

برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي مهندس تشغيل صرف صحي

التصميم الهيدروليكي لمحطات الرفع لمياه الصرف الصحي - الدرجة الثالثة



تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي

قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V1 1-7-2015

جدول المحتويات

4	التصميم الهيدروليكي لمحطات الرفع لمياه الصرف الصحي
4	مقدمة
5	اختيار مواقع محطات الرفع
6	شروط مواقع محطات الرفع
6	تحديد المناطق المخدومة
6	الأعمال المساحية والطبوغرافية ودراسة التربة
7	تصميم محطات رفع مياه الصرف الصحي
7	تصرف الطلبية (Pump flow rate)
7	رفع الطلبية (Pump head)
8	منحني الطلبية (Pump Curve)
9	نقطة التشغيل (Duty /Operating point)
9	توصيف الطلبات بمحطة الرفع
10	تحديد عدد الطلبات المطلوب تركيبها بالمحطة
10	حساب تصرف الطلبية الواحدة (Pump flow rate)
10	1. بالنسبة للطلبات المتماثلة في السعة:
11	2. بالنسبة للطلبات مختلفة السعات داخل نفس المحطة:
12	حساب رفع الطلبية وتحديد مدي تشغيلها
13	تحديد متطلبات التصميم للطلبية (Design requirements)
13	أولاً نوع الطلبية (Type of pump):
13	ثانياً سرعة الدوران (Speed):
14	ثالثاً سرعة دخول المياه الى فتحة السحب:
14	رابعاً قطر الأجسام الصلبة المسموح بمرورها داخل الطلبية
14	خامساً خامات التصنيع لأجزاء الطلبية (Construction materials):
14	سادساً طريقة تركيب الطلبات (Pump installation)
15	أسس التصميم الهيدروليكي والميكانيكي:
15	تحديد حجم بئارة التخزين
19	أ) محطة الرفع ذات الطلبية الواحدة
22	ب) حالة تشغيل طلبيتين بالتبادل
25	ج) حالة تشغيل أكثر من طلبيتين
26	النظام الاول وجود مستوي ايقاف مشترك
27	النظام الثاني وجود مناسب متدرجة للإيقاف

27	حساب حجم بئارة التخزين في النظام الاول (وجود مستوي إيقاف مشترك)
35	1. المسافات البينية لمناسيب التشغيل والإيقاف
35	1.6. أقل منسوب للمياه بالبئارة (منسوب الإيقاف)
35	2.6. أعلى منسوب للمياه بالبئارة (منسوب التشغيل)
35	3.6. تحديد عمق التخزين بالبئارة
36	4.6. تحديد مسطح البئارة المغمورة في حالة البيارات المستديرة
36	5.6. حساب قطر البئارة المستديرة
38	تصميم الطلبات الطاردة المركزية Centrifugal Pump Design
38	الرموز والمدلولات والوحدات Symbols Units and Designations
40	تصرف الطلبية Pump flow rate
40	رفع الطلبية Pump head
40	رفع المنظومة System head
41	سرعة الدوران Speed
41	حساب القدرة المستهلكة للطلبية (Pump absorbed power)
41	القدرة الداخلة للطلبية (Pump power input)
41	قدرة الآلة المحركة Drive Power
42	منحني الطلبية Pump curve
43	مميز المنظومة (أو الماسورة) (System (Piping) characteristic)
44	نقطة التشغيل (Duty (operating) point)
45	التشغيل علي التوازي Parallel operation
46	التشغيل علي التوالي Series Operation
47	خواص السحب Suction characteristic
47	ضغط السحب الموجب الصافي المطلوب NPSH required
47	ضغط السحب الموجب الصافي المتاح available NPSH
47	تحديد ضغط السحب الموجب الصافي المتاح في حالة وجود رافع سحب (Suction lift)
49	فاقد الضغط (الرفع) (Head loss)
49	فاقد الضغط في المواسير المستقيمة
49	فوائد الضغط في المحابس والقطع الخاصة
50	فوائد الضغط للسوائل اللزجة في المواسير المستقيمة

أهداف البرنامج التدريبي

في نهاية البرنامج التدريبي يكون المتدرب قادر على :

- التعرف على الدراسات المطلوبة لبدء التصميم الهيدروليكي لمحطات الرفع وخطوط الطرد .
- التعرف على شروط وأختبار ومواقه محطات الرفع .
- التعرف على المعادلات المستخدمه فى تصميم محطات الرفع وخطوط الطرد .
- التعرف على تحديد المتطلبات التصميمية للطلبات .
- التعرف على خطوات التصميم الهيدروليكي والميكانيكي لتصميم محطات الرفع وخطوط الطرد .
- التعرف على خطوات التصميم الهيدروليكي لمحطات الرفع وخطوط الطرد .
- التعرف على المنحنيات المستخدمه فى التصميم الهيدروليكي لمحطات الرفع وخطوط الطرد .

التصميم الهيدروليكي لمحطات الرفع لمياه الصرف الصحي

مقدمة

في كثير من الحالات والمواقع يلزم لرفع مياه الصرف الصحي استخدام آلات هيدروليكية تعرف باسم طلمبات الضخ ويمكن تلخيص هذه الحالات كما يلي:

1. وجود بدروم في المباني والمزودة بدورات للمياه ومنسوب الأرضيات بها أوطي من منسوب ماسورة تجميع مياه الصرف الصحي في الطريق المقابل ولذلك يجب استعمال طلمبة ضخ صغيرة لرفع الصرف الصحي الى منسوب الشبكة العمومية لتجميع مياه الصرف الصحي.
2. إذا لزم الأمر نقل مياه الصرف الصحي عبر تل أو منطقة مرتفعة يعترض طريق ماسورة تجميع مياه الصرف الصحي بالانحدار مما يستلزم ارتفاع تكاليف إنشاء نفق في هذا التل لإنشاء الماسورة فيه.
3. إذا لزم صب مياه الصرف الصحي في البحر وكان منسوب نهاية المجمع الرئيسي عند موقع المصب أوطي من منسوب الماء في البحر في هذه الحالة يلزم بناء محطة طلمبات ترفع المياه الملوثة بالانحدار من المجمع الرئيسي لضخه في ماسورة ممتدة الى داخل البحر (المصب البحري).
4. تستعمل محطة طلمبات الضخ كذلك لرفع مياه الصرف الصحي من المجمع الرئيسي الى موقع أعمال معالجة مياه الصرف الصحي الموجودة فوق سطح الأرض.
5. طبقاً للقوانين الهيدروليكية فإن مواسير شبكة تجميع مياه الصرف الصحي يجب أن تنفذ بانحدار (ميل) يسمح بجريان مياه الصرف الصحي فيها بالانحدار الطبيعي علي أن تكسبه سرعة كافية لمنع المواد العالقة من الرسوب في قاع المواسير، لذلك نجد في البلاد المسطحة يزيد عمق الماسورة كلما زاد طولها الأمر الذي يرفع التكاليف الإنشائية. لذلك فإنه يتحتم تقسيم المدينة الى مناطق متعددة تخدم كل منطقة شبكة صرف بالانحدار خاصة بها تنتهي الى محطة رفع خاصة بالمنطقة. هذه المحطة تقوم بضخ ورفع مياه الصرف الصحي الى خطوط المواسير الأعلى في المنسوب أو الى المجمع الرئيسي لمنطقة أخرى وهذا النوع من محطات الطلمبات تسمى محطات الرفع الفرعية إذ أنها ترفع مياه الصرف الصحي من منسوب أوطي الى منسوب عالي وذلك لتمييزها من محطات الضخ التي تضخ مياه الصرف الصحي عبر خطوط مواسير الطرد لتصل الى موقع محطة المعالجة لمياه الصرف الصحي.

عند البدء في تخطيط وتصميم محطات الرفع وخطوط الطرد لمياه الصرف الصحي يتعين تقدير كمية مياه الصرف الصحي المتوقع ورودها من المدينة أو أي مجتمع سكاني بعد مراحل النمو مستقبلاً، وهذا يستوجب توفير الدراسات الآتية:

1. تعداد السكان حالياً ومستقبلاً بالمدن والتجمعات السكنية.
2. التخطيط العمراني واستخدامات الأراضي.
3. تحديد الفترات التصميمية.
4. معدلات استهلاك المياه المختلفة ومنها معدلات الصرف الصحي.
5. تصرفات مياه الصرف الصحي المنزلي.
6. تصرفات مياه الصرف الصناعي.
7. تصرفات مياه الصرف الصحي للمناطق التجارية.
8. كمية مياه الرش.
9. كمية مياه الأمطار.
10. التصرفات التصميمية لمحطات الرفع لخطوط الطرد المياه الملوثة.
11. اختيار مواقع محطات الرفع.
12. حدود المناطق المخدومة بمحطات الرفع.
13. الأعمال المساحية الطبوغرافية لجميع المناطق المخدومة.
14. تحديد مسارات خطوط الطرد حتي موقع أعمال المعالجة والأعمال المساحية لهذا المسار.
15. الأعمال المساحية لمواقع أعمال المعالجة.
16. دراسة خصائص التربة بجميع مواقع أعمال الصرف الصحي.
17. الدراسات المناخية والبيئية.

اختيار مواقع محطات الرفع

قبل إجراء دراسة التخطيط العام لنظام تجميع مياه الصرف الصحي من مناطق الخدمة وكذلك اختيار مواقع محطات الرفع ومسارات خطوط الطرد لابد من توافر الشروط والدراسات الآتية:

1. تحديد شروط مواقع محطات الرفع.
 2. تحديد مناطق الخدمة (المخطط العمراني الحالي والمستقبلي).
- أجراء الأعمال المساحية والطبوغرافية ودراسة التربة بمواقع المناطق المطلوب خدمتها.

شروط مواقع محطات الرفع

يجب أن تتوفر بمواقع محطات الرفع الشروط التالية:

شروط
مواقع
محطات
الرفع

1. أن تكون المواقع في أماكن ذات مناسيب منخفضة لتقليل تكاليف الإنشاء سواء للشبكات أو للمحطة، ويفضل أن تتوسط المحطة منطقة الصرف بقدر المستطاع.
2. يفضل أن تكون المواقع في أراض مملوكة للدولة لتفادي إجراءات نزع الملكية.
3. مراعاة أن لا تتقاطع مسارات شبكة الانحدار التي تخدم هذا الموقع مع العوائق المائية ذات الأعمال الكبيرة كلما أمكن ذلك.
4. أن يكون الطريق المؤدي للمحطة والمارة به خطوط الانحدار المؤدية إليها، وخطوط الطرد، بعرض كاف لاستيعاب هذه الخطوط، مع سهولة الوصول للمحطة، وتجنب الطرق السريعة كمسارات للخطوط قدر الإمكان.
5. عدم وجود عوائق بالموقع (أنابيب غاز - خطوط كهرباء...).
6. أن يكون الموقع قريباً قدر الإمكان من أماكن التغذية بالكهرباء والمياه.
7. يراعي ألا يزيد عمق ماسورة الداخل للمحطة علي 6.5 متر فيما عدا الحالات التي تتطلب الدراسة الفنية والاقتصادية لها زيادة العمق عن ذلك.
8. أن يكون الموقع بعيداً عن المنشآت القائمة بمسافة كافية.
9. مراعاة النواحي البيئية مع تجنب تداخل المحطة مع مواقع منشآت التغذية بمياه الشرب علي وجه الخصوص.

تحديد المناطق المخدومة

يعتمد إعداد المخطط العام لشبكات تجميع المخلفات السائلة (الصرف الصحي) للمدينة، علي المخطط العمراني والتخطيط الهيكلي وطبوغرافية المنطقة. ويراعي عند إعداد المخطط العام لشبكات الانحدار للاستفادة الكاملة من طبوغرافية المنطقة لتقليل عدد محطات الرفع الى أقل عدد ممكن. وتخدم كل محطة رفع منطقة معينة ويفضل أن تكون هذه المنطقة خالية من العوائق (سكة حديد - ترع)، وتضخ هذه المحطات مياه الصرف الصحي الخام مباشرة الى محطات المعالجة (محطات رئيسية) أو أي محطة أخرى قريبة أو الى المجمعات الرئيسية (محطات فرعية).

الأعمال المساحية والطبوغرافية ودراسة التربة

قبل البدء في أعمال التصميم لأعمال تجميع وصرف المخلفات السائلة يجب الحصول علي البيانات التالية:

1. خرائط طبوغرافية للمدينة والمناطق المجاورة موضحاً عليها مناسيب الطرق كل 25 متراً، وأيضاً الرفع المساحي لمواقع محطات الرفع ومحطة المعالجة.
2. خرائط كنتورية شاملة للمدينة.

الأعمال
المساحية
ودراسة
التربة

3. الكثافات السكانية حالياً ومستقبلاً.
4. خرائط تفصيلية تشمل مخارج الصرف من المباني إذا أمكن.
5. قطاعات تفصيلية تبين مواقع المرافق الأخرى مثل خطوط المياه والكهرباء والتليفون والغاز وغيرها إذا وجدت.
6. تحديد المجاري المائية القريبة من المنطقة التي سوف ينشأ فيها المشروع وأماكن الصرف عليها إذا أمكن.
7. قطاعات طولية (جسات) تبين طبيعة وخصائص التربة والطبقات الصخرية ومنسوب المياه الجوفية وأيضاً التحليل الكيميائي للتربة.

تصميم محطات رفع مياه الصرف الصحي

تصرف الطلمبة (Pump flow rate)

التصرف Q هو حجم مياه الصرف الصحي التي يتم ضخها في وحدة الزمن ويقاس بالمتري المكعب في الساعة أو اللتر في الثانية.

رفع الطلمبة (Pump head)

رفع الطلمبة هو الرفع الكلي (Htotal) للطلمبة أو الرفع المانومتري للطلمبة وهو عبارة عن الرفع الاستاتيكي (الفرق بين منسوبي محطة الرفع ومحطة المعالجة) مضافاً إليه فواقد الاحتكاك - الرفع الديناميكي - في قطع الاتصال والمحابس والقطع الخاصة، بالإضافة الى ضاغط احتياطي يتراوح بين 3 : 5 م ويقاس رفع الطلمبة بالمتري.

ويتم حساب فواقد الاحتكاك من معادلة (هازن ويليامز) لفواقد الاحتكاك في ماسورة الطرد كالاتي:

$$H_f = 10.706 \times \frac{Q^{1.85}}{C} \times D^{-4.87} \times L$$

حيث:

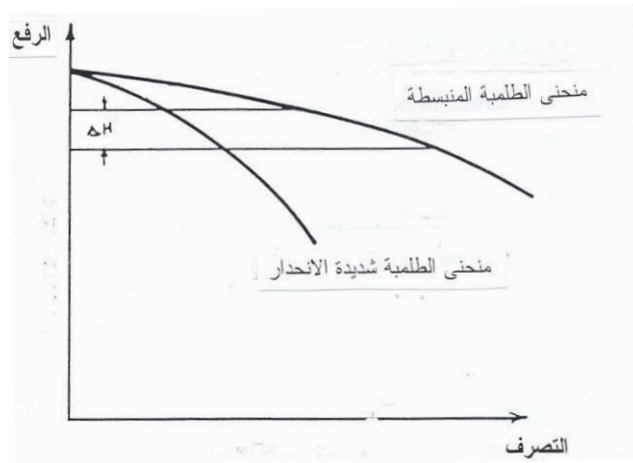
H_f	:	الفقد بالاحتكاك بالمتري
Q	:	التصرف المار في ماسورة خط الطرد (م ³ /ث)
C	:	معامل الاحتكاك
D	:	قطر الماسورة (م)
L	:	طول الماسورة (م)

منحني الطلبية (Pump Curve)

عند سرعة ثابتة للطلبات الطاردة المركزية فإن تصرف الطلبية Q يزداد كلما نقص الرفع H . ويتم تمثيل العلاقة التي تربط جميع هذه المتغيرات علي ما يعرف بمنحني الطلبية والذي يوضح مميزات التشغيل لها. ترسم المنحنيات باعتبار الكثافة ρ واللزوجة ν للمياه إلا إذا نص علي خلاف ذلك.

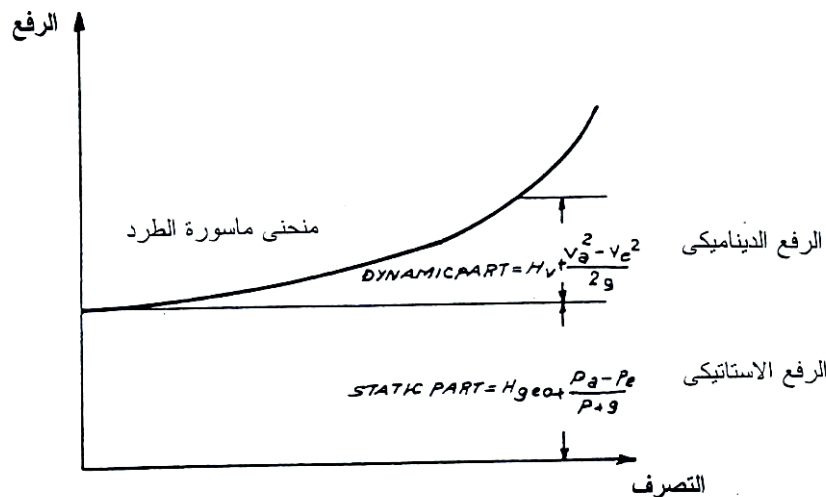
وتحدد ظروف التشغيل للطلبية إذا كان الأنسب استخدام منحني منبسط (Flat curve) أو منحني شديد الانحدار (Steep curve). وفي حالة المنحني شديد الانحدار فإن سعة (تصرف) الطلبية (Q) تتغير بصورة أقل منها في حالة المنحني المنبسط تحت نفس ظروف فارق الرفع (H).

ويوضح الشكل رقم (1) كلا المنحنيين ومنه يتضح أن المنحني شديد الانحدار له مميزات تحكم أفضل.



