Wastewater Engineering

5th week Lectures

BY

Dr. Mohamed Fekry

محطات الرفع
Pumping Stations

Purpose:

1- To rise the sewage from the level of last manhole to the level of the first tank in the wastewater treatment plant (deceleration tank = Slowdown chamber).

2- If the excavation depth exceeds 5m – 7m (depends on the type of soil) sewage pump station (Lift pump) is needed to rise the sewage to a manhole of level 1.2m)

الكود المصرى لمحطات الرفع - طبعة 2005 - فى 401 صفحة

https://drive.google.com/file/d/0BwTqC1X60rp0Q2FueEFNYU9laWM/view?usp=sharing

٢ - الفترات التصميميه :

٢-١ الأعمال المدنية

يتم تصميم الأعمال المدنية لمحطات الرفع ومبانى الخدمات لتحقيق متطلبات الخدمة حتى سنة الهدف والتى تتراوح بين ٤٠-٥٠ سنة .

٢-٢- الأعمال الميكانيكية والكهربائية

يعتمد تحديد الفترات التصميمية لمحطات الرفع على طبيعة تدرج التصرفات الحالية والمستقبلية الواردة لهذه المحطات حتى سنة الهدف وذلك على النحو التالى :

- بالنسبة للمحطات التى تخدم تجمعات سكنية قائمة ولها زيادة سكانية ثابتة تقريباً بالاضافة الى زيادة معدلات استهلاك المياه فان هذه المحطات تتزايد تصرفاتها بصورة متدرجة على مدى الفترة التصميمية وبمعدل محدود وعلى ذلك يتم تصميم وحدات الرفع على أساس فترة تصميمية تتناسب مع العمر الافتراضى لهذه الوحدات ويؤخذ ١٥ سنة مضافاً اليها فترة التصميم والتنفيذ (بدء التشغيل) . ويتم بعدها استبدال هذه الوحدات بأخرى جديدة يراعى فيها التصرفات الخاصة بالفترة التصميمية التالية .

٣ - أختيار موقع محطة الرفع

يلزم أن تتوافر فى الموقع الشروط الآتية :

١ - أن يكون الموقع بالاماكن ذات المناسيب المنخفضة لتقليل تكاليف الانشاء سواءا للشبكات أو للمحطة ويفضل أن تتوسط بقدر المستطاع منطقة الصرف .

٢ - يفضل أن يكون الموقع فى اراضى مملوكة للدولة لتفادى اجراءات نزع الملكية.

٣ - مراعاة أن تكون مسارات شبكة الانحدار التى تخدم هذا الموقع لا تتقاطع مع العوائق المائية ذات الاعماق الكبيرة كلما أمكن ذلك .

٤ - أن يكون الطريق المؤدى للمحطة والمار به خطوط الانحدار المؤدية اليها وخطوط الطرد بعرض كاف لاستيعاب هذه الخطوط مع سهولة الوصول للمحطة وتجنب الطرق السريعة كمسارات للخطوط قدر الامكان .

٥ - عدم وجود عوائق بالموقع (انابيب غاز - خطوط كهرباء ...) .

٦ - أن يكون الموقع قريب قدر الامكان من أماكن التغذية بالكهرباء والمياه .

٧ - يراعى ألا يزيد عمق ماسورة الداخل للمحطة على ٦ر٥ متر فيما عدا الحالات التى تتطلب الدراسة الفنية والاقتصادية لها زيادة العمق عن ذلك .

٨ - أن يكون الموقع بعيداً عن المنشآت القائمة بمسافة كافية .

٩ - مراعاة النواحى البيئية مع تجنب تداخل موقع المحطة مع مواقع منشآت التغذية بمياه الشرب على درجة الخصوص .

٥-٢ حساب التصرفات

٥-٢-١- التصرف الاقصى Qmax

ويؤخذ إما مساوى لاقصى تصرف صيفى جاف عند سنة الهدف ويتم حسابه من المعادلة

$$Qmax = P.F. * Qav\ summer + Qidust. + Qcomm. + Qinf.$$

حيث $Qav\ summer = (1.2\text{-}1.3)\ Qav$

$$Qmax = P.F. * Qav\ winter + Qidust. + Qcomm. + Qinf + Qrain$$

حيث $Qav\ winter = (0.7\text{-}0.8)\ Qav$

٥-٢-٢- التصرف الادنى Qmin

ويؤخذ مساوى لادنى تصرف شتوى جاف ويتم حسابه من المعادلة

$$Qmin = (M.F. * Qav) + Qidust + Qcomm + Qinf.$$

٦ - تحديد انواع محطات الرفع

تصب شبكات الصرف الصحى تصرفاتها فى بيارة تجميع حيث يتم تركيب الطلمبات إما مباشرة فى هذه البيارة (بئر مبتل) أو يخصص جزء من البيارة لتركيب الطلمبات (بئر جاف) وتؤخذ العوامل الأتية عند تحديد نوع المحطة :-

- المساحة المتاحة لمحطة الرفع
- نوع التربة بموقع المحطة .
- كمية التصرفات الواردة للمحطة

وبذلك تقسم محطات الرفع لمياه الصرف الصحى طبقا لنوع البيارة وشكلها والقدرة الاستيعابية كالتالى :-

٦-١ نوع البيارة

٦-١-١ بيارة جافة

تستخدم فى محطات الرفع ذات التصرفات المتوسطة والكبيرة .

٦-١-٢ بيارة مبتلة

وتستخدم فى محطات الرفع ذات التصرفات الصغيرة والمتوسطة .

٦-٢ الشكل

يتم تحديد شكل البيارة مستطيلة أو مستديرة طبقاً لنوعية التربة ومنسوب المياه الجوفية وأسلوب الانشاء المتبع ويمكن تقسيم البيارة من الداخل حسب نوع الطلمبات المستخدمة .

٦-٣ القدرة الاستيعابية (السعة)

٦-٣-١ التصرفات الصغيرة حتى ٤٠ لتر / ث

٦-٣-٢ التصرفات المتوسطة من ٤٠ - ٣٠٠ لتر / ث

٦-٣-٣ التصرفات الكبيرة أكبر من ٣٠٠ لتر / ث

The sewage pump station consists of:

Pumps, Wet well, Dry well, and rising main.

- Dry well: For housing the pumps
- Wet well: For incoming sewage
- Rising main: To led the pumped sewage to high leveled gravity sewer

Shapes of sewage pump station:

Rectangular and circular depends on type of soil and the available area.

