات الصرف الصحى لكل محافظة، وتم تقدير حجم مياه الصرف الصحى على مستوى الجمهورية بحوالى ٧,١ مليون متر مكعب / اليوم، أى حوالى ٢,٥٩ مليار متر مكعب / السنة (المركز القومى لبحوث المياه، ١٩٩٦م)، وهذا يمثل حوالى ٥٢,٤ ٪ من استخدامات مياه الشرب لعام ١٩٩٥م بعد خصم حجم مياه الصرف الصناعى، ولقد قدرت الدراسات (بيسكود ١٩٩٢م) الاستهلاك غير المردود من استخدامات مياه الشرب بحوالى ١٥٪، وهذه النسبة تمثل الاستهلاك الفعلى مضافا إليه نسبة الفواقد فى شبكة



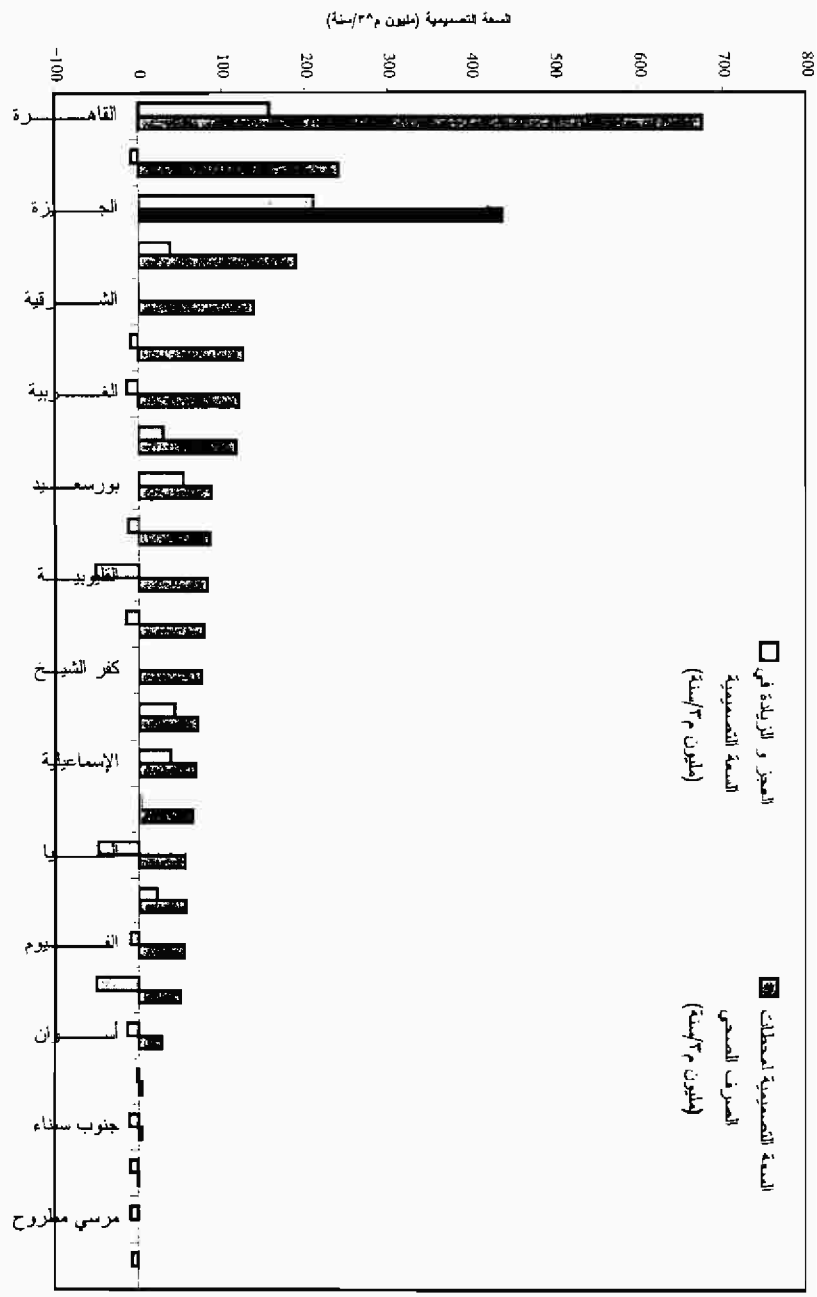
شكل (٦-١) حجم تصرفات الصرف الصحي بمحافظات مصر

توزيع مياه الشرب، وعلى ذلك يتضح أن هناك أكثر من ٣٢٪ فواقد إضافية فى شبكة توزيع مياه الشرب، وهذه الفواقد الزائدة، على سبيل المثال، تمثل حوالى ٧٦٪ من الاحتياجات المطلوبة لقطاع مياه الشرب لسد الفارق بين استخدامات عام ١٩٩٥م وعام ٢٠٢٠ م.

٦-٣ نسبة الكميات المعالجة الحالية و المستقبلية

هناك حوالى ٣٧٪ من مياه الصرف الصحي تصرف إلى المصارف الزراعية بعد معالجتها ثانوياً، وهناك حوالى ١٣٪ تصرف على البحيرات الشمالية بعد المعالجة الأولية (المركز القومى لبحوث المياه، ١٩٩٦م). كما أن حوالى ٢,٥٪ تصرف إلى قناة السويس بعد المعالجة الأولية، وحوالى ٤٧٪ من إجمالى السعة التصميمية لمحطات المعالجة تصرف مياهها بعد معالجتها ثانوياً إلى الأراضى الرملية المتاخمة لها. وقد أكدت بعض البحوث (الجمل ١٩٨٤م وعبد الغفار ١٩٨٨م) أن معظم مياه الصرف الصحى على مستوى محافظات مصر صالحة للاستخدام فى الزراعة بعد معالجتها بالمحطات القائمة على مختلف درجات معالجتها، بل وجد أنها يمكن أن تغنى عن استخدام الأسمدة الآزوتية فى كثير من الحالات.

والقدرة التصميمية لمحطات معالجة الصرف الصحي بمختلف درجات المعالجة (أولية - ثانوية .. الخ) على مستوى الجمهورية حوالى٧,٩٩ مليون متر مكعب /يوم، أى بمعدل ٢,٩٢ مليار متر مكعب / السنة، وذلك سواء للمحطات القائمة أم الجارى تنفيذها، ويوضح الشكل رقم (٦-٢) السعة التصميمية لهذه المحطات على مستوى المحافظات، وكما يتضح من الشكل فإن هناك ١٢ محافظة تعانى من زيادة حجم مياه الصرف الصحى عن القدرة



شكل رقم (٦-٢) السعة التصميمية لمحطات الصرف والعجز والزيادة فى السعة

الاستيعابية لمحطات المعالجة، وتتراوح نسبة السعة التصميمية للمحطات إلى حجم مياه الصرف الصحى بهذه المحافظات ما بين ٦,٨% بمحافظة شمال سيناء إلى حوالى ٩٣% بمحافظة البحيرة، كما أن هناك ثمانى محافظات تفوق فيها السعة التصميمية للمحطات حجم مياه الصرف، والنسبة تتراوح بين ١٢٥% بالدقهلية إلى ٢٥٦% ببور سعيد، كما أن هناك أربع محافظات تتراوح النسبة فيها من ٩٦% إلى ١٠٤%، أما بالنسبة لمحافظتى مطروح والبحر الأحمر فلا توجد بيانات عن محطات المعالجة بهما.