شكل رقم (1) منحنيات تشغيل الطلبية المنبسطة وشديدة الانحدار منحنى أداء نظام التشغيل (System curve)

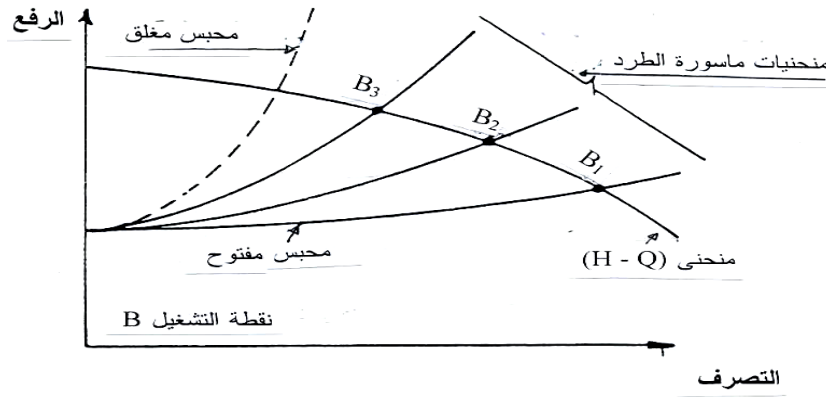
يرسم رفع المنظومة الكلي (H_{Total}) مقابل سعة (تصرف) الطلبية (Q) لإعطاء منحنى أداء منظومة التشغيل / الماسورة (System/piping curve). ويمثل هذا المنحني كلا من الرفع الاستاتيكي والديناميكي (التشغيلي) للمنظومة (System). ويبين الشكل رقم (2) منحنى ماسورة الطرد.



شكل رقم (2) منحنى ماسورة الطرد

نقطة التشغيل (Duty / Operating point)

يتحدد لكل طلمبة نقطة تشغيل B وهي نقطة التقاطع بين منحنى الطلمبة (Q - H Curve) ومنحنى المنظومة/ الماسورة (System curve) ولا تتغير هذه النقطة (وبالتالى التصرف Q والرفع H) للطلمبة إلا إذا تغيرت سرعة دوران الطلمبة، أو قطر المروحة، أو إذا تغير منحنى نظام التشغيل (بتغيير فتحة المحبس مثلاً). كما هو موضح بالشكل رقم (3).



شكل رقم (3) منحنى نظام التشغيل

- تغير نقطة التشغيل من B1 إلى B3 على منحنى ماسورة الطرد يرفع سرعة الطلمبة من n1 إلى n3.
- تغير مكان نقطة التشغيل من B1 إلى B3 على منحنى التصرف والرفع وذلك بتغيير فتحة المحبس.

توصيف الطلمبات بمحطة الرفع

بعد تحديد التصرفات الواردة إلى محطة الرفع على مدى الفترة التصميمية لها بدءاً من التصرفات الحالية وحتى التصرفات المستقبلية المتوقعة في نهاية هذه الفترة (سنة الهدف)، وكذلك تحديد منسوب ماسورة الدخول إلى بئارة المحطة ومناسيب خط الطرد الخارج من المحطة.

يتم توصيف الطلمبات المستخدمة في محطة الرفع من حيث:

- عدد الطلمبات المطلوب تركيبها بالمحطة.
- تصرف كل من هذه الطلمبات.
- الرفع ومدى التشغيل للطلمبة.
- متطلبات التصميم للطلمبة (النوع - سرعة الدوران - سرعة دخول المياه إلى فتحة السحب - قطر الاجسام الصلبة المسموح بمرورها - خامات التصنيع لأجزاء الطلمبة - طريقة تركيب الطلمبات).

وسنتناول هذه البنود فيما يلي بشيء من التفصيل.

تحديد عدد الطلبات المطلوب تركيبها بالمحطة

يتوقف عدد الطلبات التي يتم تركيبها بالمحطة علي حجم التصريفات الواردة، وطبيعة المحطة من حيث كونها مؤقتة أو دائمة، وفرعية أو رئيسية، ومعدلات التصريفات الواردة لها علي مدار السنة وخلال ساعات اليوم. وكذلك يتوقف عدد الطلبات علي نوع الطلبات المستخدمة، ومدى حاجتها الى أعمال الصيانة الدورية، وسهولة فك وتركيب الطلبية، ومدى توفر قطع الغيار لها، وأهمية إستمرارها في العمل تحت ظروف التشغيل العادية وفي حالات الطوارئ. كما يعتمد تقدير عدد الطلبات المطلوب تركيبها بالمحطة علي مدى تأثير توقف المحطة عن العمل علي البيئة المحيطة بها (ظروف الموقع)، وعلي قدرة شبكة الانحدار بالمنطقة المخدومة علي التخزين، ومدى توفر وسائل تطهير هذه الشبكة، وكذلك قدرتها علي التنظيف الذاتي للمواسير طبقاً للتصميم الموضوع لها.

وفي جميع الأحوال فإن عدد الطلبات المركبة بالمحطة يجب أن يخضع للعلاقة الآتية:

ويراعي ألا يزيد عدد الطلبات العاملة بالمحطة عن 50% من عدد الطلبات المركبة، وأن تكون الطلبية الاحتياطية ذات تصرف يعادل تصرف أكبر الطلبات المركبة بالمحطة في حالة استخدام طلبات غير متماثلة في السعة (مختلفة التصريفات) داخل نفس المحطة. وتضاف طلبية واحدة من كل سعة مستخدمة باعتبارها في الصيانة علاوة علي الطلبات العاملة والاحتياطية.

عدد الطلبات المركبة = عدد الطلبات العاملة لرفع التصريفات القصوى

حساب تصرف الطلبية الواحدة (Pump flow rate)

لحساب تصرف كل طلبية من الطلبات المركبة بمحطة الرفع يتم إتباع الآتي:

1. بالنسبة للطلبات المتماثلة في السعة:

في حالة استخدام طلبات متماثلة (ذات تصرف متماثل عند نفس نقطة الرفع) لرفع التصريف الوارد الى محطة الرفع فيتم ذلك بالخطوات الآتية :

- يتم تحديد التصريف الأقصى للمحطة (Q_{max}) وهو يختلف عن التصريف التصميمي المحسوب للمنطقة التي تخدمها المحطة.

- يستخدم التصريف الأقصى التصميمي المحسوب في تصميم شبكات مياه الصرف الصحي الواردة للمحطة.

- يتم تحديد عدد الطلبات العاملة لرفع التصريف الأقصى التصميمي المحسوب. ويكون في المعتاد:

- من 1-2 طلبية للتصريفات حتي 200 ل/ث.
- من 2-3 طلبات للتصريفات من 200 - 1500 ل/ث.
- من 4 طلبات للتصريفات أكبر من 1500 ل/ث.

- يحسب تصرف الطلبة الواحدة Q باللتر/ ث من العلاقة:

$$Q \text{ (ل/ث)} = \frac{\text{التصرف الأقصى التصميمي المحسوب (ل/ث)}}{\text{عدد الطلبات العاملة بالمحطة}}$$

2. بالنسبة للطلبات مختلفة الساعات داخل نفس المحطة:

تستخدم الطلبات مختلفة الساعات داخل نفس المحطة في حالة عدم انتظام التصرفات الواردة للمحطة علي مدي فصول السنة أو علي مدي ساعات اليوم اختلافاً كبيراً لا يمكن استيعابه عن طريق التخزين بالبيارة. وعلي ذلك تكون الطلبات العاملة علي مدي ساعات اليوم متغيرة مع تغير التصرفات الواردة ويحدد عدد وسعة الطلبات المستخدمة طبقاً للمنحني البياني للتصرفات الواردة للمحطة.

ويتم تحديد الساعات المختلفة للطلبات وعددها كالاتي:

- طلبية (أو أكثر) لرفع التصرفات المتوسطة تبعاً لسعة المحطة كما سبق في (أ).
- طلبية (أو أكثر) تدخل الخدمة عند منسوب محدد للمياه المجمعة بالبيارة (منسوب 1).
- طلبية (أو أكثر) تدخل الخدمة عند المنسوب الأعلى المسموح به لتجميع المياه بالبيارة (منسوب 2).

- تحسب سعة الطلبية الأولى Q_1 من العلاقة :

$$Q_1 \text{ (ل/ث)} = \frac{\text{التصرف المتوسط للمحطة (ل/ث)}}{\text{عدد الطلبات}}$$

- تحسب سعة الطلبية الثانية Q_2 من العلاقة :

$$Q_2 \text{ (ل/ث)} = \frac{(\text{أقصى تصرف يومي } Q_{\max} - \text{الصرف المتوسط (ل/ث)})}{\text{عدد الطلبات الإضافية التي تدخل الخدمة عند المنسوب 1}}$$

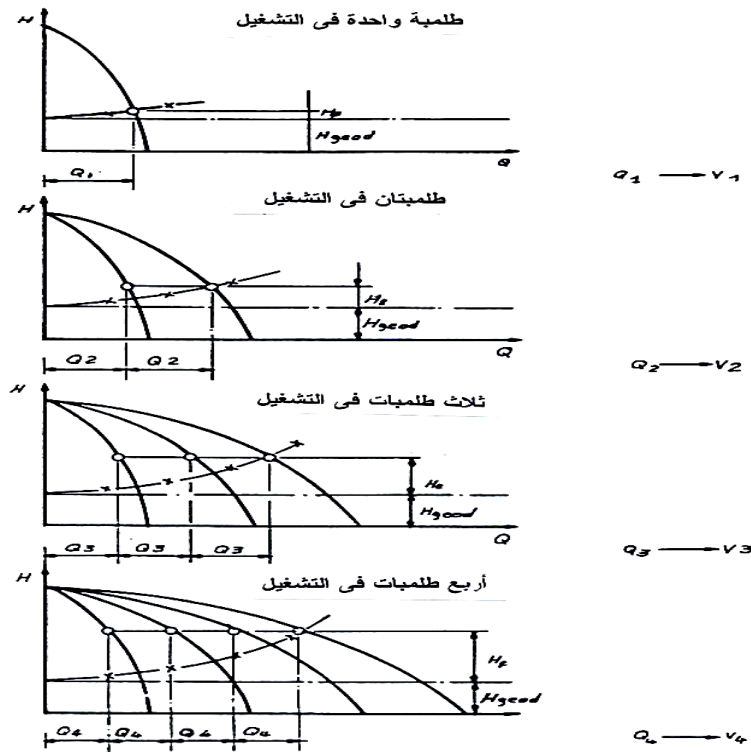
تحسب سعة الطلبية الثالثة Q_3 من العلاقة:

$$Q_3 \text{ (ل/ث)} = \frac{(\text{تصرف الطوارئ المنتظر} - \text{أقصى تصرف يومي } Q_{\max})}{\text{عدد الطلبات الإضافية التي تدخل الخدمة عند المنسوب 2}}$$

ويشكل مجموع عدد الطلبات في الحالات الثلاثة السابقة عدد الطلبات العاملة بالمحطة كما في شكل رقم (4).

حساب رفع الطلمبة وتحديد مدي تشغيلها

1. يتم حساب رفع الطلمبات (Total head) طبقاً لما سبق توضيحه أخذاً في الاعتبار قطر خط الطرد المستخدم وتشغيل الطلمبات علي التوازي إن وجد.
2. وفي حالة استخدام طلمبتين علي التوازي لرفع تصرفات الذروة يتم تحديد رفع كل طلمبة علي أساس نقطة التشغيل للطلمبتين معاً. ويقسم التصرف المقابل لهذه النقطة علي اثنين وتعتبر هذه النقطة هي نقطة التصميم (Design point) للطلمبة المطلوبة.
- أ. يراعي نفس المبدأ عند تشغيل أكثر من طلمبتين علي التوازي أيضاً.
- ب. يتم تحديد مدي التشغيل للطلمبة (Working range) أخذاً في الاعتبار الآتي:
 1. أن تعطي الطلمبة 30% من التصرف التصميمي علي الأقل عند أقصى مدي للتشغيل (النقطة العليا).
 2. أن تعمل الطلمبة علي مدي من 80% الى 110% من الرفع التصميمي علي الأقل.
 3. ألا يزيد أقصى رفع للطلمبات الطاردة المركزية أحادية المراحل عن 65 متراً.
 4. أن تغطي النقطة السفلي لمدي التشغيل حالة تشغيل طلمبة واحدة بأمان، وذلك في حالة تشغيل طلمبتين أو أكثر علي التوازي.



شكل رقم (4) اختلاف التصرف باختلاف عدد الطلمبات العاملة

تحديد متطلبات التصميم للطلبة (Design requirements)

يراعي عند توصيف الطلبات المطلوبة لمحطة الرفع تحديد الآتي:

1. نوع الطلبة.
2. سرعة الدوران.
3. سرعة دخول المياه الى فتحة السحب (فتحة المص للطلبة).
4. قطر الأجسام الصلبة المسموح بمرورها داخل الطلبة.
5. خامات التصنيع لأجزاء الطلبة.
6. طريقة تركيب الطلبات.

أولاً نوع الطلبة (Type of pump):

- يُحدد نوع الطلبة المستخدمة طبقاً للرفع الكلي للمحطة.
- في حالة استخدام الطلبات الطاردة المركزية يتم تحديد نوعها طبقاً للآتي:
- تستخدم الطلبات ذات التصريف القطري (Radial flow) في حالة القيم العالية للرفع (أكثر من 40 متراً).
- تستخدم الطلبات ذات التصريف المختلط (Mixed flow) في حالة القيم المتوسطة للرفع (من 10 - 40 متراً).
- تستخدم الطلبات ذات التصريف المحوري (Axial flow) في حالة القيم الصغيرة للرفع (أقل من 10 أمتار).

ثانياً سرعة الدوران (Speed):

تُحدد سرعة دوران الطلبة طبقاً لاعتبارات التصميم المُعدّة بمعرفة المنتج. ويراعي في اختيار سرعة الدوران تحقيق أعلى كفاءة ممكنة للطلبة عند نقطة التشغيل المحددة، ومدي تحمل الأجزاء الدوارة للسرعات العالية ومعدل استهلاكها، ونوعية المواد المستخدمة في التشحيم، ومعدلات البري لكراسي الارتكاز، والخامات المستخدمة في تصنيع الطلبة، بالإضافة الى طبيعة السوائل المراد ضخها، ومدي إحتوائها علي مواد صلبة ورمال.

وعادة ما تكون سرعة الطلبات الصغيرة (ذات التصريف الأقل من 50 لتر/ث) عالية في حدود 1500 - 3000 لفة/د. أما الطلبات الكبيرة التي يزيد تصريفها عن 50 لتر/ث فتكون سرعتها صغيرة من 750 - 1500 لفة/د وذلك حتي يكون حجم المحرك مناسباً.

ثالثاً سرعة دخول المياه الى فتحة السحب:

يجب ألا تزيد سرعة دخول المياه عند فتحة السحب (المص) للطلبة عن 4 متر/ثانية عند نقطة التشغيل التصميمية.

رابعاً قطر الأجسام الصلبة المسموح بمرورها داخل الطلبة

يحدد قطر الأجسام الصلبة المسموح بمرورها عبر مروحة الطلبة علي أساس قطر فتحة السحب المنتظرة (حسب كميات التصريفات)، والسرعة المسموح بها في مواسير السحب، وقطر فتحة سحب الطلبة. وتؤخذ في الاعتبار نوعية مروحة الطلبة، وكفاءة الطلبة، حيث تقل الكفاءة بزيادة حجم المواد الصلبة المسموح بمرورها.

وفي المعتاد يكون قطر المواد الصلبة المسموح بها كالتالي:

- للطلبات ذات التصريف حتي 30 ل/ث 50 مم
- للطلبات ذات التصريف من 30 - 100 ل/ث 75 مم
- للطلبات ذات التصريف من 100 - 200 ل/ث 100 مم
- للطلبات ذات التصريف من 200 - 400 ل/ث 125 مم
- للطلبات ذات التصريف أكبر من 400 ل/ث 150 مم

خامساً خامات التصنيع لأجزاء الطلبة (Construction materials):

تؤخذ مواد التصنيع الآتية في الاعتبار في حالة طلب طلبات للاستخدامات العادية في رفع المخلفات السائلة للصرف الصحي :

جسم الطلبة: حديد زهر

المروحة: حديد زهر

عامود الإدارة: صلب غير قابل للصدأ

حلقات التآكل: برونز

وفي حالة طلب طلبات لاستخدامات خاصة أو في حالة احتواء السوائل المراد رفعها علي مواد كيميائية (أحماض أو قلويات) فإنه ينصح بمراجعة هذه الخامات مع الشركات المنتجة لتحديد الخامات المناسبة.

سادساً طريقة تركيب الطلمبات (Pump installation)

يتم تحديد طريقة تركيب الطلمبات وبالتالي تصميم بيارات السحب طبقاً للآتي :

- التركيب في الوضع الرأسي باتصال مباشر بين الطلبة والمحرك.

وتستخدم هذه الطريقة في حالة أعماق السحب الصغيرة والتي لا تزيد علي 5 أمتار تحت سطح الأرض.

- التركيب في الوضع الرأسي عن طريق استخدام أعمدة كردان للتوصيل بين الطلمبة والمحرك، بحيث يتم تركيب المحركات أعلى منسوب سطح الأرض. وتستخدم هذه الطريقة في حالة أعماق السحب الكبيرة والتي تزيد عن 5 أمتار تحت سطح الأرض، أو في حالة احتمال تعرض موقع المحطة للغرق. ولا يسمح بزيادة زاوية الميل لأعمدة الكردان عن 3° (ثلاث درجات) على الرأسي.

أسس التصميم الهيدروليكي والميكانيكي:

تحديد حجم بئارة التخزين

يعتبر حجم التخزين الذي يتم حسابه هو الحد الأدنى للتشغيل الآمن تحت أصعب الظروف باعتبار عدد مرات التشغيل لوحدة الرفع في الساعة (أو معدل التشغيل). وعند تحديد حجم بئارة التخزين في محطة الرفع فإن هناك عدة عوامل يجب مراعاتها وهي:

1. العلاقة بين التصرفات الواردة وسعة الطلمبات العاملة بالإضافة الى عدد مرات التشغيل والإيقاف في الساعة والمقننة لمحركات الطلمبات وأجهزة بدء الحركة لها
2. التصرفات الزائدة الفجائية لمنع حدوث الارتجاع الهيدروليكي الى شبكة الصرف الخاصة بالمحطة (adverse hydraulic condiong). أو أي أحمال إضافية عليها (surcharge).
3. تصميم أبعاد وأماكن توزيع الطلمبات والمواسير والبلوف داخل البئارة.
4. توفير حجم تخزين احتياطي والذي قد يحتاج اليه في حالة الأعطال لاستيعاب تصرفات الذروة الواردة الى المحطة.

