تصميم السدود الرّدمية –معلومات عامّة

أهداف المحاضرة: في نهاية هذه المحاضرة؛ ستتعلم ما يلي:

1. ما هو السّد؟
2. ما هي أنواع السدود وفق لمعايير عدّة (مادّة البناء – ارتفاع السد- حجم التخزين- وظيفة السد).
3. ما هي السدود الردمية؟
4. كيف يُحدّد موقع بناء السد؟
5. ما هي القيم الأساسية اللازمة لرسم المقطع العرضي للسد الردمي؟
6. منهجية تحديد ارتفاع السد الردمي وفقاً لمنحنيات بحيرة التخزين.

1-1. تعريف

يُعرّف السد بأنه منشأة مائية تقام على مجرى مائي في مقطع معيّن منه، بهدف حجز المياه وتخزينها للاستخدامات المستقبلية، مع ملاحظة أنّ هناك أنواعاً خاصة من السدود تُبنى كمنشآت تحويل، وتستخدم بشكل أساسي للتحكم بمناسيب المياه في المجرى.

صورة 1. مسقط أفقي لسد أسوان على نهر النيل-نيسان 2015

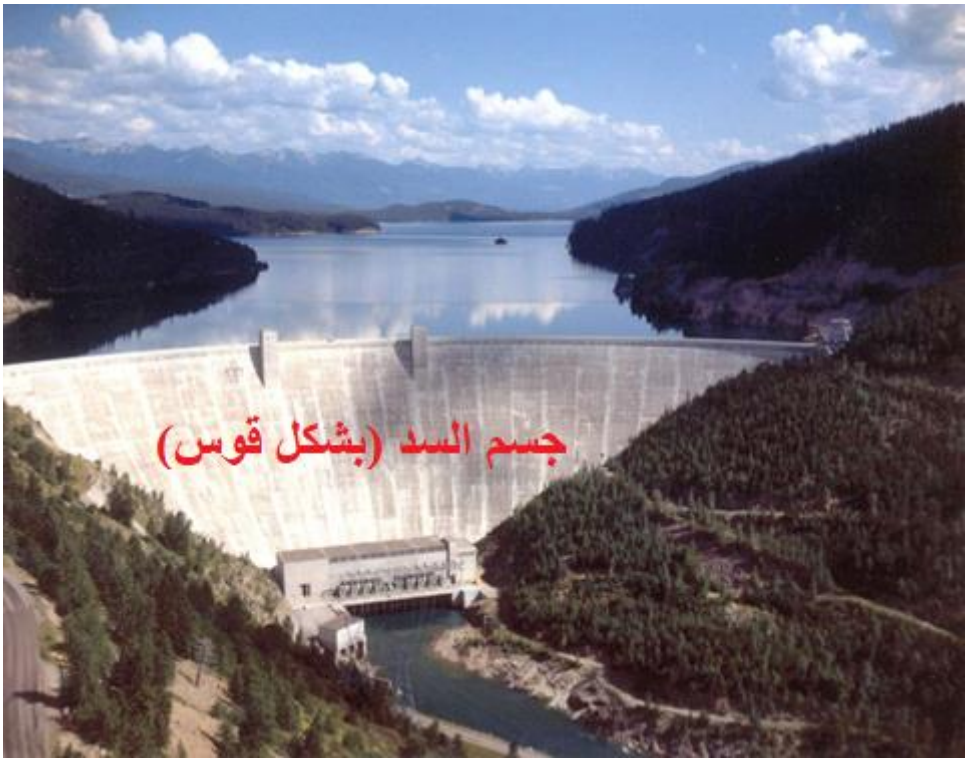
صورة 2. سد ميكا الردمي في كندا

1-2. نقاط أساسية حول تصميم السدود:

- كل سد هو **منشأة فريدة**، ولا يوجد معيار موحد لتصميم السدود، حيث تختلف السدود بين بعضها البعض من عدّة نواحي تتبع لعوامل عديدة هيدرولوجية، هيدروليكية، طبوغرافية، جيوتكنيكية... الخ.
- عند اختيار نوع السد المراد بناؤه، يتم أخذ بعض الأمور الهامّة بعين الاعتبار، منها: استقرار السد، نوعية التربة في منطقة إنشاء السد، حجم تخزين السد، كمية المناطق المأهولة التي ستغمرها بحيرة السد أصغرية، قرب السد من شبكة المواصلات، توفر مواد البناء في الموقع...الخ
- هناك العديد من تصنيفات السدود، نذكر منها:

← **حسب مادّة البناء:**

1. **سدود ردمية** (من التربة أو الصخور). (ملاحظة: يقصد بمصطلح ردمية: السدود التي يتم تنفيذها بطريقة الردم ويكون لها ميول تضمن استقرارها)
2. **سدود بيتونية** (من البيتون وتتضمن السدود الثقلية – الدعامية – القوسية وأنواعاً عديدة أخرى).



صورة 3 .سد Hungry-Horse-Talsperre البيتوني القوسي في الولايات المتحدة

تعد **السدود الردمية بنوعيها من أكثر أنواع السدود انتشاراً**، وهي تُنفذ من المواد المتوفرة قرب موقع بناء السد، ويتم رصها على طبقات وفقاً لخواص الترب المتوفرة في الموقع.

نميز هنا بين نوعين أساسين:

- **السدود الردمية الترابية**: تكون متجانسة أو غير متجانسة (منفذة من نوع واحد من التربة من ترب متعددة).
- **السدود الصخرية أو الحجرية الركامية**، غالباً ما تُزّود بنواة كتيمة مركزية أو مائلة (تنفذ من الصخور والركام التي لا تدرس النفاذية فيها وبالتالي هي بحاجة نواة من مواد كتيمة).

← **حسب حجم تخزين بحيرة السد**. (كم متر مكعب من الماء مخزّن ضمن البحيرة)

← **حسب ارتفاع السد**: (تزداد أهمية السد بازدياد ارتفاعه)

سدود منخفضة الارتفاع	$H \leq 30\ m$	الدرجة 4
سدود متوسطة الارتفاع	$30m \leq H \leq 75\ m$	الدرجة 3
سدود عالية	$75m \leq H \leq 125\ m$	الدرجة 2
سدود عالية جداً	$H > 125\ m$	الدرجة 1

← **حسب وظيفة السد:**

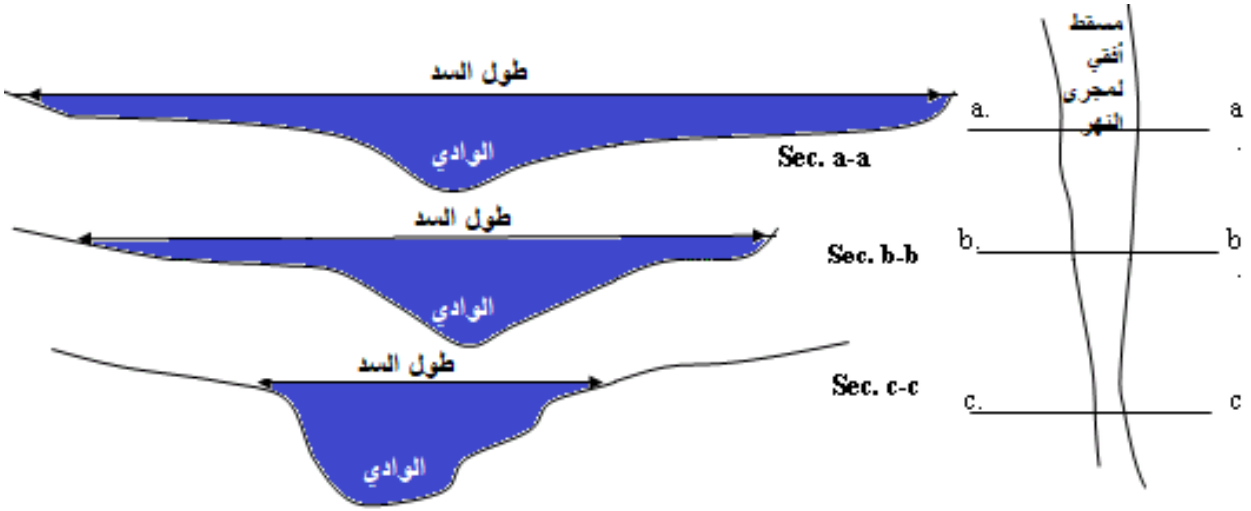
- توليد الطاقة الكهربائية من خلال الاستفادة من فرق المنسوب المائي أمام وخلف السد.
- تأمين الاحتياجات المائية لمشاريع الري خاصةً في أوقات الجفاف.