٦-٤ الممارسات الحالية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى

يرجع استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة بمصر إلى العقد الثانى من هذا القرن، إذ إنه منذ عام ١٩١٥م بدأت زراعة بعض الأراضى الصحراوية حول محطة الصرف الصحى بالجبل الأصفر، وقد وصلت المساحة المزروعة بمياه الصرف الصحى حالياً بجوار هذه المحطة إلى ٢٥٠٠ فدان، حوالى ٦٩ % من هذه المساحة يتم زرعها أشجار موالح، وحوالى ٢٣% أشجار كازورينا، وباقى المساحة تزرع ذرة وفول وطماطم وخضروات. والجدير بالذكر أن رى هذه الأراضى بهذه النوعية يقدر بحوالى ٥٠٠٠٠ متر مكعب/ فدان/السنة أى حوالى خمسة أمثال معدل الرى بالأراضى القديمة، علماً بأن ٤٠٠٠٠ متر مكعب/ يوم هى جملة ما يتم معالجته أولياً بمحطة الجبل الأصفر، والباقى وهو حوالى ٣٠٠٠٠٠ متر مكعب/اليوم يتم معالجته فقط بالمرور على أحواض الترسيب.

ويجدر هنا التنويه عن أن هناك ٧٠٠مليون متر مكعب/ سنة من الصرف الصحى لمدينة القاهرة الكبرى من محطتى زنين وأبو رواش يتم صرفها بدون معالجة لمصرف الرهاوى، وهذا المصرف يصب هذه المياه بالإضافة إلى حوالى ٣٠٠ مليون متر مكعب/ سنة مياه صرف زراعى إلى فرع رشيد عند الكيلو ٩,٠٠ خلف قناطر الدلتا، كما أن مصرف سيال يصرف حوالى ٤٧,٥ مليون متر مكعب/ سنة من مياه الصرف الصحي إلى فرع رشيد عند الكيلو

٧٠,٤ خلف قناطر الدلتا، ومصرف تلا يحمل حوالى ٢٢,٤ مليون متر مكعب/ سنة من مياه الصرف ليصبها فى فرع رشيد عند الكيلو ١١٩,٠٠خلف قناطر الدلتا، وكل هذه المياه بالإضافة إلى تصرفات الصرف الزراعى الذى تحمله هذه المصارف والمصارف الأخرى بالإضافة إلى تصرفات مياه النيل تسير خلال فرع رشيد لأغراض الرى والشرب والصناعة على طول مجرى الفرع والترع والرياحات الآخذة من مياهه.

٦-٥ خطط الدولة للتوسع فى إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة

يتم فى الوقت الحالى بعد زيادة عدد محطات المعالجة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى مناطق مختلفة من الوادى بأسيوط والتبين وحلوان، وتبلغ كمية مياه الصرف الصحي التي يتم معالجتها حوالى ٧٠ر. مليار متر مكعب، منها ٢٦٣ر. مليار متر مكعب تعالج معالجة ثانوية بالقاهرة الكبرى، أما الباقى فيعالج معالجة أولية فقط.

وفى الخطة القومية للتوسع الأفقى الحالية والتى من المقرر أن تستكمل حتى عام ٢٠١٧م والتى تهدف إلى استصلاح حوالى ٣ر٤ مليون فدان، تم تخصيص مساحة ٢٥٠ ألف فدان تروى بمياه الصرف الصحى بالقاهرة والإسكندرية، وهذه المساحة تتضمن ٢٠٠ ألف فدان بالقاهرة، و٥٠ ألف فدان بالإسكندرية، وتبلغ الاحتياجات المائية لهذه المساحة الكلية حوالى ٧ر١ مليار متر مكعب / سنة، يتم استهلاك مليار متر مكعب / سنة من هذه الاحتياجات ويعود منها٧٠ر٠ مليار متر مكعب / سنة إلى شبكة الصرف الزراعي.

ونظراً لأن أهم أهداف المرحلة القادمة هو الاستخدام الأمثل للموارد المائية المتاحة، فإن وزارة الموارد المائية والرى ترى أنه يمكن اعتبار مياه الصرف الصحى المعالجة أحد المصادر المائية التي يمكن استخدامها لأغراض الرى إذا كانت تفى بالشروط والمواصفات فى النقاط التالية:

- زيادة المياه المعالجة ثانوياً من ٢٦ر. مليار إلى ٨ر٢ مليار متر مكعب / سنة بحلول عام ٢٠٠١م، على أن تزداد إلى ٥ر٤ مليار متر مكعب/ سنة بحلول عام ٢٠١٧م.

- استخدام هذه المياه فى استصلاح الأراضى وزراعتها بمحاصيل غير غذائية مثل القطن والكتان وغيرهما.

- فصل الصرف الصناعى عن الصرف الصحى حتى يمكن التركيز على معالجة مياه الصرف الصحى بعيداً عن المخلفات الكيميائية الناتجة عن الصرف الصناعى.

٦-٦ الآثار البيئية المحتملة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة

تعتبر مياه الصرف الصحى المعالجة من المصادر المائية غير التقليدية والتى يمكن استغلالها فى الزراعة وري الحدائق العامة، كما أن استغلال مياه هذا المصدر سيؤدى حتماً إلى الحد من أخطارها لصعوبة التخلص منها. إلا أن إعادة استخدام مياه الصرف الصحى لابد أن تكون بعد دراسات بيئية واجتماعية واقتصادية وفنية مستفيضة للوقوف على معايير ومحددات استخدامها بما يمنع آثارها السلبية ويعظم آثارها الإيجابية. وتشمل الآثار البيئية المحتملة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة آثار إعادة استخدامها على الإنسان والحيوان والنبات والبيئة المحيطة، ولكل من هذه الآثار معايير متباينة ومعاملات وأخطار مختلفة.

٦-٦-١ الآثار البيئية المحتملة على النبات

تشتمل مياه الصرف الصحى بصفة أساسية على المياه بنسبة أكبر من ٩٩٪، كما أنها تحتوى على نسبة صغيرة من المواد العالقة والذائبة سواءً عضوية أم غير عضوية. والمواد العضوية تشمل المواد الكربوهيدراتية

والصابون والمنظفات المنزلية والبروتين والدهون، أما المواد غير العضوية فتشمل بعض العناصر السامة والتى تحد إلى حد كبير استخدامات هذا المصدر المائى فى الزراعة. وبناءً على الدراسات والتحليلات التى تمت خلال ثمانينات القرن العشرين فإنه وجد أن مياه الصرف الصحى سواء المعالجة أم غير المعالجة تقع فى الحدود المسموح بها سواءً للملوحة أو العناصر الثقيلة بالنسبة لمعظم المحاصيل، والجدول رقم (٦-١) يوضح المستويات المختلفة لمعالجة مياه الصرف الصحى وما يلائمها من زراعات وطرق رى والآثار البيئية لها.

ويوضح جدول رقم (٦-١) أنه لا توجد آثار بيئية سلبية على النباتات التى تم اختيارها طبقاً لكل مستوى من مستويات المعالجة، إلا أن هناك آثاراً بيئية سلبية على البيئة المحيطة سواء الأرض أو المياه الجوفية أو الإنسان أو الحيوان.