يعتبر العامل الأول هو أساس الحسابات الخاصة بتحديد حجم التخزين بالبئارة ويتم التحقق بعد ذلك من توفر العوامل الأخرى السابقة لضمان التشغيل الآمن

حساب حجم التخزين الفعال Active Volume

يتم حساب حجم التخزين الفعال للبئارة في محطة الرفع على أساس عدد مرات التشغيل والإيقاف لوحدة الرفع في الساعة طبقاً للقاعدة الآتية. وكما هو موضح بالشكل رقم (5)

$$T = \frac{V}{Q_n} + \frac{V}{Q - Q_n}$$

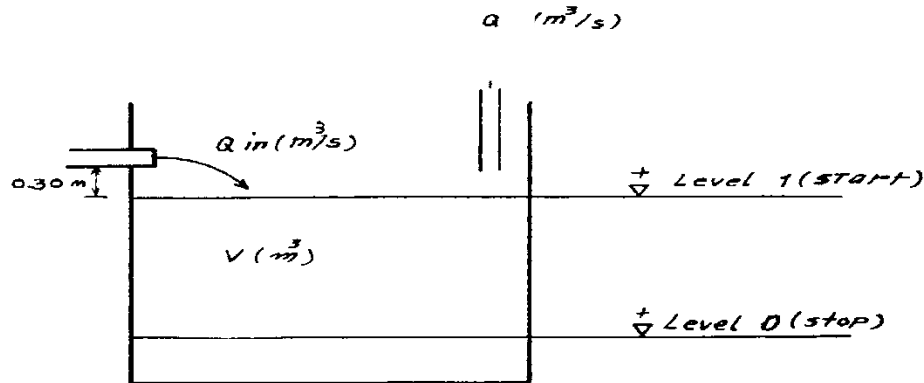
حيث:

T- الزمن بين وضعي تشغيل متتاليين وهو زمن دورة التشغيل للطلمبة (ثانية)

V- الحجم الفعال لبئارة التخزين وهو حجم التخزين بين منسوبي التشغيل والإيقاف للطلمبات العاملة بالمحطة (متر مكعب).

Q - سعة الوحدات العاملة بالمحطة (حجم التصريفات التي يتم رفعها بواسطة هذه الوحدات) (متر مكعب / ثانيه).

Q_{in} - التصريف الأقصى الوارد للمحطة (متر مكعب / ثانيه).



الشكل رقم (5) مستويات التشغيل والإيقاف

(التصريف المتوسط × معامل الذروة المناظرة).

- يقسم زمن دورة التشغيل (T) الى زمن العمل للطمبات (t_p)

وزمن توقف الطلمبات لملء البئارة (t_s) (off time)

$$T = t_p + t_s$$

$$t_s = \frac{V}{Q_{in}} \quad (3)$$

s = وهو الزمن اللازم لملء حيز التخزين بالبئارة بين منسوب الإيقاف (level-0)

ومنسوب التشغيل (level-1)

$$t_p = \frac{V}{Q - Q_{in}} \quad (4)$$

حيث:

t_p = الزمن اللازم لتفريغ البئارة بين منسوب التشغيل (level-1) ومنسوب الإيقاف (level-0) وذلك عندما

يكون $Q \geq Q_{in} \geq 0$

أما عندما يكون $Q \geq Q_{in}$ فإن منسوب المياه داخل البيارة سوف يزداد حتي في حالة تشغيل الطلمبات بصفة دائمة.

ويمكن إعادة كتابة المعادلة (1) علي الصورة الآتية

$$T = V \left\{ \frac{1}{Q_{in}} + \frac{1}{Q - Q_{in}} \right\} \quad (5)$$

ومنها يتضح أن زمن التشغيل (T) هو داله في التصريفات الواردة (Q_{in}) عند حجم تخزين محدد (V) وسعة للطللمبات العاملة (Q)

ويمكن الحصول علي التصريفات الواردة والتي عندها يكون زمن دورة التشغيل أقل ما يمكن عندما يكون

(6)

وبالتعويض في المعادلة (5) عن:

$$Q_{in} = \frac{Q}{2} = \varphi \quad (7)$$

وتسمى φ التصرف الحرج (Critical inflow)

أي أن زمن دورة التشغيل يكون أقل ما يمكن عندما تكون التصريفات الواردة Q_{in} نصف سعة الرفع للطللمبات Q وبالتعويض في المعادلة (5) من المعادلة (6) فإن أقل زمن لدورة التشغيل

$$T_{min} = \frac{4V}{Q} \quad (8)$$

ومن ثم يتم تحديد أقل زمن لدورة التشغيل مقدما وبناء عليه يتم حساب حجم بيارة التخزين التي تحقق زمن دورة T أكبر من T_{min} للتصريفات الواردة للمحطة.

وبذلك يكون أقل حجم فعال لبيارة التخزين

$$V_{min} = \frac{T_{min} Q}{4} \quad (9)$$

ومن هذه العلاقة يمكن حساب أقل حجم تخزين فعال للبيارة لعدد محدد من مرات التشغيل للطللمبات في الساعة.

ويمكن استخدام نفس العلاقة (8) علي الصورة الآتية:

$$V_{min} = \frac{0.9Q}{Z} \quad (10)$$

حيث:

$$V_{min} = \text{أقل حجم فعال لبيارة التخزين (متر مكعب)}$$

$$Z = \text{عدد مرات تشغيل الطلبات في الساعة (معدل التشغيل)}$$

$$Q = \text{تصرف الطلبات العاملة (لتر / ثانية)}$$

ويتوقف تحديد عدد مرات التشغيل للطلبات في الساعة علي سعة الطلبات ونوعها والرفع المانومتري التي تعمل ضده. ويؤخذ في الاعتبار أنه كلما زاد عدد مرات التشغيل المطلوبة في الساعة كلما ارتفعت تكلفة المحركات الكهربائية وأجهزة التحكم بصورة كبيرة.

وبناء عليه فإنه كلما زادت سعة الطلبات وزاد الرفع المانومتري وبالتالي قدرة المحركات الخاصة بها فإن ذلك يستلزم تقليل عدد مرات التشغيل في الساعة (معدل التشغيل) وذلك حفاظا علي الناحية الاقتصادية في إنشاء المحطة.

معدل التشغيل للطلبات

تكون عدد مرات التشغيل / الساعة المسموح بها في الحدود التالية (طبقا لقدرات المحركات الكهربائية اللازمة لإدارة الطلبات).

أقل من 5 كيلوات 25 مرة / الساعة

أكبر من 5-20 كيلوات 20 مرة / الساعة

أكبر من 20-50 كيلوات 15 مرة / الساعة

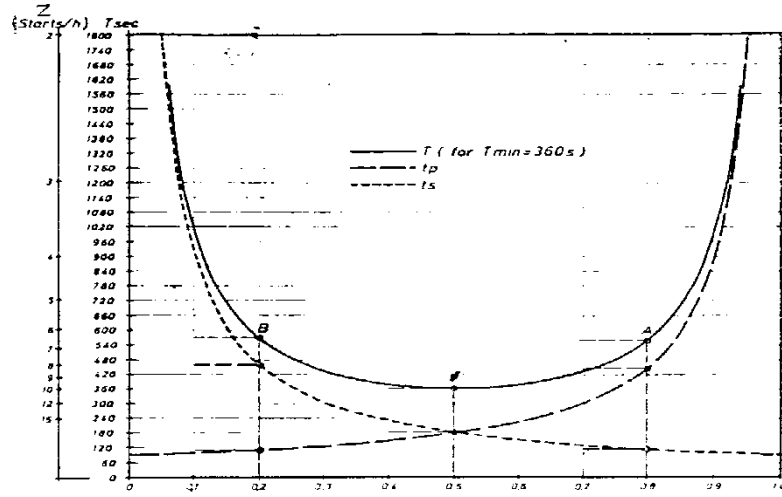
أكبر من 50-100 كيلوات 10 مرة / الساعة

أكبر من 100-200 كيلوات 6 مرة / الساعة

أكبر من 200 كيلوات 4 مرة / الساعة

ويجب عند إعداد المواصفات الخاصة بالمحركات الكهربائية ذكر عدد مرات التشغيل المطلوبة في الساعة.

والشكل رقم (6) يبين العلاقة بين زمن دورة التشغيل T (أو عدد مرات التشغيل في الساعة Z) وبين النسبة بين التصرفات الواردة للمحطة Q_{in} الى تصرف الطلبات العاملة بالمحطة Q وأزمنة



الشكل رقم (6) العلاقة بين زمن دورة التشغيل T (أو عدد مرات التشغيل في الساعة Z) وبين النسبة بين التصريفات الواردة للمحطة Q_{in} الى تصرف الطلبات العاملة بالمحطة Q وأزمنة الإيقاف t_s والتشغيل t_p للطلبات في الحالات الثلاثة

$$Q_{in}/Q \neq \phi Q_{in} < \phi Q_{in} > \phi$$

تقسيم حسابات حجم التخزين الى الحالات الثلاثة الآتية:

- محطة رفع بها طلبية واحدة عاملة (Single Pump P.S)
- محطة رفع بها طلبيتين تعملان بالتبادل (Alternating use of two pumps)
- محطة رفع بها أكثر من طلبيتين عاملتين (Multipump system)

أ) محطة الرفع ذات الطلبية الواحدة

حجم التصريفات الواردة للمحطة خلال دورة واحدة:

$$V = Q_{in} \cdot T \quad (12)$$

وبما أنه يجب أن يتم رفع نفس الحجم من المحطة خلال زمن التشغيل فإن :

$$V = Q_{in} \cdot t \quad (13)$$

حيث

Q = معدل تصرف الطلبية

t = زمن عمل الطلبية

وعلي ذلك يكون

$$Q_{in} \cdot t = Q \quad (14)$$

$$t = \frac{Q_{in}}{Q} \quad (15)$$

وعند توقف الطلمبة فإن الحجم V_h والمكافئ للحجم الفعال بين منسوبي التشغيل والإيقاف يتم ملؤه خلال زمن قدره $(T-t)$

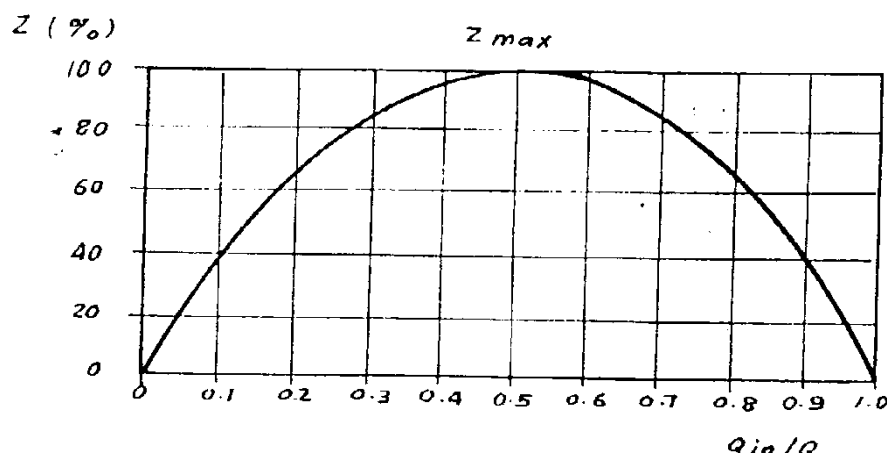
ومن ذلك فإن زمن الدورة

$$T = \frac{V_h Q}{Q_{in} Q - Q_{in}^2} \quad (16)$$

ويكون معدل التشغيل (Z) هو معكوس (T)

$$Z = \frac{Q_{in} Q - Q_{in}^2}{V_h Q} \quad (17)$$

ومنه يتضح أن معدل التشغيل Z دالة في النسبة Q/Q_{in} وكما يوضح الشكل رقم (7) يوضح العلاقة بين معدل التشغيل وتصرف الطلمبات



الشكل رقم (7) العلاقة بين معدل التشغيل وتصرف الطلمبات

ويمكن حساب أقصى معدل للتشغيل بإجراء التفاضل للعلاقة السابقة

$$\frac{dZ}{dQ_{in}} = \frac{Q - 2Q_{in}}{V_h Q} \quad (18)$$

وهذه النسبة تساوي صفر عندما يكون $Q_{in} = 1/2 Q$

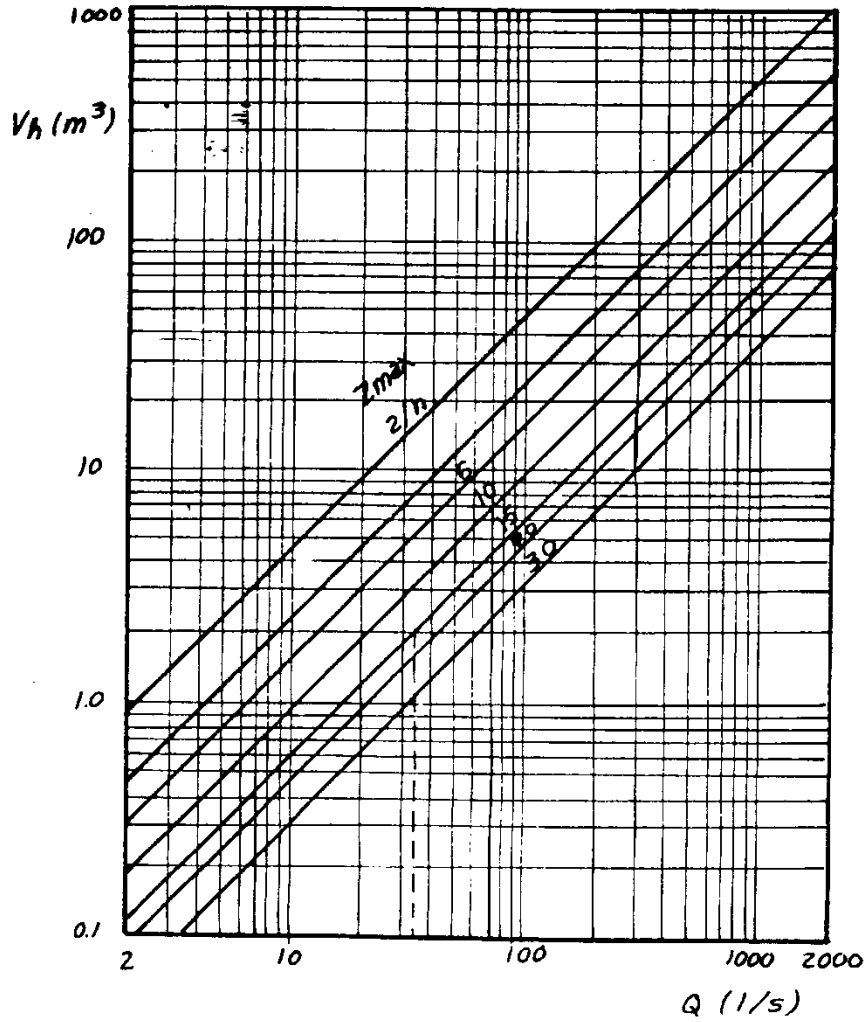
وبالتعويض بهذه القيمة للتصرفات الواردة Q_{in} في المعادلة الخاصة بمعدل التشغيل.

$$Z_{max} = \frac{Q_{in}}{4V_h} \quad (19)$$

ومن ثم يكون الحجم الفعال V_h المكافئ لأقصى معدل للتشغيل

$$V_h = \frac{Q_{in}}{4Z_{max}} \quad (20)$$

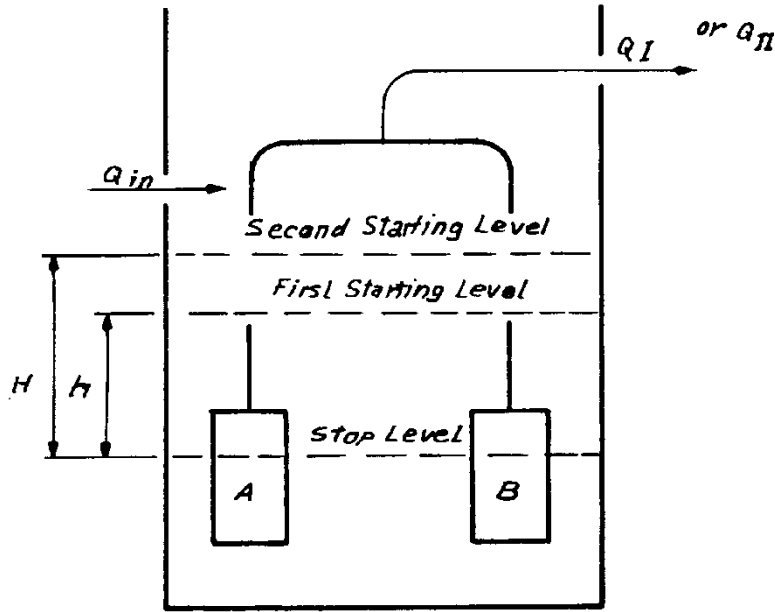
والشكل رقم (8) يوضح العلاقة بين حجم التخزين الفعال وتصرف الطلمبات عند معدلات التشغيل المطلوبة.



الشكل رقم (8) يوضح العلاقة بين حجم التخزين الفعال وتصرف الطلمبات عند معدلات التشغيل المطلوبة.

ب) حالة تشغيل طلمبتين بالتبادل

الشكل رقم (9) رسم توضيحي لتشغيل طلمبتين متماثلتين بمحطة الرفع عندما يصل منسوب المياه بالبيارة الى مستوى التشغيل الأول فإن إحدى الطلمبتين (الطلمبة A) تبدأ في العمل وإذا كان معدل تصرف الطلمبة Q_1 أكبر من معدل التصريفات الواردة للمحطة Q_{in} فإن منسوب المياه يستمر في الهبوط حتي مستوى الإيقاف وعندها تتوقف (الطلمبة A) عن العمل ثم يبدأ مستوى المياه في الارتفاع من جديد حتي يصل الى مستوى التشغيل الأول وعندها تبدأ الطلمبة الثانية B في العمل أو بعبارة أخرى فإن الطلمبتين تعملان بالتبادل.