صورة 4 .سد الفرات في المنطقة الشرقية في سورية لتوليد الطاقة الكهربائية وري الأراضي الزراعية

- لأغراض تأمين مياه الشرب.
- تنظيم الجريان في المجاري المائية ودرء خطر الفيضانات.
- لأغراض سياحية.
- حجز مياه السيول في المناطق الجافة في أوقات حدوث العواصف المطرية (سدود ترشيحية).

- **يتم تحديد موقع بناء السد في المقطع الأصغر من الوادي مع ملائمته مع الشروط التي تم ذكرها سابقاً.**

علماً أنّ السدود الترابية تبنى في أودية عريضة نسبياً، ولكن **يتم اختيار الموقع الأضيق من الوادي العريض.**

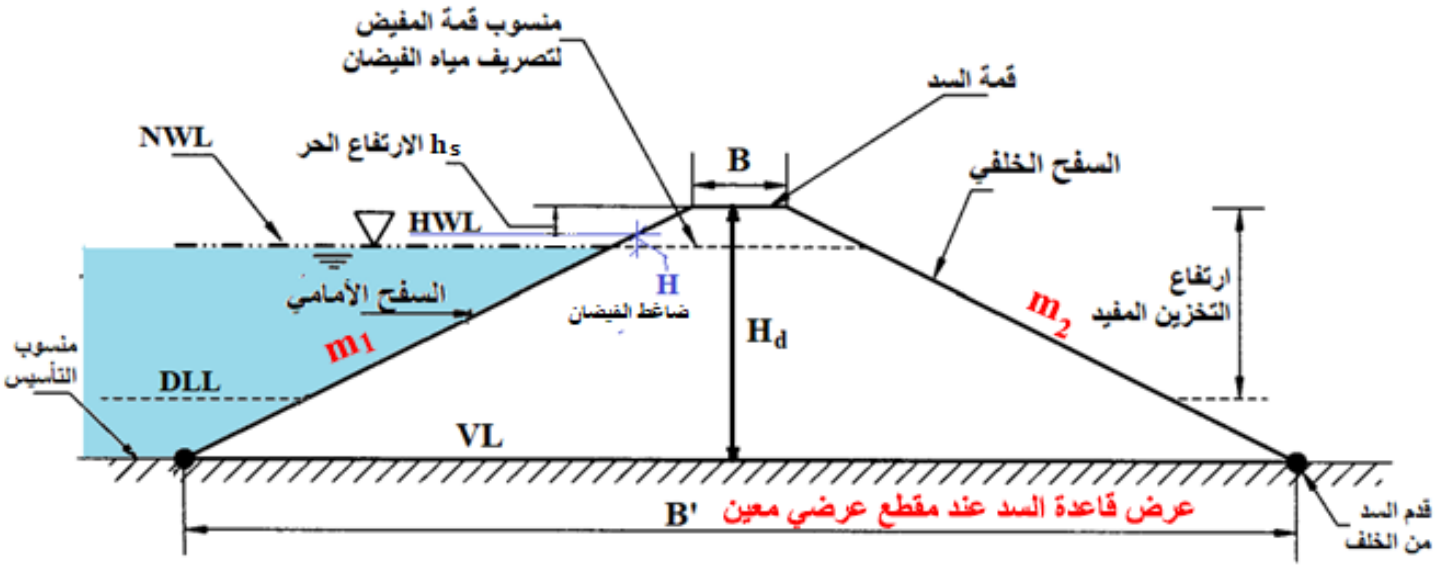


صورة 5. عدة مقاطع عرضية أخذت على نهر، يظهر فيها أن المقطع c-c هو المقطع الأضيق وهو المناسب لبناء السد لكون كمية المواد الترابية اللازمة ستكون أقل ما يمكن

1-3. تصميم السّد الردمي (ترابي أو ركامي):

تحديد ارتفاع السّد:

يبين الشكل أدناه، مقطعاً عرضياً في سد ردمي، عرض قمته B، تسطح سفحه الأمامي m_1 وتسطح سفحه الخلفي m_2 وارتفاعه H_d.