Types of pumps:

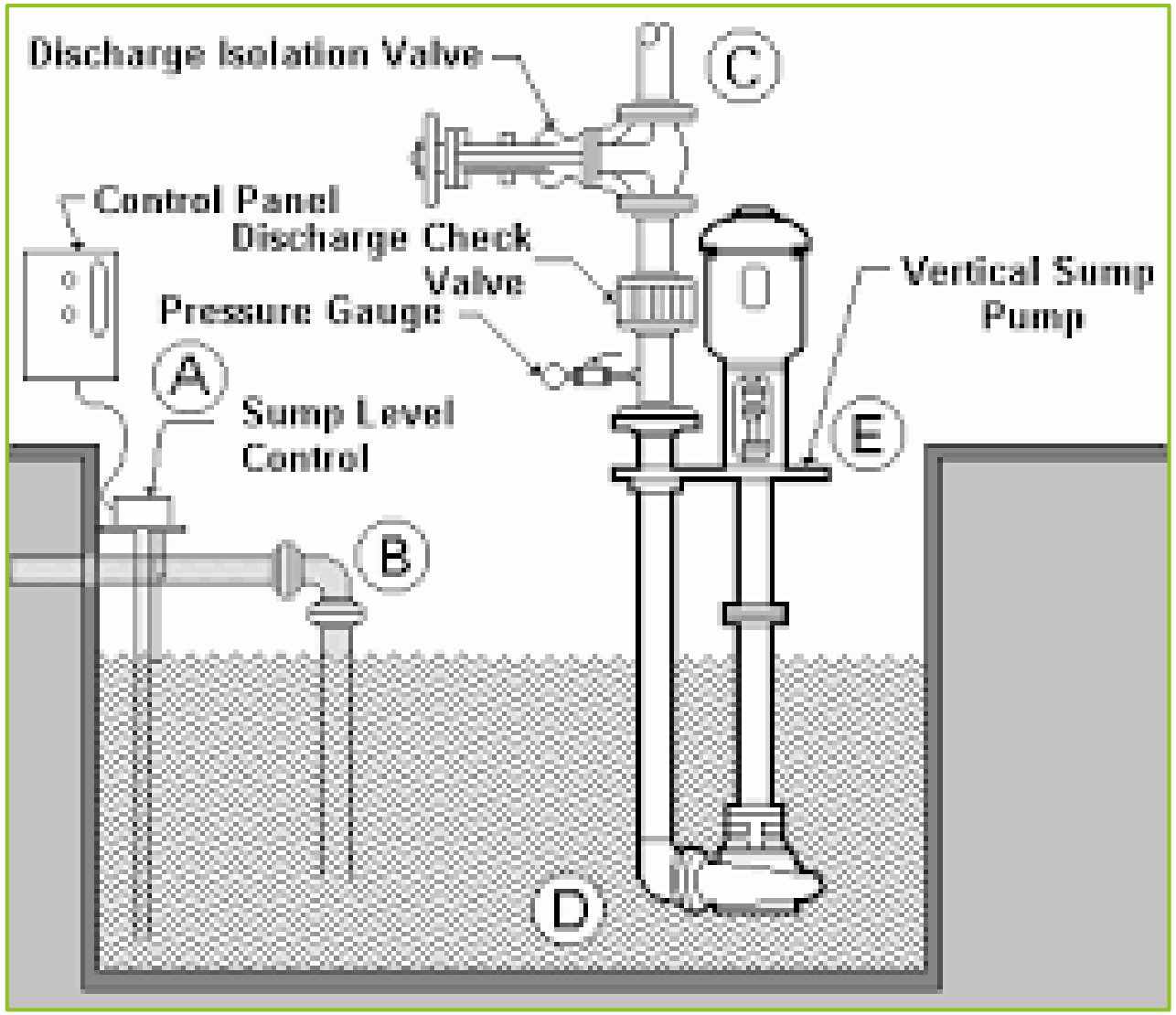
1- Dry pump.

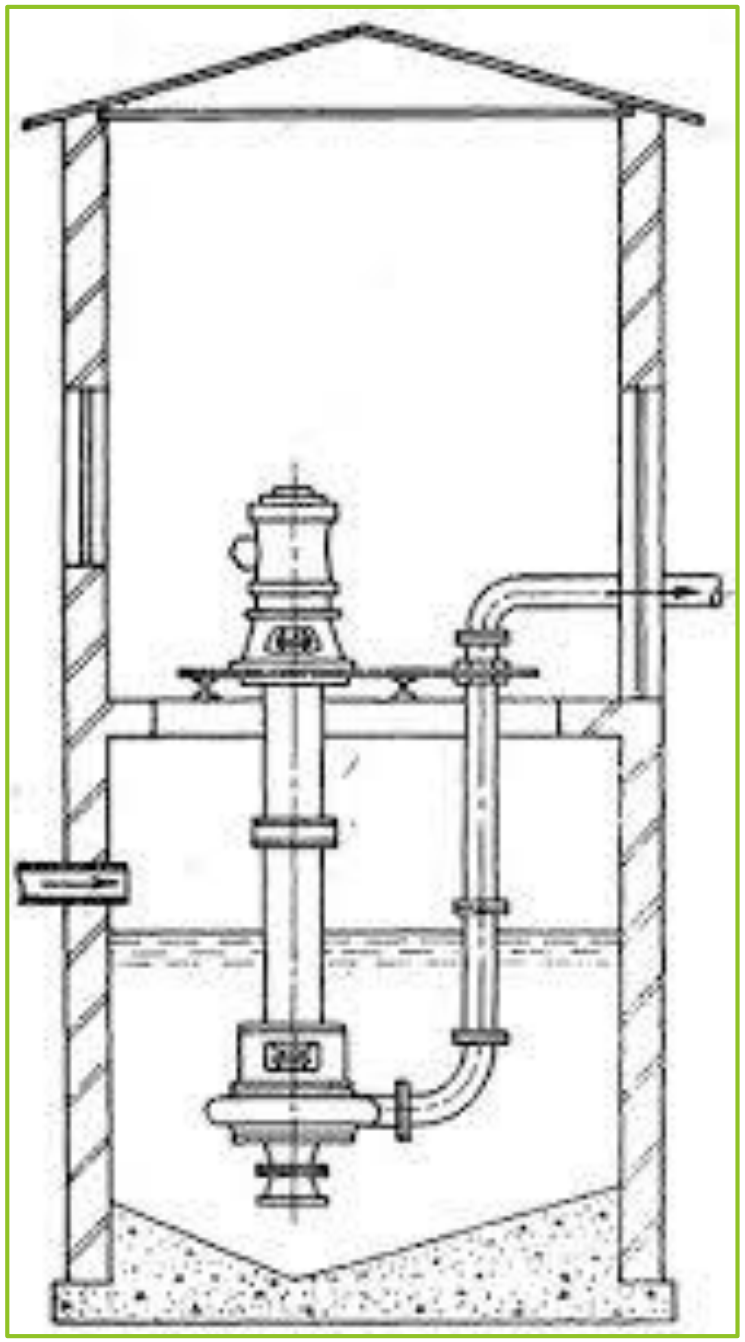
- Horizontal pump.
- Vertical pump.

2- Submerged pump.