الشكل رقم (9) رسم توضيحي لتشغيل طلمبتين متماثلتين بمحطة الرفع

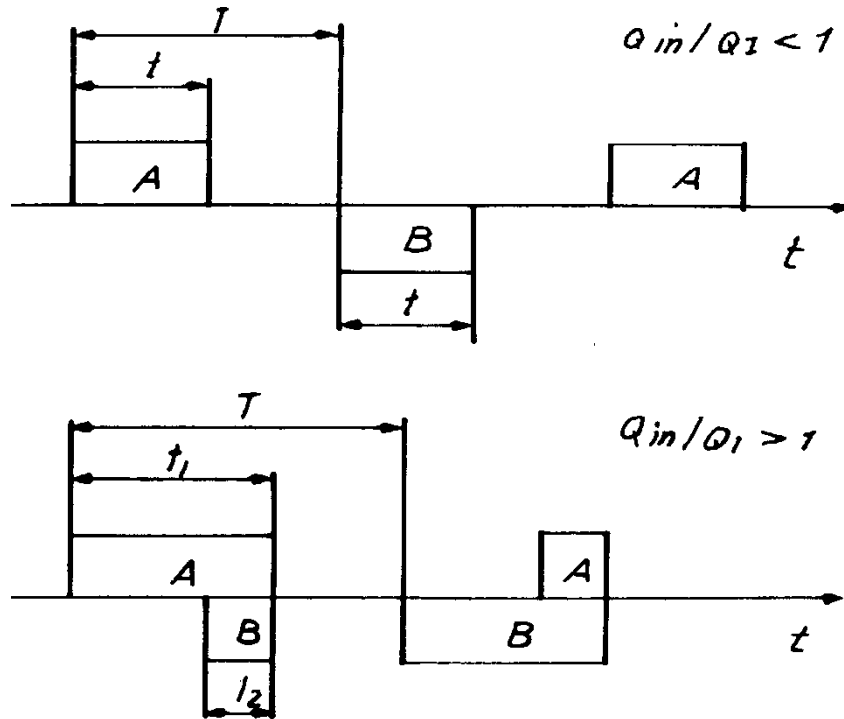
وإذا كان معدل التصريفات الواردة للمحطة Q_{in} أكبر من معدل تصرف الطلمبة الواحدة Q_1 فإن منسوب المياه يرتفع الى منسوب التشغيل الثاني حيث تبدأ الطلمبة الأخرى في العمل. وإذا كان معدل تصرف الطلمبتين معا (التصرف المجمع للطلمبتين) Q_{11} أكبر من معدل التصريفات الواردة فإن منسوب المياه يهبط حتي الوصول الى منسوب الإيقاف وعندها تتوقف الطلمبتين معا عن العمل.

ومن الشكل رقم (9) يتضح ما يلي:

1- عندما يكون $Q_{in} / Q_1 < 1$

في هذه الحالة فإن حجم التخزين الفعال V_h يمكن حسابه من العلاقة التالية باعتبار أن هناك طلمبتين تعملان بالتبادل

$$V_h = \frac{Q_{11}}{gZ_{1max}}$$



الشكل رقم (10) رسم توضيحي لعمل طلمبتين بالتبادل بمحطة الرفع

2- عندما يكون $Q_{in} / Q_1 > 1$

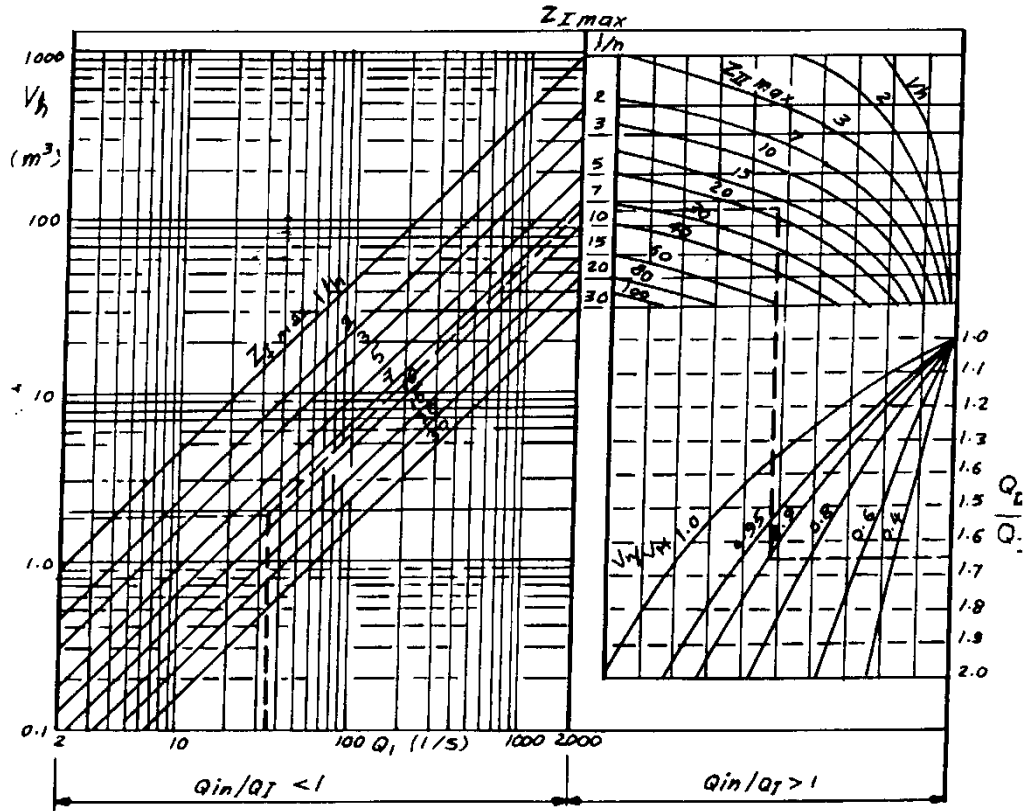
وفي هذه الحالة فإن عاملين آخرين يؤثران في معدل التشغيل وهي النسبة V_h / V_H والتصرف المجمع للطلمبتين معا Q_{11} (والذي يحدد الفقد بالاحتكاك داخل ماسورة الطرد)

والحجم V_H يناظر الارتفاع H في الشكل (8)

وعلي ذلك فيمكن استنباط العلاقة التالية

$$Z_{11} = \left\{ \frac{Q(V_H - V_h)}{Q_{in}^2 - Q_{in}Q_1} + \frac{Q_1V_H}{Q_{in}Q_1 - Q_{in}^2} \right\}$$

ويبين الجانب الأيمن من النموذج بالمثل رقم (11) قيم معدل التشغيل الأقصى Z_{11ma} وذلك بحل المعادلة السابقة باستخدام الحاسب الالى.

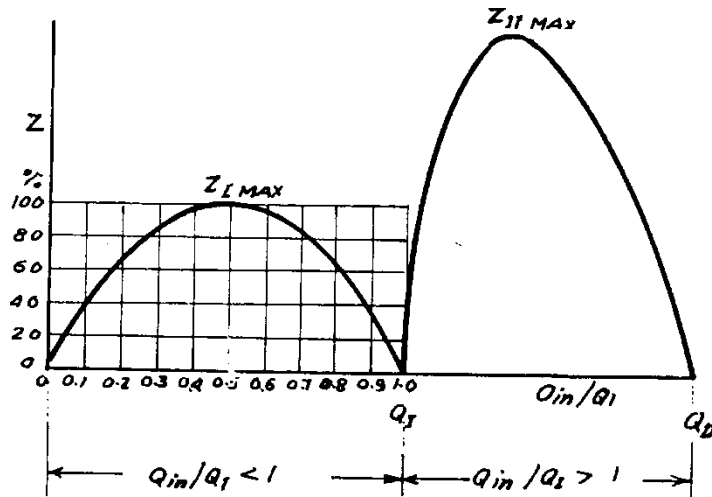


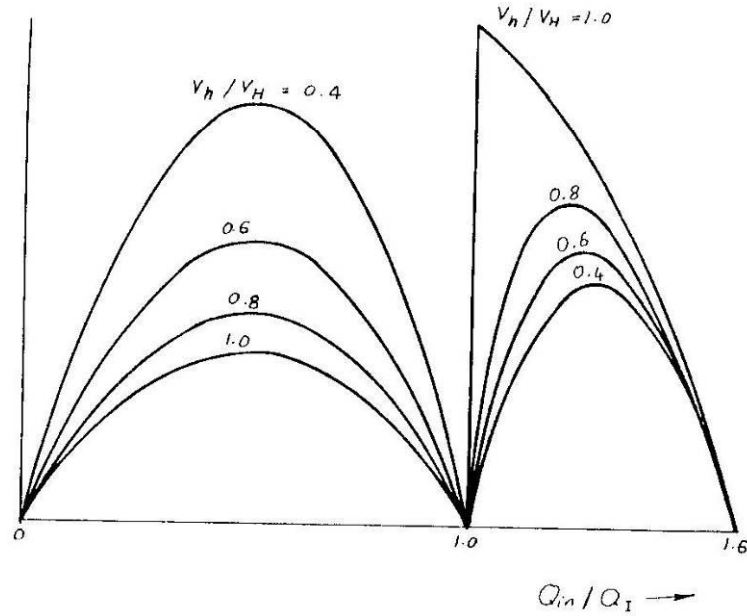
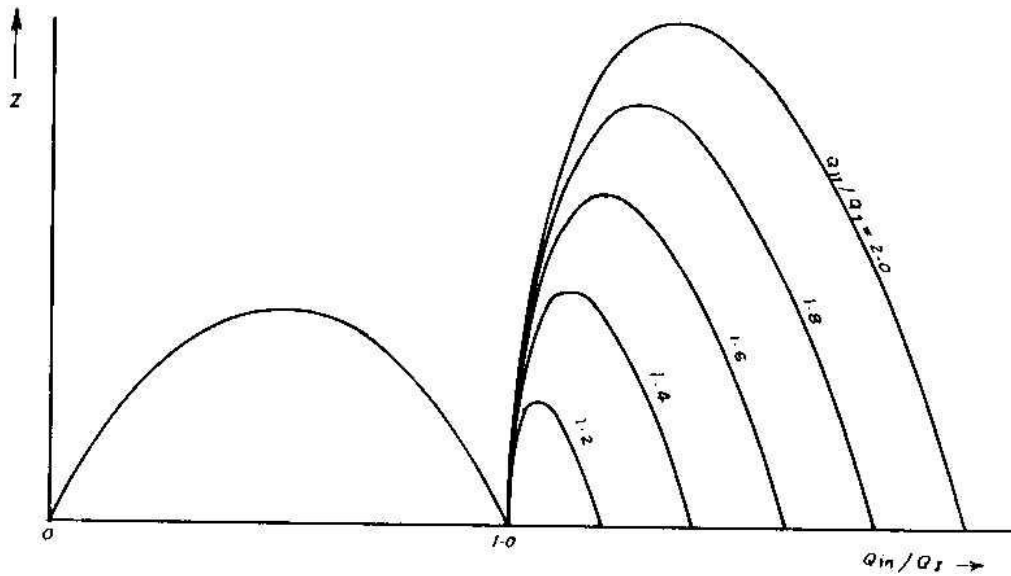
الشكل رقم (11) نموذج معدل التشغيل لظلمبتين تعملان معا بالتبادل

الشكل رقم (12) يوضح العلاقة بين معدل التشغيل والنسبة Q_{in} / Q_1 ومنه يتضح أن معدل التشغيل يرتفع بحدّة عند تشغيل الظلمبتين معا علي التوازي ويكون القيمة القصوى لمعدل التشغيل $Z_{I\max}$ حرجة جدا.

الشكل رقم (13) يوضح تأثير النسبة V_h / V_H علي منحنى معدل التشغيل Z عندما يكون V_H ثابت وقيمة V_h متغيرة.

الشكل رقم (14) يوضح تأثير النسبة Q_1 / Q علي منحنى معدل التشغيل Z عندما تكون النسبة V_h / V_H تساوي 8. ويتضح منها أن قيم $Z_{I\max}$ تقل بزيادة فواقد ماسورة الطرد.



الشكل رقم (12) العلاقة بين معدل التشغيل والنسبة Q_{in} / Q_1 الشكل رقم (13) يوضح تأثير النسبة V_h / V_H علي منحنى معدل التشغيل Z عندما يكون V_H ثابت وقيمة V_h متغيرة.الشكل رقم (14) يوضح تأثير النسبة Q_1 / Q علي منحنى معدل التشغيل Z عندما تكون النسبة V_h / V_H تساوي 8.

ج) حالة تشغيل أكثر من ظلمتين

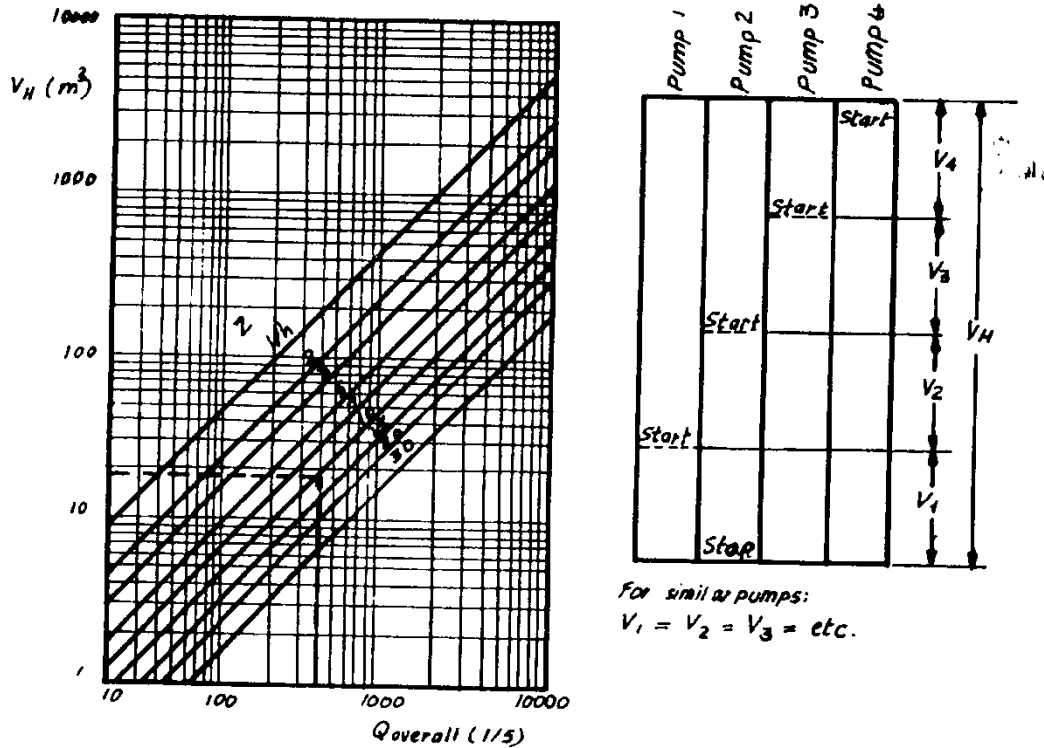
هناك نظامين للتشغيل في هذه الحالة

- عندما يكون للظلمات العاملة منسوب مشترك للإيقاف (Common stop level)
- عندما يكون مناسب الإيقاف للظلمات العاملة متدرجة (Stepped stop levels)

النظام الاول وجود مستوي إيقاف مشترك

الشكل رقم (15) يوضح النظام الأول عندما يتم تشغيل الطلمبات علي مراحل (Stepped starting levels) ولكن الإيقاف يكون لها جميعا عند منسوب مشترك (ويراعي في هذه الحالة أن يكون هناك تشغيل بالتبادل للطلمبات العاملة حتي يكون عدد ساعات التشغيل متساويا بين الطلمبات جميعا).

ويمكن تطبيق النظام الأول في تصميم محطات الرفع متعددة الطلمبات عندما يكون حجم التخزين صغير.



الشكل رقم (15) تشغيل الطلمبات علي مراحل مع الإيقاف عند منسوب مشترك

ومن مميزات هذا النظام الاتي:

- تفادي حدوث طبقة خبث طافي أو ترسيب للحمأة في قاع البئارة.
- سهولة الموازنة بين ساعات التشغيل للطلمبات العاملة، إلا أن هذا النظام يحتاج الى وجود نظام فعال لمنع الطرق المائي.

ومن عيوب هذا النظام :

- الحاجة الى نظام مكلف لمنع الطرق المائي.
- عدم الحصول علي تصرفات مستمرة من محطة الرفع

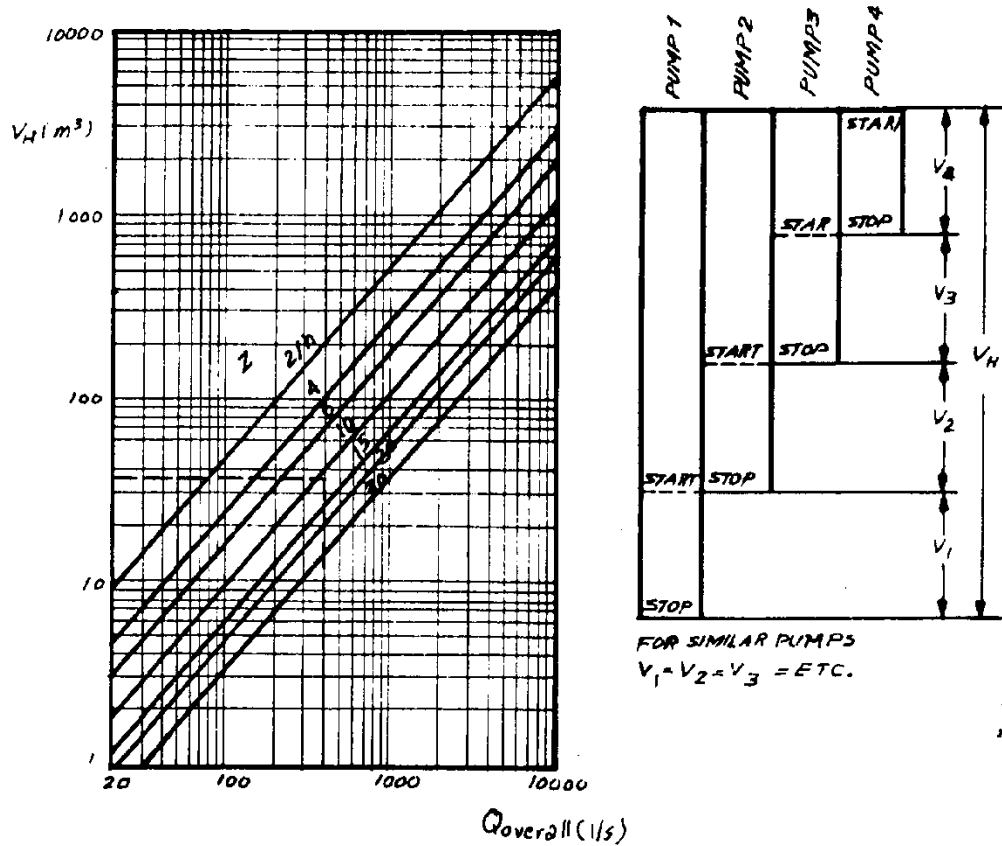
النظام الثاني وجود مناسب متدرجة للإيقاف

الشكل رقم (16) يوضح النظام الثاني عندما يكون كلا من مناسب التشغيل والإيقاف متدرجة. ويطبق هذا النظام في حالة تصميم محطات الرفع متعددة الطلمبات عندما يكون حجم التخزين كبير نسبيا ومن مميزات هذا النظام:

- الحصول علي تصرفات منتظمة من المحطة لا يوجد بها تغيرات فجائية (مثل حالات رفع التصرفات الى محطات المعالجة).