صورة 6. مقطع عرضي توضيحي في جسم سد ردمي مع الاصطلاحات الأساسية

يتم تحديد **ارتفاع السد** H_d بحيث لا يسمح للماء بالجريان على قمته (تُصمم السدود الردمية بحيث لا يُسمح للماء بالعبور فوق قمتها في حال الفيضانات لتجنب انهيارها)، وبالتالي يجب أن يكون منسوب قمة السد أعلى من منسوب التخزين الأعظمي HWL الذي يحدد وفقاً للدراسات الهيدرولوجية.

يُحدد ارتفاع السد H_d بالعلاقة التالية:

$$H_d = (NWL - VL) + H + h_s$$

حيث:

- h_s **الارتفاع الاحتياطي** (أو الارتفاع الحر) فوق منسوب التخزين الأعظمي المؤقت HWL، ويتعلق **بسرعة الرياح واتجاه هبوبها، كما يتعلق بقيمة هبوط السد.**
- H **ضاغط الماء الناتج عن الموجة الفيضانية**، الذي يُحدد تبعاً لاحتمال تكرار الموجة الفيضانية، مثلاً $p(1\%)$ أي مرة كل 100 سنة، أو $P(0.1\%)$ أي مرة كل 1000 سنة، أو $p(0.01\%)$ أي مرة كل 10000 سنة.
- NWL **منسوب التخزين النظامي.**
- VL **منسوب الوادي في منطقة إنشاء السد** (وهو عند أخفض منطقة يمر منها محور السد).

✓ **تحديد منسوب التخزين الأعظمي HWL:**

يتم تحديده بالعلاقة:

$$HWL = NWL + H$$

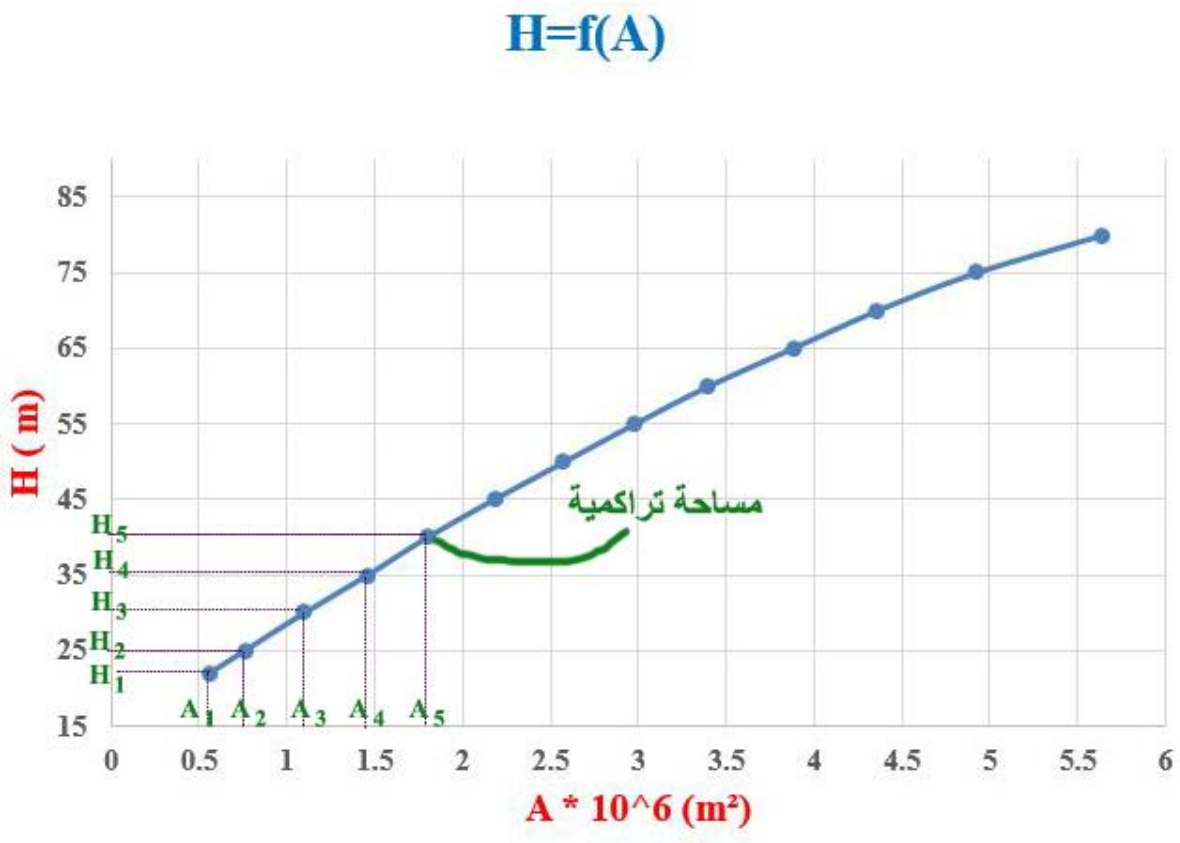
يتم تحديد منسوب التخزين النظامي NWL، بناءً على **الحجم المائي المراد تخزينه في بحيرة السد** (السعة التخزينية المفيدة القابلة للاستخدام وفقاً لوظيفة السد أي للري أو للشرب أو توليد الكهرباء...الخ).
ويتم تحديده وفق الخطوات التالية:

1- نحدد على المخطط الطبوغرافي للحوض الصباب للنهر موقع السد (وفقاً لمعايير عديدة، تتضمن بينها **اختيار مقطع الوادي الأضيق**).

2- نحدد المساحات من الحوض التي ستغمرها بحيرة السد (بحيرة التخزين).

3- نرسم المنحنيات المميزة لبحيرة السد (بحيرة التخزين): وتتضمن منحني المساحة مع المنسوب، ومنحني الحجم المائي مع المنسوب:

- **<u>المنحني المميز لسطح بحيرة التخزين $H = f(A)$ (الصورة 7):</u>** نقوم بحساب المساحة بين كل خطي تسوية $A_1, A_2, \ldots..$ الموافقة للارتفاعات $H_1, H_2, \ldots..$



صورة 7. المنحني المميز لسطح بحيرة التخزين لأحد السدود

(A_1 تمثل المساحة بين أخفض نقطة وخط التسوية رقم (1)، و H_1 تمثل المنسوب الموافق لخط التسوية (1))

- المنحني المميز لحجم بحيرة التخزين $H = f(S)$ (يعبر الرمز S عن التخزين-Storage) (الصورة رقم 8)

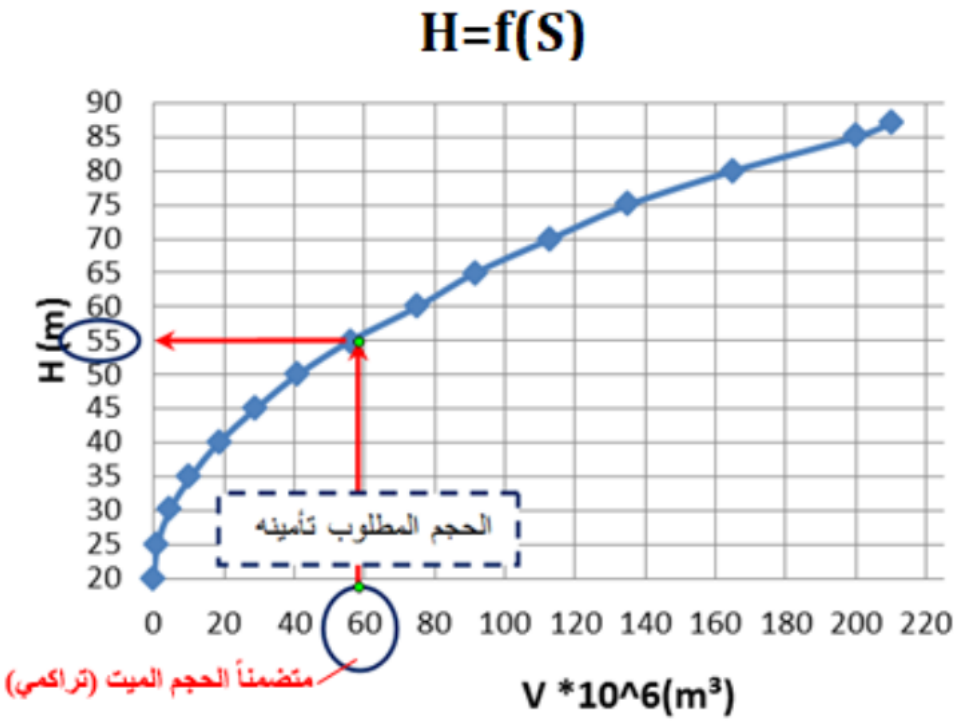
نحصل على الحجم الوسطي بين كل خطي تسوية بحساب وسطي مساحة بحيرة التخزين عند مستويين مختلفين مضروبا" بفرق الارتفاع بين المستويين أي:

$$S_{1,2} = \frac{A_1+A_2}{2} * \Delta H \quad : \quad \Delta H = H_2 - H_1$$

ΔH : فرق الارتفاع بين المستويين

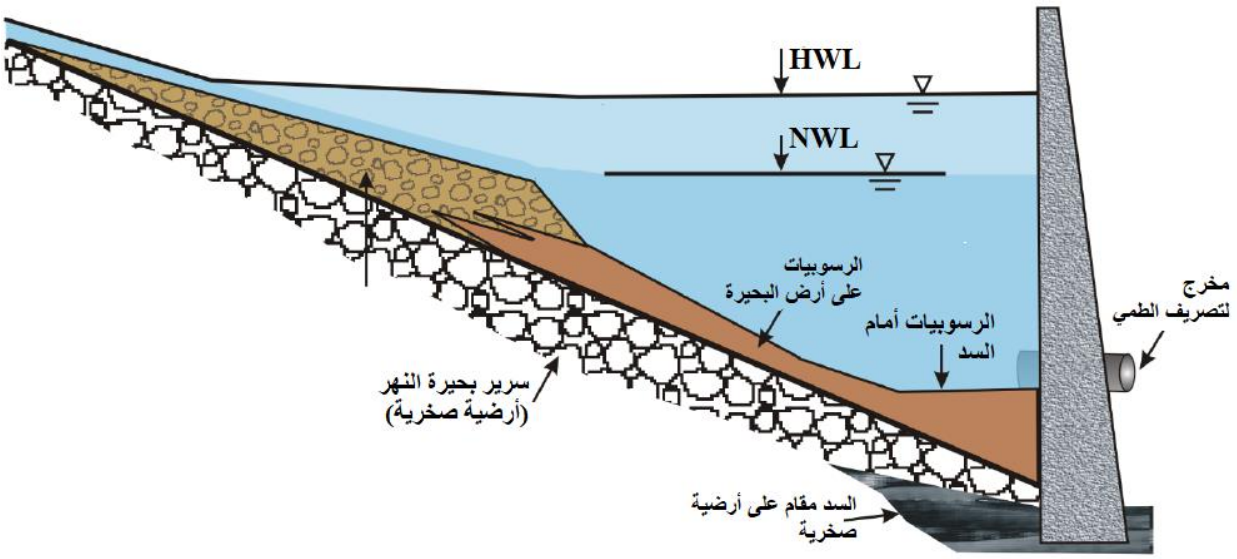
4- تحديد الاحتياجات المائية المطلوب تأمينها من السد (مياه الشرب، الحاجات الصناعية، حاجات الري) بعد الأخذ بعين الاعتبار كمية المياه الواردة و ضياعات التبخر والتسرب.

5- نوقع هذا الحجم على المنحني المميز لحجم بحيرة التخزين ونستنتج منه الارتفاع المقابل لهذا الحجم، والذي يمثل منسوب التخزين النظامي NWL.



صورة 8. تحديد منسوب التخزين النظامي على المنحني المميز لحجم بحيرة التخزين لأحد السدود

ملاحظة: يتم تحديد السعة التخزينية المفيدة، بعد تحديد منسوب التخزين الميت $DLL(Dead\ Load\ Level)$ (منسوب تجمع الطمي والرواسب والمواد الناعمة خلال عمر السد). **أي يتم الحصول على الحجم المفيد بعد طرح الحجم الميت الناتج عن تراكم الرواسب.**



صورة 9. مثال لسد بيتوني (مقطع عرضي) مقام على وادي صخري (مقطع طولي)، يظهر تراكم الرسوبيات أمام السد مع اقتراح فتحة لتصريف الرسوبيات