جدول رقم (٦-١) المستويات المختلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي والاستفادة منها

درجة المعالجة	معالجة أولية	معالجة ثانوية	معالجة ثلاثية
طريقة المعالجة	معالجة ميكانيكية	معالجة بيولوجية	معالجة بيولوجية وكيميائية متقدمة
الزراعات الممكنة	أشجار الخشب والقطن والكتان	كل أنواع المحاصيل	كل الاستخدامات
طريقة الرى	بالغمر	رى حديث	رى حديث
الآثار البيئية المحتملة	تواجد الملوثات العضوية وغير العضوية	زيادة تركيز العناصر الثقيلة وبعض البكتريا والفيروسات	لا يوجد

وهناك ثلاثة عوامل رئيسية تحد من استخدامات مياه الصرف الصحى فى الزراعة، أما العامل الأول فهو مشتقات النيتروجين حيث تؤدي زيادة محتوياته إلى وصول النترات المشتقة منه إلى المياه الجوفية فتلوثها، والعامل الثانى هو وجود مواد سامة من العناصر الثقيلة أو المواد الكيميائية العضوية حيث تؤدى زيادة تركيزها إلى سمومية النباتات وتسمم الحيوانات، و العامل الثالث هو وجود البكتيريا والفيروسات والتى تؤدى إلى انتقال العدوى عن طريق المياه سواء كانت من التعرض المباشر للإنسان لهذه المياه أو تعرض المحاصيل والنباتات إليها مباشرة. مما سبق يتضح مدى تأثر البيئة المحيطة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة، مما يتطلب ضرورة معالجة مياه الصرف الصحى معالجة ثانوية قبل إعادة استخدامها، ويوصى أيضاً بمراقبة تركيز بعض الأيونات السامة الذائبة فى مياه الرى مثل الكلور والصوديوم والبروم والتى قد تؤدى إلى هلاك المحاصيل المزروعة بهذه المياه.

٦-٦-٢ الآثار البيئية المحتملة على البيئة المحيطة

أهم الآثار البيئية المحتملة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى هى زيادة تركيز النيتروجين والمواد الصلبة الذائبة والمركبات العضوية، هذا بالإضافة إلى زيادة تواجد بعض أنواع البكتيريا والفيروسات فى البيئة الزراعية، وترجع خطورة المسببات العضوية والكيميائية إلى إمكان وصولها إلى للمياه الجوفية التى تستخدم فى كثير من المواقع كمصدر مباشر لمياه الشرب مما يتسبب فى أمراض خطيرة بالكبد والكلى.

أما الملوثات البيولوجية فتكمن خطورتها فى تعرض أربع مجموعات مختلفة للخطورة من جراء استخدام هذا المصدر المائى وهم عمال الزراعة وعائلاتهم نظراً لتعرضهم المباشر لهذه المياه أثناء الرى، عمال حصاد وتحميل ونقل المنتجات الزراعية نتيجة للتعرض المباشر لهذه المنتجات للمياه الملوثة أثناء الرى، ومستهلكو هذه المنتجات الزراعية ولحوم وألبان الحيوانات المتغذية

من هذه المنتجات يكونون أيضاً عرضة للأمراض المنقولة عن طريق مياه هـذا المصدر فى حالة عدم توخى الحذر فى الغسيل الجيد والغلى لـــهذه المنتجـــات. والمجموعة الرابعة تضم الأسر التى تعيش فى مناطق متاخمة للأراضى التـــى يتم ريها بهذه المياه نتيجة للأسباب السابقة وأيضاً لاحتمالية استخدام هذه الميـــاه فى أغراض أخرى غير الزراعة.

ولعل من أهم الآثار البيئية السلبية الأخرى المحتملة هى الازدياد المطـــرد فى أعداد الناموس، وتكمن الخطورة هنا فى أن الناموس يعتبر من أكبر البنـوك الطائرة المحملة بالعديد من مسببات الأمراض، ولقد وجد فى العديد من المواقـع التى يتم ريها بمياه الصرف الصحى زيادة مطردة فى أعداد الناموس.

٧- تحلية مياه البحر و المياه الضاربة إلى الملوحة

٧-١ تمهيد

نظراً لطول سواحل مصر سواءً على البحر المتوسط أو على الأحمر، والتحرك الحكومى الفعال خلال العقدين الماضى والحالى فى الاهتمام بالتنمية السياحية والصناعية للمناطق الساحلية، فإن توفير موارد مائية لهذه التنمية يعتبر ضماناً لتواجدها واستدامتها. ومن أهم مصادر المياه الممكنة فى المناطق الساحلية، التحلية (desalination) سواءً كانت لمياه البحر (sea water) أم للمياه الضاربة إلى الملوحة (brackish water). ويشير مصطلح التحلية (الذى يعرف أيضا بعملية التخلص من الملوحة) إلى عملية إزالة الأملاح من المياه وهو مفهوم ليس بالجديد، ولكن التحدى كان ومازال فى استحداث طرق قابلة للتطبيق تجاريا. وقد أدت الخبرة الواسعة المكتسبة على مدى الأربعين عاماً الماضية والتحسينات فى تكنولوجيا التحلية إلى جعل إزالة الملوحة مقبولة تكنولوجياً على نطاق واسع وتوفر مياهاً عالية الجودة لمناطق قاحلة كانت من قبل محرومة من مصدر للمياه يوفر لها التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستديمة. وفى منتصف الستينات كانت فكرة إزالة الملوحة ضرباً من الخيال وكان معظم النشاط فى ذلك الميدان تجريبياً وأخفقت العديد من المشاريع الأولى فى الوفاء بالتوقعات التى كانت معلقة عليها، أما فى الوقت الحالى فهى تكنولوجيا موثوق بها إلى حد كبير وتعتمد عليها بلدان عديدة مما تتوافر لها القدرة المالية كبلدان الخليج العربى فى الحصول على إمداداتها اليومية من المياه، بيد أن التكاليف لا تزال مرتفعة نسبياً بالمقارنة بموارد المياه الأخرى.

ويقدر النويجى (١٩٩٤ م) أن الكمية المستخدمة حالياً من مياه البحر تصل إلى نحو ١٠ مليون متر مكعب فى العالم يومياً (أى حوالى ٣,٦٥ مليار متر مكعب فى السنة) أما شندى (١٩٩٢م) فقد أعطى بيانات تفصيلية عن كميات

المياه المحلاة فى الوطن العربى مبيناً أن مجموعها حوالى ٢,٢٢٢ مليار متر مكعب سنوياً والغالبية العظمى منها فى السعودية والإمارات والكويت وليبيا وقطر والبحرين، أما الكمية التى تقوم مصر بتحليتها فهى محدودة وقد تصل إلى حوالى ١١ مليون متر مكعب سنوياً فى ذلك الوقت. ومما هو جدير بالذكر هنا أن معظم المياه المحلاة المنتجة عالمياً نتيجة لتكاليفها العالية فإنها مازالت تستخدم فقط فى الوفاء بالاحتياجات السكانية .

٧-٢ طرق التحلية المختلفة

على الرغم من أن كثيراً من طرق وتقنيات التحلية قد تمت تجربتها إلا أن القليل منها هو الذى انتشر تجارياً على مستوى العالم وتوجد أربع تقنيات رئيسية للتحلية وهى:

التقنية الحرارية (التقطير)

وتتكون هذه التقنية من ثلاث خطوات رئيسية وهى إنتاج البخار ثم نقل البخار إلى مكثف ثم التكثيف. أما إنتاج البخار أو التبخير فهى ظاهرة تكتسب فيها جزيئات المياه كمية من الطاقة تكفى لها بالخروج من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. ونقل البخار عملية يجب إنجازها بسرعة وعادة ما يتم ذلك عن طريق الضغوط أو درجات الحرارة المختلفة أو بالوسائل الميكانيكية، أما عملية التكثيف فتتم داخل أو خارج أنابيب صنعت من مواد تتحمل انتقال الحرارة فى درجة عالية وإزالة الحرارة بسرعة ويسمح للسائل المكثف بالتدفق إلى نقطة تجميع. وقد بدأت صناعة إزالة الملوحة بطريقة التقطير منذ قديم الزمان على ظهور السفن العابرة للمحيطات وهناك ثلاث طرق رئيسية للتقطير يجرى استخدامها حالياً فى صناعة تحلية المياه وهى:

- الوميض متعدد المراحل (Multi–Stage Flash. MSF): تقوم فكرة وحدات التقطير بالوميض متعدد المراحل على انه عندما يقل فجأة ضغط المنطقة التى

تعلو الماء المسخن، فإن الماء يغلى بعنف، ويحدث هذا الغليان بسرعة منتجة كميات كبيرة من البخار.

- التقطير متعدد النتائج (Multi-Effect Distillation. MED): استخدمت طريقة التقطير متعدد النتائج على نطاق واسع فى إنتاج مياه تغذية غلايات وحدات الطاقة الأرضية والمراكب العابرة للمحيطات، وكذا فى صناعات السكر والملح منذ القرن التاسع عشرK وقد تمت مواءمة التصميمات الأولى لتتناسب مع صناعة مياه الشرب. وتعتمد هذه الطريقة على تكثيف البخار على أحد جانبى الأنبوب وتستخدم حرارة التكثيف الناشئة عن ذلك فى تبخير المياه المالحة على الجانب الآخر من جدار الأنبوب. وهكذا، فإن حرارة التبخير المنقولة إلى المياه لإحداث التبخير الأولى يعاد استخدامها على نحو فعال من خلال ما يعقب ذلك من تبادل لحرارتى التكثيف والتبخير فى المراحل التالية. ويتم الاستخدام وإعادة الاستخدام المتعاقبان لحرارتى التبخير والتكثيف من أجل زيادة الغليان عن طريق تقليل الضغط مما يتيح للمحلول الملحى الغليان عند درجات أقل أثناء تدفقه عبر الوحدة، لهذا السبب، فإن الوحدة متعددة النتائج تحقق وفرا فى البخار وبالتالى فإن نسبة المياه المنتجة إلى البخار المستخدم تتناسب مع عدد النتائج.

- ضغط البخار (Vapor Compression (VC)): تختلف عملية ضغط البخار عن غيرها من عمليات التقطير فى أنها لا تستخدم مصدرا خارجيا للحرارة، مثل البخار مثلا، بوصفه طاقتها الأولية للتقطير. وتقوم بدلا من ذلك بضغط بخار الماء، باستخدام ضاغط أو نفاث للبخار، لزيادة ضغط البخار وحرارة التكثيف. ويحدث تكثيف البخار على أحد جانبى الأنبوب الذى يعمل كسطح ناقل للحرارة، ويوضع محلول التغذية الملحى على الجانب الآخر من الأنبوب، وتستخدم حرارة التكثيف الناتجة على سطح الأنبوب فى أحد الجانبين لغلى المحلول الملحى وإنتاج بخار الماء. وفى هذه الطريقة يستخدم أسلوبان لضغط بخار الماء، الأول استخدام ضاغط يمكن تحريكه بواسطة أى مصدر دوار مثل

محرك كهربائى مثلا، أو قاطرة ديزل أو توربين بالبخار. والأسلوب الثانى يتمثل فى استخدام قاذف بالبخار، وهو غالبا ما يعتبر ملائما حيث توجد كمية من فائض البخار المتبدد.

تقنية التجميد

بدأ استخدام هذه التقنية فى بداية هذا القرن وكانت الآمال معلقة عليها إلى حد كبير ولكنها لم تعط ما انتظر منها من نتائج ولم تنتشر على نطاق تجارى حتى الآن. و تقوم هذه الطريقة على فكرة اختلاف درجة حرارة الأملاح المختلفة المذابة فى المياه عن المياه النقية وبذلك يمكن فصل المياه بخفض درجة حرارة المحلول الملحى والوصول إلى درجة التجمد، ومن الطرق المشهورة التى تقوم على هذه التقنية طريقة البلورة (Crystallization) أوتجميد الأملاح (Salt Freezing).

التقنية الميكانيكية (الأغشية):

وتقوم هذه الطريقة على استخدام أغشية مختلفة الغرض لفصل المحلول الملحى عن المياه النقية (المحلاة) المستخلصة على الجانب الآخر من الغشاء ومن أشهر الطرق المستخدمة لهذه التقنية:

- طريقة الأسموزية العكسية (التناضح العكسى Reverse Osmosis (RO): وهى عملية فصل بالأغشية، ويتم فيها فصل المياه من محلول ملحى مكيف الضغط وتدفقها من خلال غشاء ملائم. ويتم تقليل المحتوى الملحى للسائل المتدفق عبر الغشاء، والذى ينشأ عادة تحت ضغوط قريبة من الضغط الجوى، فى حين يزداد المحتوى الملحى لمحلول التغذية المكيف الضغط على الجانب الآخر من الغشاء. وحيث أنه لا يحدث أى تسخين أو تغير مرحلى، فإن الاستخدام الرئيسى للطاقة فى العملية هو اللازم لخلق ضغط مياه التغذية. وفيما يتعلق بإزالة ملوحة المياه الضاربة إلى الملوحة، يتراوح ضغط التشغيل

بوجه عام بين ١٧ إلى ٢٧ وحدة ضغط جوى فى حين يتراوح بالنسبة لإزالة ملوحة مياه البحر بين ٥٤ إلى ٦٨ وحدة ضغط. ويتم ضخ المياه المالحة لتكييف ضغطها فى مواجهة غشاء فى حاوية مغلقة، وبمرور المياه النقية عبر الغشاء، يصبح المحلول الملحى أكثر تركيزاً. وفى نفس الوقت، يتيح أحد الصمامات تصريف جزء من مياه التغذية دون المرور عبر الغشاء. وهذا التصريف، أو الانحسار، ضرورى لتجنب ترسيب العناصر مفرطة التشبع فى المحلول الملحى، وللحيلولة دون تركيز الأملاح المذابة فى محلول التغذية الذى من شأنه زيادة الضغط الأسموزي الطبيعى.

- طريقة الديلزة بالكهرباء (Electro – Dialysis (ED): وتقوم هذه الطريقة على معاملة معظم العناصر الذائبة فى الماء الملحى بأنها ذات طابع أيونى، تنفصل وتنتشر فى المياه. فعندما توضع الإلكترودات بعد توصيلها بمصدر خارجى للتيار المباشر، فى إحدى حاويات المياه الملحة، يسرى التيار عبر المحلول (وهو الكتروليت معتدل بسبب الأملاح المتأينة) وتتجه الأيونات للنزوح إلى الالكترودات الحاملة للشحنة المضادة. وهكذا فان الأنيونات مثل الكلوريد تنزح نحو الالكترود الموجب، بينما تنزح الكاتيونات مثل الصوديوم نحو الالكترود السالب. يتطلب استخدام هذه الظاهرة فى إزالة ملوحة المياه وضع الأغشية التى ستتيح مرور الكاتيونات أو الأنيونات (وليس مرورهما معاً) فى المحلول بين الإلكترودات، ويتم ترتيب هذه الأغشية بالتبادل، أى غشاء انتقائى للأنيونات يليه غشاء انتقائى للكاتيونات. وعند شحن الالكترودات تحول الأنيونات من مجرى المنتج الرئيسى وتمر عبر الغشاء الانتقائى للأنيونات إلى خلية التركيز (أو المحلول الملحى). وتمنع الأنيونات من الانتقال عبر جدار الوعاء المجاور، حيث إنه غشاء انتقائى للكاتيونات وهو يحول دون مرورها. كذلك تنتقل الكاتيونات من مجرى التخفيف فى الجانب الآخر من الغشاء الانتقائى للكاتيونات إلى خلية التركيز حيث تمنع من مواصلة التقدم نحو الالكترود السالب عن طريق الغشاء الانتقائى

للأنيونات. وبواسطة هذا التركيب، تتكون المحاليل المركزة والمخففة في الفراغات الواقعة بين الأغشية المتبادلة. ويطلق على تلك الفراغات التي يربط بينها غشاءان (أحدهما أنيونى والآخر كاتيونى) اسم الخلايا. ويتكون أى زوج من الخلايا من خليتين، واحدة نزحت منها الأيونات (خلية تخفيف المياه المنتجة) والأخرى هى التى تتركز فيها الأيونات (خلية تركيز لمجرى المحلول الملحى)، والشبكة (أو المجموعة) النموذجية بها عدة مئات من أزواج الخلايا (خلية تخفيف وخلية تركيز)، وذلك حتى تكون نسبة الأيونات المنقولة من مجرى التغذية بالقياس إلى التيار الذى تحمله الأيونات بين الالكترودات كبيرة للغاية. وعند التشغيل، تمر مياه التغذية فى وقت واحد فى ممرات متوازنة عبر جميع الخلايا لتوفير تدفق مستمر من المياه المنتجة ومجرى المحلول الملحى، وهكذا يجرى تنظيف الأيونات المركزة.