- تفادي إنشاء نظام مكلف للطرق المائي.

- يمكن التغاضي عن وجود طبقة من الخبث الطافي أو ترسيب بالبيارة حيث يتم التعامل مع ذلك بوسائل أخرى.



الشكل رقم (16) التشغيل والإيقاف للطلمبات علي مناسب متدرجة.

حساب حجم بيارة التخزين في النظام الاول (وجود مستوي إيقاف مشترك)

١ - العلاقة بين التصرف الافتراضي للطلمبة رقم K والسعة للطلمبة رقم (1)

$$q_K^{(23)} = \frac{Q_K}{Q}$$

2- العلاقة بين حجم التخزين الفعال الافتراضي للطلبة رقم K بالنسبة لحجم التخزين للطلبة رقم (1).

$$(24) \quad V_K = \frac{V_{Kmin}}{V_{1min}}$$

3- العلاقة بين تصرف الطلبة رقم K ومجموع التصريفات للطلبات العاملة قبلها (معامل التصرف)

$$(25) \quad \eta_K = \frac{q_K}{\sum_{i=1}^K q_i}$$

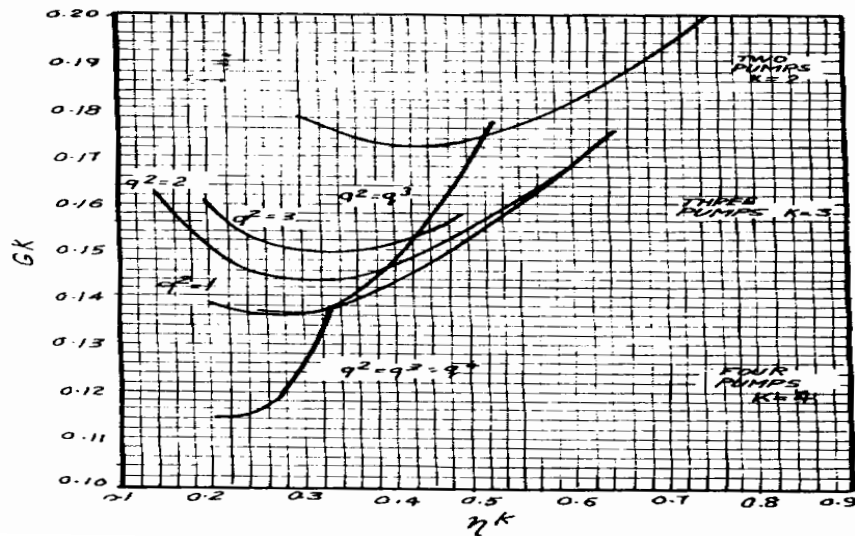
4- معامل حجم التخزين لعدد K من الطلبات

$$(26) \quad G_K = \frac{Q \sum_{i=1}^K V_i}{4 \sum_{i=1}^K Q}$$

$$(27) \quad = \frac{\sum_{i=1}^K V_i}{4 \sum_{i=1}^K q_i}$$

ويبين الشكل رقم (13) العلاقة بين معامل حجم التخزين G_K ومعامل التصرف η_K لعدد اثنين أو ثلاثة أو أربعة طلبات تعمل بالنظام الأول.

ولحساب أقل حجم تخزين فعال لمحطة رفع تعمل بالنظام الأول للتشغيل يتم تطبيق العلاقات (1)، (2)، (3)، (4) مع المنحنيات المبينة بالشكل رقم (17).



الشكل رقم (17) العلاقة بين معامل حجم التخزين G_K ومعامل التصرف η_K لعدد اثنين أو ثلاثة أو أربعة طلبات تعمل بالنظام الأول

الحالة الاولى

إذا كانت الطلبات العاملة متماثلة وترفع تصرفاتها في خطوط طرد منفصله.

$$(28) Q_1 = Q_2 = \dots = Q_K$$

وبالتالى فإن

$$(29) T_{1min} = T_{2min} = \dots = T_{Kmin}$$

ومن العلاقة رقم (1)

$$(30) q_1 = q_2 = \dots = q_k = 1$$

أ) يتم حساب حجم التخزين الفعال للطلبية رقم (ا) من العلاقة

$$(31) V_{1min} = \frac{I_{1min} Q}{4}$$

ب) يتم حاب المعاملات η_K من العلاقة (3) لجميع الطلبات العاملة ومن المنحنيات المبينة بالشكل (13) يتم استنتاج المعاملات C_K لهذه الطلبات.

ج) بالتعويض في العلاقة رقم (4) يمكن الحصول علي V_K لجميع الطلبات.

د) ومن العلاقة رقم (2) يمكن حساب V_{min} لجميع الطلبات حيث أن.

$$(32) V_{Kmin} = V_K V_{1min}$$

هـ) بتجميع حجم التخزين الفعال لجميع الطلبات من (ا) الى k يمكن حساب حجم التخزين الفعال الكلي للمحطة V_{Tmin}

و) يتم حساب ارتفاع التخزين H_K لكل طلبية من العلاقة.

$$(33) H_K = \frac{V_{Kmin}}{Sump A}$$

ز) بتجميع ارتفاع التخزين من H_K الى H_I يمكن حساب ارتفاع التخزين الكلي H_I للمحطة.

الحالة الثانية

إذا كانت الطلبات العاملة متماثلة وترفع تصرفاتها في خط طرد مشترك.
وفي هذه الحالة أيضا يكون.

$$(34) \quad Q_1 = Q_2 = \dots = Q_K$$

وكذلك

$$(35) \quad T_{1min} = T_{2min} = \dots = T_{Kmin}$$

أ) يتم الحصول على قيم Q_K ومن ثم على قيم V_K كالسابق في الحالة الأولى

ب) حيث أن التصرف لكل طلبية يقل كلما زاد عدد الطلبات العاملة في نفس الوقت فإن ذلك يعني أن حسابات الحجم الجزئية V_{Kmin} سوف تتم على قيم مختلفة للحجم V_{limi} والذي يعتمد بدوره على قيم مختلفة للتصرف Q

$$(36) \quad V_{limi} = \frac{Q}{4}$$

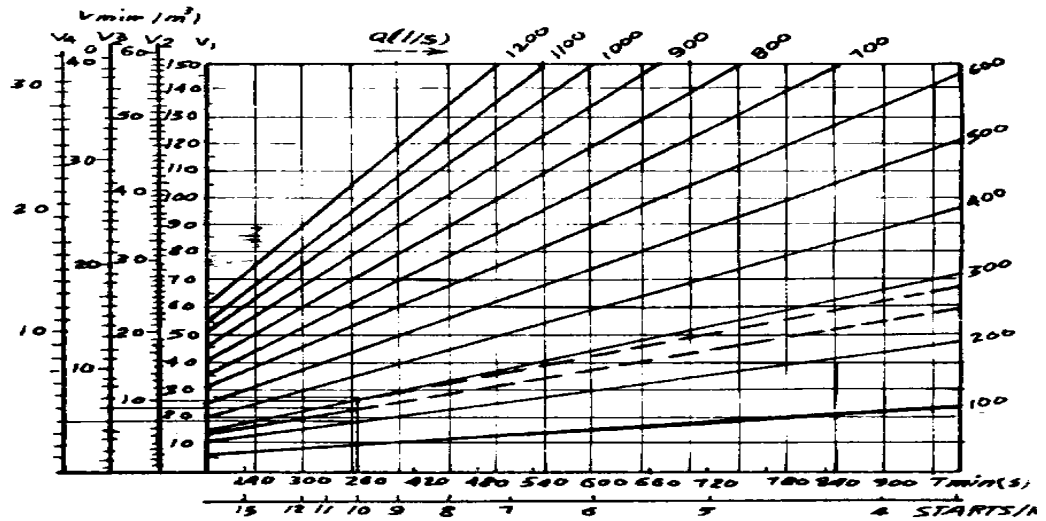
$$(37) \quad V_{Kmin} = V_K V_{limi}$$

$$(38) \quad H_K = \frac{V_{Kmin}}{Sump A}$$

ج) مجموع V_{Kmin} لجميع الطلبات هو حجم التخزين الفعال الكلي V_{limi} . ومجموع H_K لجميع الطلبات هو الارتفاع الكلي H_T

وبين الشكل رقم (18) نوموجرام يربط العلاقات السابقة.

وعن طريق تطبيق هذا النوموجرام المبين بالشكل يمكن الحصول على نتائج أكثر دقة لحالات التشغيل الواقعية.



الشكل رقم (18) نوموجرام العلاقة بين V_{min} و T_{min} في حالة استخدام طلبات متماثلة ترفع تصرفاتها في خط طرد مشترك

الحالة الثالثة:

إذا كانت الطلبات العاملة غير متماثلة وترفع في خطوط طرد منفصلة.

الحالة الرابعة:

إذا كانت الطلبات العاملة غير متماثلة وترفع في خط طرد مشترك.

وفي كلا الحالتين الثالثة والرابعة تطبق نفس الخطوات السابق إستخدامها في الطريقتين الأولى والثانية علي الترتيب لإستنتاج حجم التخزين الفعال والارتفاع المقابل

حساب حجم بيارة التخزين في النظام الثاني (مستويات الأيقاف متدرجة)

تستخدم العلاقات التالية في هذه الحالة

$$V_{I(39)} \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{\sum_{i=1}^n T_i Q} = 1/4$$

حيث:

n = عدد الطلبات العاملة.

V_I = حجم التخزين الإجمالي الأدنى للبيارة.

V_I = حجم التخزين الأدنى للطلبة P_i والذي يحقق أن زمن دورة التشغيل

$$T \geq T_i$$

T_i = أقل زمن لدورة التشغيل المحددة للطلبة P_i

$$Q = \text{تصرف الطلبة } P_I$$

وعلي ذلك فإن المسافة بين منسوبي التشغيل والإيقاف للطلبة P_K يمكن حسابها من المعادلة

$$H_I^{(40)} = \frac{\sum V_K}{A_K}$$

حيث

$$V_K = \text{حجم بيارة التخزين اللازمة للطلبة } P_K$$

$$A_K = \text{مساحة بيارة التخزين المقابلة للحجم } V_K$$

ويكون الارتفاع الإجمالي للمياه داخل البيارة

$$H_I^{(41)} = \sum P_I H$$

الحالة الأولى

إذا كانت تصرفات الطلبات العاملة بالمحطة متساوية وترفع تصرفاتها الى خطوط طرد منفصلة ومتساوية الطول.

وفي هذه الحالة يكون

$$(42) Q_1 = Q_2 = \dots = Q_K$$

$$(43) T_{1min} = T_{2min} = \dots = T_{Kmin}$$

ومن العلاقة رقم (1) يتم حساب حجم التخزين الكلي V_I

وأیضا تكون المسافات بين مناسيب التشغيل والإيقاف متساوية لجميع الطلبات.

$$(44) H_1 = H_2 = \dots = H_K$$

ومن العلاقة رقم (2) يمكن حساب الارتفاع الإجمالي لمناسيب التشغيل والإيقاف.

الحالة الثانية

إذا كانت الطلبات العاملة بالمحطة ترفع تصرفاتها في خط طرد مشترك.

وفي هذه الحالة تكون تصرفات الطلبات مختلفة باختلاف عدد الطلبات العاملة في أن واحد.

والشكل رقم (19) يوضح الاختلاف في قيمة التصرف للطلبات باختلاف عدد الطلبات العاملة.

(أ) يتم حساب قيمة التصريف لكل طلمبة Q_K

(ب) يتم حساب الحجم المكافئ V_K لكل طلمبة Q_K

وبتطبيق العلاقة (1) يمكن الحصول علي حجم التخزين الكلي V_T

(ج) يتم حساب المسافة بين منسوبي الأيقاف والتشغيل لكل طلمبة H_K

وبتطبيق العلاقة (2) يمكن الحصول علي الارتفاع الإجمالي H_T لمناسيب التشغيل والأيقاف. ويوضح الشكل رقم (20) العلاقة بين تصرف الطلمبة Q وحجم التخزين الفعال الأدنى V_{min} الذي يحقق زمن دورة التشغيل t_{min} المحددة. ويتضح من الشكل أن حجم التخزين الأدنى الكلي لتصرف إجمالي معين يعتمد فقط علي أقل زمن لدورة التشغيل t_{min} المحدد وليس علي عدد الطلمبات العاملة وتصرفاتها المقابلة.

- وعلي ذلك فإن حجم التخزين بالبيارة يقل فقط بتقليل زمن دورة التشغيل.

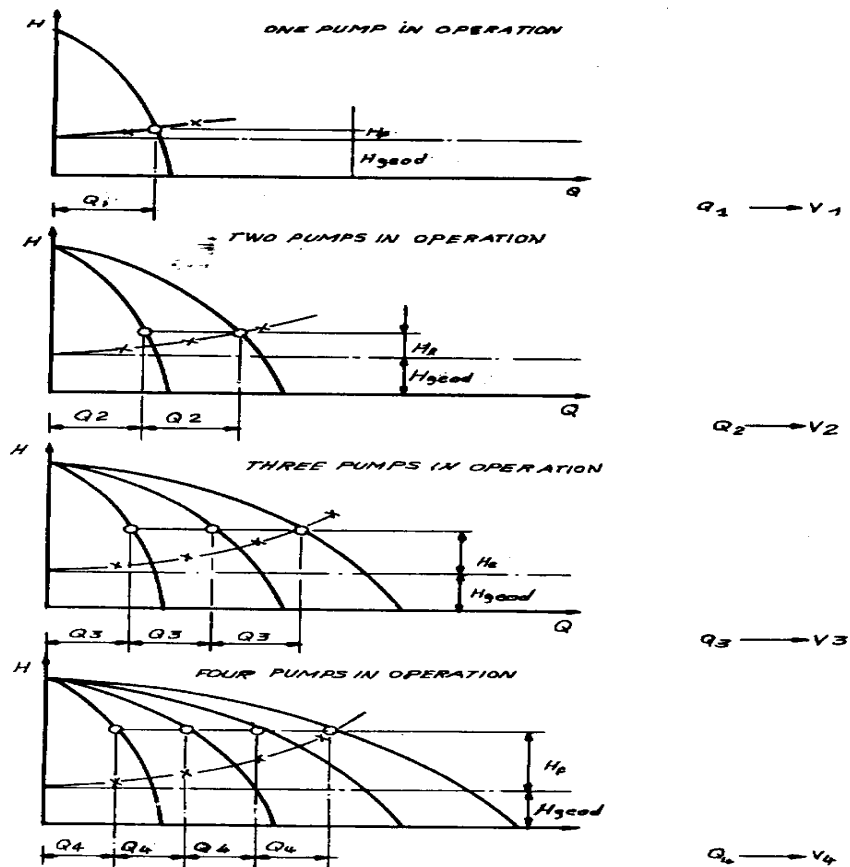
- ويستخدم نفس الدياجرام المبين بالشكل (20) للتأكد من أقل زمن لدورة التشغيل لطلمبة معينة مركبة علي البيارة.

- وكذلك يستخدم نفس الدياجرام لإختيار الطلمبات ذات التصريفات المناسبة إذا كان حجم التخزين بالبيارة وأقل زمن ممكن لدورة التشغيل محددين.

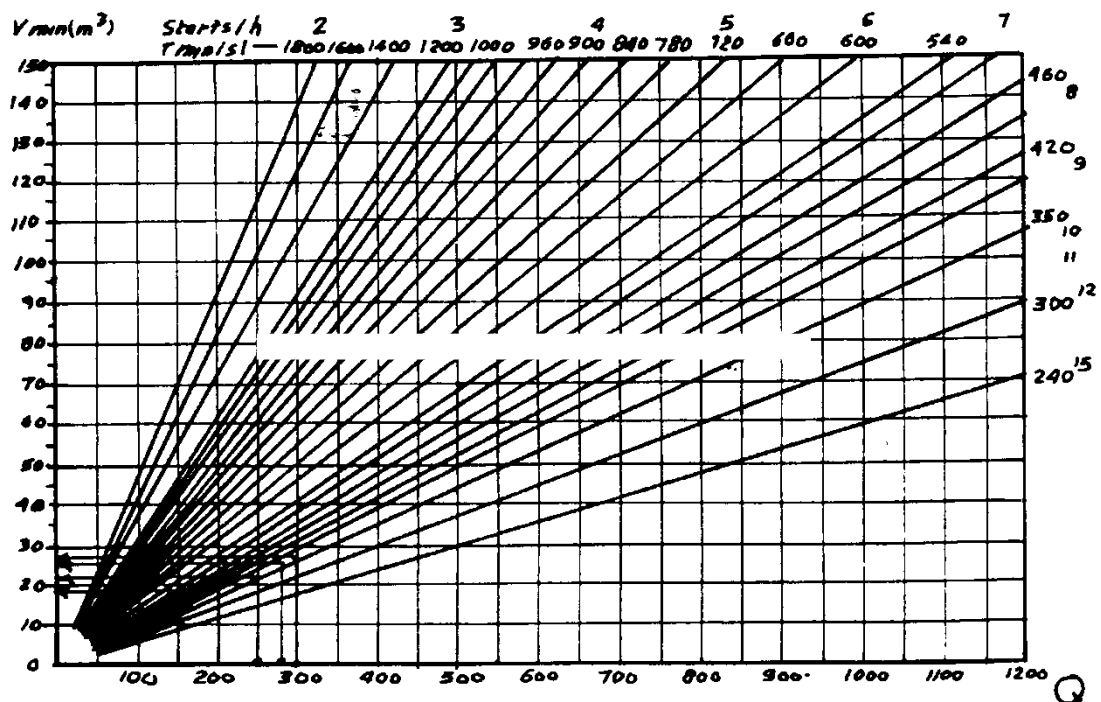
وفي كلا النظامين الأول والثاني للتشغيل يجب مراعاة التي:-

1- إضافة ارتفاع أقل منسوب للإيقاف الى الارتفاع الكلي H المكافئ لحجم التخزين الفعال وذلك لحساب عمق التخزين بالبيارة.

(2) الأخذ في الاعتبار تغير منسوب المياه داخل البيارة وبالتالي تغير الارتفاع الإستاتيكي H_0 في الحساب إذا كان الفرق كبير بين منسوب التشغيل والإيقاف.



