المشروع الأوّل

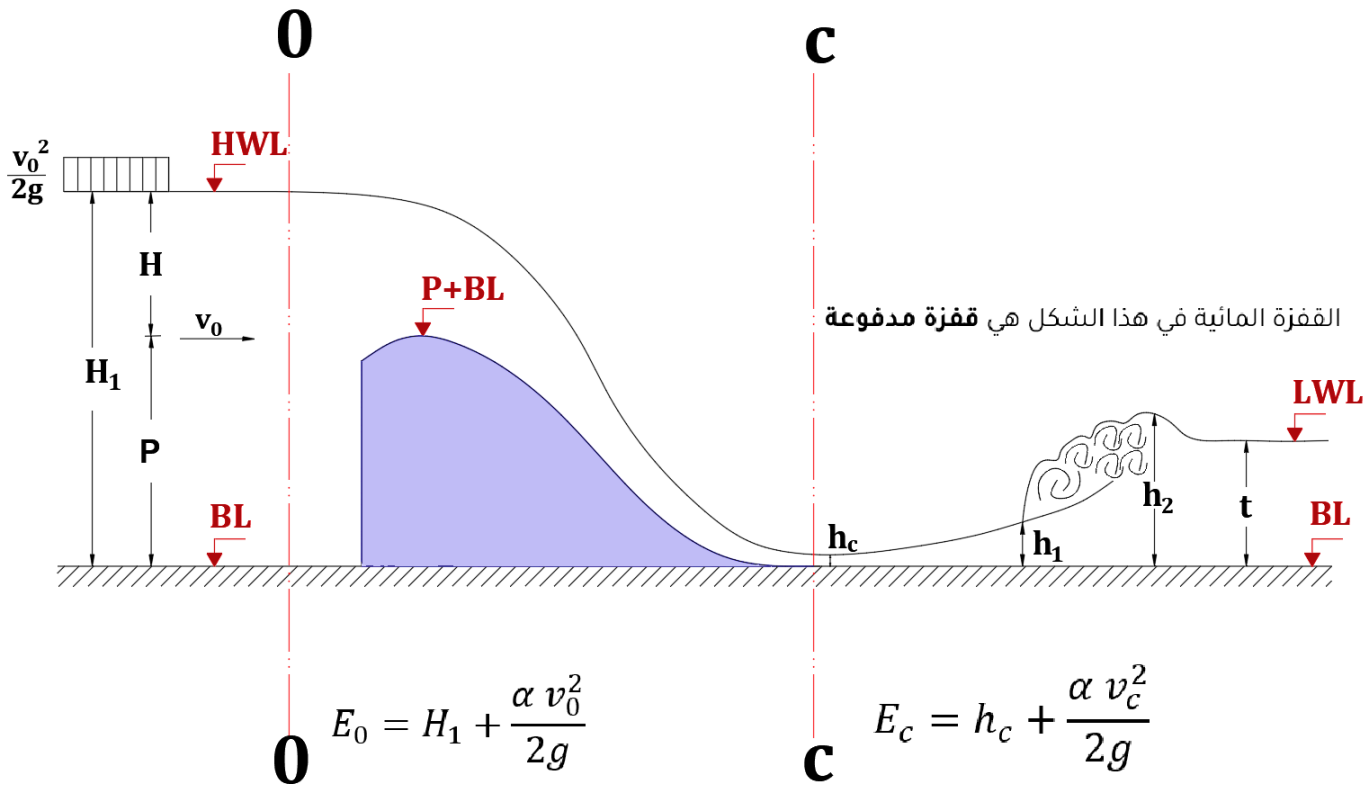
تصميم منشآة هدّار على قناة ري

دراسة التحام المستويات المائية خلف الهدّار

ماذا يحدث خلف المنشآة من جهة الحوز السفلي؟

الجريان قبل المنشآة (من جهة الحوز العلوي)، **هو جريان هادئ** بسرعة اقتراب صغيرة وربما تكون مهملة (v_0). ولكن بالنسبة **للجريان على منحدّر الهدّار** (شديد الميل)، تزداد سرعة الجريان وتقل سماكة الجريان المائي حتى تبلغ القيمة الدنيا عند قدم الهدّار (جريان سريع)،(ولذا يُدعى العمق المائي هنا بالعمق المضغوط h_c، والذي يوافق سرعة أعظيمة هي سرعة الجريان في المقطع المضغوط $v_c = v_{max}$)، بحيث تكون الطاقة الكلية (معظمها حركية) عند المقطع المضغوط هي:

$$E_c = h_c + \frac{\alpha\, v_c^2}{2g}$$



- **لحساب هذا العمق المضغوط** h_c، يلزم تطبيق معادلة الطاقة (برنولي) بين مقطعين، الأوّل $(0-0)$ من جهة الحوز العلوي $Upstream$، والآخر عند المقطع المضغوط تماماً، أي عند العمق المضغوط من جهة الحوز السفلي $Downstream$ وهو المقطع $(c-c)$.

وبنتيجة تطبيق هذه المعادلة، ينتج لدينا المعادلة الآتية:

$$h_c = \frac{q_c}{\varphi \cdot \sqrt{2\, g\, (E_0 - h_c)}}$$

حيث:

q_c : هي الغزارة في واحدة العرض المضغوط (أي في واحدة العرض L_c)، وينضغط العرض المائي فقط عند وجود ركائز ضمن الجريان أو عند أكتاف القناة (في حالة المشروع قد يوجد انضغاط عند الأكتاف إذا كان $B' > L$).

ويُحسب العرض المضغوط بمعرفة معامل الانضغاط الجانبي ε الذي أصبح معلوماً بعد حساب ضاغط الهدّار الكلي H_0:

$$L_c = \varepsilon \cdot L \quad \Rightarrow \quad q_c = \frac{Q}{L_c}$$

<u>في حالة عدم وجود انضغاط جانبي، يكون العرض الفعّال للجريان هو ذاته عرض القناة</u>

E_0 : الطاقة الكلية عند المقطع $(0-0)$ من جهة الحوز العلوي

$$E_0 = H_1 + \frac{\alpha\, v_0^2}{2g}$$

- نوجد **قيمة العمق الحرج** h_{cr} **للقناة** (مستطيلة الشكل) التي أُنشئ عليها الهدّار.

وهنا نستذكر **العلاقة العامّة لحساب العمق الحرج** (من مقرر هيدروليك الجريان الحر في الأقنية المكشوفة):

$$\frac{A_{cr}^3}{B_{cr}} = \frac{\alpha\, Q^2}{g}$$

بتعويض قيم A_{cr} المقطع المائي الحرج، B_{cr} عرض سطح الماء الحرج، وذلك بالنسبة للمقطع المستطيل، يمكن استنتاج **علاقة العمق الحرج الخاصة بالقناة المدروسة**:

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha\, Q^2}{g\, B'^2}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha\, q^2}{g}}$$

- بمقارنة العمق المضغوط h_c مع العمق الحرج h_{cr}، سنجد أنّ:

$$h_c < h_{cr}$$

أيّ أنّ الجريان في المقطع المضغوط هو **جريان سريع**

- بمقارنة عمق الماء الطبيعي في القناة t (من جهة الحوز السفلي)، سنجد أنّ:

$$t > h_{cr}$$

- أي **تتشكل قفزة مائية بين المقطع المضغوط والمقطع الذي يعود عنده الجريان لعمقه الطبيعي**.

تحديد نوع القفزة المائية خلف الهدّار

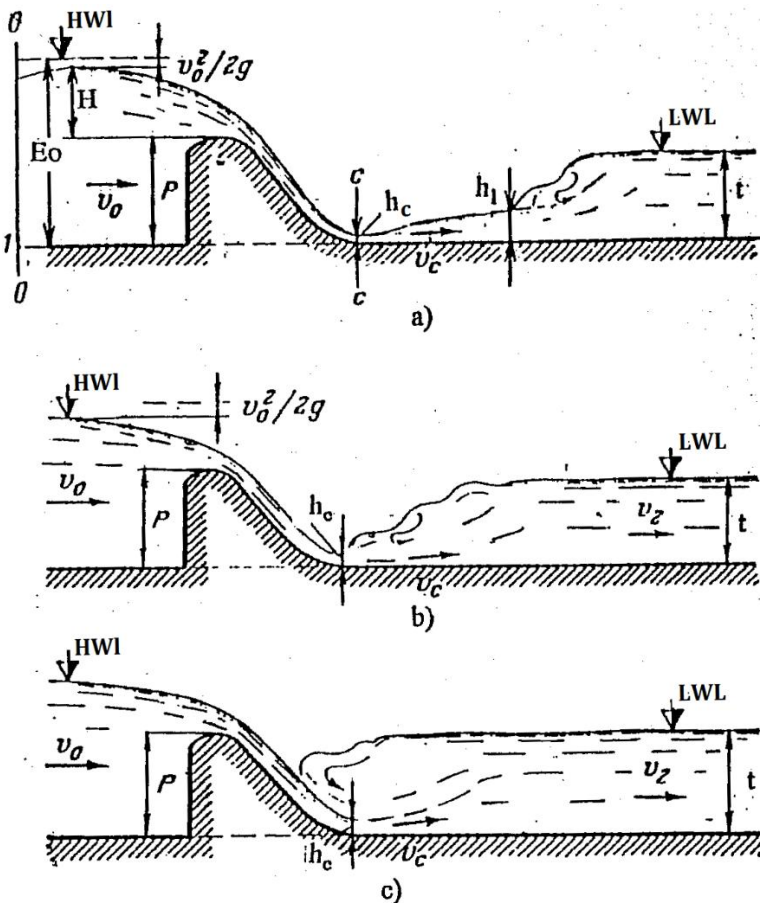
لتحديد نوع القفزة المائية خلف الهدّار، لا بدّ من تحديد عمقيها المترافقين، الأوّل قبل القفزة والثاني بعد القفزة، ومقارنة العمق المرافق الثاني للقفزة h_2 مع عمق الماء الطبيعي في القناة t، وذلك وفق الخطوات الآتية:

- نعتبر العمق المرافق الأوّل h_1 للقفزة هو h_c نفسه (لأنّ الهدف هو تقليل قيمة العمق المرافق الأوّل للقفزة ليصبح أقل من h_c)
- نوجد العمق المرافق الثاني من العلاقة:

$$h_2 = \frac{h_1}{2}\left[\sqrt{1 + 8\left(\frac{h_{cr}}{h_1}\right)^3} - 1\right]$$

- **نقارن الآن h_2 مع عمق الماء الطبيعي في القناة t**، فإذا كان:
  - $h_2 > t \Leftarrow$ **القفزة مدفوعة** ولا بد من تخميد الطاقة الحركية الكبيرة لها، حيث أنّ طول الحت الناتج عنها كبير، فهي تتشكل على بعد معين بعد قدم الهدّار يتبع لطول المنحني المائي الراجع المتشكل قبل القفزة المدفوعة.
  - $h_2 = t \Leftarrow$ **القفزة حرجة**، أيضاً لا بدّ من تخميدها، ولكنها ذات طاقة حركية أقل من سابقتها.
  - $h_2 < t \Leftarrow$ **القفزة مغمورة**، وتعني أنّ الطاقة الحركية عند قدم الهدّار أقل قيمةً من نوعي القفزة آنفي الذكر، وعادةً عندما تكون القفزة خلف المنشآة مدفوعة أو حتى حرجة، نعمل على تحويلها إلى قفزة مغمورة.

أنواع القفزة المائية



مدفوعة

حرجة

مغمورة

على هامش المحاضرة

عرفنا أنه يجب تخميد القفزة، وهناك العديد من الطرق لتخميد القفزة المائية أهمها وأكثرها شيوعاً:

- حوض التهدئة Stilling Basin، الذي يتم ضمنه تحويل القفزة من مدفوعة إلى مغمورة، وقد يحوي مخمدات بشكل كتل بيتونية (Baffle blocks)، لإضعاف القفزة وتقليل طول الحوض. بحيث قد توضع هذه المخمدات في بداية الحوض، أو ضمنه، وفي نهاية طوله.