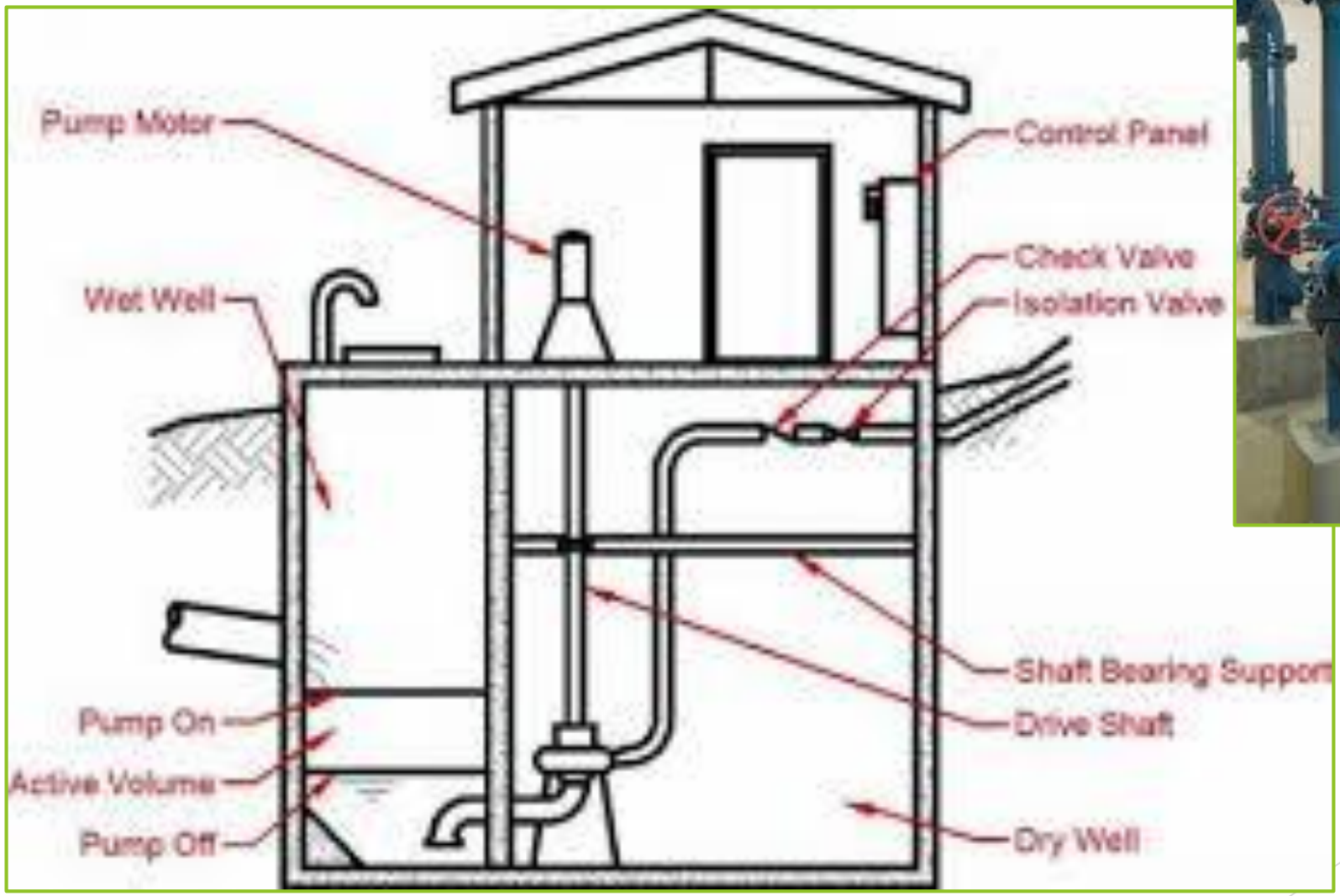
3- Screw pump.