الشكل رقم (19) يوضح الاختلاف في قيمة التصرف للطلبات باختلاف عدد الطلبات العاملة



الشكل رقم (20) العلاقة بين تصرف الطلمبة Q وحجم التخزين الفعال الأدنى V_{min} الذي يحقق زمن دورة التشغيل T_{min} المحددة.

1. المسافات البينية لمناسيب التشغيل والإيقاف

يجب مراعاة عدم تقارب مناسيب التشغيل والإيقاف للطللمات بشكل كبير حتي لا يتسبب ذلك في حدوث موجات سطحية بالمياه داخل البيارة مما يؤثر علي دقة عملية ضبط مناسيب التشغيل أو الإيقاف، وعموما لا تقل المسافة بين أي منسوبين عن 20 سم.

1.6. أقل منسوب للمياه بالبيارة (منسوب الإيقاف)

يجب مراعاة أن أقل مستوي مسموح به للمياه داخل البيارة يحدد طبقا لقيمة السحب الموجب الصافي المطلوب للطلمة (Required NPSH). وفي كل الأحوال يجب ألا يقل هذا المنسوب عن مستوي أعلى جسم الطلمبة (Top of pump casing) بحيث يضمن بذلك أن تكون مروحة (ريشة) الطلمبة (Pump impeller) مغمورة بالمياه تماما.

2.6. أعلى منسوب للمياه بالبيارة (منسوب التشغيل)

يحدد أعلى منسوب للمياه بالبيارة بحيث لا يسمح بحدوث امتلاء أو توقف لسريان المياه داخل شبكة التجميع الموصلة للمحطة أو حدوث ما يعرف بالارتجاع الهيدروليكي (Back Water Curve) أو طفح بالشبكة (Surcharging) وعلي ذلك يجب مراعاة ألا يتعدى منسوب التشغيل قاع ماسورة الدخول للبيارة.

3.6. تحديد عمق التخزين بالبيارة

بعد تحديد حجم التخزين الفعال للبيارة V_H يتم تحديد منسوبي الإيقاف (Stop level) والتشغيل (Start level) طبقا لما سبق ويكون الفرق بين المنسوبين H هو ارتفاع المياه داخل البيارة المكافئ لحجم التخزين الفعال V_H وحيث أن منسوب التشغيل محدد بماسورة الدخول للبيارة فإن تحديد منسوب الإيقاف وبالتالي عمق البيارة نفسها متروك للمصمم والذي يراعي في ذلك عدة عوامل أهمها:

1. مساحة الأرض المتاحة لإنشاء البيارة.
 2. المسطح المطلوب لتكوين وحدات الرفع (الطللمات وملحقاتها) والذي يمكن أن يكون عنصرا مؤثرا في تحديد أبعاد البيارة.
 3. منسوب دخول خط الانحدار الرئيسي للمحطة.
 4. إمكانية الوصول إلى المنسوب المطلوب لقاع البيارة من الناحية الإنشائية بمراعاة طبيعة التربة ومستوي المياه الجوفية والتكلفة الاقتصادية مقارنة بزيادة مسطح البيارة وسلامة المباني المجاورة.
- وعادة يكون الارتفاع H بين منسوبي التشغيل والإيقاف في الحدود من 8ر. إلى 3متر حسب سعة المحطة.

4.6. تحديد مسطح البيرة المغمورة في حالة البيارات المستديرة

بعد تحديد حجم التخزين الفعال بالبيرة V_H وتحديد الارتفاع H المكافئ لهذا الحجم طبقا لما سبق توضيحه فإنه يمكن حساب مسطح البيرة المغمورة من العلاقة

$$A_W^{(45)} = \frac{V_H}{H}$$

وفي حالة البيرة المستديرة فإنه من المعتاد تقسيم البيرة الى جزء مغمور وآخر جاف بنسبة 1 : 1 أو 2 : 1 من قطر البيرة علي التوالي.

أي أن مسطح البيرة المغمورة يمثل قطعة من مساحة الدائرة بارتفاع h وطول قوس b ووتر S ولحساب مساحة القطعة الدائرية تستخدم العلاقة

$$A_W^{(46)} = \frac{b}{2}r - \frac{S}{2}(r-h)$$

حيث:

r = نصف قطر البيرة المستديرة

h = ارتفاع القطعة الدائرية

وعندما يكون الارتفاع $h = \frac{4}{3}r$ فان:

$$A_W = 0.906 r^2$$

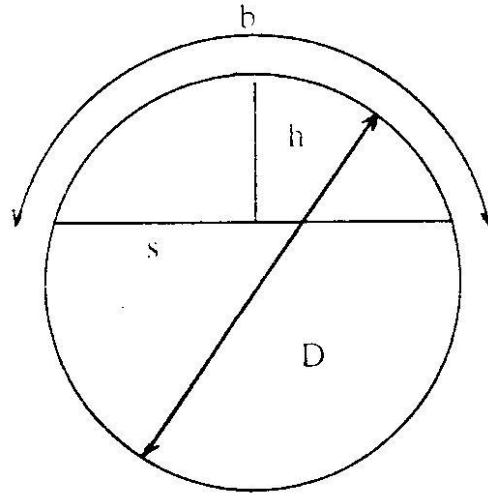
5.6. حساب قطر البيرة المستديرة

بعد حساب مسطح البيرة المغمورة تبعا للمعادلة (3) فإنه يمكن حساب قطر البيرة المستديرة (D) (مغمورة + جافة) من العلاقة

$$D^{(47)} = 2\sqrt{\frac{A_W}{0.906}}$$

أو

$$D^{(48)} = 21\sqrt{A_W}$$



الشكل رقم (21) كيفية حساب قطر البئارة المستديرة

تصميم الطلمبات المركزية Centrifugal Pump Design

الرموز والمدلولات والوحدات Symbols Units and Designations

الوحدات	الرمز	المدلول	
mm	D	قطر المروحة	Impeller diameter
mm	DN	القطر الداخلى للماسورة أو مدخل الطلمبة	Nominal bore of pipe or pump nozzle
-	F _H	معامل التحويل للرفع الكلى	Conversion factor for total head
-	F _Q	معامل التحويل للتصرف الكلى	Conversion factor for flow rate
-	F _η	معامل التحويل للكفاءة	Conversion factor for efficiency
m/s ²	g	ثابت الجاذبية	Gravitational constant = 9.81
m	H	الرفع الكلى	Total head
m	H _A	رفع المنظومة الكلى	Total system head
m	H _{geo}	الرفع الإستاتيكي	Static head
m	H _o	رفع القلق	Shut-off head
m	H _{opt}	الرفع عند أفضل كفاءة	Head at best efficiency point
m	H _{sgeo}	رفع السحب الإستاتيكي	Static suction lift
m	H _{zgeo}	رفع السحب الإستاتيكي المرجب	Static positive suction head.
m	H _J	فاقد الرفع	Head loss
m	H _{J1}	فاقد الرفع فى جانب السحب	Head loss - suction side.
m	ΔH	فارق الرفع	Differential head
min ⁻¹	n	سرعة الدوران	Speed

- NPSH required	- ضغط السحب الموجب الإضافي المطلوب	NPSH _{req}	m
- NPSH available	- ضغط السحب الموجب الإضافي المتاح	NPSH _{av}	m
- Specific speed	- السرعة النوعية	n_q	l/min
Pump power input	- القدرة الداخلة للمنظمة	P	kw
- Pressure at outlet suction of plant	- الضغط عند مخرج المنظومة	P_{av}	N/m ² (bar)
Barometric pressure	- الضغط البارومتري	P_o	N/m ² (bar)
- Pressure at pump discharge nozzle	- الضغط عند فتحة الطرد للظلمية	P_2	N/m ² (bar)
- Vapour pressure of liquid	- ضغط البخار للسائل	P_v	N/m ² (bar)
- Pressure at inlet section of plant	- الضغط عند مدخل المنظومة	P_e	N/m ² (bar)
- Pressure at pump suction nozzle	- الضغط عند فتحة السحب للظلمية	P_1	N/m ² (bar)
- Differential capacity	- فرق السعة	Q	(m ³ /h)
- Flow rate	- التصريف	Q	(m ³ /h)
- Minimum flow rate	- التصريف الأدنى	Q _{min}	(m ³ /h)
- Optimum flow rate	- التصريف المثالي	Q _{opt}	(m ³ /h)
- Flow velocity	- سرعة السريان	V	m/s
Flow velocity at outlet section of plant.	- سرعة السريان عند مخرج المنظومة	V _{av}	m/s
- Flow velocity at discharge nozzle.	- سرعة السريان عند فتحة الطرد	V ₂	m/s
- Flow velocity at inlet section of plant	- سرعة السريان عند مدخل المنظومة	V _e	m/s
- Flow velocity at suction nozzle	- سرعة السريان عند فتحة السحب	V ₁	m/s

Height difference between pump suction and discharge nozzle.	- فرق الارتفاع بين فتحتي السحب والطرد للظلمية	Z _{1.2}	m
- Loss coefficient	- معامل الفقد	τ	-
- pump efficiency	- كفاءة الظلمية	η	-
Friction coefficient	- معامل الاحتكاك	λ	-
- Kinematic viscosity	- اللزوجة	ν	m ² /s
- Density	- الكثافة	ρ	kg/m ³

تصرف الطلمبة Pump flow rate

التصرف Q هو حجم السائل الخارج في وحدة الزمن ويقاس بالمتري المكعب في الساعة أو اللتر في الثانية.

رفع الطلمبة Pump head

الرفع H للطلمبة هو الطاقة الميكانيكية (طاقة الوضع) الفعالة المنتقلة بواسطة الطلمبة الى السائل المراد ضخه وتقدر بالمتري ولا ترتبط بالوزن النوعي للسائل.

رفع المنظومة System head

الرفع الكلي للمنظومة H_A يتكون من:

- 1.4.7. الرفع الإستاتيكي H_{ge} وهو الفرق في الارتفاع بين منسوبي السحب والطردي للسائل. فإذا كانت ماسورة الطرد تصب من اعلي منسوب السائل فإن الرفع الإستاتيكي ينسب الى خط المحور لماسورة الصب.
- 2.4.7. الفرق في الضغط بين مناسيب السحب والطردي للسائل في المنظومة المغلقة:

$$\frac{P_{av} - P_e}{\rho g} =$$

مجموع الفواقد في الضغط $\sum H_f$

هو فاقد الإحتكاك في الماسورة والفواقد في المحابس والقطع الخاصة وذلك في مواسير السحب والطردي

الضغط الناتج عن فرق السرعات في الدخول والخروج للمحطة.

$$\frac{V_{av}^2 - V_e^2}{2g}$$

وعلى ذلك يكون الرفع الكلي للمنظومة

$$H_A = H_{ge} + \frac{P_{av} - P_e}{\rho g} + \frac{V_{av}^2 - V_e^2}{2g} + \sum H_f$$

وفي التطبيقات العملية يمكن إهمال الضغط الناتج عن فرق السرعات في الدخول والخروج ويستخدم المعادلة رقم (52) في المنظومات المغلقة والمعادلة رقم (53) في المنظومات المفتوحة.

(52)

$$H_A = H_{ge} + \sum H_f$$

سرعة الدوران Speed

في حالة استخدام المحركات الكهربائية فإن السرعة تتوقف علي عدد أقطاب الملفات لهذه المحركات وتكون السرعات الفعلية المتاحة هي علي وجه التقريب:

عدد الأقطاب	2	4	6	8	10	12
سرعة الدوران	2900	1450	960	725	580	480

حساب القدرة المستهلكة للظلمبة (Pump absorbed power)

القدرة الداخلة للظلمبة (Pump power input)

القدرة الداخلة للظلمبة P هي الطاقة الميكانيكية علي عامود الظلمبة الممتصة من الآلة المحركة لها، وهي تحدد باستخدام المعادلة الآتية:

$$P_{(54)} = \frac{\rho g Q H}{100 \eta} K V$$

قدرة الآلة المحركة Drive Power

نتيجة لاحتمال التغير في تصرف الظلمبة وبالتالي تغير نقطة التشغيل عن تلك المحددة بالتصميم والذي يعني زيادة القدرة الداخلة للظلمبة فإنه في التطبيقات العملية يلزم استخدام معاملات أمان safety margins عند تحديد قدرة المحرك. ولا تقل هذه المعاملات عن الحدود الآتية:

- أ. المحركات حتي 7.5 ك وات. 3%
- ب. الحركات أكبر من 7.5 الى 4 ك وات 25%
- ج. المحركات أكبر من 4 الى 1 ك وات 20%
- د. الحركات التي تزيد عن 1 ك وات 15%

وتحتسب هذه الزيادة من أقصى قدرة مستهلكة علي عامود الظلمبة علي مدي التشغيل المتوقع لها خلال منحنى سعة للظلمبة مع الرفع Q – H curve مع مراعاة الآتي:

- ☐ قطر المروحة المطلوب
- ☐ ضغط السحب الموجب الصافي المتاح (NPSHav) يكون أكبر من أو يساوي ضغط السحب الموجب الصافي المطلوب NPSHreq
- ☐ القيمة P/n لكراسي الرتكاز للظلمبة.

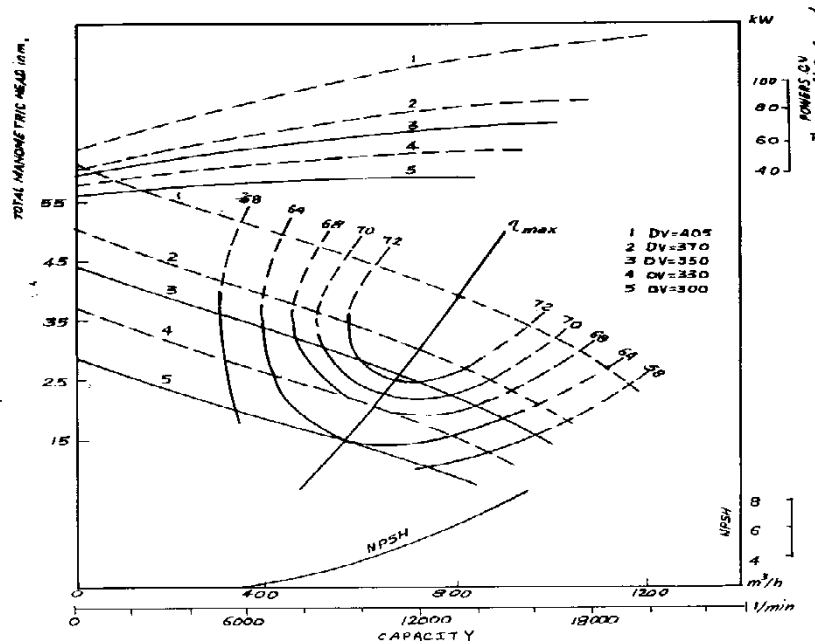
منحني الطلمبة Pump curve

عند سرعة ثابتة للطللمات الطاردة المركزية فإن تصرف الطلمبة Q يزداد كلما نقص الرفع H وعلي ذلك فإن هذه الطلمبات لها خاصية الضبط الذاتي للسعة (Self - regulating). وتعتمد القدرة الداخلة لطللمبة P وبالتالي الكفاءة η وضغط السحب الموجب الصافي المطلوب $NPSH_{req}$ علي السعة.

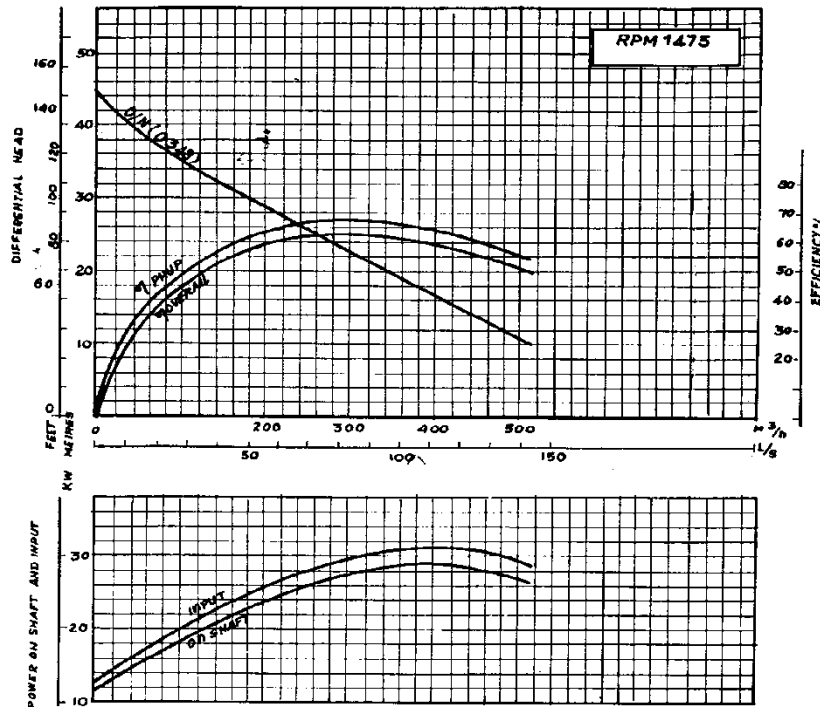
ويتم تمثيل العلاقة التي تربط جميع هذه المتغيرات علي ما يعرف بمنحني الطلمبة والذي يوضح ميزات التشغيل لها. ترسم المنحنيات باعتبار الكثافة ρ واللزوجة (μ) للمياه إلا إذا نص علي خلاف ذلك.

يبين الشكل رقم (22) (أ، ب) هذه العلاقة بين المتغيرات الخاصة بالطللمات الطاردة المركزية.

تحدد ظروف التشغيل للطللمبة إذا كان الأنسب استخدام منحني منبسط Flat curve أو منحني شديد الانحدار Steep curve في حالة المنحني شديد الانحدار فإن سعة الطلمبة تتغير بصورة أقل منها في حالة المنحني المنبسط تحت نفس ظروف فارق الرفع ΔH



الشكل رقم (22 أ) العلاقة بين المتغيرات الخاصة بالطللمات الطاردة المركزية.

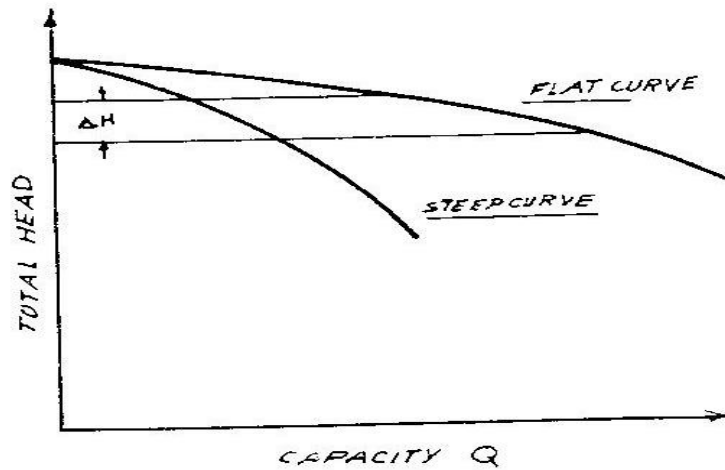


الشكل رقم (22 ب) منحنيات الطلمبة الطاردة المركزية

وبوضح الشكل رقم (23) كلا المنحنيين ومنه يتضح أن المنحني شديد الانحدار له ميزات تحكم افضل.

