المحاضرة الحادية عشرة

دراسة المواقع الملائمة لإنشاء مشاريع السدود والخزانات

The eleventh lecture

Study suitable sites for constructing dams and reservoirs projects

ا.م.د احمد فليح فياض

أولا- أنواع السدود:

أ- السدود على الأنهار وأودية الجافة لتؤدي غرضا معينا, ويستخدم في بناءها مواد متنوعة, وعليه تكون السدود على أنواع سواء من حيث الغرض الذي وجدت من اجله, أو من حيث المادة المستخدمة في بناءه وكما يأتي:

أ- السدود حسب الغرض الذي أقيمت من اجله.

1- سدود تقام للتحكم في المنسوب المائي مثل السدود المقامة على الأنهار لرفع مناسيب المياه أمامها لكي تدخل في الترع الجانبية والقنوات أمام السد, أو للمحافظة على مستوى معين لغرض الملاحة.
2- سدود تقام على مجاري الأنهار الشديدة الانحدار للحد من سرعة الجريان وشدة التعرية.
3- سدود لأغراض تخزين المياه في مواسم الفيضان للتخلص من أثارها.
4- سدود لتوليد الطاقة الكهربائية من خلال الفرق في منسوب المياه قبل السد وبعده فتعمل على تدوير التوربينات.
5- سدود لرفع مناسيب المياه الجوفية في مناطق معينة من خلال رفع مناسيب المياه الجارية فتتسرب إلى التكوينات المحيطة متخذة مستوى المياه الجارية.
6- سدود متعددة الأغراض, أي تقام لتؤدي عدد من الخدمات المذكورة في الفقرات السابقة.

ب- أنواع السدود حسب المواد المستخدمة في بناءها وشكلها.

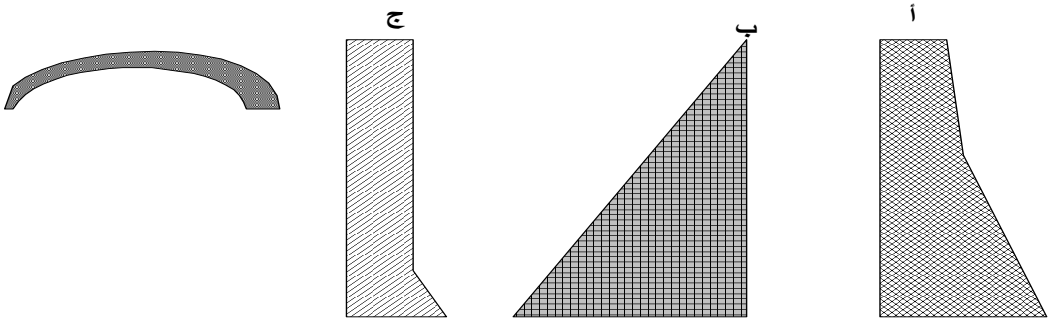
1- سدود بنائية, وهي على أنواع منها ما يأتي:

أ- سدود تثاقلية, وتتكون من خرسانة عادية وفي وضع مستقيم اومنحني الشكل حسب طبيعة تخطيطها وانسجاما مع الظروف الطوبوغرافية في المنطقة التي تقام فيها, إما قطاعها فيكون شبه منحرف, شكل رقم(7-1أ) ويفضل إنشاء هذا النوع من السدود فوق صخور صماء صلبة.

ب- سدود ذات أكتاف أو حائطية, ويتكون هذا النوع من جزأين الأول حائط من الخرسانة الكونكريتية المسلحة مائلا إلى الوراء والذي يقع تحت تأثير القوى الناتجة عن ضغط المياه, إما الجزء الثاني فهو أكتاف أو حيطان رأسية عمودية على الحائط السابق لمواجهة الضغط المسلط عليه ونقلها إلى الأساسات, ويعد هذا النوع اقل كلفة من النوع السابق, شكل رقم(7-1ب).

ج- سدود قبوية, وتتكون من حائط خرساني محدب باتجاه منبع النهر لتوزيع القوى المؤثرة على السد على امتداد قطاعه وعلى جانبيه, ويحتاج هذا النوع إلى تكوينات صخرية صلبة, شكل رقم(7-1ج).

شكر رقم(7-1) أنواع السدود البنائية



2- سدود ترابية, وتقسم إلى نوعين:

أ- سدود إملائية ترابية.

ب- سدود إملائية ركامية.

ثانيا- مواقع ومواضع السدود والخزانات على الأنهار والأودية الجافة.

1- مواقع ومواضع السدود والخزانات على الانهارومشاكلها :

أ- المواقع الملائمة لإنشاء السدود والخزانات.

يحتاج إنشاء السدود والخزانات وتحديد المواقع والمواضع الملائمة لها إلى دراسات واسعة ودقيقة في مجالات مختلفة والتي تتطلب تحري موقعي مثل الوضع الجيولوجي والجيومورفولوجي الهيدرولوجي والبيئي, إذ يتوقف نجاح وفشل السد على مدى دقة تلك المعلومات, ويمكن الاستعانة بخرائط طوبوغرافية للتعرف على الوضع التضاريسي وطبيعة الانحدارات في تلك المنطقة, كما يتم التعرف على نوع التكوينات السطحية وتحت السطحية, ومن خلال تلك المعلومات يمكن تحديد الموقع اللائم الذي يجب إن تتوفر فيه الشروط الآتية:

1- إن يكون الموقع ملائم للخزن حوضي الشكل ومحكما وذات حجم مناسب لاستيعاب كمية المياه المتوقع خزنها.

2- وجود ممر في الحوض يخترق قاعدته الصخرية الصلبة يساعد على بناء السد فوقه بكلفة اقتصادية مناسبة.

3- يكون الموقع ملائم لإنشاء قناة تصريف تحمل المياه الزائدة خارج الخزان عند ارتفاع مناسيبها إلى مستوى يفوق طاقة خزنه.

4- توفر مواد أولية تستخدم في بناء السد.

5- التأكد من العمر الزمني للخزان من خلال معرفة كميات الرواسب التي يجلبها النهر سنويا إلى الخزان, فكلما كانت كميات كبيرة تؤدي إلى تخفيض القدرة الاستيعابية للخزان حتى يصل إلى مستوى يكون الخزن فيه محدود وغير مفيد.

6- يفضل إن يكون الخزان في موقع ضيق وعميق للحد من التبخر ونمو الأعشاب والنباتات في الجهات الضحلة منه, كما تقل المساحة التي يشغلها الخزان, حيث يترتب على اتساعها زيادة ملوحة المياه والتعرض إلى التبخر ونمو النبات.

7- دراسة نظام التصريف النهري وطبيعة الامطارالساقطة على حوضه لمعرفة نوع الفيضان الذي يشهده والتصريف الاعتيادي, أي التعرف على أعلى موجة فيضان واقل تصريف, ومدى تردد تلك الفيضانات, والتي على ضوءها يتم تحديد نوع السد الملائم بحيث يستوعب أعلى موجة فيضان.[4]

وكذلك الحال في الأودية الجافة فيتم التعرف على النظام المطري واعلي موجات سيل تعرض لها.

8- إن يكون انحدار المجرى في منطقة بناء السد بطيئا, ويفضل إن يكون ميل الطبقات باتجاه المنبع للحد من ضغط المياه على السد الذي يرتفع بزيادة الانحدار, فضلا عن اندفاع الرواسب نحو جسم السد والتي تزيد من الضغط عليه فتشكل خطرا ينتج عنه أضرار كبيرة .

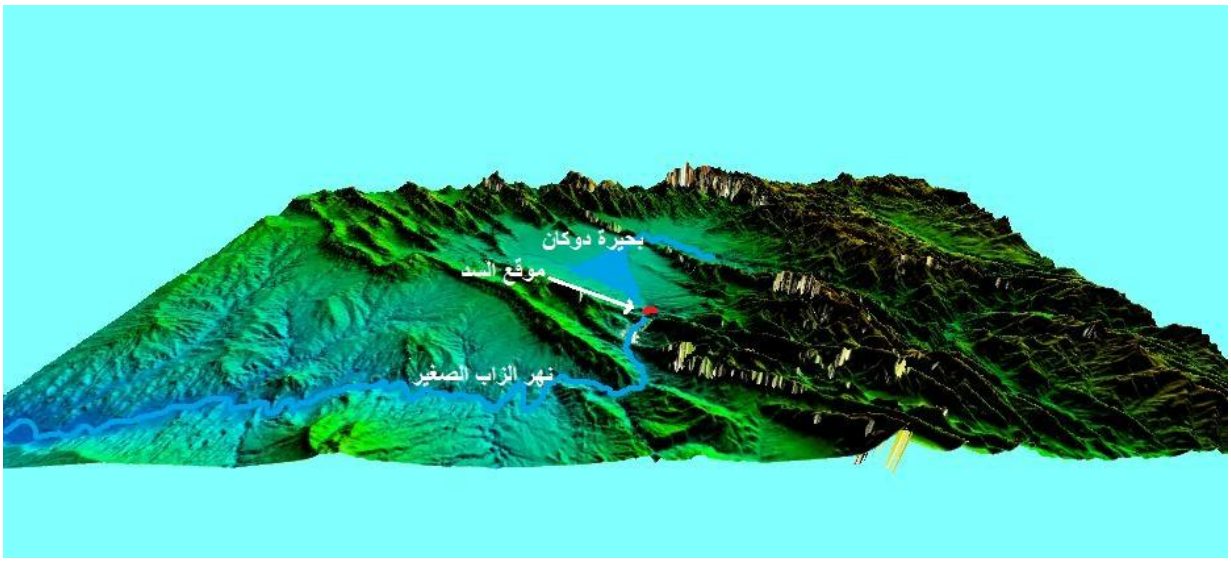
9- قلة الآثار الناتجة عن قيام السد التي تتعرض لها المناطق المحيطة به, حيث ينتج عن ارتفاع مناسيب المياه فيه ارتفاع منسوب المياه الجوفية في تلك المناطق, وقد ينتج عن ذلك مشاكل مختلفة يتعرض لها النشاط البشري بأنواعه.

10- إن تكون المنافع المتحققة من إقامة السد في الموقع الذي يتم اختياره تفوق الكلف والخسائر المترتبة على ذلك, كغمر مساحات واسعة من الأراضي الزراعية والمدن والقرى والمشاريع والمنشآت المختلفة.

11- تحديد الهدف الأساسي من إقامة السد لمعرفة مدى ملائمة الموقع له, ففي كثير من الأحيان يرتبط بالسد خزن المياه للتخلص من أخطار الفيضان عند حدوثه وتوليد الطاقة الكهربائية, إلا انه في الواقع يوجد تناقض في تحقيق الهدفين, فإذا كان لغرض التخلص من الفيضان يتم خزن المياه الزائدة عند حدوثه وتفريغها عند انخفاض المناسيب ليكون جاهزا للموجة القادمة, إما إذا كان لغرض توليد الطاقة الكهربائية فيجب الحفاظ على اكبر كمية من المياه في الخزان في منسوب قادر على تدوير التوربينان التي تحتاج إلى قوة مياه كبيرة تندفع من مستوى عال, وعليه يفضل إقامة مثل تلك المحطات على روافد الأنهار وعدم أقامتها على الأنهار الرئيسية.

ب- المواضع الملائمة لإنشاء السدود والخزانات.

بعد اختيار الموقع الملائم لإنشاء السدود والخزانات وفق الشروط المارة الذكر يجري البحث عن أفضل موضع مناسب لإقامة السد وخزن المياه ضمن الموقع الذي تم اختياره, وربما تكون المنطقة غير صالحة لإقامة السد وخزن المياه لما يترتب على ذلك من مشاكل حاضرا أو مستقبلا, ولكل من السد والخزان مطالب معينة تختلف في النوع والبيئة, فالسد يحتاج إلى مساحة محددة ذات خصائص معينة ضمن مجرى النهر وواديه في حين يحتاج الخزان مساحة واسعة من الأراضي الواقعة على جانبي مجرى النهر إذا كان الخزان ضمن وادي النهر والتي تكون ضمن مواصفات معينة, ولغرض التوسع في توضيح تلك الجوانب سيتم تناول كل واحد منهما على حده.



بغية السيطرة على نهرالزاب الأسفل (الصغير) جرت عدة دراسات لإنشاء سد عال على هذا النهر وللاستفادة منه في إغراض الري وتوليد الطاقة الكهرومائية,فقد قامت الهيئة الفنية لمشاريع الري الكبرى المكلفة من قبل مديرية الري العامة في عام 1946 والتي كان يرأسها (مستر هيك) بدراسة أربعة مواقع عند (دربند رانية) قرب قرية (سنكه سر) وانتخب منها(مضيق دوكان) كاحسن موقع لبناء السد حيث وجد إن هذا الموقع يصلح لان يكون أساسا متينا للسد 0 ووضعت التصاميم لمقترحين احدهما (سد ركامي (Rock Fill dam) وأخر من الخرسانة 0

بعد ذلك عهدت وزارة الإشغال والمواصلات في آذار 1949 إلى مؤسسة (كود ولسن) للاشتراك مع سير (وليام هلكرو وشركاءه) بدراسة مقترحات الهيئة الفنية لمشاريع الري الكبرى فايدوا ملائمة موقع (دوكان) لإنشاء سد إما من الخرسانة أو من الحجارة السائبة (ركامي) وأوصوا بإنشائه وكانت مقترحاتهم الأتي-:

1- سد خرساني جداري (Concrete Gravity Dam)

2- سد خرساني مقوس (Concrete. Arch Dam)

3- سد خرساني ذو مساند (Concrete. Buttress Dam)

4- سد من الحجارة (ركامي املائي (Rock fill Dam))

وبعد تأسيس مجلس الأعمار عهد إلى السادة (بني ديكن وشركاءه) كمهندسين استشاريين لمشروع (سد دوكان) على إن يتولوا مسؤولية وضع التصاميم النهائية للسد و الإشراف على انجازه ، و بعدها جرت دراسات جيولوجية لموقع السد و قد أوصت الشركة التي قامت بذلك بضرورة الاهتمام بإعمال التحشية (grouting) لإملاء الشقوق في الموقع . أنجز الاستشاريون التحريات الشاملة للسد و وضعوا التصاميم و المواصفات لإنشاء سد مقوس في الموقع و تقدم الاستشاريون بذلك إلى مجلس الأعمار سنة

1- مواضع السدود.

إن اختيار الموضع المناسب لبناء السد يحتاج إلى دراسة دقيقة وشاملة وأي خطأ في تلك المعلومات ستكون نتائجها وخيمة وربما تكون سببا في انهيار السد وما ينتج عنه من خسائر مادية وبشرية.

ومن الجوانب المهمة التي تحتاج إلى دراسة مستفيضة ما يأتي:

أ- جيولوجية الموضع:

تعد نوعية الصخور التي يقام فوقها السد الذي يتكون من كتلة كونكريتية ثقيلة الوزن من الجوانب المهمة التي يجب مراعاتها عند اختيار الموضع المناسب, حيث تختلف الصخور في خصائصها الكيميائية والفيزيائية و صلابتها وقوة

تحملها, وميل الطبقات وأسطح التطبيق وما تتضمنه من طيات وصدوع وفواصل وتشققات والتي تؤثر جميعها على إقامة السد, وتعد الصخور الجرانيتية والناس من أفضل أنواع تلك الصخور ملائمة لبناء السدود الكبيرة, في حين تعد صخور الطفل والجيرية من الصخور غير الملائمة لقلة صلابتها وقابليتها على الذوبان بالماء.

إما الصخور التي تتضمن تراكيب ثانوية من طيات وكسور وصدوع وفواصل فهي الأخرى غير صالحة لإقامة السدود لماينتج عنها من مخاطر لأنها تسمح للمياه بالتسرب من تحت السد فتؤثر على استقراريته لما يترتب على تسربها من عمليات تعرية وتجوية تعمل على توسيع تلك الممرات المائية الصغيرة بمرور الزمن ومن ثم زيادة كمية المياه المتسربة والتي ينشط عملها وربما تسبب انهيار السد, وكانت هذه أحد الأسباب التي أدت إلى انهيار سد بلدودين في جنوب كاليفورنيا سنة 1963, حيث أدت المياه المتسربة عبر الشقوق إلى حدوث انزلا قات في تلك الشقوق زادت من توسعها وحولتها إلى مسارات لتسرب المياه بكميات كبيرة فازداد عملها الجيومورفولوجي فقلل من صلابة تلك الصخور وقوة تحملها فتعرض السد إلى الانهيار, وهي نفس الأسباب التي أدت إلى انهيار سد زيزون على نهر العاصي في سوريا عام في حزيران 2002 والذي تسبب في وفاة أكثر من 20 شخص وتدميراكثر من مائة دار سكنية والعديد من المنشآت والمشاريع والأراضي الزراعية, وعليه في حالة الاضطرار إلى إقامة السد فوق مثل تلك المواضع تكون في وضع مواز لخطوط والانكسارات.[5]

وفي حالة وجود تكوينات هشة أو ضعيفة فوق صخور القاعدة الصلبة فيجب أزالتها من موضع السد لكي يرتكز على الصخور الصلبة.

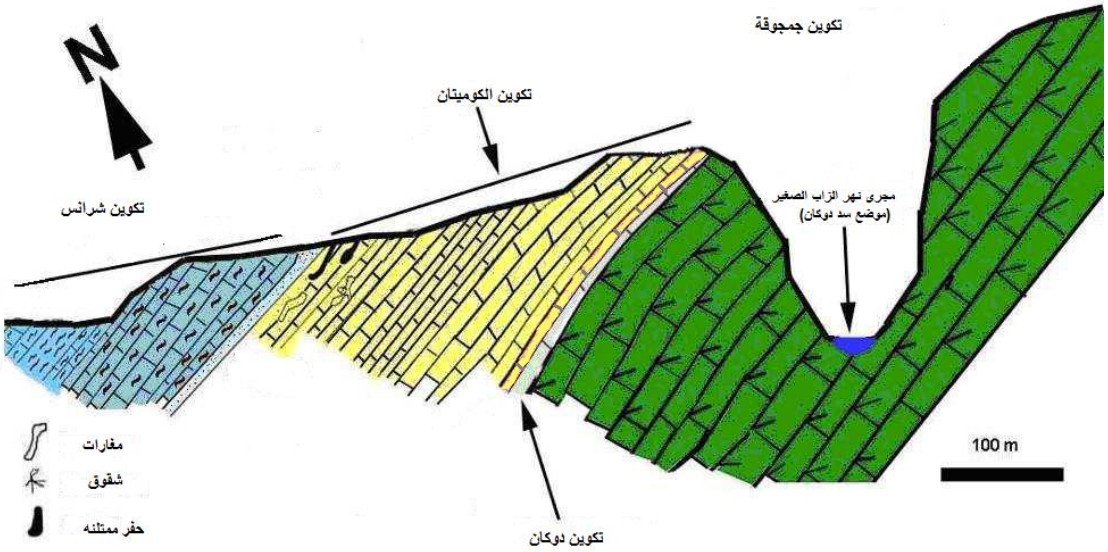
ومن الجوانب الأخرى التي تؤثر على السد تعاقب تكوينات صلبة وضعيفة أو هشة والتي تسهل عملية تسرب المياه من خلالها ومن ثم تعرضها إلى عمليات التجوية والتعرية فتبقى الصلبة معلقة لإزالة التي تحتها, وعند إقامة السد فوقها يتعرض إلى الهبوط, أو عند حفر خندق بالقرب منها فيؤدي إلى انزلاقها بسبب ثقل السد, وقد تؤدي المياه المتسربة إلى تسهيل عملية انزلاق الطبقات الصلبة التي تعلو الهشة لإضعاف تماسكها.

ومن الصخور التي تؤثر على السدود المتحولة التي تكون متورقة سهلة الانزلاق لذا يفضل عدم قطعها باتجاه مجرى النهر لأنه يسهل تسرب المياه إلى داخل الطبقات الصخرية فيقلل من قوتها فيسبب مشاكل للسد, ويفضل قطع تلك الصخور بشكل موازي للسد.[6]

ولمعالجة التسرب الذي يحدث تحت بعض السدود تتبع الإجراءات آلاتية:

1- حفر خنادق عميقة أمام السد وتملأ بمواد تمنع التسرب, اوحقن المنطقة التي تتعرض إلى التسرب بمادة أسمنتية أو إسفلتية إذا كانت محدودة المساحة.
2- حفر خنادق وراء السد تقوم بتصريف المياه المتسربة من تحت السد إلى النهر.
3- إقامة ستائر أو حواجز عمودية تحت السد والخزان على شكل جدران مستعرضة أو ركائز من الأسمنت اوالقير.

مقطع جيولجي عرضي يوضح جيولوجية السد (دوكان)



ب- منسوب المياه الجوفية.

يؤدي وجود المياه الجوفية بمناسيب مرتفعة في التكوينات من تربة وصخور إلى حدوث انزلا قات وهبوط, وقد تحدث تلك العمليات عند ارتفاع وانخفاض مناسيب المياه بشكل مفاجئ , وكان ذلك من الأسباب التي أدت إلى انهيار سد فايونت في إيطاليا عام 1963 والذي يعد من أسوء كوارث انهيار السدود في العالم لما نتج عنه من خسائر بشرية ومادية ذهب ضحيتها 2600 شخص.[8]

ج- الضغط المسلط على السد.

يتعرض السد إلى ضغط من مصادر مختلفة منها مايأتي:

1- قوة ناتجة عن وزن حائط السد.

2- قوة ضغط المياه أمام السد والتي يزداد ضغطها مع زيادة انحدار ارض الخزان نحو السد.

3- قوة ضغط الترسبات التي تجلبها المياه وتترسب اكبر كمية منها عند السد.

4- قوة ضغط الثلوج في المناطق الباردة والتي يكون اكبر من قوة ضغط المياه.

5- ضغط ناتج عن الزلازل والبراكين والحركات الأرضية البطيئة.

6- ضغط ناتج عن المياه المتسربة من أسفل وجوانب السد.

د-المناخ السائد في موقع السد.

يؤثر المناخ على السد وخاصة عندما يكون التطرف الحراري كبير, إذ تعمل الحرارة في ارتفاعها وانخفاضها على أحداث تشققات في جسم السد وخاصة الجهة الأمامية منه, وتزداد مخاطر ذلك عندما تسهم الحرارة المنبعثة من باطن الأرض التي يقع فوقها السد في انتشار الشقوق في أسفل السد فتسمح بتسرب المياه إلى جسم السد فتعمل على إذابة وتأكل بعض المواد التي يتكون منها فتقلل من قوته ومتانته , فضلا عن التأثير الناتج عن التساقط بانواعه.

وقد تتظافر عدة عوامل في التأثير على السد فتؤدي إلى انهياره , وهذا ما حدث لسد كولوميت المشيد على نهر بالموكويك والذي انهار عام 1972 فتسبب في تدمير 4000 دار سكنية ومقتل 118 شخصا مع خسائر مادية بلغت 55 مليون دولار, عندما تعرض الى موجة فيضان عالية بلغت 6م وبسرعة 8كم/ ساعة نتيجة لسقوط الامطار وذوبان الثلوج, كما كان السد ذو خصائص سيئة منها ما يأتي:

1- انخفاض الطاقة الاستيعابية للخزان أمام السد.

2- عدم وجود قناة لتصريف المياه الزائدة عن طاقة السد.

3- تسرب كميات كبيرة من المياه أسفل السد والتي أضعفت استقراريته.

4- تشبع جسم السد بالماء مما أدى إلى قلة تماسك مكوناته واضعاف قوته ومتانته.

5- قلة تماسك مكونات السد الحاوية على تربة عضوية(فحمية) وطينية وطفل والتي تحولت إلى مادة طينية غير متماسكة عند تشبعها بالماء.[10]

2- مواضع الخزانات.

إن اختيار الموضع الملائم للخزان يتطلب مراعاة ما يأتي:

أ-الوضع الطوبوغرافي.

إن خزن المياه يحتاج إلى منطقة حوضية الشكل تحيط بها حافات مرتفعة من معظم جهاتها وتكون ذات انحدارات معتدلة للحد من حدوث انهيارات وانزلا قات وهبوط وتدفق طيني, وعمليات تعرية وتجوية في تلك الحافات تنعكس أثارها على خزن المياه, كما تحدد المواضع المنخفضة والأودية التي تحتاج إلى إنشاء سداد ترابية على ارتفاع لا يسمح للمياه بعبورها عند أقصى طاقة استيعابية للخزان, كما تمنع انتشار المياه على مساحة واسعة خارج المنطقة المرشحة للخزن وتؤدي إلى زيادة عمق مياه الخزان ورفع طاقته الاستيعابية.

وتعد المناطق الخالية من التضاريس المرتفعة كالتلال والهضاب من أفضل المناطق لخزن المياه, فقد يؤدي وجودها إلى تقليل القدرة الاستيعابية للخزان وتساعد على زيادة الترسيب في قاعه, وتكون تلك المظاهر اقل أهمية عندما تكون مواقعها عند أطراف الخزان.

كما تفضل المناطق التي تكون على مستوى منخفض عن المناطق المحيطة بها وذلك لما يترتب على ارتفاع مناسيب المياه في الخزان من اثار سلبية على الأراضي المجاورة بسبب تعرضها إلى ظاهرة النزيز وما ينتج عن ذلك من اثار على الزراعة والعمران خاصة إذا لم تتوفر مشاريع بزل تعمل على نقل تلك المياه الى الانهار والمنخفضات القريبة, وهذا ما حدث في العراق حيث تعرضت المناطق الواقعة شمال بحيرة الحبانية الى تلك الظاهرة فتحولت الأراضي الزراعية الى ملحية, واضطر معظم سكان المنطقة الى السكن عند حافة الهضبة القريبة .

ب- التكوينات السطحية وتحت السطحية.

تؤثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتكوينات السطحية وتحت السطحية على طبيعة خزن المياه , وتمثل أسطح انفصال تلك التكوينات منطقة ضعف ترتكز فيها عمليات التجوية والإذابة لاختلاف خصائصهما الطبيعية, والتي ينتج عنها تسرب المياه او الاحتفاظ بها, ولزيادة الإيضاح سيتم تناول تلك التكوينات كل على حده:

1- التكوينات السطحية:

تتباين التكوينات السطحية من مكان لاخر وحتى ضمن الموقع الواحد الذي يتم اختياره لخزن المياه يكون بعضها صماء وغير نفيذة وفي جهة اخرى هشة وشديدة النغاذية كالتربة الرملية والحصوية والعضوية, او تتكون من صخور تتضمن تراكيب ثانوية على نطاق واسع كالشقوق والفواصل, حيث تساعد مثل تلك التكوينات على تسرب كميات كبيرة من المياه المخزونة الى باطن الارض, ويكون للتركيب الكيميائي أثرا كبيرا على نوعية المياه نتيجة لتحلل وذوبان بعض المعادن والتي تحدث تغيرا في خصائص المياه, خاصة اذا كانت مركبات حامضية او فحمية فتسبب تلوث المياه, لذا يجب

معالجة هذه الحالات اذا كانت محدودة المساحة والسمك اما بإزالتها او طمرها بطبقة من الطين او الحصى او الرمل بسمك لايقل عن 50سم.[11] اما اذا كانت طبقة سميكة وواسعة الانتشار يفضل ترك المنطقة والبحث عن بديل افضل.
كما تكون نفاذية تلك التكوينات من المشاكل التي تواجه عملية خزن المياه عندما تكون عالية لانها ستسمح بتسرب كميات كبيرة منها الى باطن الارض, وإذا كانت على نطاق محدود تعمل الرواسب التي تجلبها مياه النهر على ملء تلك المسامات والشقوق وتتكون طبقة من الرواسب تحد من كمية المياه المتسربة.
وفي حالة وجود طبقة من الصخور الجيرية ذات المسامية والنفاذية العالية فيمكن معالجتها من خلال تغطيتها بطبقة من تكوينات غير نفيذة او حقنها بمواد تزيد من تماسكها وتقلل من نفاذيتها.

2- التكوينات تحت السطحية:

تعد تلك التكوينات ذات أهمية كبيرة في اختيار المواضع الملائمة لخزن المياه ولاتقل أهمية عن السطحية حيث يتأثر خزن المياه بخصائصها من حيث الصلابة والتركيب المعدني والنفاذية, ففي حالة وجود صخور جيرية اوجبسية او ملحية سيترتب عليها مشاكل عديدة خاصة اذا كانت على نطاق واسع ويصعب معالجتها لانها تعمل على تسرب كميات كبيرة من المياه وتسهم في زيادة ملوحتها, وهذا ما حدث في خزان مكملان في الولايات المتحدة والذي كان السبب في فشل المشروع بسبب تسرب المياه المخزونة.
وعليه ان التكوينات السطحية وتحت السطحية تعمل بشكل متضامن وقد تكون تحت السطحية اكثر أهمية اذا كانت السطحية طبقة غير سميكة ونفيذة والتي تحتها سميكة وغير نفيذة.
ومن الجوانب المهمة الأخرى التي تؤخذ بالاعتبار القنوات النهرية المدفونة و المملؤة بالرواسب الضعيفة التماسك والتي ستتعرض الى الإذابة بمرور الزمن فينتج عنها شقوق كبيرة تعمل على تسرب كميات كبيرة من المياه, وكذلك الحال عند وجود فوالق كبيرة مطمورة .[12]

ج- انحدار السطح وميل الطبقات:.

تعد المناطق المعتدلة الانحدار من افضل المواضع الملائمة للخزانات لانها تعمل على تخفيض سرعة جريان المياه نحو السد, وتزداد محاسن ذلك عندما يتوافق معها ميل الطبقات ويكون باتجاه المنبع أي معاكس لاتجاه الجريان والتي تسهم في تخفيف الضغط على السد وزيادة كمية المياه المخزونة لارتفاع مناسيبها أمام السد دون ان تشكل خطرا عليه.