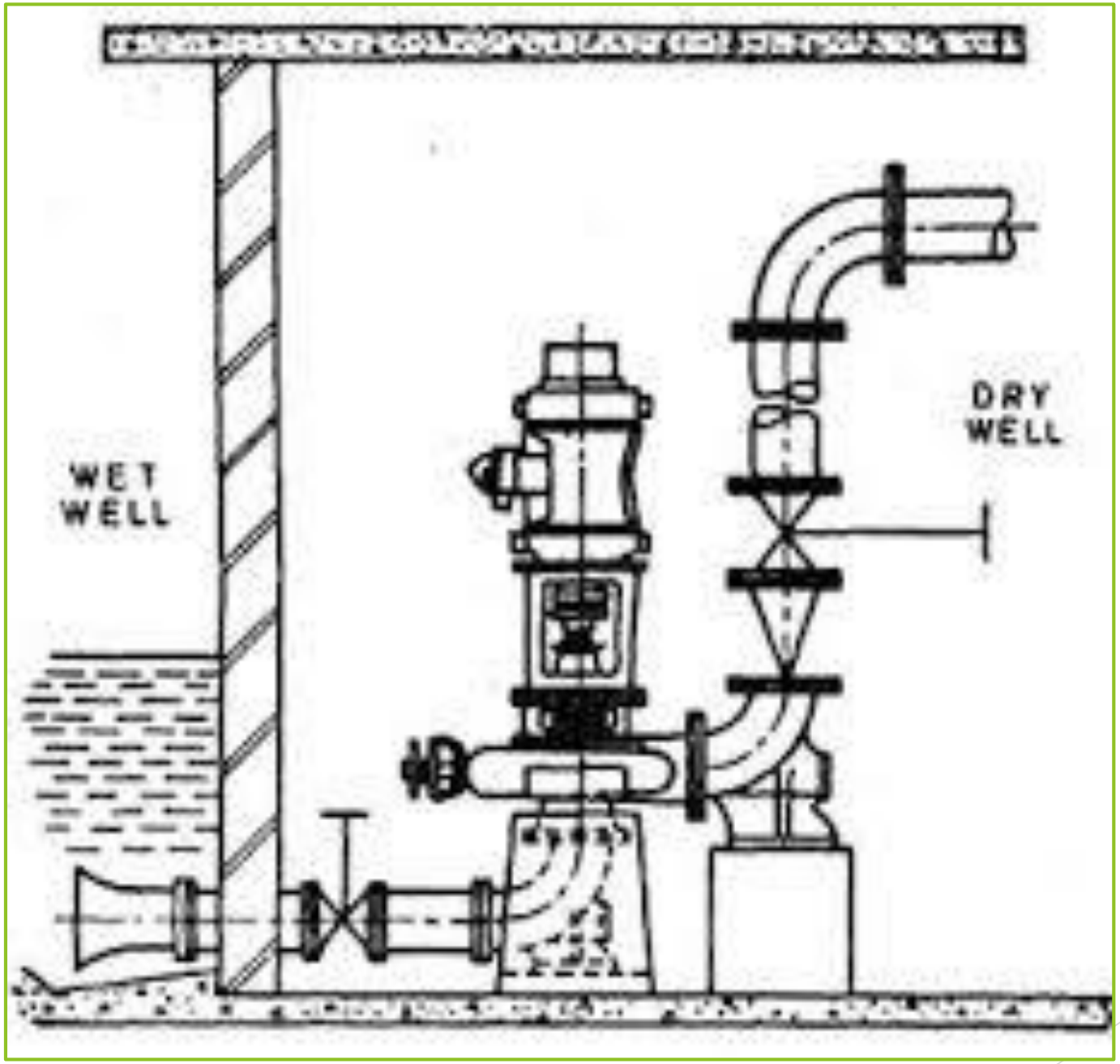
Vertical & Submerged pump





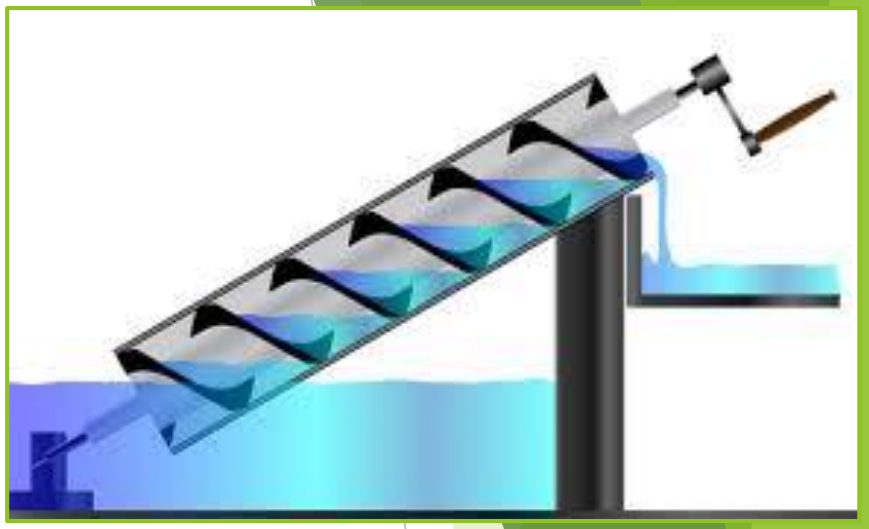
Horizontal pump

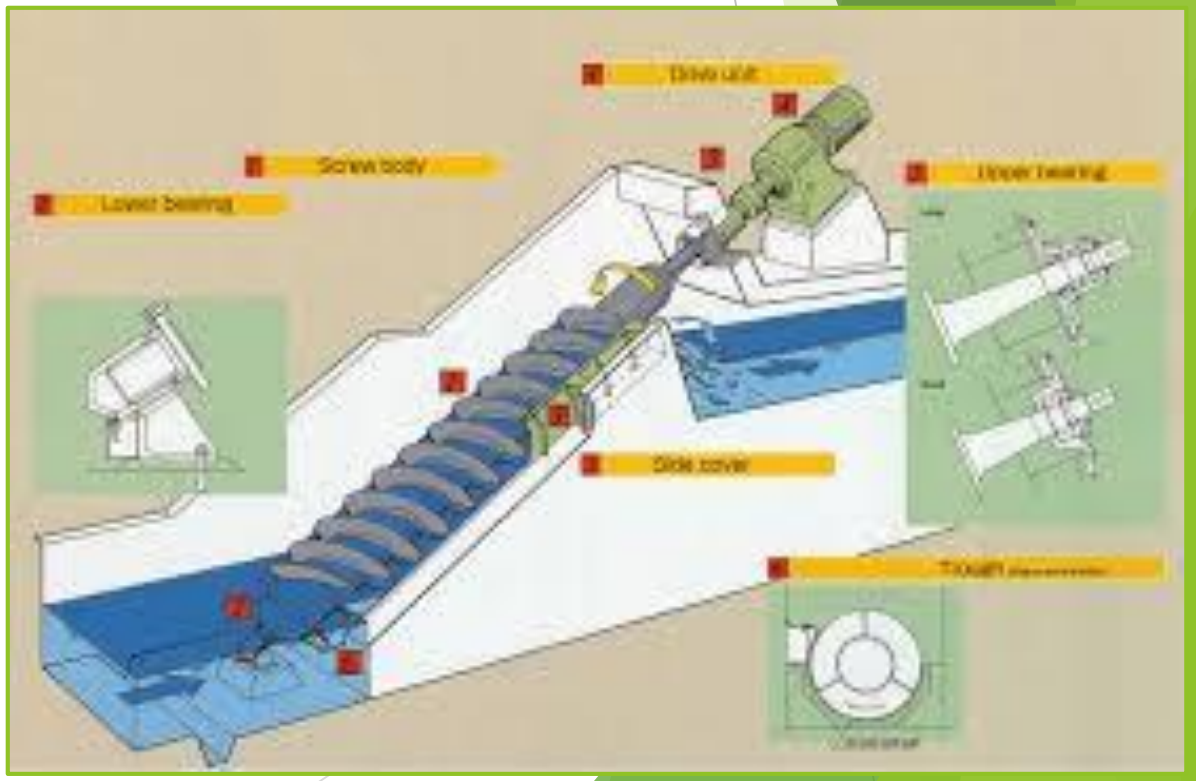



WET
WELL
DRY
WELL

Horizontal Sewage Pump

Screw Sewage Pump





1- pumps:

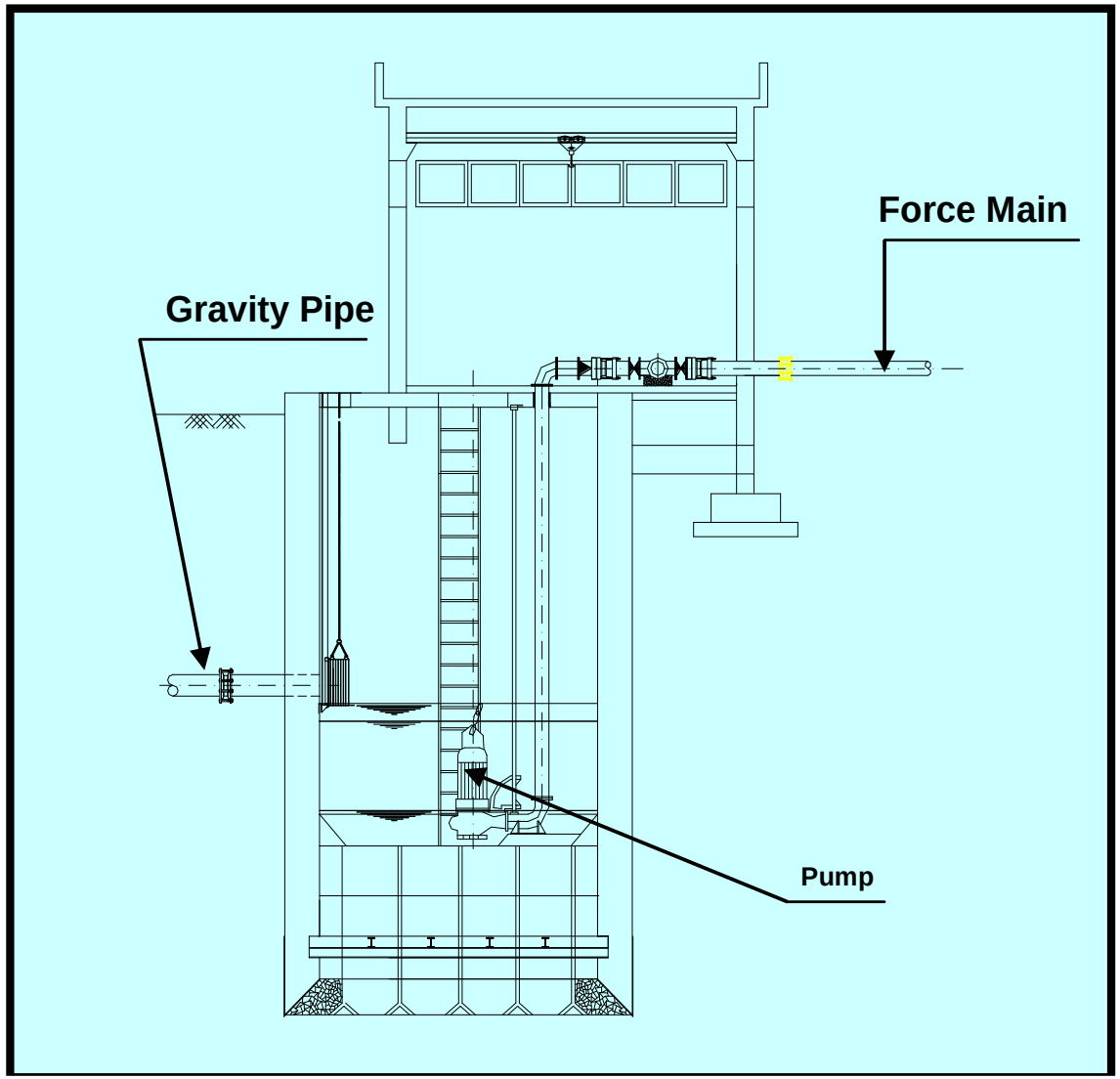
- The discharge of the pump doesn’t exceed 300 l/s and the head of the pump doesn’t exceed 90 m.

- The total number of pumps must not be less than 3 pumps (one pump is working and one pump is standing by and the other one is in maintenance).

Types of pumps:

- *Centrifugal pumps*

- *Submersible wastewater pumps*



Total head of pump:

$H_T = H_{static} + h_{friction} + h_{minor\ Losses} + h_{Losses\ in\ P.S}$

H_{static} = H.W.L – L.W.L

= water level in the deceleration tank – L.W.L in the wet sump

Friction losses h_f

$$h_f = \frac{flv^2}{2gd} = \frac{8flQ^2}{g\pi^2 d^5}$$

Minor Losses = 10 % of h_f

Losses in P.S = 2 – 5 m.

$Q_{des} = Q_{max}$ (the bigger of $Q_{max\ summer}$ and $Q_{max\ winter}$)

Electrical power of the pump:

$$HP = \frac{\gamma QH}{75\zeta_1\zeta_2}$$

1HP= 75 kg.m/s = 0.746 kw

د) – يحسب الفقد بالاحتكاك في الماسورة من العلاقة

$$h_f = L \cdot \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

حيث h_f = الفقد بالاحتكاك (متر)

L = طول خط الطرد (متر)

v = سرعة التدفق في الماسورة (م/ث)

D = قطر خط الطرد (متر)

g = عجلة الجاذبية (م/ث مربعة)

(٩٫٨١ ك/ث٢)

λ = معامل الاحتكاك للماسورة (وتحدد قيمتها طبقاً للموضح بالملحق رقم ٥)

ملحوظة :

يمكن حساب الفقد بالاحتكاك باحدى طريقتين أخريين :

١- معادلة هازن – وليامز

$$hf = \frac{10.69\ Q^{1.85} \times L}{D^{4.87} \times C^{1.85}}$$

2- Wet sump:

Purpose:

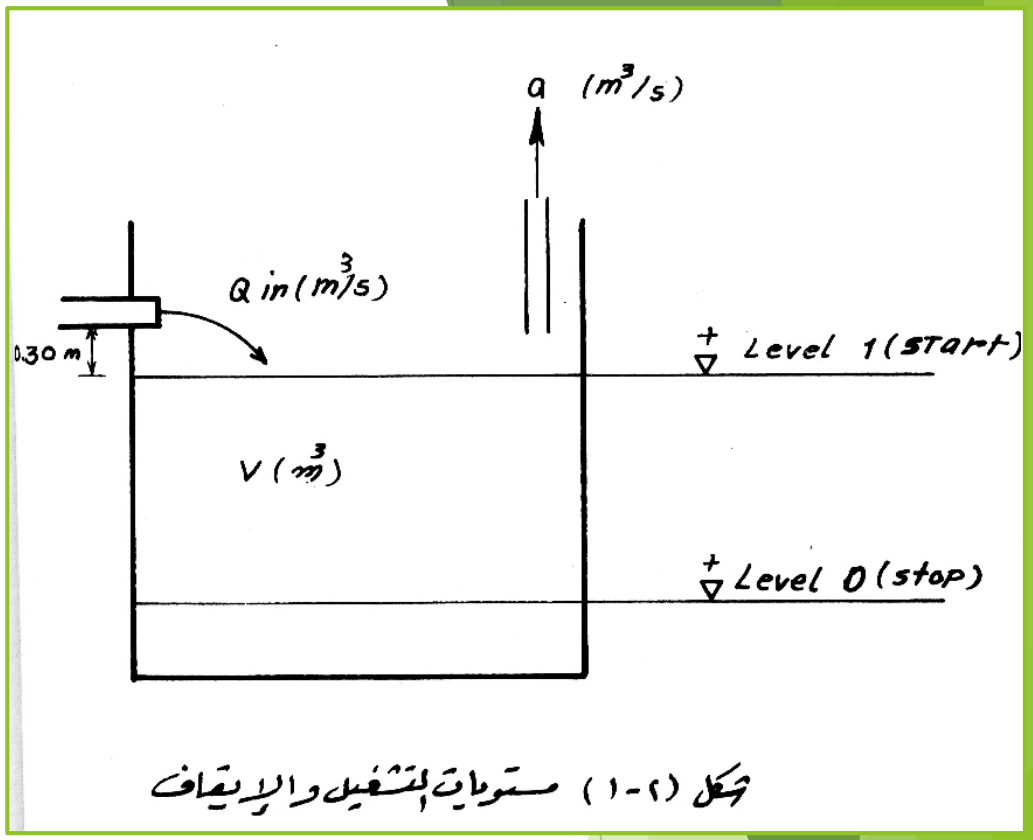
Collects and distributes the wastewater uniformly on the total number of pumps

Design criteria:

- T at Q_{max} = 5 – 10 minutes
  T at $Q_{min} \leq$ 30 minutes

- $v_s \leq 1.5$ m/s (velocity in suction pipe)
  $v_d \leq 2$ m/s (velocity in delivery pipe)

- $V_{min\ wet} = Q * T/4$
- $V_{wet} = 2 * V_{min\ wet}$
- ***H = (0.8 – 3) m (distance between stop and start level inside the wet sump)***
- $A_{wet} = V_{wet}/H$
- Circular well 1_{Wet}: 1_{Dry}
  - $r_{1-1} = \sqrt{\frac{2Awet}{\pi}}$



شكل (٢-١) مستويات التشغيل والإيقاف

وفى حالة البيارة المستديرة فإنه من المعتاد تقسيم البيارة الى جزء مغمور وآخر جاف بنسبة ١ : ١ أو ١ : ٢ من قطر البيارة على التوالى .