مميز المنظومة (أو الماسورة) (System (Piping) characteristic)

- يرسم رفع المنظومة الكلي H_A ضد سعة الطلمبة Q لإعطاء منحني المنظومة (الماسورة) System (piping) curve ويمثل هذا المنحني كلا من الرفع الإستاتيكي والديناميكي للمنظومة (system).



الشكل رقم (23) منحنيات الطلمبة المنبسطة وشديدة الانحدار.

يتكون الجزء الإستاتيكي من الرفع الجيوديكي H_{ge} (الذي لا يتوقف علي سعة الطلمبة) مضافا اليه الفرق في الضغط بين قسمي دخول وخروج المنظومة

$$(55) \frac{P_{av} - P_e}{\rho g}$$

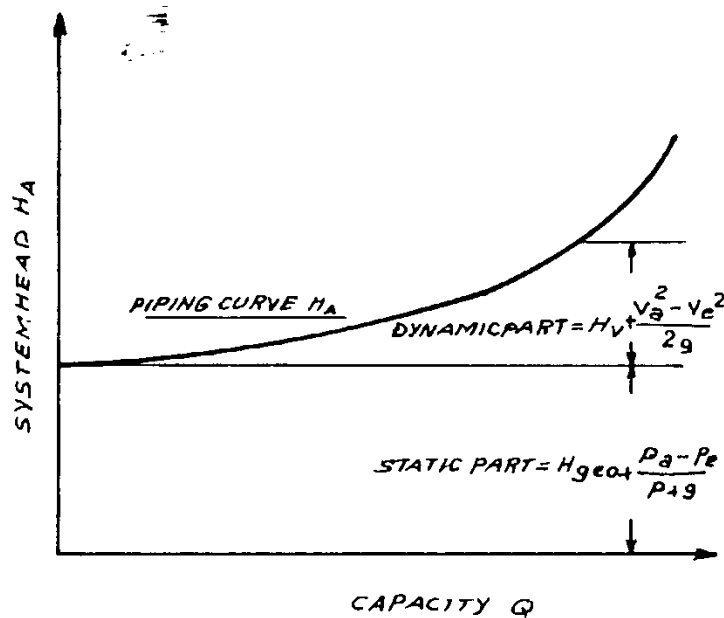
وذلك في حالة المنظومات المغلقة فقط ولا يستخدم في حالة المنظومات المفتوحة (open system). يتكون الجزء الديناميكي من فاقد الرفع H_f الذي يتزايد مع مربع السعة مضاف اليه الفرق بين السرعات في دخول وخروج المنظومة

$$\frac{V_{av}^2 - V_e^2}{2g} \quad (56)$$

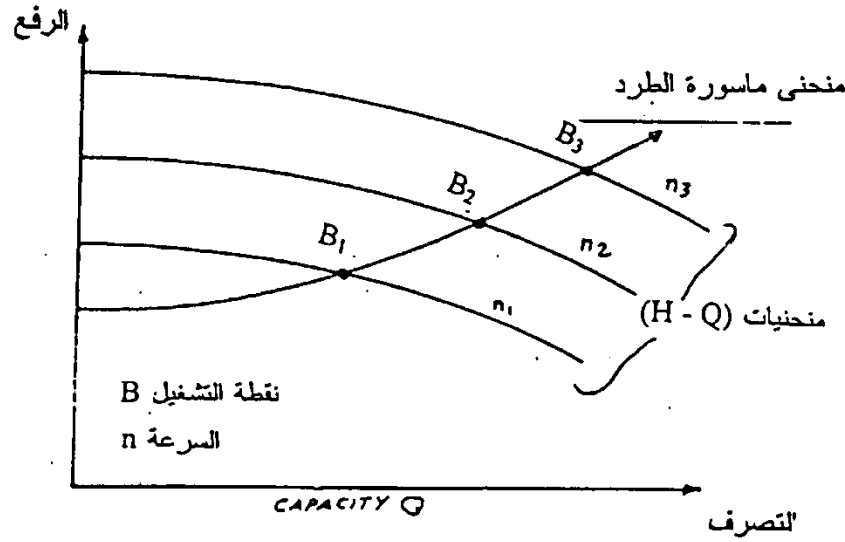
ويبين الشكل رقم (24) مميز المنظومة (الماسورة)

نقطة التشغيل (Duty (operating) point)

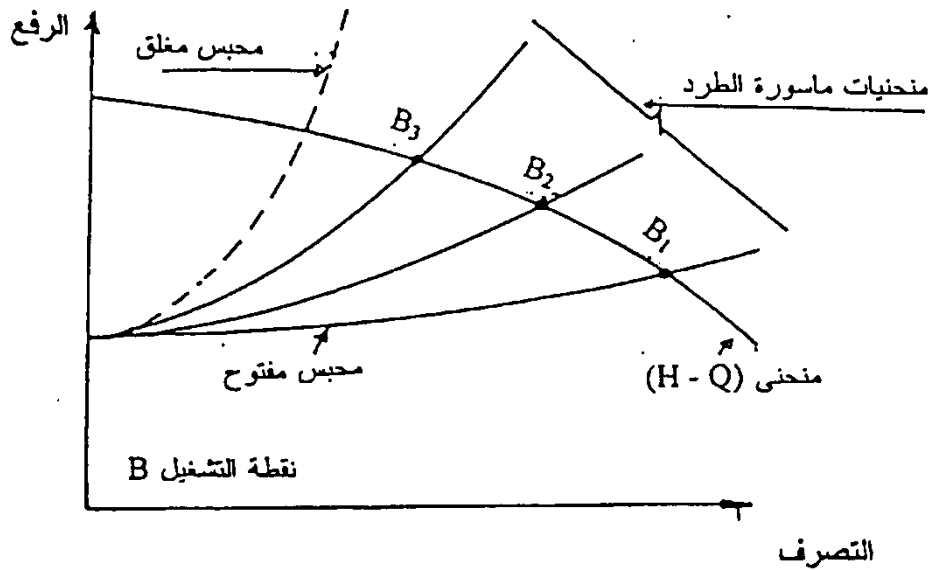
يحدد لكل طلمبة نقطة تشغيل B وهي نقطة التقاطع بين منحنى الطلمبة (Q – H curve) ومنحنى المنظومة (الماسورة) ولا تتغير هذه النقطة (وبالتالي التصرف Q والرفع H) للطلمبة إلا إذا تغيرت سرعة دوران الطلمبة n أو قطر المروحة D أو بتغير مميز المنظومة. ويبين الشكل رقم (25) تغير نقطة التشغيل بزيادة السرعة n كما يبين الشكل رقم (26) تغيير نقطة التشغيل عن طريق استخدام محبس غلق.



الشكل رقم (24) منحنى ماسورة الطرد



الشكل رقم (25) تغيير نقطة التشغيل B1 إلى B3 على منحنى ماسورة الطرد يرفع سرعة الطلمبة من B1 إلى B3



شكل رقم (26) تغيير مكان نقطة التشغيل من B1 إلى B3 على منحنى التصريف والرفع وذلك بتغيير فتحة المحبس

التشغيل على التوازي Parallel operation

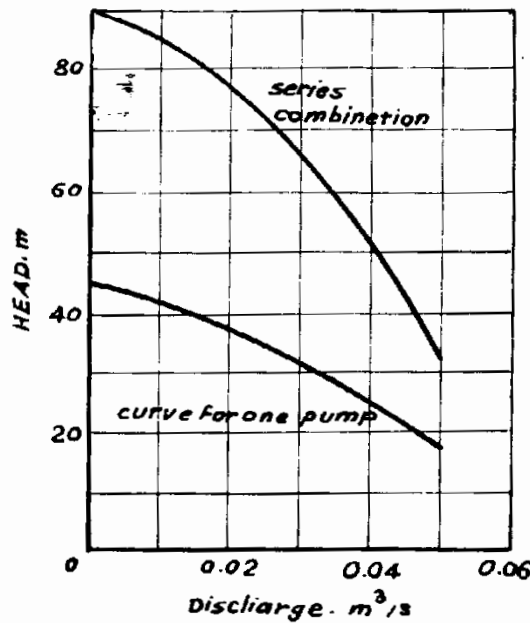
في حالة عدم مقدرة الطلمبة الواحدة على إعطاء التصريف المطلوب Q عند نقطة التشغيل B فإنه من الممكن الحصول عليه بتشغيل طلمبتين أو أكثر تعمل على التوازي وتضخ جميعها في نفس منظومة المواسير وبفضل في هذه الحالة (الأسباب اقتصادية) أن تكون الطلمبات من نفس المقاس (متماثلة).

ويوضح الشكل رقم (27) تشغيل طلمبتين متماثلتين على التوازي لتعطي كلا منهما نصف التصريف المطلوب Q عند نفس الرفع H كما يبين الشكل رقم (28) استخدام طلمبتين لهما تصرف مختلف Q_1 و Q_2

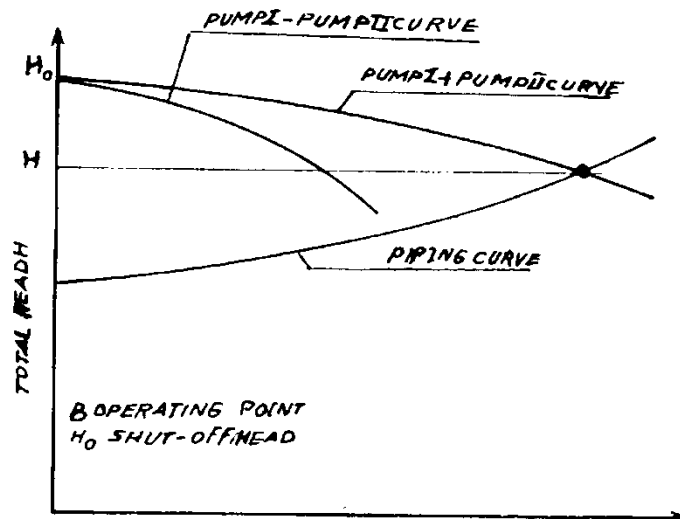
يضخان في نفس منظومة المواسير عند نقطة تشغيل B ويجمع التصريف Q لطلبية 1 والتصرف Q_1 لطلبية 11 للحصول علي التصريف الكلي Q (يساوي $Q + Q_1$) عند نفس الرفع الكلي H .

التشغيل علي التوالي Series Operation

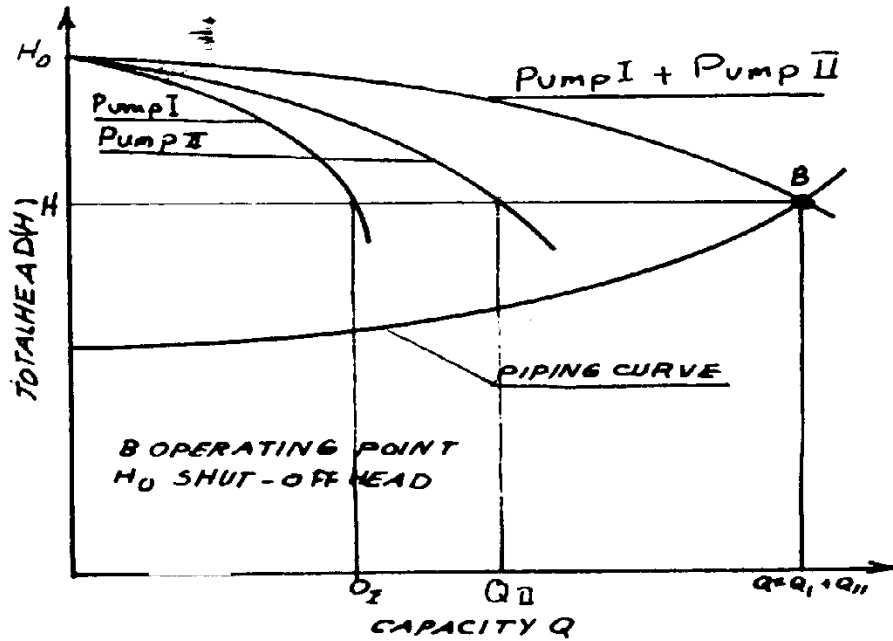
في حالة عدم مقدرة الطلمبة الواحدة علي إعطاء الرفع المطلوب للمحطة H لتصرف محدد Q فانه يمكن تحقيق الرفع المطلوب عن طريق تشغيل طلمبتين أو أكثر علي التوالي تضخ الطلمبة الأولى في خط سحب الطلمبة الثانية وهكذا. ويجمع الرفع H_1 للطلمبة رقم 1 علي الرفع H_2 للطلمبة رقم 2. وهكذا للحصول علي الرفع الكلي H عند نفس التصريف Q . ويوضح الشكل رقم (29) تشغيل طلمبتين متماثلتين علي التوالي.



الشكل رقم (27) تشغيل طلمبتين متماثلتين علي التوالي



الشكل رقم (28) تشغيل طلمبتين متماثلتين علي التوالي.



الشكل رقم (29) تشغيل طلمبتين مختلفتي علي التوازي

خواص السحب Suction characteristic

ضغط السحب الموجب الصافي المطلوب NPSH required

لا تعمل الطلمبات الطاردة المركزية بأمان إلا عندما لا يتكون بخار بداخل الطلمبة وعلي ذلك فإنه يلزم ألا يزيد الضغط عند منسوب (نقطة) أساس القياس (Datum level point) لضغط السحب الموجب الصافي NPSH عن ضغط التبخر للسائل ويقاس منسوب (نقطة) أساس القياس عن خط المحور لمروحة الطلمبة. ويعبر ضغط السحب الموجب الصافي المطلوب $NPSH_{req}$ عن القيمة الخاصة بالطلمبة مقدرا بالأمتار ويوقع علي منحنيات الطلمبة ويضاف علي هذه القيمة 0.5 متر كعامل أمان

ضغط السحب الموجب الصافي المتاح available NPSH

تعتبر نقطة اساس القياس لضغط السحب الموجب الصافي المتاح هي محور فتحة المص للطلمبة. وفي حالة الطلمبات الأفقية ذات الجسم القوقي (Volute Casing) فإن محور فتحة السحب والمروحة تقعان علي نفس المنسوب واذا كان هناك خلاف فإنه يلزم أن يؤخذ في الحساب.

تحديد ضغط السحب الموجب الصافي المتاح في حالة وجود رافع سحب (Suction lift)

في هذه الحالة يكون محور الطلمبة أعلي من منسوب السائل المراد ضخه

$$NPSH_{av} = \frac{P_e + P_b + P}{\rho g} + \frac{V_e^2}{2g} - H_f - H_{ge} \quad (57)$$

باعتبار أن السائل هو المياه العذبة وباستخدام منظومة مفتوحة فإنه يكون

$$(58) \quad P_b = 1 \text{ bar } (105 \text{ N/m}^2)$$

$$(59) \quad P_e = 0 \text{ bar}$$

$$(60) \quad \rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$(61) \quad g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ (including 2\% error)}$$

وبإهمال قيمه $\frac{V_e^2}{2g}$ حيث أن السرعة في خزان السحب يمكن تجاهلها

$$(62) \quad NPSH_{av} = H_1 - H_{ge}$$

ويتضح ذلك من الشكل رقم (30)

تحديد ضغط السحب الموجب الصافي المتاح في حاله وجود سحب موجب (Positive suction)

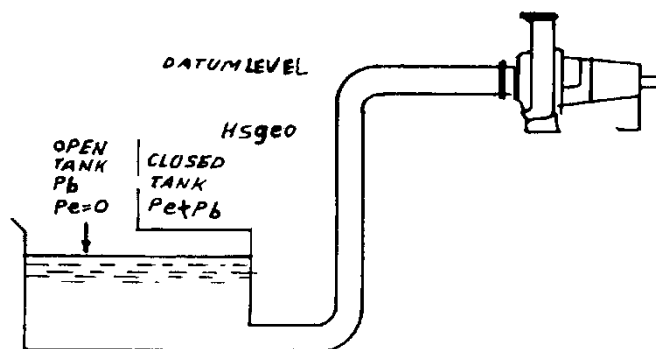
في هذه الحالة تكون الطلمبة أسفل منسوب السائل المراد ضخه

$$(63) \quad NPSH_{av} = \frac{P_e + P_b + P}{\rho g} + \frac{V_e^2}{2g} - H_1 + H_{ge}$$

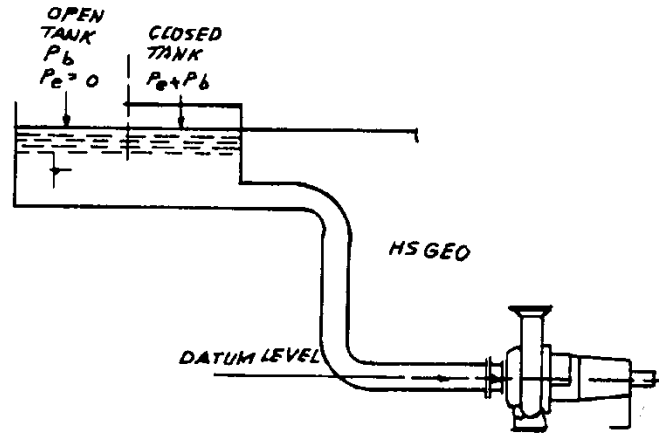
ويأخذ نفس الافتراضات السابقة في البند رقم (1-2-3-11-1)

$$(64) \quad NPSH_{av} = H_1 + H_{ge}$$

ويتضح ذلك من الشكل رقم (31)



الشكل رقم (30) ضغط السحب الموجب الصافي المتاح علي عمود السحب



الشكل رقم (31) ضغط السحب الموجب الصافي المتاح عند السحب الموجب

فائد الضغط (الرفع) (Head loss)

فائد الضغط في المواسير المستقيمة

يحسب فائد الضغط في المواسير من العلاقة

$$(65) \quad H_f = \tau \frac{V^2}{2g}$$

- يوضح الشكل رقم (32) نوموجرام فائد الضغط H_f لكل 100 متر من المواسير الزهر عند التصرفات المختلفة المارة في الأقطار المختلفة لهذه المواسير وذلك كتطبيق عملي لهذه العلاقة وتطبق القيم المستخرجة من هذا النوموجرام في حالة استخدام مياه نظيفة (عذبة) عند درجة حرارة 2° م وباعتبار أن المواسير مملوءة تماما ومصنوعة من الزهر الرمادي المبطن بالبيتومين.
- يمكن استخدام النوموجرام الموضح بالشكل رقم (33) لاستخراج فائد الضغط H_f لبعض أنواع المواسير الأخرى طبقا لمعامل الخشونة السطحية لها (K) Surface roughness.
- كما يمكن استخدام الجداول أو المنحنيات المبنية علي معادلة كول - بروك.
- يتم استخدام الجداول لتحديد فائد الضغط لكل متر طولي من المواسير لاستخراج قيم H_f بصورة مباشرة (كطريقة عملية).