التقنية الكيميائية:

وتعتمد هذه الطريقة على إضافة كيماويات للمياه المالحة المراد تحليتها ويحدث تبادل أيونى، ويكون الناتج عبارة عن بعض المركبات الراسبة والمياه النقية ولم تجد هذه الطريقة صدى واسعاً للاستخدام على نطاق تجارى، والطريقة المشهورة والمستخدمة لهذه التقنية هى طريقة التبادل الأيونى (Ion Exchange).

٧-٣ استهلاك الطاقة

تستهلك الطاقة فى عمليات التحلية بكثافة شديدة سواء كانت طاقة حرارية أم ميكانيكية أم كهربية، وبالتالى تمثل تكاليف الطاقة فى عمليات التحلية حوالى ٤٥٪ إلى ٨٥٪ من تكاليف الصيانة والتشغيل أو ١٥٪ إلى ٤٠٪ من التكاليف الإجمالية شاملة تكاليف الإنشاء والمعدات، ومع زيادة المحطات من حيث الحجم تزداد النسب المئوية لتكاليف الطاقة. ويمكن تقسيم أنواع محطات الطاقة المستخدمة فى الوقت الحالى إلى:-

- محطات الوقود الغازى
- محطات الفحم
- محطات الديزل
- محطات المفاعلات النووية
- محطات الطاقة المتجددة (طاقة الرياح – الطاقة الشمسية).

ومازالت هناك دراسات جارية وقطعت شوطاً كبيراً فى استخدام الطاقة الجديدة والمتجددة كبديل للطاقة التقليدية، ولا شك أنه فى حالة نجاح هذا البديل فسوف يحدث انقلاباً تكنولوجياً فى مجالات تحلية المياه. وتستخدم حالياً على نطاق تجريبى الطاقة الشمسية فى تحويل مياه البحر إلى بخار ثم تكثيفه ثانية، ويعاب على هذه الطريقة أنها تحتاج إلى تجهيزات ضخمة جداً حتى يمكن الحصول على كميات كبيرة نسبياً من المياه. ويتوقف اختيار نوع التقنية المستخدمة فى عملية إزالة الملوحة على عوامل كثيرة، أهمها: نوع الطاقة المتاحة والعرض والطلب ومخرجات المحطة المطلوبة، وتتطلب بعض العمليات نوعاً معيناً من الطاقة، ذلك أن معامل التقطير (الوميض المتعدد المراحل، والتقطير المتعدد النتائج) تستخدم فى المقام الأول بخاراً مستمداً من غلاية أو مصدر تسخين آخر بالإضافة، فى أغلب الأحيان، إلى وحدة لتوليد الطاقة الكهربية. وتعمل محطات الأوسموزية العكسية بوجه عام بالكهرباء كمصدر أساسى للطاقة، بينما تستخدم بعض أنواع محطات الديلزة بالكهرباء تياراً مستمراً. وتعمل مبخرات ضغط البخار بالكهرباء أو البخار ذى الضغط العالى أو وسائل تدوير تعمل بالديزل. وتستخدم أنظمة التقطير الكبيرة عادة البخار المستخرج من طرق التوربين منخفض الضغط من محطة لتوليد الكهرباء حيث ينتج البخار اللازم للتوربين بواسطة غلاية تسخن بالنفط أو الغاز الطبيعى أو الفحم. وفيما يتعلق بالتقنية الميكانيكية (الأغشية) فإن محركات الدفع المباشر قد استخدمت لتوليد الطاقة لبعض الوحدات الأوسموزية العكسية لمياه البحر. ويمكن

الحصول على الطاقة الخاصة بتشغيل المحطة من مصادر متنوعة، الأمر الذى يتوقف على تصميم المحطة وموقعها الجغرافى ومصادر الطاقة المتوفرة.

٧-٤ المحطات الثنائية الغرض

فى كثير من المواقع التى تحتاج إلى المياه بشكل متزايد يكون هناك أيضاً طلب متزايد على الكهرباء. وفى مثل هذه الظروف قد يكون من الأنسب الجمع بين إنتاج المياه و الكهرباء معاً فى محطة ثنائية الغرض. وتستخدم معظم المحطات غلايات بخارية وتوربينات لتوليد الكهرباء، مثال ذلك، أن الوقود الزيتى قد يحترق عند درجة حرارة ١٠٠٠ مئوية لتوليد بخار عند درجة حرارة ٥٤٠ مئوية ثم يتم تمرير البخار من خلال توربين يحرك مولداً كهربائياً. وعندما تكون الطاقة قد استهلكت وانخفضت درجة حرارة البخار إلى حوالى ٥٠ درجة مئوية فإنها تلفظ كنفايات فى محطات توليد الطاقة المزودة بتوربينات تقليدية لتكثيف البخار، ثم يعود الوقود المكثف إلى الغلايات كمياه لإعادة التسخين. ويمكن استخدام هذه الحرارة المنخفضة، التى تطرد إلى شبكة التبريد، كمصدر للطاقة الحرارية فى أنظمة التقطير. وهكذا يمكن استخدام البخار مرتين، مرة لإدارة التوربين (لتوليد الكهرباء) ومرة أخرى فى رفع درجة حرارة مياه البحر لإتاحة الفرصة للتقطير، ويشار إلى الوحدات التى تستخدم بخارها فى أكثر من غرض واحد على أنها محطات مزدوجة الغرض.

وتتمثل الميزة الكبرى لهذه النوعية من المحطات فى أنها تخفض وبشدة من استهلاك الوقود بالمقارنة بوحدتين منفصلتين تولدان الكهرباء والمياه المحلاة. فعندما يستخدم البخار المستخرج من وحدة توليد الكهرباء فى محطة لإزالة الملوحة فإن تكلفة البخار تكون اقل من ٦٠ إلى ٨٠ فى المائة فى حالة استخدام محطة منفصلة لتحلية المياه فقط (كوكس، ١٩٧٩م). و أوضحت الدراسات أن الوفرة فى التكلفة تصل إلى حوالى ٢٥ فى المائة حينما تقارن التكاليف الإجمالية لمحطة مزدوجة الغرض مع التكاليف الإجمالية لمحطة لإزالة الملوحة ومحطة

توليد الكهرباء تعمل كل منهما على حدة فى نفس الموقع وتحت نفس الظروف وتنتج نفس كمية الكهرباء والمياه (كونستيل وجانيش، ١٩٧٩م). وتجمع المحطات الثنائية فى الغالب بين محطة توليد كهرباء ووحدة للتقطير تعمل بطريقة الوميض متعدد المراحل. والعيب الرئيسى للمحطات المزدوجة الغرض هو أنها تصبح متداخلة، فإذا لم تعمل وحدة توليد الكهرباء، لا يكون هناك بخار لوحدة إزالة الملوحة، وإذا لم تعمل محطة إزالة الملوحة، لا يكون هناك مكثف للبخار، وللإبقاء على كلتا الوحدتين فى وضع تشغيل بصرف النظر عما يحدث لإحداهما أو للأخرى، يلزم تركيب معدات إضافية، وقد يتأثر موقع المحطة المزدوجة الغرض إلى حد كبير بالموقع الذى أختير لوحدة إزالة الملوحة، وقد لايكون هذا الموقع بالضرورة هو الأنسب لإنتاج الكهرباء، وفى هذه الظروف قد ترتفع التكاليف بسبب توفير مرافق إضافية لنقل الكهرباء من موقع المحطة المزدوجة الغرض.

٧-٥ تحلية المياه واقتصادياتها

تعتبر عملية إزالة ملوحة مياه البحر بالرغم من ملوحتها العالية والتى قد تصل إلى ٣٥٠٠٠ جزء فى المليون وسيلة ممتازة للحصول على المياه النقية فى الأماكن التى يتعذر فيها وجود أى مورد مائى آخر فى المناطق الساحلية. وكما هو معروف فإن تكلفة التحلية تتوقف على نوع الطاقة والتقنية المستخدمة وحجم المشروع، ولكن حتى مع أرخص تكلفة متاحة حالياً تظل تحلية مياه البحر عملية مكلفة جداً، وقد بين برافرمان (١٩٩٥م) أن تكلفة تحلية متر مكعب من مياه البحر يمكن أن تصل إلى حوالى ٣,٣٤ جنيهاً مصرياً. غير أن تزايد ندره المياه وارتفاع تكلفة الحصول عليها من مصادرها التقليدية من ناحية، وتقدم العلم فى اكتشاف مصادر غير تقليدية للطاقة وأساليب تكنولوجية رخيصة من ناحية أخرى، قد يجعلنا نشهد فى المستقبل توسعاً فى تحلية مياه البحر لاستعمالها فى أغراض عديدة. واحتمالات المستقبل فيما يتعلق باستعمال الطاقة

الشمسية والطاقة الذرية فى تحلية المياه تبدو مبشرة وقد تنافس فى تكلفتها ومزاياها عملية استخلاص المياه الجوفية العميقة غير المتجددة، وربما أيضا تكلفة إعادة استخدام مياه الصرف بعد معالجتها. ولا يفوتنا أن إزالة ملوحة المياه تعنى مياهاً نظيفة خالية من الملوثات الضارة ولا تحتاج لبنية أساسية إضافية، حيث أن وحدات المياه تعمل بصورة المنظومة المتكررة يمكن زيادة سعة المحطة بإضافة وحدات تعمل على التوالى لزيادة إنتاجية المياه كلما دعت الحاجة إلى ذلك.

وتكلفة تحلية المياه الضاربة إلى الملوحة عادة أقل من تحلية مياه البحر، ويقصد بالمياه الضاربة إلى الملوحة الزعاق والتى يتوافر منها كميات كبيرة فى طبقات الأرض غير العميقة بالصحراء الغربية والشرقية وحواف الوادى وسيناء والتى قد تزيد ملوحتها عن ٣٠٠٠ جزء فى المليون. ولا تتعدى ١٢٠٠٠ جزء فى المليون. وكلما زادت الملوحة زادت الطاقة اللازمة لفصل أيونات الأملاح، وبالتالى تزداد تكلفة التحلية. ولا شك أن المياه الضاربة إلى الملوحة مصدر مائى غير مستغل قد تزداد الحاجة إليه فى المستقبل القريب مع زيادة الطلب على المياه، وقد قدر برافرمان (١٩٩٥م) تكلفة تحليه متر مكعب من المياه الضاربة إلى الملوحة بحوالى ١,٣٥ جنيهاً مصرياً وذلك طبقاً للأسعار السائدة فى ذلك الوقت للطاقة المستخدمة فى محطات التحلية.

تعتبر مياه الصرف الزراعى بصفة عامه مياهاً ضاربه إلى الملوحة حيث أنها تتميز بارتفاع نسبة الملوحة والمواد العضوية والتلوث البكتيرى. وتقدر كميه مياه الصرف الزراعى التى تصب فى البحر المتوسط والبحيرات الشمالية فى السنوات الأخيرة بحوالى ١٢,٤ مليار متر مكعب بملوحة متوسطة مقدارها ٢٧٥٠ جزءاً فى المليون. ومن هذه المياه حوالى ١,٤ مليار متر مكعب ذات ملوحه بين ٢٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ جزء فى المليون، وحوالى ٣,٦ مليار متر مكعب تزيد ملوحتها عن ٣٠٠٠ جزء فى المليون. وتحلية متر مكعب من مياه الصرف الزراعى التى لها ملوحة حوالى ١٥٠٠ جزء فى المليون وجد أن تكاليفها تصل

إلى حوالى ٢,٠٥ جنيهاً مصرياً على أساس أسعار ١٩٩٨ بينما إذا كانت ملوحتها حوالى ٣٠٠٠ جزء فى المليون، تصل تكاليف تحليتها إلى حوالى ٢,٣٦ جنيهاً مصرياً على أساس أسعار ١٩٩٨.

ونظراً لأن الزراعة تعتبر أكبر قطاع مستهلك للمياه فقد قام نيف (١٩٩٦م) بمقارنة العائد الاقتصادى والمالى لوحدة الأحجام من المياه للمحاصيل الشائعة فى مصر عند زراعتها تحت الظروف العادية بالعائد الاقتصادى والمالى لوحدة الحجم من المياه لنفس المحاصيل عند زراعتها بمياه محلاه كانت فى الأصل مياهاً ضاربة إلى الملوحة فوجد أن استخدام المياه الضاربة إلى الملوحة المحلاة ليس ذا جدوى اقتصادية فى الزراعة، ومن المنتظر أن يستمر هذا الوضع فى المستقبل القريب حتى يتم اكتشاف تقنيات ومصادر للطاقة أقل تكلفة مما هو قائم الآن.

٨- الخلاصـــــة

مما سبق يتضح أن حصة مصر من مياه النيل، والتـــى هـــى المصـــدر الرئيسى للمياه، ثابتة منذ ١٩٥٩م بالرغم من الزيادة المضطردة فـــى الســكان والرقعة الزراعية، وقد فاقت الاحتياجات هذه الحصة المائية وتم تعويض هـــذا العجز فى الموارد من خلال تدوير عوادم وفواقد الاســتخدامات خاصــة ميــاه الصرف الزراعى والمخزون الجوفى الضحل بالدلتا والوادى. وتخطط الحكومـة بل وبدأت بتنفيذ البنية الأساسية لعدة مشاريع زراعية كبرى فى سيناء وجنـــوب الوادى تتطلب كماً كبيراً من المياه مما يستلزم تنمية متزايدة لمواردنـــا المائيــة المحدودة للإيفاء بالمتطلبات المائية المستقبلية. ويوضح جدول (٨-١) الرصيـــد المائى الحالى والممكن فى المستقبل والذى يتضح منه أن إجمالى المياه المستغلة حالياً تبلغ حوالى ٧٥ مليار متر مكعب سنوياً، وأنه يمكن زيادتها إلـــى حوالـــى ٨٨ مليار متر مكعب سنوياً من خلال تنفيذ المرحلة الأولى من قنـــاة جونجلـــى والتوسع فى استغلال المخزون الجوفى والتوسع فـــى تدويـــر ميـــاه الصـــرف الزراعى والصحى، وتعظيم الاستفادة بمياه الأمطار والسيول، مع الاعتماد علـى تحلية مياه البحر فى المناطق الساحلية. وتحقيق هذا الرصيد المائى المســـتقبلى قائم على عدة فروض هامة وصعبة التنفيذ وتحتـــاج إلـــى مجـــهودات كبـــيرة واستثمارات هائلة، نوجزها فيما يلى:-

- ستنجح الحكومة مع حكومة السودان فى حـــل مشـــكلة الجنـــوب، وأنـــهما ستستكملان معاً المرحلة الأولى لقناة جونجلى قبل عـــام ٢٠٢٠ م لـــتزداد حصة مصر من مياه النيل بمقدار ٢ مليار متر مكعب سنوياً.
- ستنجح الحكومة فى القضاء على مشاكل تلوث المصارف الزراعية والتـــى تمثل العائق الرئيسى أمام التوسع فى إعادة استخدام مياه الصرف الزراعى، وأنها ستدبر الموارد المالية اللازمة لإنشاء محطات خلـــط ميـــاه الصـــرف الزراعى بمياه الترع.

جـدول (٨-١) الرصيد المائى الحالى ولعام ٢٠٢٠م (مليار متر مكعب سنوياً)

المصدر	الرصيد لعام ٢٠٠٠م	الرصيد لعام ٢٠٢٠م
نهـــر النيـــل	٥٥,٥	٥٧,٥
إجمـــالى	**٥٥,٥**	**٥٧,٥**
المياـــه الجوفيـــة		
- خزان الدلتا والوادى	٥,٥٠	٧,٥٠
- الخزانات الساحلية	٠,٠٦	٠,٠٨
- خزان رمال المغره	٠,٠٦	٠,١٢
- خزان الصخور الجيرية	-	-
- خزان رمال النوبيا	٠,٨	٢,٦٥
- خزان صخور القاعدة	-	-
إجمـــالى	**٦,٤٢**	**١٠,٣٥**
تدوير عوادم الاستخدامات		
- مياه الصرف الزراعى		
- ترع الدلتا	٤,٥٠	٨,٥٠
- نهر النيل وفرعيه	٤,٠٠	٤,٠٠
- بحر يوسف والفيوم	١,٠٠	١,٠٠
- الاستخدامات غير القانونية	٣,٠٠	٣,٠٠
- مياه الصرف الصحى	٠,٢٠	١,٩٠
- مياه الصرف الصناعى	-	-
إجمـــــالى	**١٢,٧٠**	**١٨,٤٠**
الأمطـــار والســـيول		
- الأمطار والسيول	٠,٥٠	١,٥٠
إجمـــــالى	**٠,٥٠**	**١,٥٠**
التحـــلية	٠,٠٣	٠,٢٥
إجمـــالى	**٠,٠٣**	**٠,٢٥**
الإجمـــــالى	**٧٥,١٥**	**٨٨,٠٠**

- ستقوم الحكومة بالتوسع فى معالجة مياه الصرف الصحى لتصل عام ٢٠١٧م إلى ١,٩مليار متر مكعب سنوياً.

- ستدبر الحكومة الاعتمادات المالية اللازمة للتوسع فى استغلال المخزون الجوفى الضحل بمنطقتى الدلتا والوادى، وقد تقوم الحكومة بنفسها أو قد تلجأ للقطاع الخاص لإنشاء وإدارة الآبار العميقة فى سيناء والصحراء الغربية والشرقية.

- ستقوم الحكومة بتطوير إدارة الشبكة المائية لاستيعاب الأمطار فى شمال الدلتا والسيول بجنوب الوادى، واستغلالهما الاستغلال الأمثل.

- ستقوم الحكومة بتشجيع القطاع الخاص لإنشاء وحدات تحلية على ساحل البحرين الأحمر والمتوسط لاستخدامات السكان والسياحة والصناعة بدلاً من اعتماد المشاريع والمدن الساحلية على مياه النيل.

- سياسات ترشيد الاستخدامات المائية التى ستقوم الحكومة بتنفيذها فى الفترات القادمة وحتى عام ٢٠١٧م والتى تشمل تقليص مساحات المحاصيل الشرهة للمياه، واستخدام الرى الحديث فى الحدائق فى الدلتا والوادى سيكون لها تأثير مباشر على معدل تغذية الخزان الجوفى وعلى كمية ونوعية مياه الصرف، مما يقلل الكميات الممكن استغلالها من كل من هذين الموردين فى المستقبل، ويجب أخذ ذلك فى الاعتبار فى حسابات الميزان المائى.

- سيؤثر مشروع تطوير الرى أيضا على فواقد التسرب من المساقى والترع، حيث ستقل هذه الفواقد، وبالتالى سيقل معدل تغذية المخزون الجوفى وأيضاً مياه الصرف، ولذلك فإنه فى حالة إضافة كميات المياه التى سيتم توفيرها من الفواقد، فإنه يجب خصمها كلية أو جزء منها من رصيد المخزون الجوفى ومياه الصرف، ذلك باستثناء الأراضى الزراعية على الشريط الساحلى حيث تهدر الفواقد إلى البحر، وليس ممكناً إعادة تدويرها.

- تحويل مياه نهر النيل إلى مشروع توشكى سيؤدى إلى تقليل المياه المنصرفة إلى الوادى والدلتا بنفس قيمة المياه المحولة، مما سيؤثر سلباً على معدلات تغذية المخزون الجوفى وعلى مياه الصرف، ومن الصعب تقدير هذا التأثير بدقة معقولة خاصة مع المؤثرات الأخرى من ترشيد الاستخدامات وتطوير الرى.
- سيتم تقنين الاستخدامات غير القانونية لمياه الصرف الزراعى وذلك من خلال السماح للقطاع الخاص بإنشاء محطات خلط للاستخدام الوسيط لمياه الصرف، أو من خلال سياسة تصاريح للمزارعين لاستخدام مياه الصرف فى حالة ثبوت الضرورة لذلك.

٩- المراجـــع

- أحمد فؤاد جنوب، "دراسة عامة للمياه العذبة فى ساحل البحر الأحمر"، تقرير مقدم للشركة العامة للبترول، القاهرة، ١٩٦٩م.
- الجمل، "استخدام مياه الصرف الصحى فى الرى"، رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة عين شمس، ١٩٨٤م.
- أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا، "المؤتمر القومى حول البحث العلمى والمياه – جزء ٣: إعادة استخدام المياه"، المركز المصرى الدولى للزراعة، القاهرة، ١٩٩٠م.
- المركز القومى لبحوث المياه، "الاستخدامات والإدارة الزراعية للمياه متدنية النوعية – مياه الصرف الصحى" وزارة الموارد المائية والرى – ١٩٩٦م.
- إسماعيل محمود الرملى، "وضعية وإمكانيات الموارد المائية بالصحارى المصرية"، معهد بحوث الصحراء، مكتب الإرشاد الزراعى، نشرة رقم ٩، القاهرة، ١٩٨٤م.
- عبد الغفار وآخرون "الخبرة المصرية فى معالجة واستخدام مياه ومخلفات الصرف الصحى فى الزراعة" الباب السابع عشر للتقرير المتقدم من بيسكود وعرعر، بتروورث، سفينكس ١٩٨٨م.
- الهيئة العامة للأرصاد الجوية "أطلس المناخ لجمهورية مصر العربية"، جمهورية مصر العربية، ١٩٩٦م.
- تقرير السيول الصادر عن وزارة الموارد المائية والرى، ١٩٩٦م.
- كامل عامر، "التنبؤ بالأمطار والإدارة الاستراتيجية للرى"، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة جامعة القاهرة ١٩٩٩م.

- صالح نور، "معوقات المياه الجوفية بالصحراء الغربية" بحث مقدم فى نـــدوة مشروع ترعة جنوب الوادى الجديد"، جمعية التخطيط بجمعيـــة المهندســين المصرية، القاهرة، ١٩٩٧م.
- عبد القادر على، "موارد المياه فى مصر ووسائل تنميتها وتطوير إدارتـــها"، المؤتمر السنوى الثالث للمياه العربية وتحديات القرن الحـــادى والعشـــرين"، جامعة أسيوط، مركز دراسات المستقبل، جمهورية مصر العربية، ١٩٩٨م.
- على النويجى، "مشكلة المياه فى مصر"، دراسات صوت العـــرب (٢)، دار صوت العرب للثقافة والعلوم، القاهرة، ١٩٩٨م.
- مجدى شندى، "المياه: الصراع القادم فى الشرق الأوسط " كتاب أكتوبر، دار المعارف، القاهرة، ١٩٩٢م.
- محمد نصر علام، "قراءة فى ملفات النيل ٢٠٠٢"، جريدة الأهرام ٢٣ مـايو ١٩٩٩م.
- معهد بحوث المياه الجوفية، "إمكانية استصلاح ٦٠,٠٠٠ فدان بمنطقـــة وادى الفارغ، تقرير مقدم للشركة العامة للأبحاث والمياه الجوفية "ريجوا"، القاهرة، ١٩٩٢م.
- معهد بحوث المياه الجوفية، "المياه الجوفية بوادى النيل والدلتا – الإمكانـــات والمحاذير"، القاهرة، ١٩٩٧م.
- وزارة الموارد المائية والرى، "مياه الصرف الزراعى فى مصـــر"، تقريـــر مجموعة العمل لدراسة موقف مياه الصرف الزراعى (القرار الوزارى رقـــم ٢٠٨ لسنة ١٩٩٧م)، القاهرة، ١٩٩٧م.

- Abdel Azim, R. A., "Agricultural Drainage Water Reuse in Egypt: Current Practices and a Vision for Future Development," Ph.D. thesis, Cairo University, 1999.
- Abu-Zeid, M. and A. Radi, "Water Management in Egypt and Policies, "A study presented to the World Bank Policy Workshop, Washington D.C., USA., 1991.
- Allam, G. and Fahmy, A., "Water Resources Potentials of Nile Basin Stakeholders: Overall Assment, Nile 2002 Conference, Tanzania, 1995.
- Attia, F. A. R., "Management of Water Systems in Upper Egypt," Ph.D. Thesis, Faculty of engineering, Cairo University, 1985.
- Attia, F. A. R., and K. Hefny, "Seasonal Storage of Groundwater," Conference on Irrigation and Drainage for the Desert and Semi Desert Regions, Cairo, 1987.
- Ayers, R. S. and D. W. Westcot, "Water Quality for Agriculture," Irrigation and Drainage Paper Number 29, Food and Agricultural Organization, Rome, 1985.
- Braverman, A., N. Hassid, and S. Drori, "Desalination Prospects West of the Jordan River: Problems and Solutions," IDA World Congress on "Desalination and Water Sciences", Abu Dhabi, UAE, 1995.
- Chan, S. and Engleson, P., "Water Balance studies of the Bahr El Ghazal Swamp, " TAP Report 80-14, Technology Adaptation Program, M.I.T., Cambridge, Massachusetts, 1980.
- Cox, R. B., "Energy costs of various desalting processes," Pure Water (Englewood, New Jersey) 8:4, 1979.
- Dames and Moore., "Sinai Development Study Phase 1," Final Report- Water Supplies and Costs, Vol. V, Report submitted to the Advisory Committee for Reconstruction Ministry of Development, Cairo, 1985.
- Desert Irrigation Department., "Groundwater Resources in the Northwestern Coastal Zones," Report submitted to the National Academy of Technology and Scientific Research, Cairo, 1978.
- Development Research & Technological Planning Center, "Groundwater Resources Evaluation in East Oweinat Area – Groundwater Model," Report submitted to the General Petroleum Co., Cairo, 1984.

- El-Behery, M., "Water Resources and Sustainable Development in Sinai Peninsula – Egypt," Ph. D Thesis submitted to the faculty of science, Ain Shams University,, Cairo,1998.
- El-Ramly, I. M., "Contribution to the Hydrogeological Study of Limestone Terrains in UAR," Actes du colleques de Dubrovnik 1965, Hydrologic des Roches Fissures, Vol. 1, Pub. No.73, AIHS-UNESCO, 1967.
- Elqousy, D. and S El-Guindy, "Water and Salt Balance of the Nile Delta, A new Approach," Cairo, Egypt, 1989.
- Ezzat, M. A., and Abdel Azim Abu El Atta, "Regional Hydrogeological Conditions – El-Wadi El-Gedid Project Area," Part I of the Groundwater Series in A.R.E, Ministry of Agriculture and Land Reclamation, Cairo, 1974.
- Ezzat, M. A. et al, "South Qattare Area- Groundwater Model," Internal Report, General Petroleum Co., Cairo, 1977.
- Euro Consult/ Pacer Consultants, "Regional Development Plan for New Valley," Report submitted to Ministry of Land Reclamation, Cairo, 1983.
- Hefny, K., "Planning for Groundwater Development of Nubian Sandstone Aquifer for sustainable Agriculture," Round Table Meeting on Planning for Groundwater Development in Arid Region – Scientific Monthly Magazine of the Water Research Center, Cairo, 1991.
- Hefny, K. and A. Shata, "Strategies for Planning and Management of Groundwater in the Nile Valley and Delta in Egypt," Strategic Research Program – Working Paper Series No. 31 – 1, Environmental and Natural Resources Policy and Training Project (EPAT), 1995.
- Heinel, M.F, and P.E Brinkman, "Special Research Project in Arid Areas, Groundwater Model for the Nubian Sandstone Aquifer System," Technical University of Berlin, Germany, 1989.
- IL Nouvo Castoro, "Techno-Economic Feasibility Study of the Reclamation of 50.000 Feddan in El- Farafra Oasis," Vol–4 Geohydrogeology–submitted to the General Authority for Rehabilitation Project and Agricultural Development, Cairo, 1986.
- Kuenstle, K. and V. Janisch, "Optimization of a dual purpose plant for Seawater desalination and electricity production," Desalination 30:1:555 570. , 1979.

- Louis Berger International and Pacer Consultant, "Drainage Water Irrigation Project," (DWIP), Final Report, November, 1997.
- Ministry of Water Resource and Irrigation, "National Policy for Drainage Water Reuse," Report No. 8, Cairo, 1998.
- National Water Research Center, Drainage Research Institute, " Reuse Monitoring Program," Year Book, Drainage Water in the Nile Delta, Cairo, 1994.
- National Water Research Institute, Strategic Research Program, "National Level Strategies and Policies for Utilizing Egypt's Water Resources," Cairo, 1996.
- Neff, R., "Evaluation of Desalination for Water Reuse / Recycling," water Resources Strategic Research Activity, National Water Research Center, Unpublished Working Paper, Cairo, Egypt., 1996.
- Nour, S.E and M. Yehia, "Hydrogeology of Cretaceous Aquifer Systems in Sinai Peninsula," Internal Report, Water Resources research Institute, Water Research Center, Cairo, 1993.
- Nour, S.E., "Hydrogeology of Deep Aquifer in the Western Desert and Sinai," Report No.10, APRP – Water Policy Reform Activity, Ministry of Public works and water resources/ USAID, 1998.
- Pirard, F., "Red Sea Governorate Regional Plan," Interime Report Assessment of the Water Resources, Bureau de Recherchés, Geologique et Minieres, submitted to the Ministry of Development and New Communities, Cairo, 1980.
- Research Institute for Water Resources/ Commission of the European Communities, "Sinai Water Resources Study–Modeling of Three Aquifers in El-Arish, Rafaa and El Qaa Plain Areas," Cairo, 1990.
- Research Institute for Groundwater/ IWACO., "Groundwater Management Western Nile Delta Region," Cairo, 1990.
- Research Institute for Groundwater/ IWACO "Environment Management of Groundwater Resources, Identification and Selection of Areas for Monitoring Groundwater Quality," Cairo, 1998.