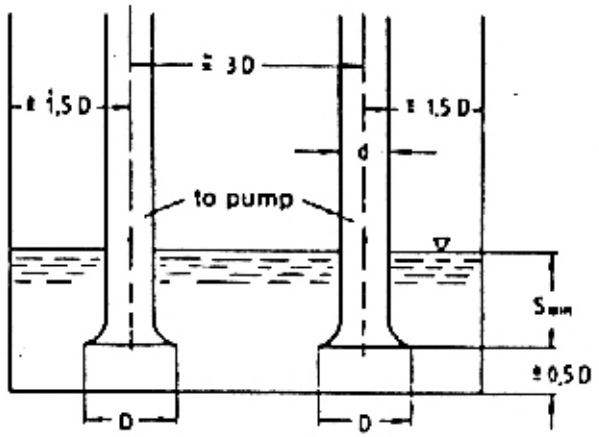
٢-٩ تحديد مسطح البيارة المغمورة فى حالة البيارات المستديرة

بعد تحديد حجم التخزين الفعال بالبيارة V_H وتحديد الإرتفاع H المكافئ لهذا الحجم طبقا لما سبق توضيحه فإنه يمكن حساب مسطح البيارة المغمورة من العلاقة

$$A_w = \frac{V_H}{H} \qquad (1)$$

- Circular well 1 $_{Wet}$: 2 $_{Dry}$
  - $r_{1-2} = \sqrt{\frac{Awet}{0.906}}$

- The distance between pumps = 1.5 – 2.5 m



شكل رقم (٢-٣٣) : المسافات بين مواسير السحب وكل من قاع البيارة وحوائطها والمسافات البينية بين محاور المواسير والغطاء فوق فوهة الماسورة

١-١٠ حساب قطر البيارة المستديرة

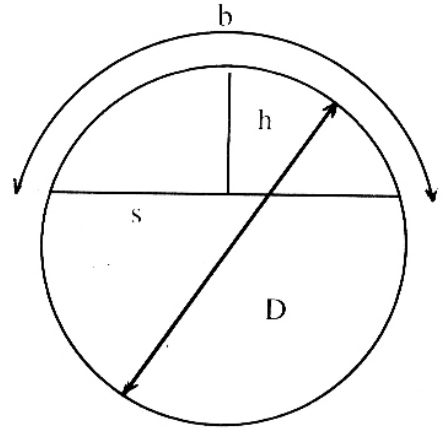
بعد حساب مسطح البيارة المغمورة تبعا للمعادلة (3)

فإنه يمكن حساب قطر البيارة المستديرة (D) (مغمورة + جافة) من العلاقة

$$D = 2\sqrt{\frac{A_W}{0.906}}$$

أو

$$D = 2.1\sqrt{A_W}$$



$$Smin = \frac{\upsilon^2 s}{2g} + 0.1 \text{ (m)}$$

حيث υs = سرعة التدفق فى ماسورة السحب (م/ث) .

Smin = أقل غطاء من السائل فوق فوهة ماسورة السحب (متر) .

3- Rising main:

Purpose:

Transmit the wastewater from P.S to the deceleration tank.

Design criteria:

- $Q_{des} = A \times v$
- $v = 1 - 2.5$ m/s $v \geq 1$ m/s
- minimum $\Phi = 100$ mm (ductile iron)
- $n \geq 2$

وعلى ذلك فانه لاختيار قطر خط الطرد تتبع الخطوات التالية :

أ) – تحديد التصرف الأقصى Qpeak المطلوب ضخه .

ب) – يحدد قطر خط الطرد مبدئيا من العلاقة الآتية :

$$D = \sqrt{\frac{4Qp}{\pi v}} \quad (m)$$

حيث D = قطر خط الطرد بالمتر

Qp = التصرف الأقصى للمحطة م٣/ث

V = سرعة التدفق فى الماسورة م/ث

ويتم إختيار سرعة التدفق تبعاً لطول خط الطرد وزمن الضخ اليومى ، فعند نقل المياه لمسافة طويلة (أكبر من ١ كيلو متر) ولفترة طويلة يوميا فان السرعة تؤخذ من ٥ر. الى –ر٢ م/ث وعندما يكون النقل لمسافة قصيرة ولفترة قصيرة (أقل من ٨ ساعات يومياً) فان السرعة تؤخذ من ٢ الى ٣ م/ث وفى حالة وجود نسبة كبيرة من المواد الصلبة العالقة ينجم عنها إحتمالات أكبر للترسيب فى الخط فانه من الضرورى استخدام الحدود الأعلى للسرعة .

Design velocity and the optimal pipe diameter for rising main

X-axis represents pipe diameter
Y-axis represents the costs

Draw relation between operating cost and diameter ???
Draw relation between construction cost and diameter ???

- أنواع المواسير المستخدمة فى خطوط الطرد
- صمامات خطوط الطرد
- الضغوط والإجهادات على خطوط الطرد

كما فى شبكات مياه الشرب التى سبق دراستها

Pump Operation

- When asked how a pump operates, most reply that it “sucks.” While not a false statement, it’s easy to see why so many pump operators still struggle with pump problems. Fluid flows from areas of high pressure to areas of low pressure. Pumps operate by creating low pressure at the inlet which allows the liquid to be pushed into the pump by atmospheric or head pressure (pressure due to the liquid’s surface being above the centerline of the pump).

Net Positive Suction Head (NPSH)

- NPSH can be defined as two parts:

NPSH Available (NPSHA): The absolute pressure at the suction port of the pump.

NPSH Required (NPSHR): The minimum pressure required at the suction port of the pump to keep the pump from cavitation.

- NPSHA is a function of your system and must be calculated, whereas NPSHR is a function of the pump and must be provided by the pump manufacturer. NPSHA MUST be greater than NPSHR for the pump system to operate without cavitation. Put another way, you must have more suction side pressure *available* than the pump *requires*.

Pump cavitation occurs when the pressure in the pump inlet drops below the vapour pressure of the liquid. Vapour bubbles form at the inlet of the pump and are moved to the discharge of the pump where they collapse, often taking small pieces of the pump with them.

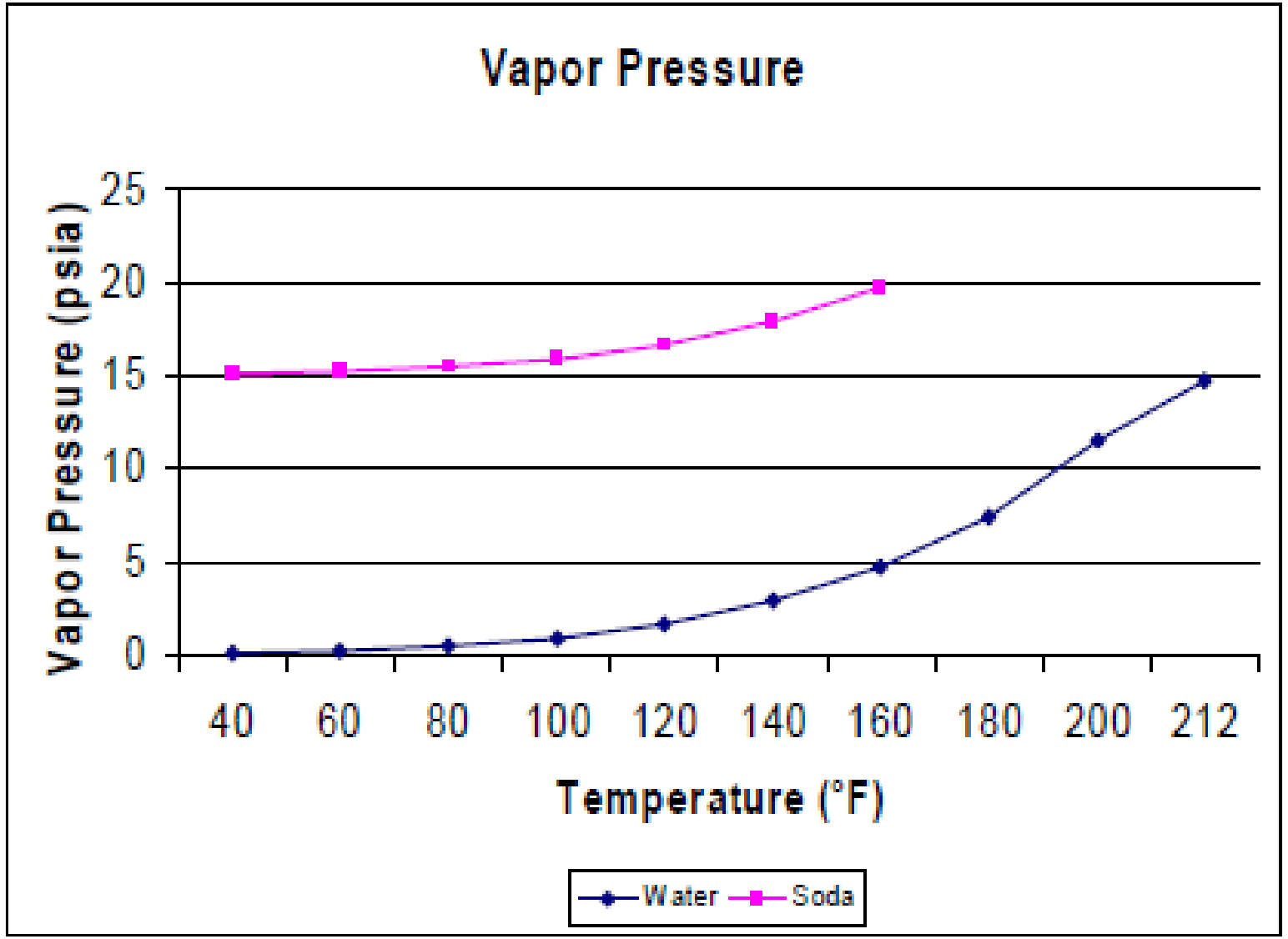
Cavitation is often characterized by:

- Loud noise often described as a grinding or “marbles” in the pump
- Loss of capacity (bubbles are now taking up space where liquid should be)
- Pitting damage to parts as material is removed by the collapsing bubbles

Noise is a nuisance and lower flows will slow your process, but pitting damage will ultimately decrease the life of the pump.

Vapour Pressure and Cavitation

To understand Cavitation, you must first understand vapour pressure. Vapour pressure is the pressure required to boil a liquid at a given temperature. Soda water is a good example of a high vapour pressure liquid. Even at room temperature the carbon dioxide entrained in the soda is released. In a closed container, the soda is pressurized, keeping the vapour entrained.



Calculating NPSHA

No engineer wants to be responsible for installing a noisy, slow, damaged pump. It's critical to get the NPSHR value from the pump manufacturer AND to insure that your NPSHA pressure will be adequate to cover that requirement.

- The formula for calculating NPSHA:
- **NPSHA = HA ± HZ - HF + HV - HVP**

The formula for calculating NPSHA:

$$NPSHA_{av} = H_{abs} \pm H_Z - H_F + H_V - H_{VP}$$

Term	Definition	Notes
H_A	The absolute pressure on the surface of the liquid in the supply tank	• Typically atmospheric pressure (vented supply tank), but can be different for closed tanks. • Don't forget that altitude affects atmospheric pressure (H_A in Denver, CO will be lower than in Miami, FL). • Always positive (may be low, but even vacuum vessels are at a positive absolute pressure)
H_Z	The vertical distance between the surface of the liquid in the supply tank and the centerline of the pump	• Can be positive when liquid level is above the centerline of the pump (called static head) • Can be negative when liquid level is below the centerline of the pump (called suction lift) • Always be sure to use the lowest liquid level allowed in the tank.
H_F	Friction losses in the suction piping	• Piping and fittings act as a restriction, working against liquid as it flows towards the pump inlet.
H_V	Velocity head at the pump suction port	• Often not included as it's normally quite small.
H_{VP}	Absolute vapor pressure of the liquid at the pumping temperature	• Must be subtracted in the end to make sure that the inlet pressure stays above the vapor pressure. • Remember, as temperature goes up, so does the vapor pressure.

لا يمكن لمضخة ان تنزح الماء من بئر عميقة بعمق اكبر من 10 متر؟

طلمبات الرفع

- تصمم على التصرفات القصوى ساعة الذروة عند سنة التصميم شاملة مدة التنفيذ ويمكن حسابها بالمعادلة التالية:

$$Q_p = (1 + \frac{14}{4+\sqrt{p}})Q_{av.waste} + Q_{inf}$$

- تعتبر المضخات الطاردة المركزية هى الكثير شيوعاً فى مجال الصرف الصحى والتى يعتمد نوعها على السرعة النوعية (Ns ..... rpm) وهى السرعة التى يكون عندها تصرف المضخة 1 م3/ث مع رفع 1 متر ماء عندى اقصى كفاءة للمضخة وتحسب من المعادلة:

$$N_s = \frac{N}{H^{0.75}}\sqrt{Q}$$

- N: سرعة دوران المضخة (لفة/دقيقة)
- Q : تصرف المضخة (م3/ث)
- H: الرفع الكلى (م)

وبالاستعانة بالجدول التالى يمكن تحديد واختيار نوع المضخة الطاردة المركزية والتى تنقسم الى:

-Radial flow pump

for high H …… greater than 40 m

- Axial flow

for small H …… less than 10 m & greater Q ……. More than 600 l/sec

- Mixed flow

in-between the previous kinds, H from 10 to 40 m

السرعة النوعية (Ns .... rpm)	نوع المضخة الطاردة المركزية
30 - 10	بطيئة السرعة ذات تصرف قطرى
50 - 30	متوسطة السرعة ذات تصرف قطرى
80 - 50	عالية السرعة ذات تصرف قطرى
160 - 80	عالية السرعة ذات تصرف مختلط
500 - 160	عالية السرعة ذات تصرف محورى
اكبر من 500	مضخات ذات سرعات عالية جداً

For single stage centrifugal pump, H_t should not exceed 65 m

١-١١-٦-٤ متطلبات التصميم للطلمبات Design Requirments

يراعى عند توصيف الطلمبات المطلوبة لمحطة الرفع تحديد الآتى :

١-١١-٦-٤-١ النوع Type of Pump

- يحدد نوع الطلمبة المستخدمة طبقاً للرفع الكلى للمحطة (بند ١-١٣) .
- فى حالة استخدام الطلمبات الطاردة المركزية فيتم تحديد نوعها طبقاً للآتى :

اذات التصرف القطرىRadial Flow فى حالة القيم العالية للرفع (أكثر من ٤٠ متر) .

ذات التصرف المختلط Mixed Flow فى حالة القيم المتوسطة للرفع (من ١٠-٤٠ متر).

ذات التصرف المحورى Axial Flow فى حالة القيم الصغيرة للرفع (أقل من ١٠متر).

١-١١-٦-٤-٢ سرعة الدوران Speed

يحدد سرعة الدوران للطلمبة طبقاً لاعتبارات تصميم الطلمبة المطلوبة بمعرفة المنتج ويراعى فى اختيار سرعة الدوران تحقيق أعلى كفاءة ممكنة للطلمبة عند نقطة التشغيل المحددة ومدى تحمل الأجزاء الدوارة للسرعات العالية ومعدل إستهلاكها ونوعية المواد المستخدمة فى التشحيم ومعدلات البرى لكراسى الارتكاز والخامات المستخدمة فى تصنيع الطلمبة بالاضافة الى طبيعة السوائل المراد ضخها ومدى إحتوائها على مواد صلبة ورمال .

وفى جميع الاحوال تكون سرعة الدوران من ٧٥٠ - ١٥٠٠ لفة / الدقيقة للطلمبات ذات السعة أكبر من ٥٠ ل/ث ومن ١٥٠٠ - ٣٠٠٠ لفة / دقيقة للطلمبات أقل من ٥٠ ل/ث .

١-١١-٦-٤-٣ سرعة دخول المياه الى فتحة المص للطلمبة .

يجب ألا تزيد سرعة دخول المياه عند فتحة المص للطلمبة عن ٤ متر / ثانية عند نقطة التشغيل التصميمية .

١-١١-٦-٤-٤ قطر الاجسام الصلبة المسموح بمرورها داخل الطلمبة .

يحدد قطر الاجسام الصلبة المسموح بمرورها عبر مروحة الطلمبة على أساس قطر فتحة السحب المنتظرة حسب كميات التصرفات والسرعة المسموح بها فى مواسير السحب وفتحة المص للطلمبة أخذاً فى الاعتبار نوعية مروحة الطلمبة وكفاءة الطلمبات حيث تقل الكفاءة بزيادة حجم المواد الصلبة المسموح بمرورها .

وفى المعتاد فان قطر المواد الصلبة المسموح بها تكون كالتالى :

- للطلمبات ذات التصرف حتى ٣٠ ل/ث ٥٠ مم
- للطلمبات ذات التصرف من ٣٠ - ١٠٠ ل/ث ٧٥ مم
- للطلمبات ذات التصرف من ١٠٠ - ٢٠٠ ل/ث ١٠٠ مم
- للطلمبات ذات التصرف من ٢٠٠ - ٤٠٠ ل/ث ١٢٥ مم
- للطلمبات ذات التصرف اكبر من ٤٠٠ ل/ث ١٥٠ مم

١-١١-٦-٤-٥ خامات التصنيع لأجزاء الطلمبة Construction Materials

تؤخذ مواد التصنيع الآتية فى الاعتبار فى حالة طلب طلمبات للاستخدامات العادية لرفع المخلفات السائلة للصرف الصحى .

جسم الطلمبة : حديد زهر C.I

المروحة : حديد زهر C.I

عامود الادارة : صلب غير قابل للصدأ st . st

حلقات التآكل : برونز

وفى حالة طلب طلمبات لاستخدامات خاصة أو فى حالة إحتواء السوائل المراد رفعها على مواد كيماوية (أحماض أو قلويات) فانه ينصح بمراجعة هذه الخامات مع الشركات المنتجة لتحديد الخامات المناسبة .

١-١١-٦-٤-٦ طريقة التركيب للطلمبات Pump Installation

يتم تحديد طريقة تركيب الطلمبات وبالتالى تصميم بيارات السحب طبقا للآتى :

- التركيب فى الوضع الرأسى باتصال مباشر بين الطلمبة والمحرك .

وتستخدم هذه الطريقة فى حالة أعماق السحب الصغيرة والتى لا تزيد على ٥ متر تحت سطح الأرض .

- التركيب فى الوضع الرأسى عن طريق استخدام أعمدة كردان للتوصيل بين الطلمبة والمحرك بحيث يتم تركيب المحركات أعلى منسوب سطح الأرض .

وتستخدم هذه الطريقة فى حالة أعماق السحب الكبيرة والتى تزيد على ٥ متر تحت سطح الأرض أو فى حالة إحتمال تعرض موقع المحطة للغرق .

ولا يسمح بزيادة زاوية الميل لأعمدة الكردان عن ٣° (ثلاث درجات) على الرأسى.

- التركيب فى الوضع الأفقى بإتصال مباشر بين الطلمبة والمحرك وتستخدم هذه الطريقة فى حالة إستعمال طلمبات ذات تحضير ذاتى تركب فوق سطح الأرض تسحب من بيارة تجميع أسفلها أو فى حالة إستعمال طلمبات مركبة فى بئر جافة تسحب من بيارة تجميع مجاورة لها عبر خطوط مواسير سحب وبشرط توفير التأمين اللازم لهذه الطلمبات ضد الغرق .

- التركيب الغاطس للطلمبات داخل بيارات التجميع المبتلة وتستخدم في هذه الحالة طلمبات ذات محركات لها درجة حماية IP68 تعمل مغمورة فى المياه . وتستخدم هذه الطريقة فى محطات الرفع المؤقتة أو ذات التصرفات الصغيرة .

ويوضح الملحق رقم(١) لهذا المجلد نماذج لمحطات رفع تستخدم فيها طرق التركيب المختلفة للطلمبات .

Any questions?