فوائد الضغط في المحابس والقطع الخاصة

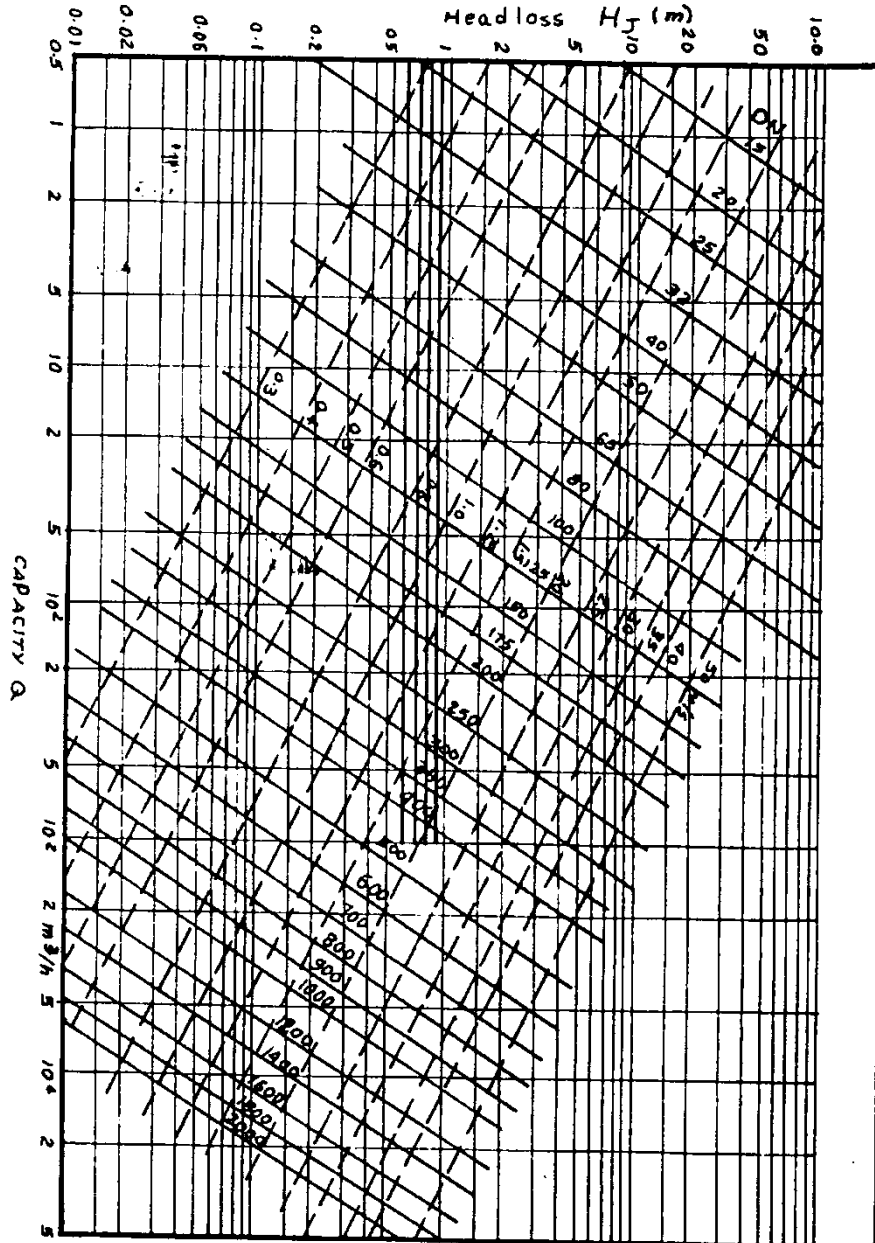
- بتطبيق نفس العلاقة السابقة في البند رقم (11-4-1) فإنه يمكن استخدام النوموجرام المبين بالشكل رقم (34) لاستخراج قيمة فائد الضغط H_f ومعامل الفقد في المحابس والقطع المخصصة.
- النوموجرام الموضح بالشكل (35) يستخدم كتطبيق عملي ثان لهذه العلاقة.
- ويمكن عمليا أخذ فوائد الاحتكاك للقطع الخاصة - ١ % من فائد الاحتكاك.

فوائد الضغط للسوائل اللزجة في المواسير المستقيمة

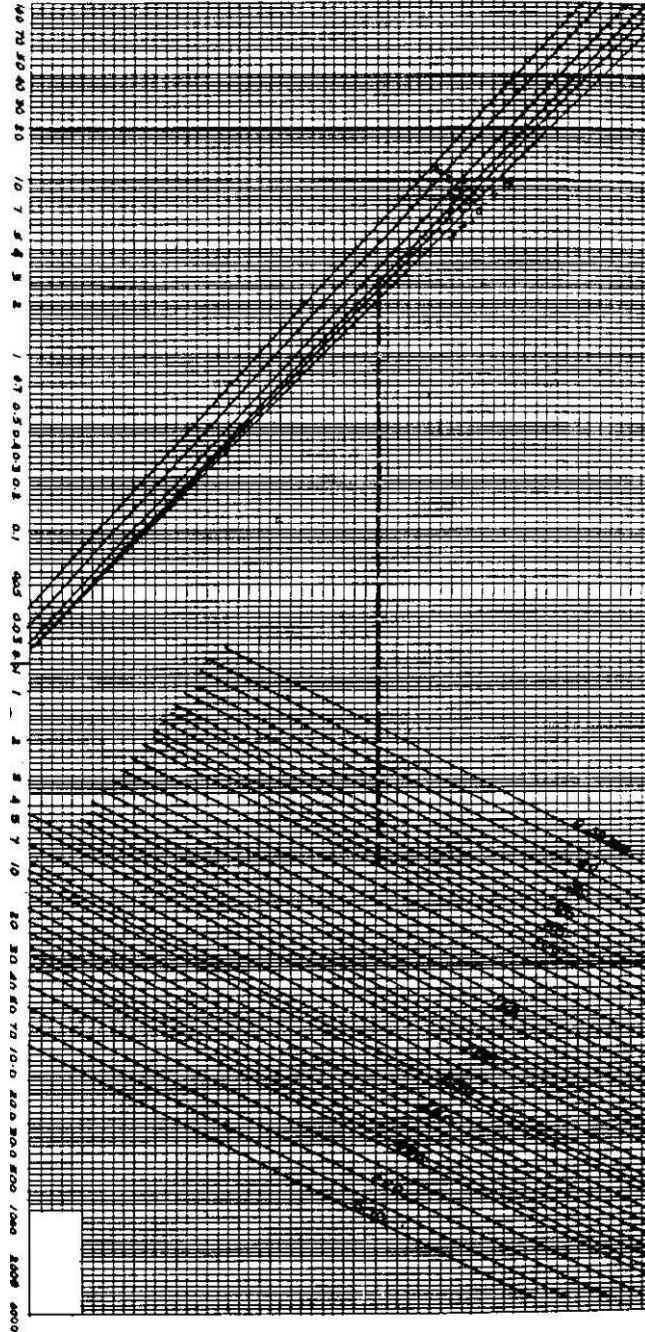
يحسب فاقد الضغط للسوائل اللزجة (Viscous liquid) ذو الرقم التسلسلي H_f' بعد الحصول على فاقد الضغط للمياه العذبة طبقا لما سبق توضيحه وذلك من العلاقة:

$$H_{fF} = \frac{\lambda H_f'}{\lambda_w} H_{fw} \quad (66)$$

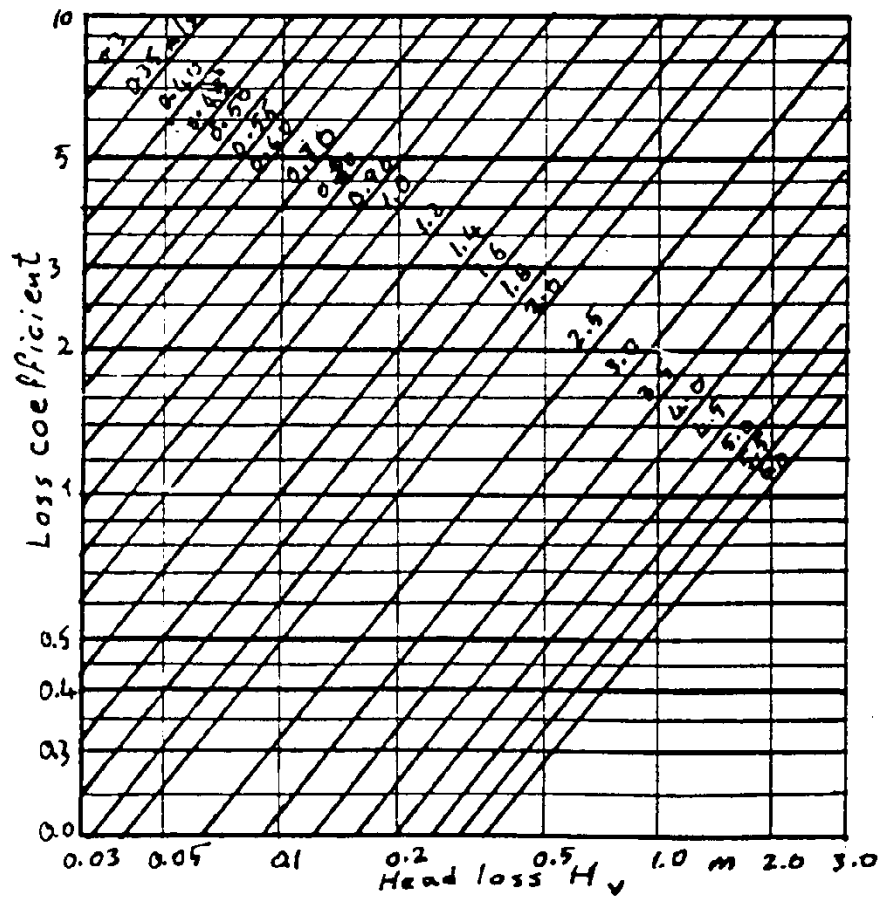
يوضح الشكل رقم (36) قيم معامل الاحتكاك λ للمواسير المستقيمة (بمعلومية اللزوجة μ للسائل).



الشكل رقم (32) الفاقد في المواسير المستقيمة (حديد زهر) من قطر (15) الى (2000) داخلي وذلك لتصرفات من (5) الى (5000) متر في الساعة



الشكل رقم (33) فاقد الضغط (HJ) لأنواع مختلفة من المواسير طبقاً لمعامل خشونة السطح

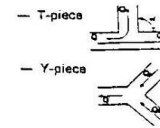


الشكل رقم (34) استنتاج الفاقد (Hv) في المحابس والملحقات وسرعة السريان (V) بالنسبة لمساحة المقطع لسريان المياه

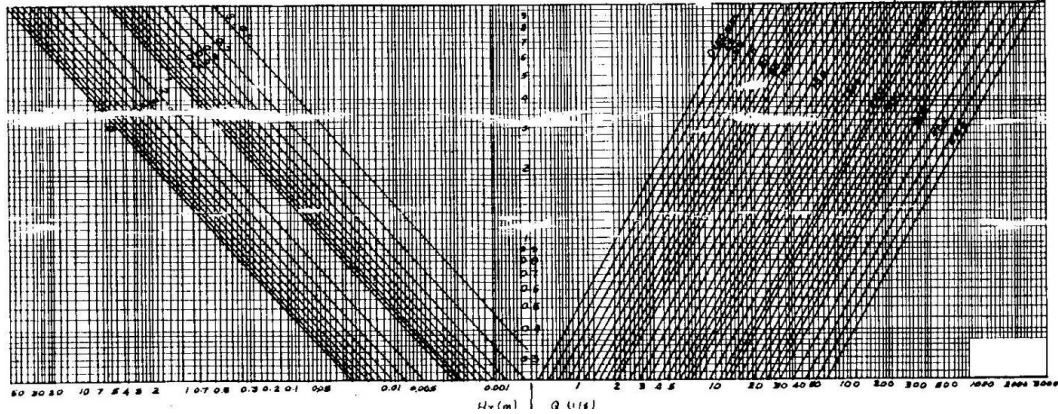
Nomogram for head losses in bends, valves etc.

Q = flow l/s
D = pipe inner diameter mm
v = flow velocity m/s
 ξ = loss coefficient
 H_f = head losses m
Example Q = 12 l/s D = 100 mm
v = 1.55 m/s $\xi = 5$
 $H_f = 0.6$ m

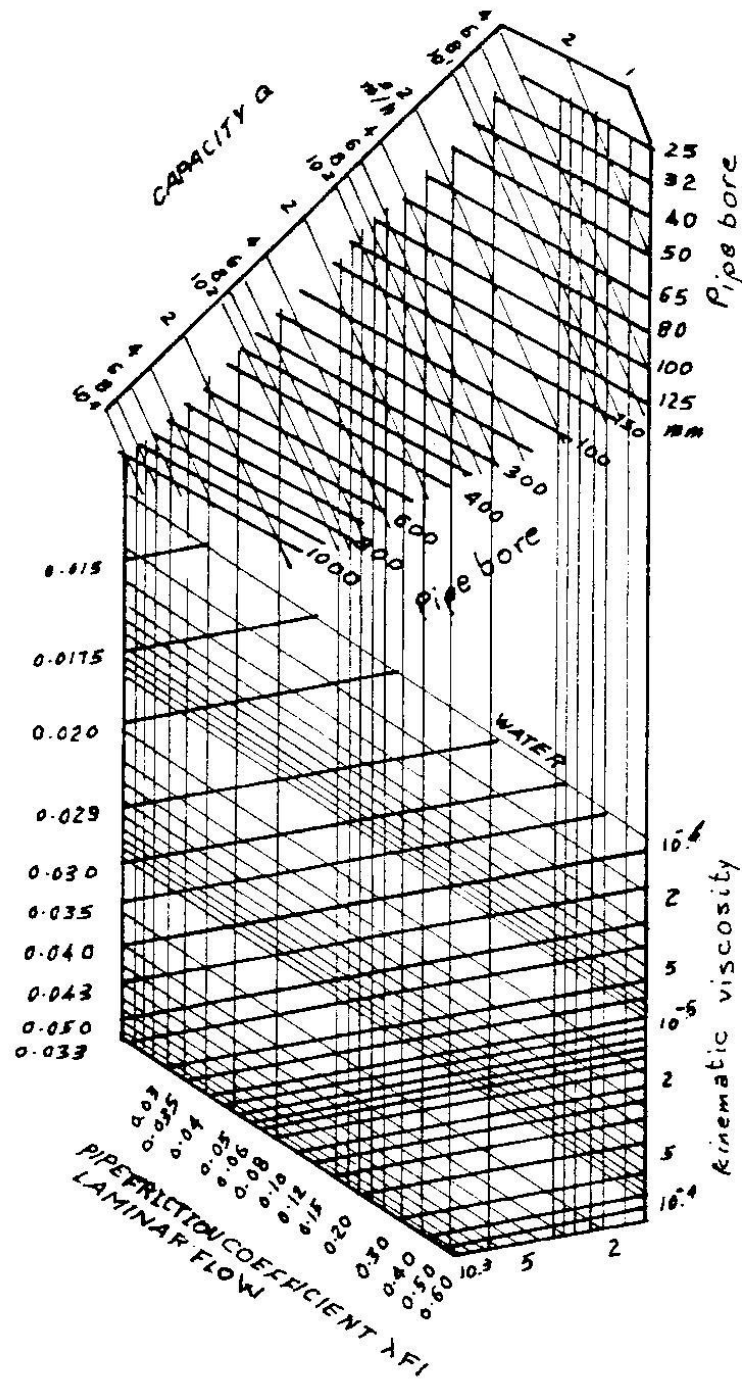
- Pipe bend 90°, R/D = 1.5 0.3
- Discharge loss 1.0 (pipe without expansion)
- Swing check valve 1—2
- Ball check valve 1.5—2.5
- Gate valve 0.2
- Oblique globe valve 1—2
- Ball valve 5—8



$Q/v/Q$	ξ	H_f	ξ	H_f
0.0	1.00	0.04	0.25	0.04
0.2	0.40	0.17	0.25	0.17
0.4	0.25	0.20	0.25	0.20
0.6	0.17	0.25	0.25	0.25
0.8	0.13	0.31	0.25	0.31
1.0	0.10	0.36	0.25	0.36



الشكل رقم (35) نوموجرام الفاقد في المحابس والمقطع الخاصة حيث λ هي معامل الاحتكاك للسائل (Friction coefficient)



الشكل رقم (36) قيم معامل الاحتكاك λ للمواسير المستقيمة (بمعلومية اللزوجة ν للسائل)

المراجع

- تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ
- و مشاركة السادة :-

مهندس / اشرف علي عبد المحسن	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / طارق ابراهيم عبد العزيز	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / مصطفى محمد محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
مهندس / محمد محمود الديب	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
دكتور كيمائي / حسام عبد الوكيل الشربيني	شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
مهندس / رمزي حلمي ابراهيم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
مهندس / اشرف حنفي محمود	شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
مهندس / مصطفى احمد حافظ	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
مهندس / محمد حلمي عبد العال	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / ايمان قاسم عبد الحميد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالشرقية
مهندس / صلاح ابراهيم سيد	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / سعيد صلاح الدين حسن	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / صلاح الدين عبد الله عبد الله	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس / عصام عبد العزيز غنيم	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / مجدي علي عبد الهادي	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / عبد الحليم مهدي عبد الحليم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالقليوبية
مهندس / سامي يوسف قنديل	شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
مهندس / عادل محمود ابو طالب	GIZ المشروع الالمانى لادارة مياه الشرب والصرف الصحي
مهندس / مصطفى محمد فراج	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي