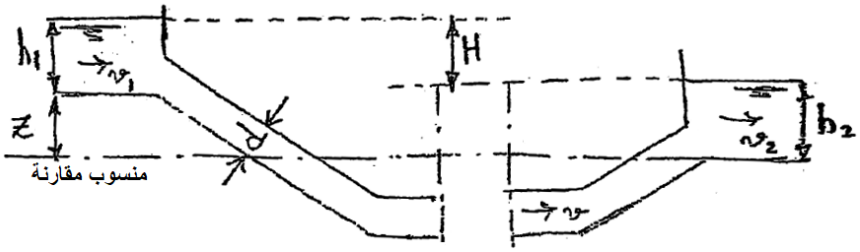
السيفون المقلوب

7-1- تعريف:

عبارة عن ناقل مائي مغلق مصمم لتجري فيه المياه تحت الضغط بتأثير وزنها الذاتي أسفل نهر أو قناة أو مصرف أو طريق أو سكة حديدية أو وادٍ منبسط.

يجب تأمين ضاغط مائي كافٍ عند المدخل وذلك للتغلب على كافة ضياعات الطاقة للجريان ضمن هذه المنشأة، وذلك في حدود السرع المقبولة. وتتألف هذه المنشأة بشكل أساسي من ثلاثة أجزاء:

أنبوب مضغوط (الناقل) – منشأة المدخل – منشأة المخرج



الشكل (27)–تقاطع العبارة مع طريق

بتطبيق معادلة الطاقة بين مدخل السيفون المقلوب ومخرجه:

$$H = Z + h_1 - h_2 = \sum \xi_{m+f} \cdot \frac{V^2}{2g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

في حال $A_1 = A_2 \Leftarrow V_1 = V_2 \quad h_1 = h_2$

$$\Rightarrow H = Z = \sum \xi_{m+f} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \Rightarrow \quad V = \sqrt{\frac{1}{\sum \xi_{m+f}}} \cdot \sqrt{2\,g\,Z}$$

$$\Rightarrow Q = \mu . A . \sqrt{2\,g\,Z}$$

حيث μ معامل تصريف السيفون المقلوب.

7-2- سنقوم بدراسة التصميم الهيدروليكي لمنشأة السيفون:

تشابه خطوات التصميم الهيدروليكي للسيفون المقلوب، ما مر معنا في العبّارة مع مراعاة ما يلي:

- مقطع ناقل السيفون المقلوب يمكن أن يكون دائري أو صندوقي.
- يمكن أن يكون السيفون المقلوب بناقل واحد أو أكثر من ناقل، بما يحقق الشروط التصميمية المتعلقة بفرق المنسوب بين المدخل والمخرج، والسرعة المسموحة للجريان ضمن الناقل، وظروف تشغيل واستثمار وصيانة المنشأة.
- $d \leq 1.5\ m$ في حال كان المقطع دائري الشكل.
- $A_s \leq 2.4\ m^2$ في حال كان المقطع صندوقي.
- وبالنسبة لشرط سرعة الجريان ضمن ناقل السيفون المقلوب:

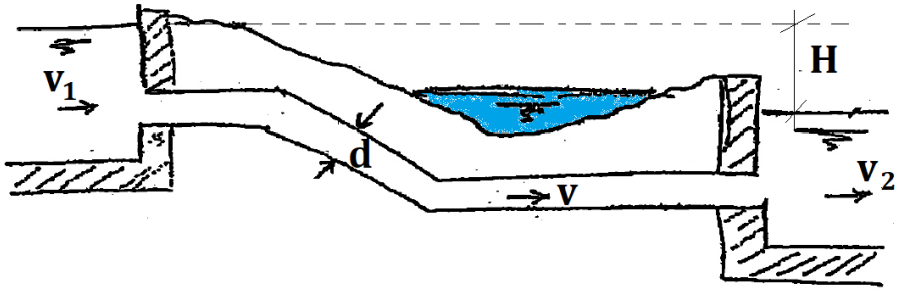
$$1 \leq V_s \leq 2\ m/sec$$

$$2\ V_{DS} \leq V_s \leq 3\ V_{DS}$$

وطبعاً يمكن زيادة السرعة إلى $2.5\ m/sec$ ضمن شروط معينة.

المسألة الأولى:

سيفون مقلوب يصل بين خزانين مناسيبهما مختلفة، السيفون عبارة عن أنبوب فولاذي قطره $d = 0.7m$ وطوله الكلي $L = 500\ m$، يمرر تدفق مقداره $Q = 0.5\ m^3/sec$. مقدار الضياعات الموضعية يعادل 10% من الضياعات الطولية، حيث أن خشونة الأنبوب $n = 0.015$. يُطلب حساب الضاغط H علماً أن مواصفات قناتي الدخول والخروج واحدة.



الحل:

بتطبيق معادلة الطاقة بين طرفي الدخول والخروج:

$$H = Z + h_1 - h_2 = \sum \xi_{m+f} \cdot \frac{V^2}{2g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

وذلك باعتبار منسوب المقارنة يمر من قاع القناة عند المخرج، وبما أن مواصفات قناتي الدخول و الخروج واحدة يكون:

$$\Longrightarrow H = Z = \sum \xi_{m+f} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$\sum \xi_{m+f} = \xi_m + \xi_f = 0.1\,\xi_f + \xi_f = 1.1\,\xi_f$$

$$\Longrightarrow H = 1.1\,\xi_f . \frac{v^2}{2\,g}$$

وحيث أن سرعة الجريان ضمن السيفون المقلوب:

$$v = \frac{0.5}{\frac{\pi * 0.7^2}{4}} = 1.3\ m/sec$$

ملاحظة: يحسب معامل الفاقد بالاحتكاك وفق الطريقة التالية:

مقطع صندوقي	مقطع أنبوبي
$\xi_f = \lambda . \frac{L}{4\,R_h}$ أو وفق علاقة العبّارة: $\xi_f = a\left(1 + \frac{b}{R_h}\right)$	$\xi_f = \lambda . \frac{L}{D}$ و λ تحسب من **علاقة بافلوفسكي:** $\lambda = 8\,g\,n^2 \left(\frac{4}{d}\right)^{3\sqrt{n}}$

$$\Longrightarrow \lambda = 8 * 9.81 * 0.015^2 * \left(\frac{4}{0.7}\right)^{3\sqrt{0.015}} = 0.0335$$

ونتنبه هنا إلى أنّ قيمة n في علاقة بافلوفسكي السابقة، تخص خشونة مادة السيفون المقلوب وتختلف عن خشونة القناة التي يتم تمرير مياهها عبر السيفون المقلوب.

$$\Longrightarrow \xi_f = 0.0335 * \frac{500}{0.7} = 23.93\ m$$

$$\Longrightarrow H = 1.1 * 23.93 * \frac{1.3^2}{2 * 9.81} = \mathbf{2.27\ m}$$

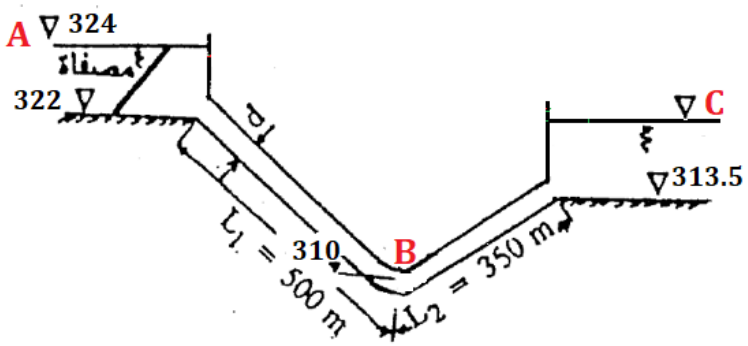
وهي **قيمة ضاغط السيفون المقلوب.**

المسألة الثّانية:

يبين الشّكل أدناه مقطعاً في منخفض يجتازه مسار قناة، ولحل هذه المشكلة تمّ إنشاء سيفون مقلوب مؤلف من أنبوب بيتوني، الجريان فيه مضغوط.

المعطيات:

- **الطول الكلي للأنبوب $L = 850\ m$، الغزارة المارّة $Q = 1\ m^3/sec$**
- **المناسيب الطبيعية موّضحة على الشّكل.**
- **مواصفات قناتي الدخول والخروج واحدة.**
- **الأنبوب بيتوني ذو مقطع دائري، عامل الخشونة فيه $n = 0.015$**
- **عوامل الفواقد المحلية: $\xi_{1\ \text{مدخل}} = 0.5$، $\xi_{2\ \text{مصفاة}} = 0.4$، $\xi_{3\ \text{كوع}} = 0.35$، $\xi_{4\ \text{مخرج}} = 0.6$**



المطلوب:

1- تحديد قطر السيفون المقلوب d.

2- إذا كانت قيمة قطر الأنبوب $d = 0.8\ m$، ما هي قيمة الغزارة المارّة التي يمكن أن تمر ضمن الأنبوب؟ ارسم خط الضاغط البيزومتري في هذه الحالة.

3- ما هي قيمة الضاغط المائي عند النقطة B التي تبعد مسافة $500\ m$ عن النقطة A؟

الحل:

1- نوجد قيمة ضاغط السيفون المقلوب من الشكل:

$$H = \text{منسوب } A - \text{منسوب } B = 322 - 313.5 = \mathbf{8.5\ m}$$

وباعتبار مواصفاتي قناتي الدخول والخروج واحدة يكون:

$$H = Z = \sum \xi . \frac{V^2}{2g} : \quad \sum \xi = \sum \xi_f + \sum \xi_m$$

$$\sum \xi_f = \lambda . \frac{L}{d} = \lambda . \frac{850}{d}$$

نحسب λ حسب علاقة بافلوفسكي:

$$\lambda = 8\ g\ n^2 \left(\frac{4}{d}\right)^{3\sqrt{n}} = 8 * 9.81 * 0.015^2 * \left(\frac{4}{d}\right)^{3*\sqrt{0.015}}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{0.029}{d^{0.37}} \Rightarrow \xi_f = \frac{0.029}{d^{0.37}} * \frac{850}{d}$$

$$\Rightarrow \xi_f = \frac{24.65}{d^{1.37}}$$

$$\sum \xi_m = 0.5 + 0.4 + 0.35 + 0.6 = 1.85$$

$$\Rightarrow \sum \xi = \frac{24.65}{d^{1.37}} + 1.85$$

ونعلم أنّه يمكننا كتابة الطاقة الحركية بدلالة الغزارة كما يلي:

$$\frac{v^2}{2g}=\frac{Q^2}{2g\,A^2}=\frac{Q^2}{2g*\frac{\pi^2\,d^4}{16}}=0.0826*\frac{Q^2}{d^4}\ \ldots(*)\Longrightarrow H$$ نعوّض في علاقة

$$Q=1\ m^3/sec\Longrightarrow H=\left(\frac{24.65}{d^{1.37}}+1.85\right)*0.0826*\frac{Q^2}{d^4}=8.5\ m$$

بحل المعادلة السابقة ينتج لدينا:

$$\boldsymbol{d=0.77\ m}$$

2- نعوّض قيمة $d=0.8\ m$ في العلاقة $(*)$:

$$8.5=\left(\frac{24.65}{d^{1.37}}+1.85\right)*0.0826*\frac{Q^2}{0.8^4}\Longrightarrow Q=1.09\ m^3/sec$$

لرسم خط الضاغط البيزومتري (خط التّدرج الهيدروليكي)، نوجد الضياعات المحلية والطولية:

ونبدأ بحساب السرعة ضمن الناقل (باعتبار ان المنشأة تتضمن ناقلاً واحداً):

$$v=\frac{1.09}{\pi*\frac{0.8^2}{4}}=2.17\ m/sec$$

بالنسبة **<u>للفواقد المحلية</u>**:

$$\Delta H_1=\xi_1*\frac{v^2}{2g}=0.5*\frac{2.17^2}{2*9.81}=0.12\ m$$ مدخل

$$\Delta H_2=\xi_2*\frac{v^2}{2g}=0.4*\frac{2.17^2}{2*9.81}=0.10\ m$$ مصفاة

$$\Delta H_4=\xi_3*\frac{v^2}{2g}=0.35*\frac{2.17^2}{2*9.81}=0.08\ m$$ كوع

$$\Delta H_6=\xi_4*\frac{v^2}{2g}=0.6*\frac{2.17^2}{2*9.81}=0.14\ m$$ مخرج

بالنسبة **للفواقد بالاحتكاك(الفواقد الطولية)**:

$$\text{معامل الاحتكاك } \lambda = 8 * 9.81 * 0.015^2 * \left(\frac{4}{0.8}\right)^{3*\sqrt{0.015}} = 0.0319$$

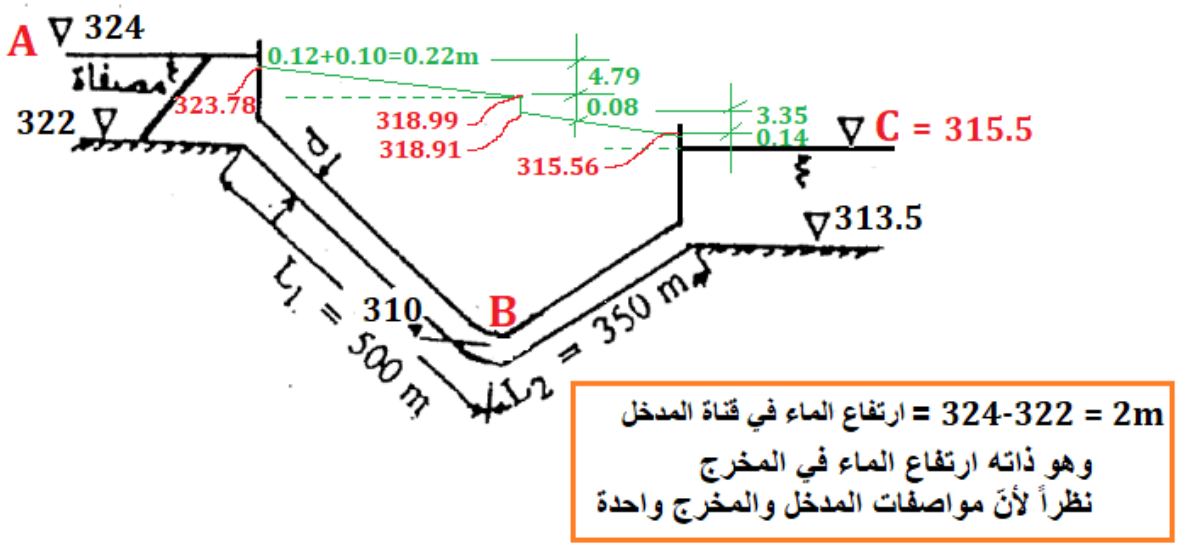
$$\Delta H_{A\rightarrow B} = 0.0319 * \frac{500}{0.8} * \frac{2.17^2}{2 * 9.81} = 4.79\ m$$

$$\Delta H_{B\rightarrow C} = 0.0319 * \frac{350}{0.8} * \frac{2.17^2}{2 * 9.81} = 3.35\ m$$

ويكون مجموع الفواقد (طبعاً يساوي لقيمة ضاغط السيفون المقلوب $8.5m$):

$$\sum \Delta H = 0.12 + 0.10 + 4.79 + 0.08 + 3.35 + 0.14 = \mathbf{8.5\ m}$$

وبالتالي يكون خط الضاغط البيزومتري بالشكل التالي:



تكون قيمة الضاغط البيزومتري عند B:

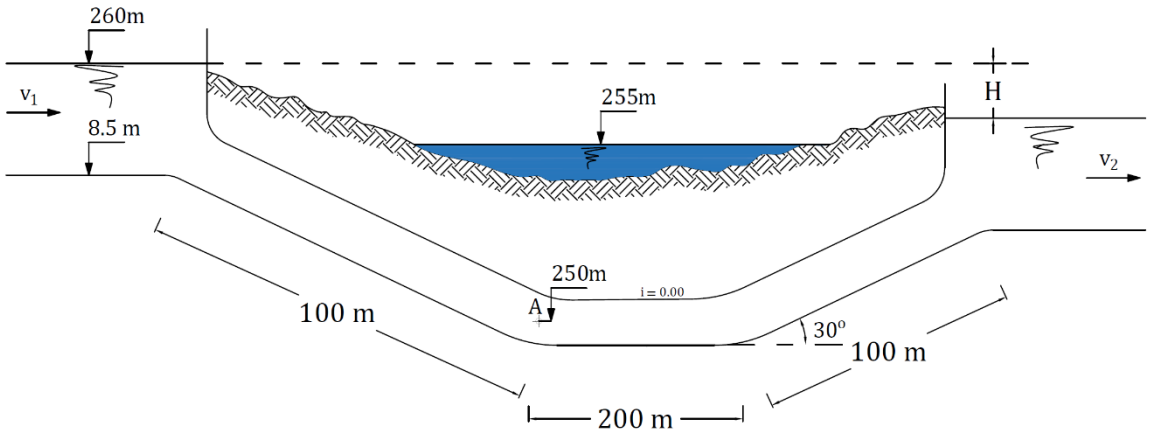
$$B \text{ قبل} = 318.99 - 310 = 8.99\ m$$

$$B \text{ بعد} = 318.91 - 310 = 8.91\ m$$

المسألة الثّالثة:

منشأة سيفون مقلوب، نُفذّت لتمرير غزارة قناة ري يعترض مسارها مجرى سيلي، وتتميز المنشأة بالخواص التالية:

- الطول الكلي لأنبوب السيفون المقلوب (فقط ناقل واحد) $L = 400m$، وميل قسمه الأفقي 0.00.
- الغزارة المارّة فيه $Q = 1\ m^3/sec$.
- سرعة الماء في قناة المدخل $v_1 = 0.7\ m/sec$، وفي قناة المخرج $v_2 = 0.9\ m/sec$.
- $\lambda = 0.015$ ، $\xi_{1\ مدخل} = 0.5$ ، $\xi_{2\ كوع} = 0.2$ ، $\xi_{3\ مخرج} = 0.3$



المطلوب:

1- ما هي قيمة القطر d لأنبوب السيفون المقلوب من أجل قيمة الضاغط $H = 0.5m$.

2- بفرض أنّ $d = 1.05m$ وأنّ الغزارة المطلوب تمريرها قد ازدادت بمقدار 50% عن قيمتها السابقة، فما هي قيمة الضاغط H في هذه الحالة بفرض أن سرعة الماء في قناتي الدخول والخروج واحدة $v_1 = v_2 = 0.9\ m/sec$.

3- جُهّز السيفون في أسفل نقطة منه بغرفة تفتيش تقع تماماً عند منتصف الأنبوب وتحتوي على سكر تفريغ من الماء عند الضرورة. ما هي قيمة الضاغط المائي قبل السكر وكذلك بعده، بفرض أن قطر السكر $D = 50\ mm$، والفاقد المحلي عنده $\xi = 0.6$ باعتبار معطيات الطلب الثاني.

الحل:

1- نوجد ضاغط السيفون المقلوب:

$$H = \sum \xi . \frac{v^2}{2g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \dots (*)$$

$$\xi_f = \lambda . \frac{L}{d} : \ \lambda = 0.015 \implies \xi_f = 0.015 * \frac{400}{d} = \frac{6}{d}$$

$$\sum \xi_m = 0.5_{\text{مدخل}} + 2 * 0.2_{\text{كوع}} + 0.3 = 1.2$$

$$\implies \sum \xi = 1.2 + \frac{6}{d}$$

نعوّض في (*):

$$H = \left(1.2 + \frac{6}{d}\right) * 0.0826 * \frac{Q^2}{d^4} + \frac{0.9^2 - 0.7^2}{2 * 9.81}$$

$$\implies H = \left(1.2 + \frac{6}{d}\right) * 0.0826 * \frac{1^2}{d^4} + 0.016 = 0.5$$

$$\implies 0.5 = \frac{0.099}{d^4} + \frac{0.496}{d^5} + 0.016 \implies \boldsymbol{d = 1.04\ m}$$

2- لدينا $d = 1.05\ m$ و $Q = 1.5\ m^3/sec$، ومواصفات قناتي الدخول والخروج واحدة $\Leftarrow$

$$H = \sum \xi . \frac{v^2}{2g} : \qquad v = \frac{1.5}{\frac{\pi\ 1.05^2}{4}} = 1.73\ m/sec$$

$$\sum \xi = 1.2 + \frac{6}{1.05} = 6.91 \implies H = 6.91 * \frac{1.73^2}{2 * 9.81} = \boldsymbol{1.05\ m}$$

3- الضاغط المائي قبل السكر:

$$H = 9.46 - \xi_{\text{سكر}} * \frac{v^2}{2g} = 9.46 - 0.6 * \frac{1.73^2}{2 * 9.81} = 9.37\ m$$