برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي مهندس تشغيل صرف صحي

التصميم الهيدروليكى لمحطات الرفع لمياه الصرف الصحى – الدرجة الثالثة

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المناهج

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية ـ الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V1 1-7-2015

جدول المحتويات

التصميم الهيدروليكي لمحطات الرفع لمياه الصرف الصحي	3
مقدمة	3
اختيار مواقع محطات الرفع	4
شروط مواقع محطات الرفع	5
تحديد المناطق المخدومة	5
الأعمال المساحية والطبوغرافية ودراسة التربة	5
تصميم محطات رفع مياه الصرف الصحي	6
تصرف الطلمبة (Pump flow rate)	6
رفع الطلمبة (Pump head)	6
منحني الطلمبة (Pump Curve)	7
نقطة التشغيل (Duty /Operating point)	8
توصيف الطلمبات بمحطة الرفع	8
تحديد عدد الطلمبات المطلوب تركيبها بالمحطة	9
حساب تصرف الطلمبة الواحدة (Pump flow rate)	9
1. بالنسبة للطلمبات المتماثلة في السعة:	9
2. بالنسبة للطلمبات مختلفة السعات داخل نفس المحطة:	10
حساب رفع الطلمبة وتحديد مدي تشغيلها	11
تحديد متطلبات التصميم للطلمبة (Design requirements)	12
أولاً نوع الطلمبة (Type of pump):	12
ثانياً سرعة الدوران (Speed):	12
ثالثاً سرعة دخول المياه الى فتحة السحب:	13
رابعاً قطر الأجسام الصلبة المسموح بمرورها داخل الطلمبة	13
خامساً خامات التصنيع لأجزاء الطلمبة (Construction materials):	13
سادساً طريقة تركيب الطلمبات (Pump installation)	13
أسس التصميم الهيدروليكي والميكانيكي:	14
تحديد حجم بيارة التخزين	14
أ) محطة الرفع ذات الطلمبة الواحدة	18
ب) حالة تشغيل طلمبتين بالتبادل	21
ج) حالة تشغيل أكثر من طلمبتين	24
النظام الاول وجود مستوي ايقاف مشترك	25
النظام الثاني وجود مناسيب متدرجة للإيقاف	26

حساب حجم بيارة التخزين في النظام الاول (وجود مستوي إيقاف مشترك)	26
1. المسافات البينية لمناسيب التشغيل والإيقاف	34
1.6. أقل منسوب للمياه بالبيارة (منسوب الإيقاف)	34
2.6. أعلي منسوب للمياه بالبيارة (منسوب التشغيل)	34
3.6. تحديد عمق التخزين بالبيارة	34
4.6. تحديد مسطح البيارة المغمورة في حالة البيارات المستديرة	35
5.6. حساب قطر البيارة المستديرة	35
تصميم الطلمبات الطاردة المركزية Centrifugal Pump Design	37
الرموز والمدلولات والوحدات Symbols Units and Designations	37
تصرف الطلمبة Pump flow rate	39
رفع الطلمبةPump head	39
رفع المنظومة System head	39
سرعة الدوران Speed	40
حساب القدرة المستهلكة للطلمبة (Pump absorbed power)	40
القدرة الداخلة للطلمبة (Pump power input)	40
قدرة الألة المحركة Drive Power	40
منحني الطلمبة Pump curve	41
مميز المنظومة (أو الماسورة) (System (Piping) characteristic)	42
نقطة التشغيل (Duty (operating) point)	43
التشغيل علي التوازي Parallel operation	44
التشغيل علي التوالى Series Operation	45
خواص السحب Suction characteristic	46
ضغط السحب الموجب الصافي المطلوب NPSH required	46
ضغط السحب الموجب الصافي المتاح available NPSH	46
تحديد ضغط السحب الموجب الصافي المتاح في حالة وجود رافع سحب (Suction lift)	46
فاقد الضغط (الرفع) (Head loss)	48
فاقد الضغط في المواسير المستقيمة	48
فواقد الضغط في المحابس والقطع الخاصة	48
فواقد الضغط للسوائل اللزجة في المواسير المستقيمة	49

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 تكالىف 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 التكالىف 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 أخري وهذا النوع من محطات الطلمبات تسمي محطات الرفع الفرعية إذ أنها ترفع مياه الصرف الصحي من منسوب أوطي الى منسوب عالى وذلك لتميزها 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 الرشح.
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 مواقـــع محطات الرفع

قبل إجراء دراسة التخطيط العام لنظام تجميع مياه الصرف الصحي من مناطـــق 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 الحالى والمستقبلي).

أجراء الأعمال المساحية والطبوغرافية ودراسة التربة بمواقع المناطق المطلوب خدمتها.

شـــروط مواقع محطات الرفع

يجب أن تتوافر بمواقع محطات الرفع الشروط التالية:

شروط مواقع محطات الرفع

1. أن تكـــون المواقـــع في أماكـــن 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 اليها، 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 الســـائلة (الصرف الصحي) للمدينـــة، 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 أخري قريبة أو الى المجمعات الرئيسية (محطات فرعية).

الأعمال المساحية والطبوغرافيـــة ودراسة التربة

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

الأعمال المساحية ودراسة التربة

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

3. الكثافات السكانية حالياً ومستقبلاً.
4. خرائط تفصيلية تشمل مخارج الصرف من المباني إذا أمكن.
5. قطاعات تفصيلية تبين مواقع المرافق الأخري 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 رفـــع ميـــاه الصرف الصحي

تصرف الطلمبة (Pump flow rate)

التصرف Q هو حجم مياه الصرف الصحي التي يتم ضخها في وحدة الزمن ويقاس بالمتر 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 اليه فواقد الإحتكاك – الرفع الديناميكي – في قطع الاتصال والمحابس والقطع الخاصة، بالإضافة الى ضاغط إحتياطي يتراوح بين 3 : 5 م ويقاس رفع الطلمبة بالمتر.

ويتم حساب فواقد الإحتكاك من معادلة (هازن ويليامز) لفواقد الإحتكاك في ماسورة الطرد كالآتي:

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

حيث:

H_f : الفاقد بالاحتكاك بالمتر

Q : التصرف المار في ماسورة خط الطرد ($م^3/ث$)

C : معامل الإحتكاك

D : قطر الماسورة (م)

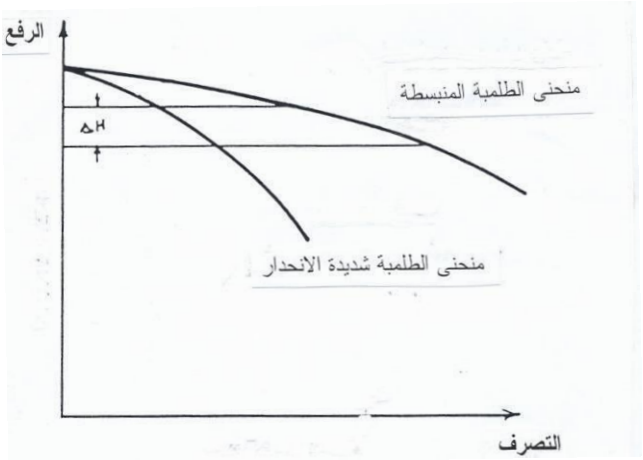
L : طول الماسورة (م)

منحني الطلمبة (Pump Curve)

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

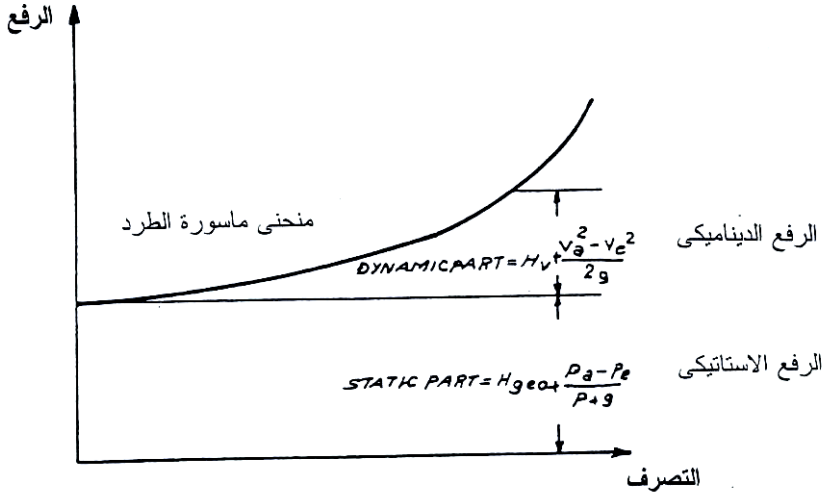
وتحـــدد ظـــروف التشغيل للطلمبة إذا كان الأنسب استخدام منحني منبسط (Flat curve) أو منحني شـــديد الانحدار (Steep curve). وفي حالة المنحني شديد الانحدار فإن سعة (تصرف) الطلمبة (Q) تتغير بصورة أقل منها في حالة المنحني المنبسط تحت نفس ظروف فارق الرفع (H).

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



شكل رقم (1) منحنيات تشغيل الطلمبة المنبسطة وشديدة الانحدار منحني أداء نظام التشغيل (System curve)

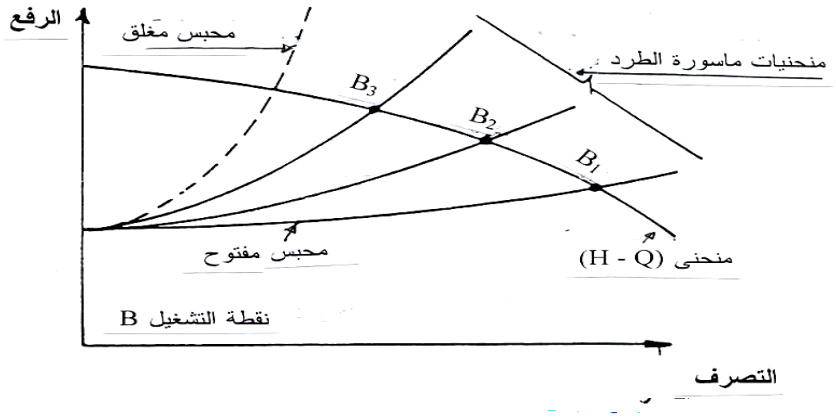
يرسم رفع المنظومة الكلي(HTotal) مقابل سعة (تصرف) الطلمبة (Q) لإعطاء منحنـــي أداء منظومة التشغيل / الماسورة (System/piping curve). ويمثل هذا المنحني كلا من الرفع الاستاتيكي والديناميكي (التشغيلي) للمنظومة (System). ويبين الشكل رقم (2) منحني ماسورة الطرد.



شكل رقم (2) منحنـــي ماســـورة الطـــرد

نقطة التشغيل (Duty /Operating point)

يتحـــدد لكـــل طلمبة نقطة تشغيل B وهي نقطة التقاطع بين منحني الطلمبة (Q – H Curve) ومنحني 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 منحني نظام التشغيل (بتغيير فتحة المحبس مثلاً). كما هو موضح بالشكل رقم (3).



شكل رقم (3) منحني نظام التشغيل

- تغير نقطة التشغيل من B1 الى B3 علي منحني ماسورة الطرد يرفع سرعة الطلمبة من n1 الى n3.
- تغير مكان نقطة التشغيل من B1 الى B3 علي منحني التصرف والرفع وذلك بتغيير فتحة المحبس.

توصيف الطلمبات بمحطة الرفع

بعد تحديد التصرفات الواردة الى محطة الرفع علي مدي الفترة التصميمية لها بدءاً من التصرفات الحالية وحتي التصرفات المستقبلية المتوقعة في نهاية هذه الفترة (سنة الهدف)، وكذلك تحديد منسوب ماسورة الدخول الى بيارة 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 ومدي التشغيل للطلمبة.
- متطلبات التصميم للطلمبة (النوع – سرعة الدوران – سرعة دخول المياه الى فتحة السحب – قطر الاجسام الصلبة المسموح بمرورها –خامات التصنيع لأجزاء الطلمبة – طريقة تركيب الطلمبات).

وسنتناول هذه البنود فيما يلي بشيء من التفصيل.

تحديد عدد الطلمبات المطلوب تركيبها بالمحطة

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

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

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

عدد الطلمبات المركبة = عدد الطلمبات العاملة لرفع التصرفات القصوى

حساب تصرف الطلمبة الواحدة (Pump flow rate)

لحساب تصرف كل طلمبة من الطلمبات المركبة بمحطة الرفع يتم إتباع الآتي:

1. بالنسبة للطلمبات المتماثلة في السعة:

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

- يتم تحديد التصرف الأقصى للمحطة(Q_{max}) وهو يختلف عن التصرف التصميمي المحسوب للمنطقة التي تخدمها المحطة.
- يستخدم التصرف الأقصى التصميمي المحسوب في تصميم شبكات مياه الصرف الصحي الواردة للمحطة.
- يتم تحديد عدد الطلمبات العاملة لرفع التصرف الأقصى التصميمي المحسوب. ويكون في المعتاد:
  - من 1-2 طلمبة للتصرفات حتي 200 ل/ ث.
  - من 2-3 طلمبات للتصرفات من 200 – 1500 ل/ ث.
  - من 4 طلمبات للتصرفات أكبر من 1500 ل/ ث.

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

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

2. بالنسبة للطلمبات مختلفة السعات داخل نفس المحطة:

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

ويتم تحديد السعات المختلفة للطلمبات وعددها كالآتي:

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

- تحسب سعة الطلمبة الأولي Q_1 من العلاقة :

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

- تحسب سعة الطلمبة الثانية Q_2 من العلاقة :

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

تحسب سعة الطلمبة الثالثة Q_3 من العلاقة:

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

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

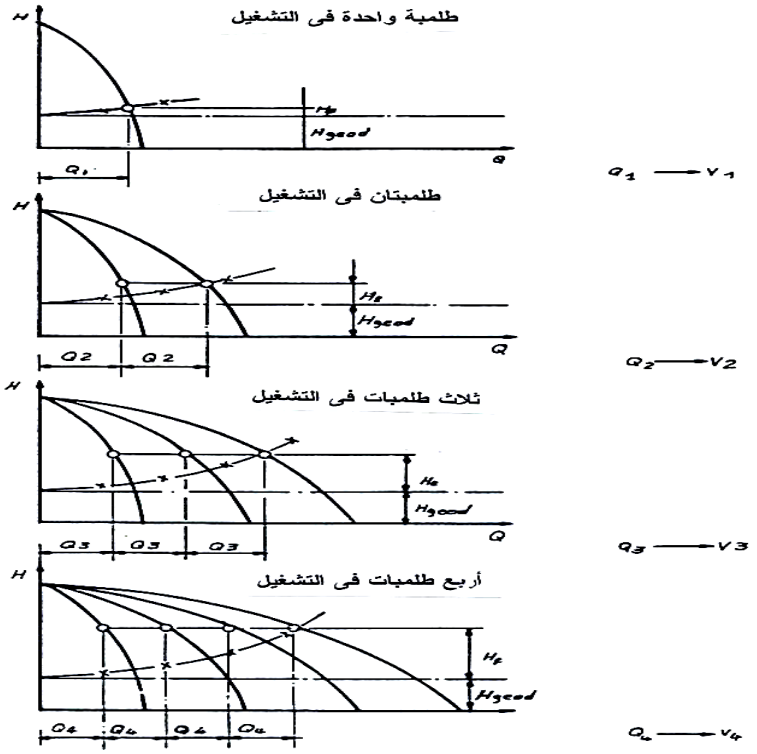
حساب رفع الطلمبة وتحديد مدي تشغيلها

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 تحديـــد مدي التشغيل للطلمبة (Working range) أخذاً في الاعتبار الآتي:

1. أن تعطي الطلمبة 30% من التصرف التصميمي علي الأقل عند أقصي مدي للتشغيل (النقطة العليا).
2. أن تعمل الطلمبة علي مدي من 80% الى 110% من الرفع التصميمي علي الأقل.
3. ألا يزيد أقصي رفـــع 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 للطلمبة (Design requirements)

يراعي عند توصيف الطلمبات المطلوبة لمحطة الرفع تحديد الآتي:

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

أولاً نوع الطلمبة (Type of pump):

- يُحدد نوع الطلمبة المستخدمة طبقاً للرفع الكلي للمحطة.
- في حالة استخدام الطلمبات الطاردة المركزية يتم تحديد نوعها طبقاً للآتي:

- تستخدم الطـــلمبات ذات التصرف القطري (Radial flow) في حالة القيم العالية للرفع (أكثر من 40 متراً).
- تستخدم الطـــلمبات ذات التصرف المختلط (Mixed flow) في حالة القيم المتوسطة للرفع (من 10 – 40 متراً).
- تستخدم الطـــلمبات ذات التصرف المحوري (Axial flow) في حالة القيم الصغيرة للرفع (أقل من 10 أمتار).

ثانياً سرعة الدوران (Speed):

تُحدد سرعة دوران الطلمبة طبقاً لاعتبارات التصميم المُعدَّة بمعرفة المنتج. ويراعي في اختيار سرعة الدوران تحقيق أعلي كفاءة ممكنة للطلمبة 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 الطلمبة، بالإضافة الى طبيعة السوائل المراد ضخها، ومدي إحتوائها علي مواد صلبة ورمال.

وعادة ما تكون ســـــرعة الطلمبات الصـــــغيرة (ذات التصرف الأقـــــل من 50 لتر/ ث) عالية في حدود 1500 – 3000 لفة/ د. أما الطلمبـــات الكبيرة التي يزيد تصـــــرفها 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 (المـــص) للطلـــمبة عن 4 متر/ثانية عند نقطة التشغيل التصميمية.

رابعاً قطر الأجسام الصلبة المسموح بمرورها داخل الطلمبة

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

وفي المعتاد يكون قطر المواد الصلبة المسموح بها كالتالى:

- للطلمبات ذات التصرف حتي 30 ل/ ث 50 مم
- للطلمبات ذات التصرف من 30 – 100 ل/ ث 75 مم
- للطلمبات ذات التصرف من 100 – 200 ل/ ث 100 مم
- للطلمبات ذات التصرف من 200 – 400 ل/ ث 125 مم
- للطلمبات ذات التصرف أكبر من 400 ل/ ث 150 مم

خامساً خامات التصنيع لأجزاء الطلمبة (Construction materials):

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

جسم الطلمبة: حديد زهر

المروحة: حديد زهر

عامود الإدارة: صلب غير قابل للصدأ

حلقات التآكل: برونز

وفي حالة طلب طلمبات لاستخدامات خاصة أو في حالة احتواء السوائل المراد رفعها علي مواد كيماوية (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 وبالتالى تصميم بيارات السحب طبقاً للآتي :

– التركيب في الوضع الرأسي باتصال مباشر بين الطلمبة 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 أعلي منسوب سطح الأرض. وتستخدم هذه الطريقة في حالة أعماق السحب الكبيرة والتي تزيد عن 5 أمتار تحت سطح الأرض، أو في حالة إحتمال تعرض موقع المحطة للغرق. ولا يسمح بزيادة زاوية الميل لأعمدة الكردان عن 3 ° (ثلاث درجات) علي الرأسي.

أسس التصميم الهيدروليكي والميكانيكي:

تحديد حجم بيارة التخزين

يعتبر حجم التخزين الذي يتم حسابه هو الحد الأدنى للتشغيل الآمن تحت أصعب الظروف باعتبارر عدد مرات التشغيل لوحدات الرفع في الساعة (أو معدل التشغيل). وعند تحديد حجم بيارة 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 البيارة.

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 بالبيارة ويتم التحقق بعد ذلك من توفر العوامل الأخرى السابقة لضمان التشغيل الآمن

حساب حجم التخزين الفعال Active Volume

يتم حساب حجم التخزين الفعال للبيارة في محطة الرفع علي أساس عدد مرات التشغيل والإيقاف لوحدات الرفع في الساعة طبقا للقاعدة الآتية. وكما هو موضح بالشكل رقم (5)

$$T = \frac{V}{Q_{in}} + \frac{V}{Q - Q_{in}}$$

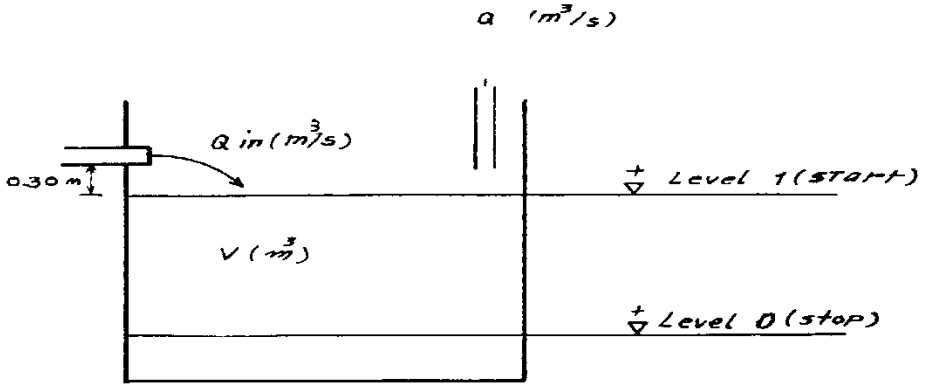
حيث:

T– الزمن بين وضعي تشغيل متتالين وهو زمن دورة التشغيل للطلمبة (ثانية)

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

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

Q_{in} – التصرف الأقصى الوارد للمحطة (متر مكعب / ثانيه).



الشكل رقم (5) مستويات التشغيل والإيقاف

(التصرف المتوسط × معامل الذروة المناظرة).

– يقسم زمن دورة التشغيل (T) الى زمن العمل للطمبات (Operating) (t_p)

وزمن توقف الطلمبات لملء البيارة (ts)(off time)

$$T = t_p + t_s \quad (2)$$

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

$_s$ = وهو الزمن اللازم لملء حيز التخزين بالبيارة بين منسوب الإيقاف (level–0)

ومنسوب التشغيل (level–1)

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

حيث:

tp = الزمن اللازم لتفريغ البيارة بين منسوب التشغيل(level–1) ومنسوب الإيقاف (level–0) وذلك عندما يكون $Q \geq Q_{in} \geq O$

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 التصرفات الواردة (Qin) عند حجم تخزين محدد (V) وسعة للطلمبات العاملة (Q)

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

$$\frac{dT}{dQ_{in}} = 0 \quad (6)$$

وبالتعويض في المعادلة (5) من المعادلة (6)

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

وتسمي Ψ التصرف الحرج (Critical inflow)

أي أن زمن دورة التشغيل يكون أقل ما يمكن عندما تكون التصرفات الواردة Qin نصف سعة الرفع للطلمبات 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 Tmin للتصرفات 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 للطلمبات في الساعة.

ويمكن استخدام نفس العلاقة (8) علي الصورة الآتية:

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

حيث:

Vmin = أقل حجم فعال لبيارة التخزين (متر مكعب)

Z = عدد مرات تشغيل الطلمبات في الساعة (معدل التشغيل)

Q = تصرف الطلمبات العاملة (لتر / ثانية)

ويتوقف تحديد عدد مرات التشغيل للطلمبات في الساعة علي سعة الطلمبات 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.

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

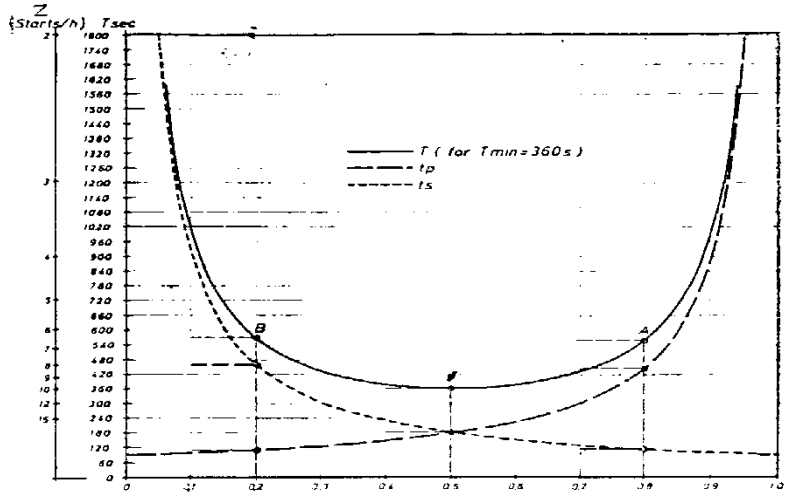
معدل التشغيل للطلمبات

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

أقل من 5 كيلووات	25 مرة / الساعة
أكبر من 5-20 كيلووات	20 مرة /الساعة
أكبر من20-50 كيلووات	15 مرة /الساعة
أكبر من 50-100 كيلووات	10 مرة /الساعة
أكبر من 100-200 كيلووات	6 مرة /الساعة
أكبر من 200 كيلووات	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 الطلمبات العاملة بالمحطة Q وأزمنة



الشكل رقم (6) العلاقة بين زمن دورة التشغيل T (أو عدد مرات التشغيل في الساعة z)وبين النسبة بين التصرفات الواردة للمحطة Q_{in} الى تصرف الطلمبات العاملة بالمحطة Q وأزمنة الإيقاف ts والتشغيل tpللطلمبات في الحالات الثلاثة

$$Q_{in}/Q=1 \quad Q_{in}<Q \quad Q_{in}>Q$$

تقسيم حسابات حجم التخزين الى الحالات الثلاثة الآتية:

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

أ) محطة الرفع ذات الطلمبة الواحدة

حجم التصرفات الوارد ة للمحطة خلال دورة واحدة:

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

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

$$V=Qt \quad (13)$$

حيث

Q = معدل تصرف الطلمبة

t= زمن عمل الطلمبة

وعلي ذلك يكون

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

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

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

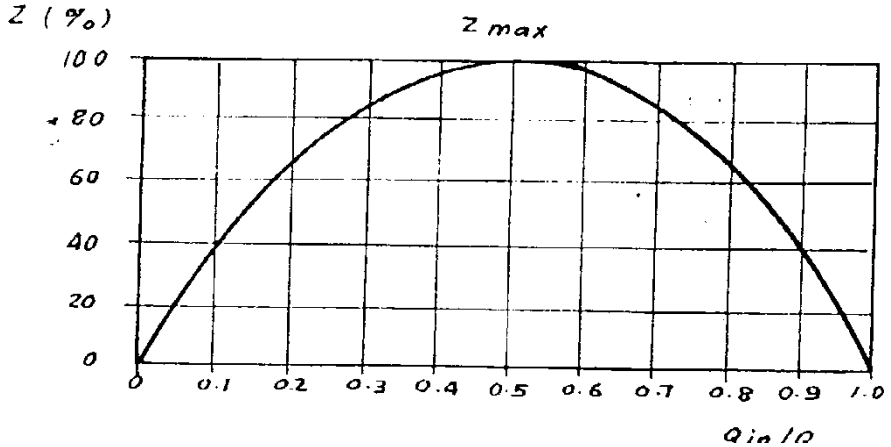
ومن ذلك فأن زمن الدورة

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

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 أقصي 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 $Q_{in} = 1/2\ Q$

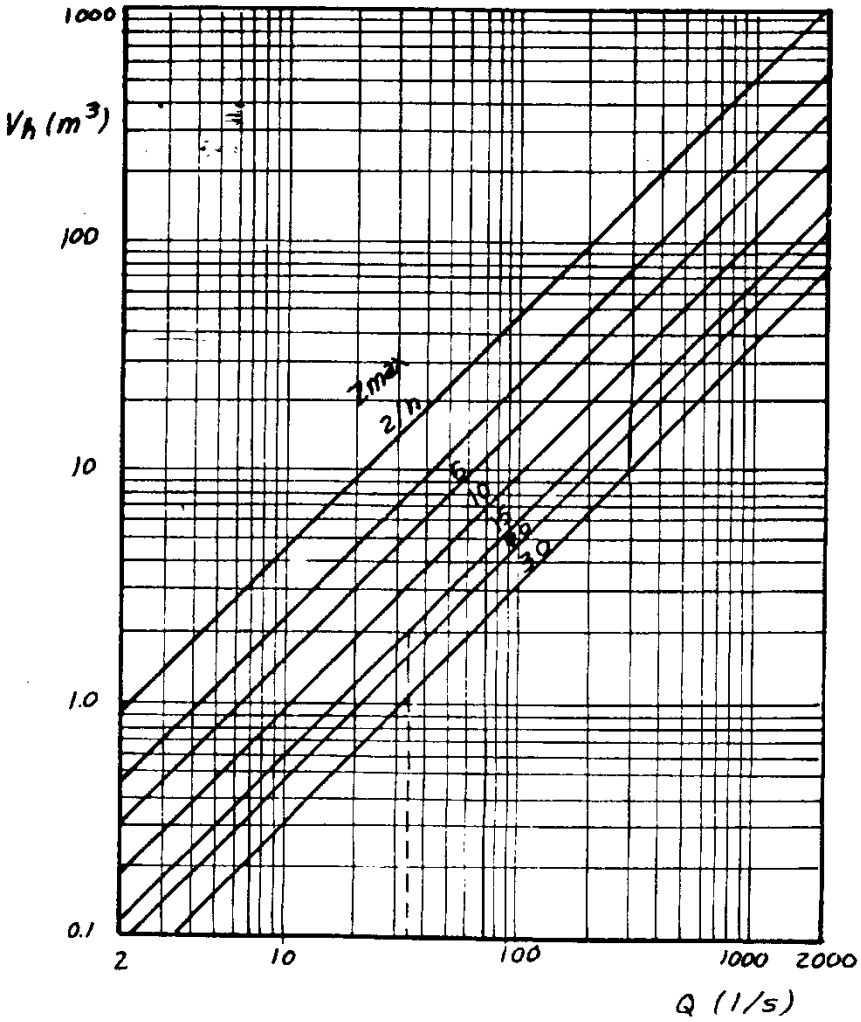
وبالتعويض بهذه القيمة للتصرفات الواردة Q_{in} في المعادلة الخاصة بمعدل التشغيل.

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

ومن ثم يكون الحجم الفعال Vh المكافئ لأقصي معدل للتشغيل

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

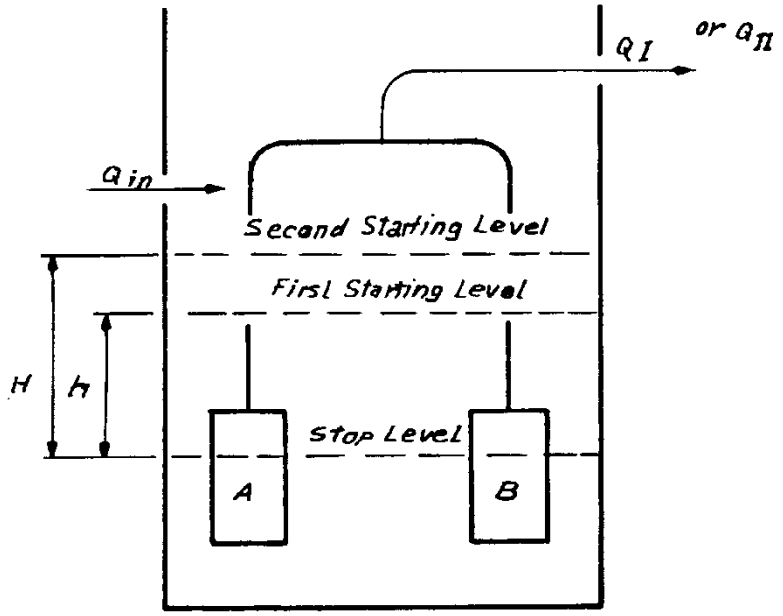
والشكل رقم (8) يوضح العلاقة بين حجم التخزين الفعال وتصرف الطلمبات عند معدلات التشغيل المطلوبة.



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 مستوي التشغيل الأول فإن إحدى الطلمبتين (الطلمبة A) تبدأ في العمل وإذا كان معدل تصرف الطلمبة Q_1 أكبر من معدل التصرفات الواردة للمحطة Q_{in} فإن منسوب المياه يستمر في الهبوط حتي مستوي الإيقاف وعندها تتوقف (الطلمبة A) عن العمل ثم يبدأ مستوي المياة في الارتفاع من جديد حتي يصل الى مستوي التشغيل الأول وعندها تبدأ الطلمبة الثانية B في العمل أو بعبارة أخري فإن الطلمبتين تعملان بالتبادل.



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

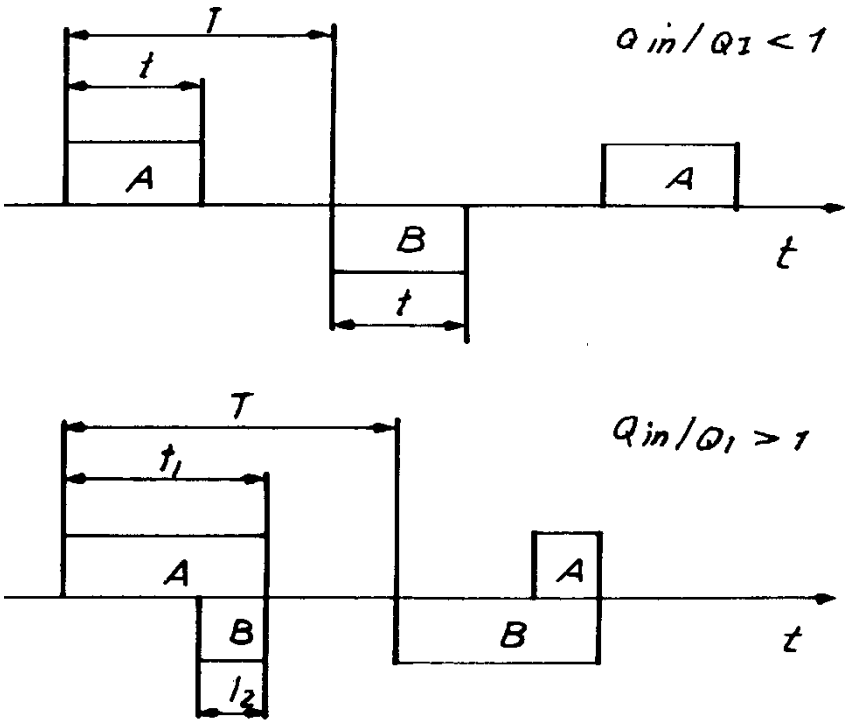
وإذا كان معدل التصرفات الواردة للمحطة Qin أكبر من معدل تصرف الطلمبة الواحدة Q1 فإن منسوب المياه يرتفع الى منسوب التشغيل الثاني حيث تبدأ الطلمبة الأخرى في العمل. وإذا كان معدل تصرف الطلمبتين معا (التصرف المجمع للطلمبتين) Q11 أكبر من معدل التصرفات الواردة فإن منسوب المياه يهبط حتي الوصول الى منسوب الإيقاف 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 الفعالVh يمكن حسابه من العلاقة التالية باعتبار أن هناك طلمبتين تعملان بالتبادل

$$V_h = \frac{Q_{(1)}}{8 Z_{max}}$$



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

2- عندما يكون Qin / Q1 > 1

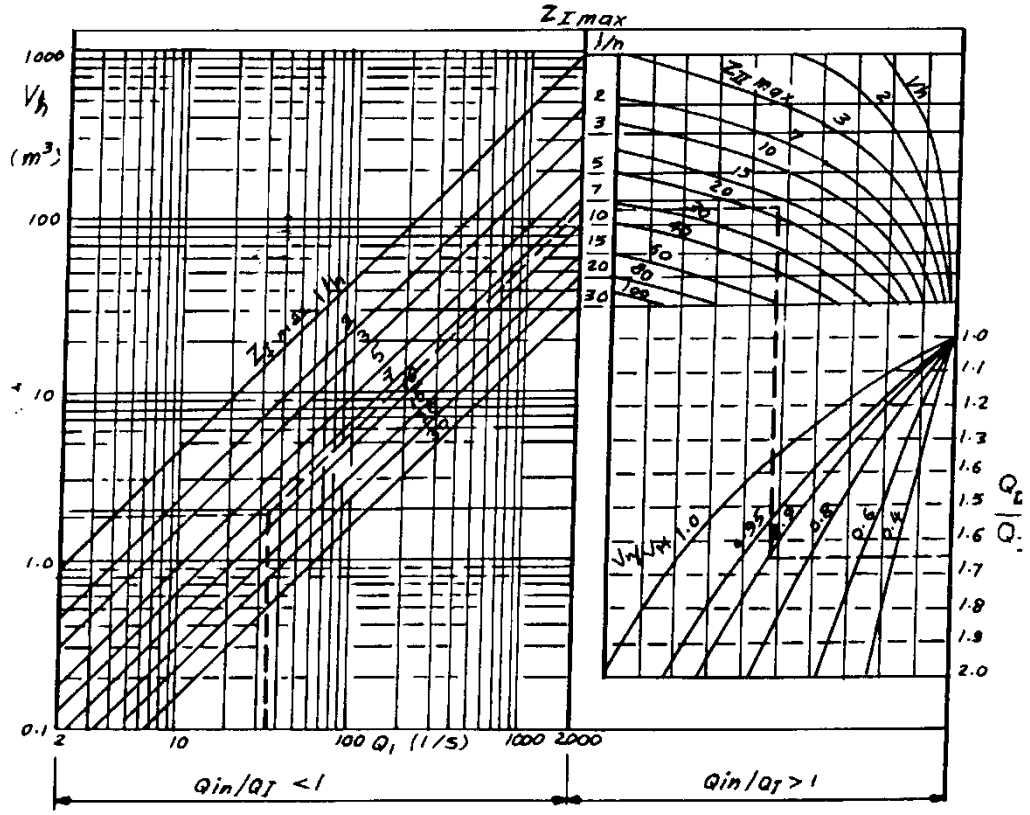
وفي هذه الحالة فإن عاملين آخرين يوثران في معدل التشغيل وهي النسبة Vh / VH والتصرف المجمع للطلمبتين معا Q11 (والذي يحدد الفقد بالاحتكاك داخل ماسورة الطرد)

والحجم VH يناظر الارتفاع H في الشكل (8)

وعلي ذلك فيمكن استنباط العلاقة التالية

$$Z_{11(22)} = \left\{ \frac{Q(V_H - V_h)}{Q_{in}^2 - QQ_{in}} + \frac{Q_1 V_H}{Q_{in}Q_1 - Q_{in}^2} \right\}$$

ويبين الجانب الأيمن من النوموجرام بالشكل رقم (11) قيم معدل التشغيل الأقصى Z'_{11ma} وذلك بحل المعادلة السابقة باستخدام الحاسب الالى.

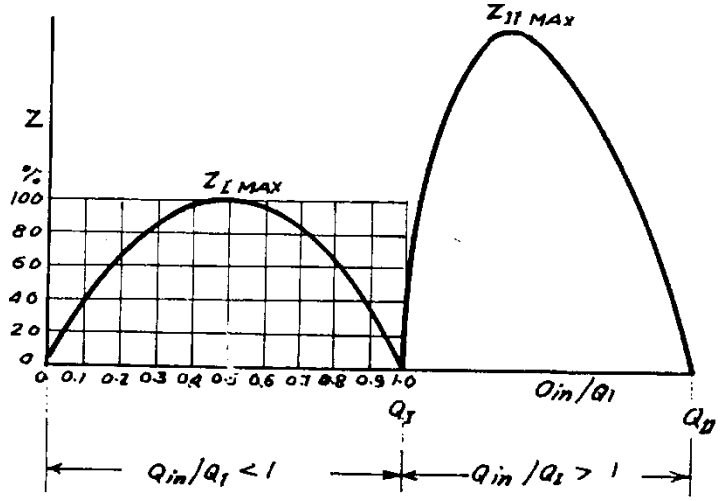


الشكل رقم (11) نوموجرام معدل التشغيل لطلمبتين تعملان معا بالتبادل

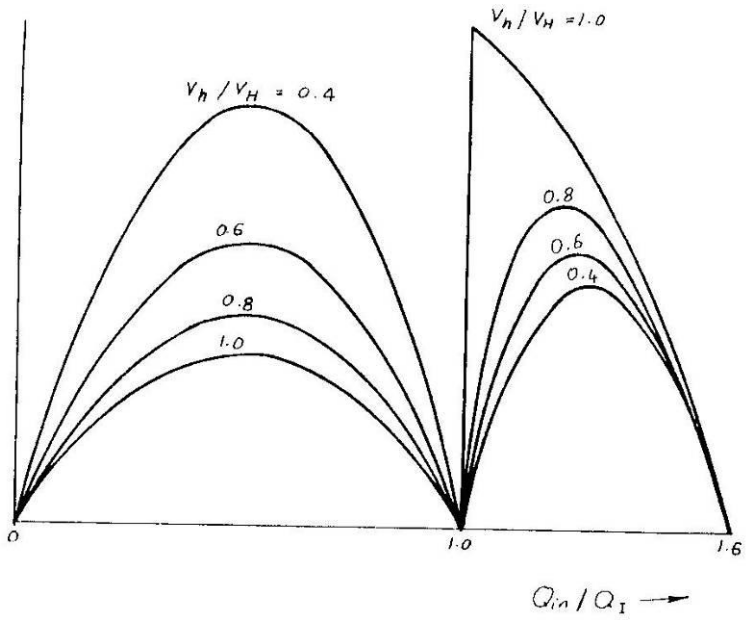
الشكل رقم (12) يوضح العلاقة بين معدل التشغيل والنسبة Qin / Q1 ومنه يتضح أن معدل التشغيل يرتفع بحدة عند تشغيل الطلمبتين معا علي التوازي ويكون القيمة القصوى لمعدل التشغيل Z_{11ma} حرجة جدا.

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

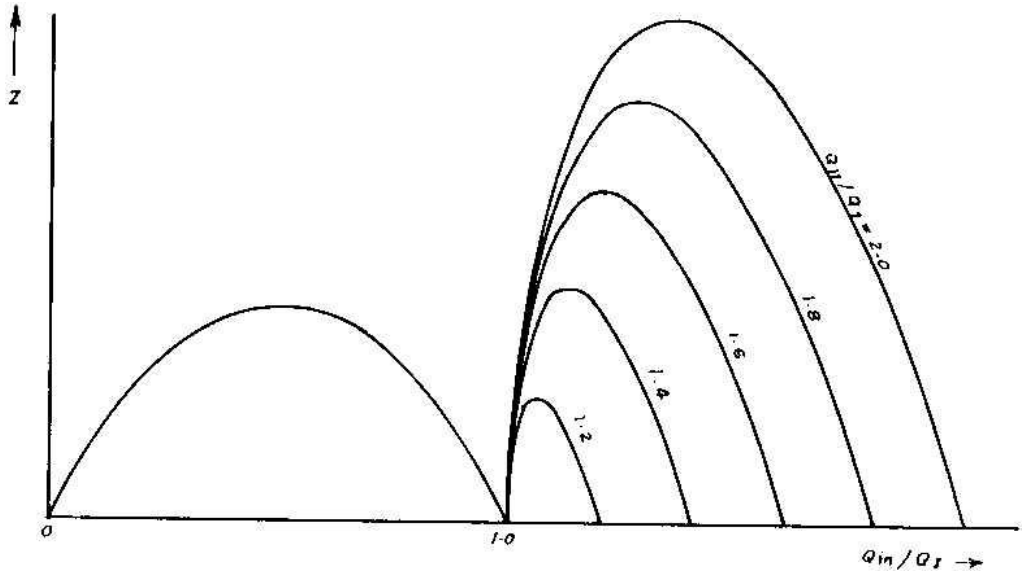
الشكل رقم (14) يوضح تأثير النسبة Q_{11}/Q_1 علي منحني معدل التشغيلZ عندما تكون النسبة V_h/V_H تساوي 8ر. ويتضح منها أن قيم Z_{11ma} تقل بزيادة فواقد ماسورة الطرد.



الشكل رقم (12) العلاقة بين معدل التشغيل والنسبة Q_{in} / Q_1



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



الشكل رقم (14) يوضح تأثير النسبة Q_{11}/Q_1 علي منحنى معدل التشغيل Z عندما تكون النسبة V_h / V_H تساوي 8ر.

ج) حالة تشغيل أكثر من طلمبتين

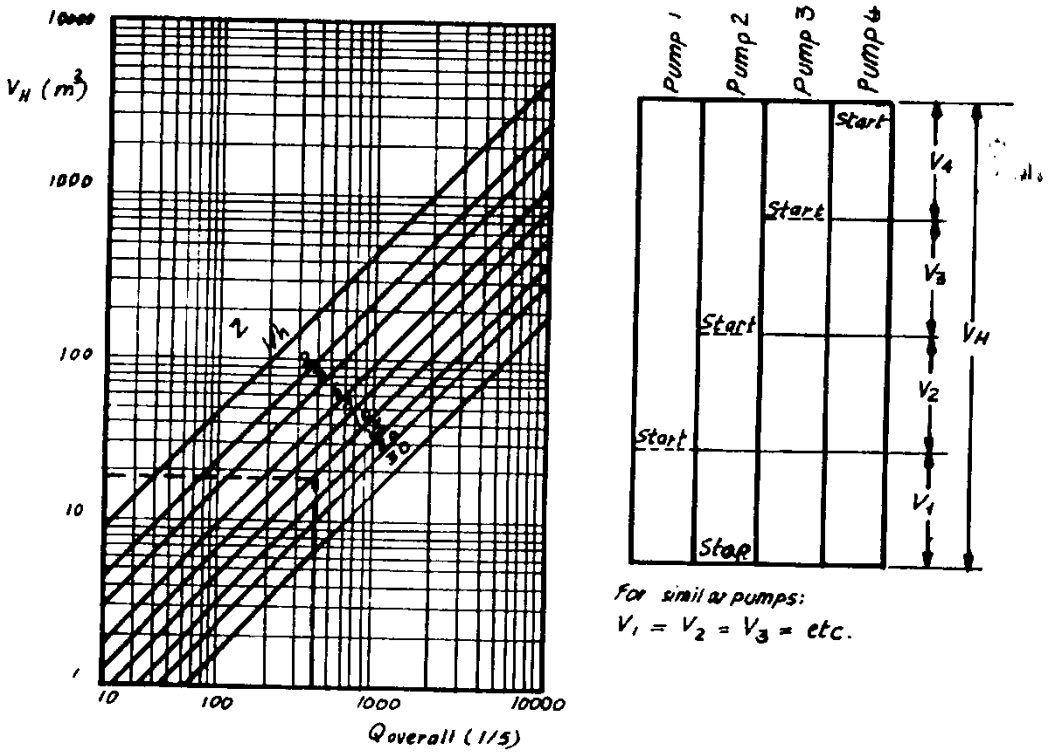
هناك نظامين للتشغيل في هذه الحالة

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

النظام الاول وجود مستوي ايقاف 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 هذة 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 البيارة.

- 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

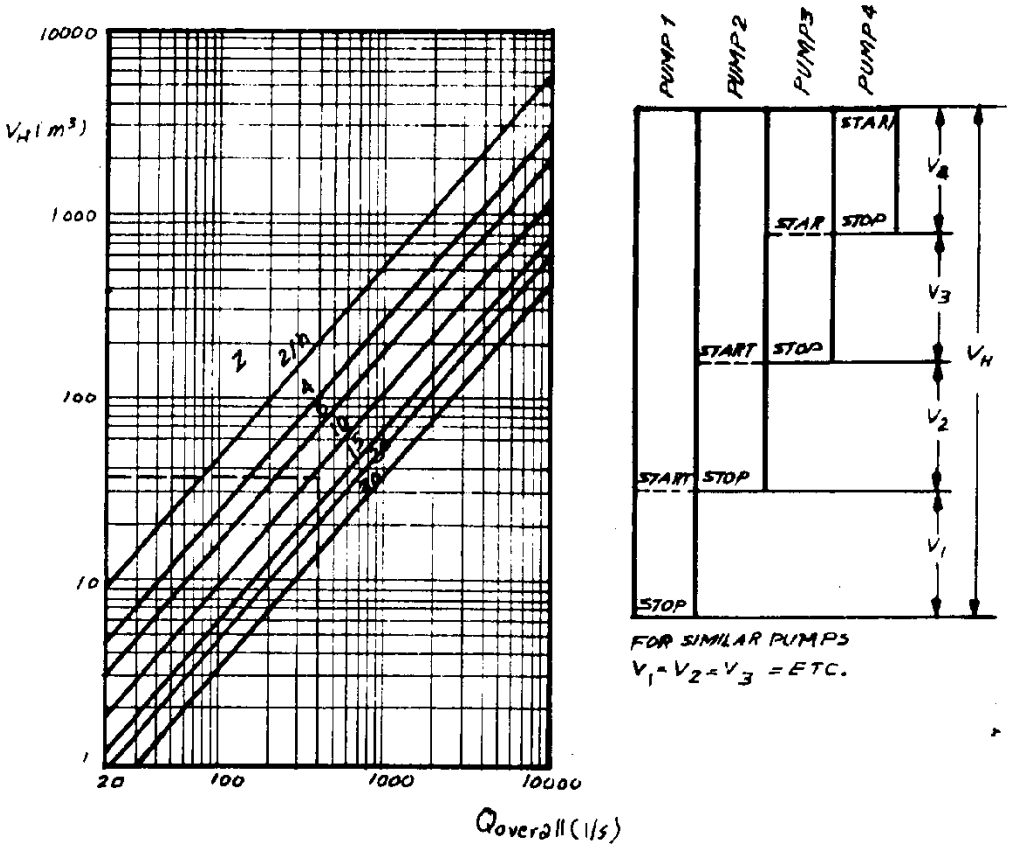
النظام الثاني وجود مناسيب متدرجة للإيقاف

الشكل رقم (16) يوضح النظام الثاني عندما يكون كلا من مناسيب 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 أخري.



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

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

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

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

2- العلاقة بين حجم التخزين الفعال الافتراضي للطلمبة رقم K بالنسبة لحجم التخزين للطلمبة رقم (ا).

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

3- العلاقة بين تصرف الطلمبة رقم K ومجموع التصرفات للطلمبات العاملة قبلها (معامل التصرف)

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

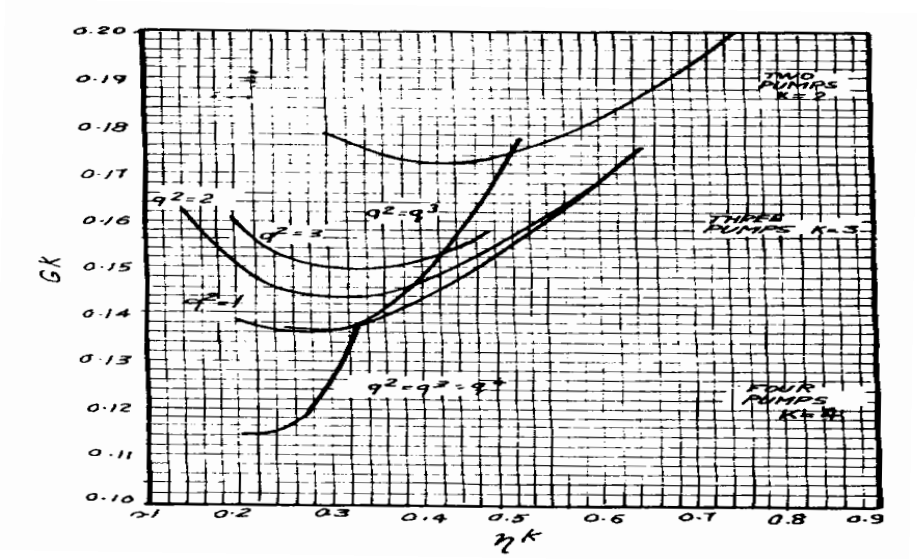
4- معامل حجم التخزين لعدد K من الطلمبات

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

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

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

الحالة الاولي

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

$$Q_1 = Q_2 = \ldots\ldots = QK \quad (28)$$

وبالتالى فإن

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

ومن العلاقة رقم (1)

$$q_1 = q_2 = \ldots\ldots = q_k = 1 \quad (30)$$

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

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

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

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

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

$$V_{Kmin} = V_K V_{1mi} \quad (32)$$

ه) بتجميع حجم التخزين الفعال لجميع الطلمبات من(ا) الى k يمكن حساب حجم التخزين الفعال الكلي للمحطة V_{Imir}

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

$$H_K = \frac{V_{Kmin}}{SumpA} \quad (33)$$

ز) بتجميع ارتفاع التخزين من H_1 الى H_K يمكن حساب ارتفاع التخزين الكلي H_I للمحطة.

الحالة الثانية

إذا كانت الطلمبات العاملة متماثلة وترفع تصرفاتها في خط طرد مشترك.

وفي هذه الحالة أيضا يكون.

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

وكذلك

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

أ) يتم الحصول علي قيم Q_K ومن ثم علي قيم V_K كالسابق في الحالة الأولي

ب) حيث أن التصرف لكل طلمبة يقل كلما زاد عدد الطلمبات العاملة في نفس الوقت فإن ذلك يعني أن حسابات الحجوم الجزئية V_{Kmin} سوف تتم علي قيم مختلفة للحجم V_{Imin} والذي يعتمد بدورة علي قيم مختلفة للتصرف Q

$$V_{Imin} = \frac{T_{min} Q}{4} \quad (36)$$

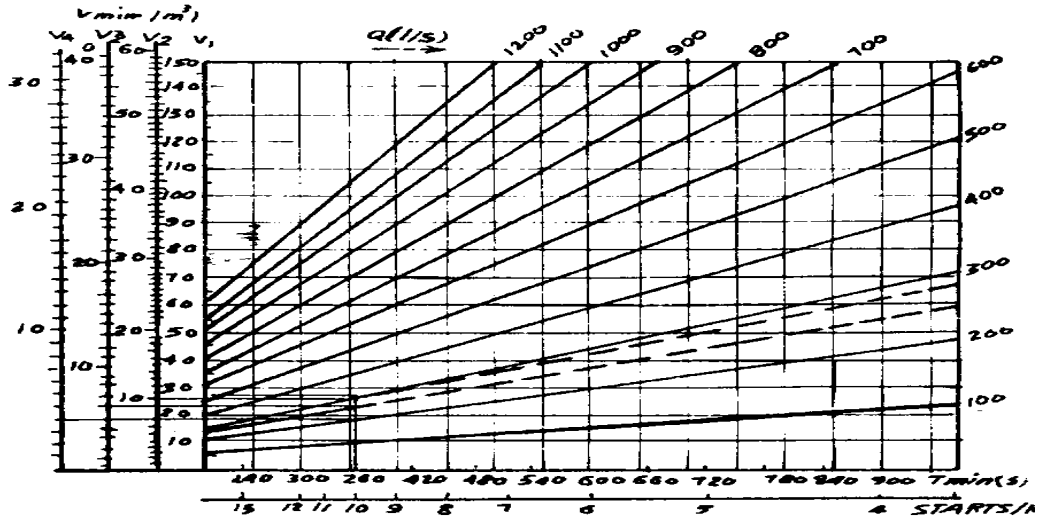
$$V_{Kmin} = V_K V_{Imin} \quad (37)$$

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

ج) مجموع V_{Kmin} لجميع الطلمبات هو حجم التخزين الفعال الكلي V_{Imin} .ومجموع H_K لجميع الطلمبات هو الأرتفاع الكلي H_T

ويبين الشكل رقم (18) نوموجرام يربط العلاقات السابقة.

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



الشكل رقم (18) نوموجرام العلاقة بين Tmin وVmin في حالة استخدام طلمبات متماثلة ترفع تصرفاتها في خط طرد مشترك

الحالة الثالثة:

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

الحالة الرابعة:

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

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

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

تستخدم العلاقات التالية في هذه الحالة

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

حيث:

n = عدد الطلمبات العاملة.

V_T = حجم التخزين الإجمالى الأدني للبيارة.

V_i = حجم التخزين الأدني للطلمبة P_i والذي يحقق أن زمن دورة التشغيل

$T \geq T_i$

T_i = أقل زمن لدورة التشغيل المحددة للطلمبة P_i

Q_T = تصرف الطلمبة P_T

وعلي ذلك فإن المسافة بين منسوبي التشغيل والأيقاف للطلمبة P_K يمكن حسابها من المعادلة

$$H_K = \frac{V_K}{A_K} \quad (40)$$

حيث

V_K = حجم بيارة التخزين اللازمة للطلمبة P_K

A_K = مساحة بيارة التخزين المقابلة للحجم V_K

ويكون الأرتفاع الإجمالى للمياه داخل البيارة

$$H_T = \sum_{i=1}^{n} H_i \quad (41)$$

الحالة الأولي

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

وفي هذه الحاله يكون

$$Q1 = Q2 = \ldots\ldots\ldots = QK \quad (42)$$

$$T1min = T2min = \ldots\ldots\ldots = TKmin \quad (43)$$

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

وأيضا تكون المسافات بين مناسيب التشغيل والإيقاف متساوية لجميع الطلمبات.

$$H1 = H2 = \ldots\ldots\ldots = HK \quad (44)$$

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

الحالة الثانية

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

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

والشكل رقم (19) يوضح الاختلاف في قيمة التصرف للطلمبات باختلاف عدد الطلمبات العاملة.

(أ) يتم حساب قيمة التصرف لكل طلمبة Q_K

(ب) يتم حساب الحجم المكافئ V_K لكل طلمبة Q_K

وبتطبيق العلاقة (ا) 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 الإجمالى H_T لمناسيب التشغيل والأيقاف.ويوضح الشكل رقم (20) العلاقة بين تصرف الطلمبة Q وحجم التخزين الفعال الأدنىV_{min} الذي يحقق زمن دورة التشغيل T_{min} المحددة. ويتضح من الشكل أن حجم التخزين الأدنى الكلي لتصرف إجمالى 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.

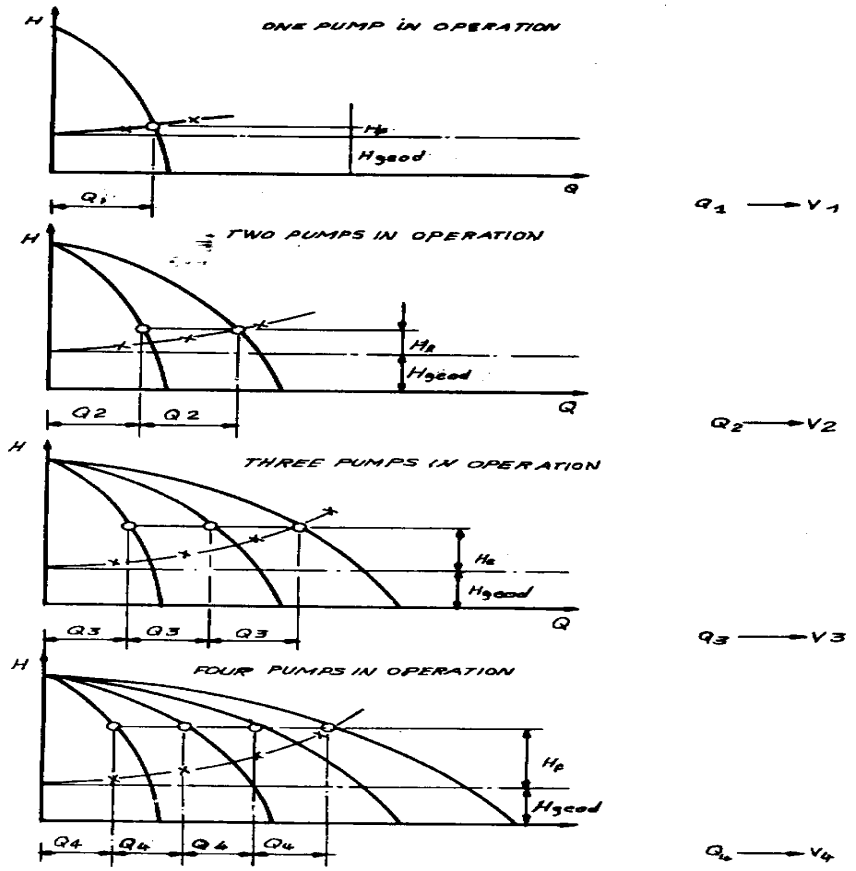
– ويستخدم نفس الدياجرام المبين بالشكل (20) للتاكد من أقل زمن لدورة التشغيل لطلمبة معينة مركبة علي البيارة.

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

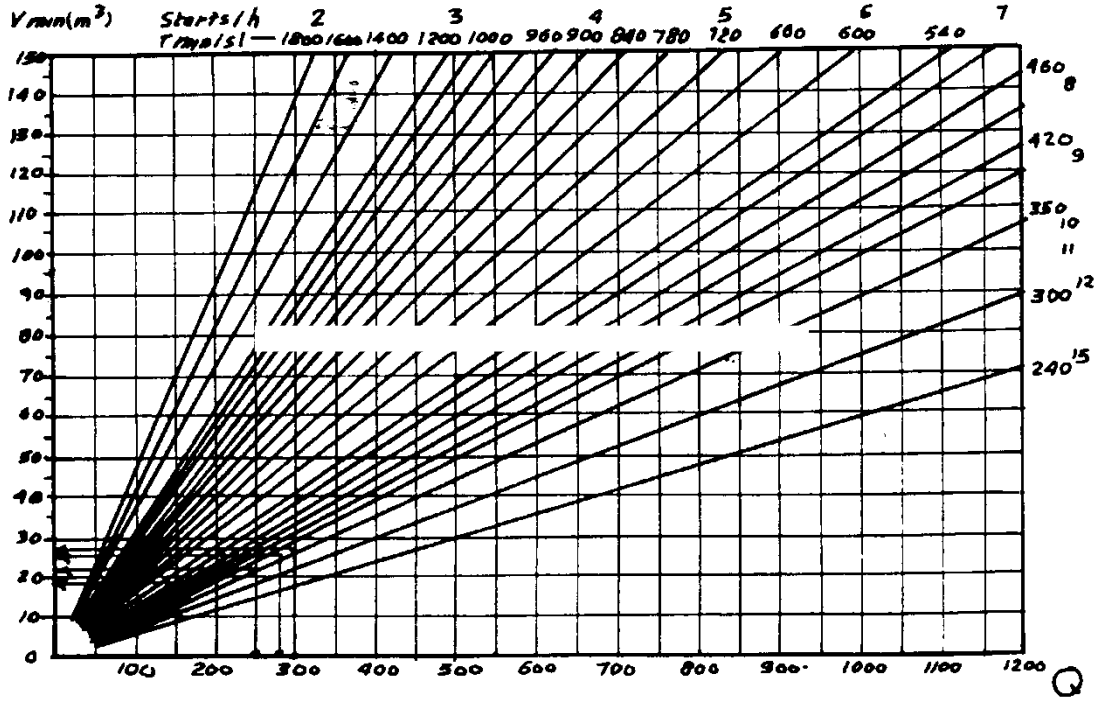
وفي كلا النظامين الأول والثاني للتشغيل يجب مراعاه التي:-

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 وبالتالى تغير الارتفاع الإستاتيكي Ho في الحساب إذا كان الفرق كبير بين منسوب التشغيل والإيقاف.



الشكل رقم (19) يوضح الاختلاف في قيمة التصرف للطلمبات باختلاف عدد الطلمبات العاملة



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

1. المسافات البينية لمناسيب التشغيل والإيقاف

يجب مراعاه عدم تقارب مناسيب التشغيل والإيقاف للطلمبات 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 مراعاه أن أقل مستوي مسموح به للمياة داخل البيارة يحدد طبقا لقيمة السحب الموجب الصافي المطلوب للطلمبة (Required NPSH). وفي كل الأحوال يجب ألا يقل هذا المنسوب عن مستوي أعلي جسم الطلمبة(Top of pump casing) بحيث يضمن بذلك أن تكون مروحة (ريشة) الطلمبة (Pump impeller) مغمورة بالمياه تماما.

2.6. أعلي منسوب للمياه بالبيارة (منسوب التشغيل)

يحدد أعلي 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 مراعاه 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 الفعالV_H وحيث أن منسوب التشغيل محدد بماسورة الدخول للبيارة فإن تحديد منسوب الإيقاف وبالتالى عمق البيارة نفسها متروك للمصمم والذي يراعي في ذلك عدة عوامل أهمها:

1. مساحة الأرض المتاحة لإنشاء البيارة.
2. المسطح المطلوب لتركيب وحدات الرفع (الطلمبات وملحقاتها) والذي يمكن أن يكون عنصرا مؤثرا في تحديد أبعاد البيارة.
3. منسوب دخول خط الانحدار الرئيسي للمحطة.
4. إمكانيه الوصول الى المنسوب المطلوب لقاع البيارة من الناحية الإنشائية بمراعاه 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. الى 3متر حسب سعه المحطة.

4.6. تحديد مسطح البيارة المغمورة في حالة البيارات المستديرة

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

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

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

أي أن مسطح البيارة المغمورة يمثل قطعة من مساحة الدائرة بارتفاع h وطول قوسb ووتر S ولحساب مساحة القطعة الدائرية تستخدم العلاقة

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

حيث:

r= نصف قطر البيارة المستديرة

h = ارتفاع القطعة الدائرية

وعندما يكون الارتفاع $h = \frac{2r}{3}$ فان:

$A_W = 0.906\ r^2$

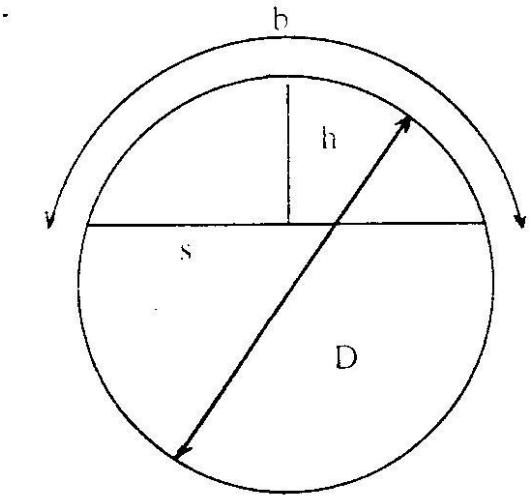
5.6. حساب قطر البيارة المستديرة

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

$$D = 2\sqrt{\frac{A_W}{0.90}} \quad (47)$$

أو

$$D = 2.1\sqrt{A_W} \quad (48)$$



الشكل رقم (21) كيفية حساب قطر البيارة المستديرة

تصميم الطلمبات الطاردة المركزية Centrifugal Pump Design

الرموز والمدلولات والوحدات Symbols Units and Designations

	المدلول	الرمز	الوحدات
- Impeller diameter	قطر المروحة	D	mm
- Nominal bore of pipe or pump nozzle	القطر الداخلى للماسورة أو مدخل الطلمبة	DN	mm
- Conversion factor for total head	معامل التحويل للرفع الكلى	F_H	-
- Conversion factor for flow rate	معامل التحويل للتصرف الكلى	F_Q	-
- Conversion factor for efficiency	معامل التحويل للكفاءة	F_η	-
- Gravitational constant = 9.81	ثابت الجاذبية	g	m/s^2
- Total head	الرفع الكلى	H	m
- Total system head	رفع المنظومة الكلى	H_A	m
- Static head	الرفع الإستاتيكى	H_{geo}	m
- Shut-off head	رفع القلق	H_o	m
Head at best efficiency point	الرفع عند أفضل كفاءة	H_{opt}	m
- Static suction lift	رفع السحب الإستاتيكى	Hs_{geo}	m
- Static positive suction head.	رفع السحب الإستاتيكى الموجب	Hz_{geo}	m
- Head loss	فاقد الرفع	H_J	m
- Head loss - suction side.	فاقد الرفع فى جانب السحب	H_{J1}	m
- Differential head	فارق الرفع	ΔH	m
- Speed	سرعة الدوران	n	min^{-1}

- NPSH required	- ضغط السحب المرجب الصافي المطلوب	NPSHreq	m
- NPSH available	- ضغط السحب الموجب الصافي المتاح	NPSHav	m
- Specific speed	- السرعة النوعية	n_q	l/min
Pump power input	- القدرة الداخلة للطلمبة	P	kw
- Pressure at outlet suction of plant	- الضغط عند مخرج المنظومة	P_{av}	N/m^2-(bar)
Barometric pressure	- الضغط البارومترى	P_o	N/m^2-(bar)
- Pressure at pump discharge nozzle	- الضغط عند فتحة الطرد للطلمبة	P2	N/m^2-(bar)
- Vapour pressure of liquid	- ضغط البخر 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 للطلمبة	P_1	N/m^2-(bar)
- Differential capacity	- فارق السعة	Q	(m^3/h)
- Flow rate	- التصرف	Q	(m^3/h)
- Minimum flow rate	- التصرف الأدنى	Qmin	(m^3/h)
- Optimum flow rate	- التصرف المثالى	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	V2	m/s
- Flow velocity at inlet section of plant	- سرعة السريان عند مدخل المنظومة	Ve	m/s
- Flow velocity at suction nozzle	- سرعة السريان عند فتحة السحب	V_1	m/s

Height difference between pump suction and discharge nozzle.	- فارق الإرتفاع بين فتحتى السحب والطرد للطلمبة	Z1.2	m -
- Loss coefficient	- معامل الفقد	τ	-
- pump efficiency	- كفاءة الطلمبة	η	-
Friction coefficient	- معامل الإحتكاك	λ	-
- Kinematic viscosity	- اللزوجة	υ	m^2/s
- Density	- الكثافة	ρ	kg/m^3

تصرف الطلمبة Pump flow rate

التصرف Q هو حجم السائل الخارج في وحدة الزمن ويقاس بالمتر 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 ضخة وتقدر بالمتر 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 والطرد للسائل. فإذاكانت 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 والطرد للسائل في المنظومة المغلقة:

$$\frac{P_{av}-P_e}{\rho g} \quad (49)$$

مجموع الفواقد في الضغط $\sum H_j$

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

الضغط الناتج عن فرق السرعات في الدخول والخروج للمحطة.

$$\frac{V_{av}^2-V_e^2}{2g} \quad (50)$$

وعلى ذلك يكون الرفع الكلي للمنظومة

$$H_A = H_{geo} + \frac{P_{av}-P_e}{\rho g} + \frac{V_{av}^2-V_e^2}{2g} + \sum H_j \quad (51)$$

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)

$$H_A = H_{geo} + \sum H_j \quad (51)$$

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 للطلمبة (Pump absorbed power)

القدرة الداخلة للطلمبة (Pump power input)

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

$$P = \frac{\rho g Q H}{1000 \eta} KW$$

قدرة الألة المحركة Drive Power

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

أ. المحركات حتي 5. 7 ك وات.	%3
ب. الحركات أكبر من 5. 7 الى. 4ك وات	%25
ج. المحركات إكبر من. 4 الى.. 1ك وات	%20
د. الحركات التي تزيد عن.. 1ك وات	%15

وتحتسب هذه الزيادة من أقصي قدرة مستهلكة علي عامود الطلمبة علي مدي التشغيل المتوقع لها خلال منحني سعة للطلمبة مع الرفع Q – H curve مع مراعاه 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 للطلمبة.

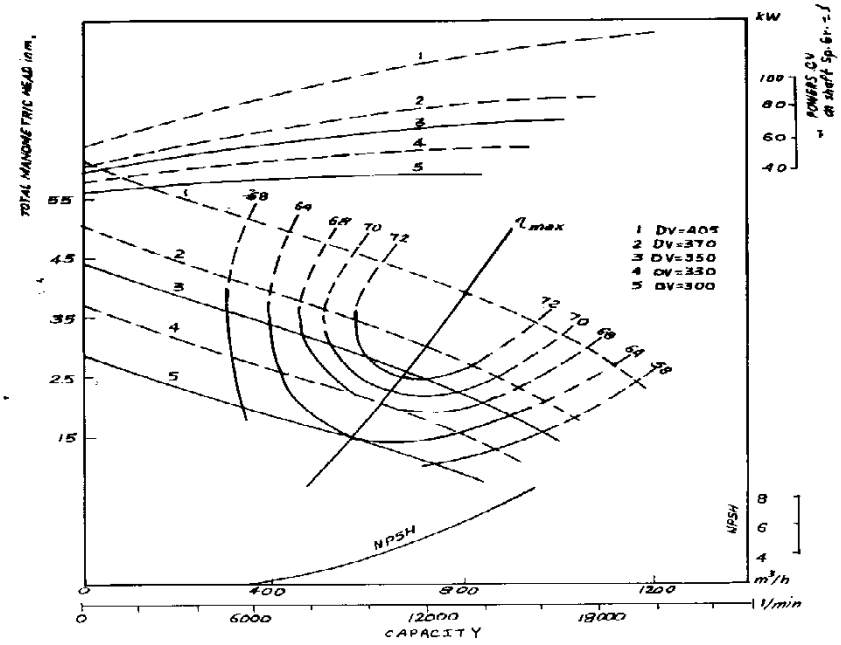
منحني الطلمبة Pump curve

عند سرعة ثابتة للطلمبات 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 لطلمبةP وبالتالى الكفاءة η وضغط السحب الموجب الصافي المطلوب NPSHreq علي السعة.

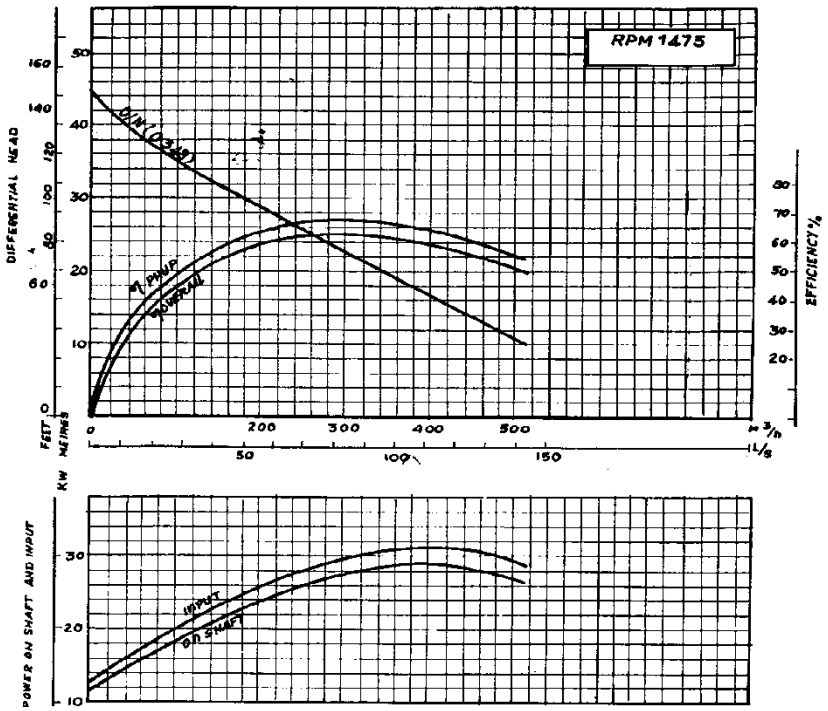
ويتم تمثيل العلاقة التي تربط جميع هذه المتغيرات علي ما يعرف بمنحني الطلمبة والذي يوضح ميزات التشغيل لها. ترسم المنحنيات باعتبار الكثافة ρ واللزوجة (υ) للمياه إلا إذا نص علي خلاف ذلك.

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

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



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

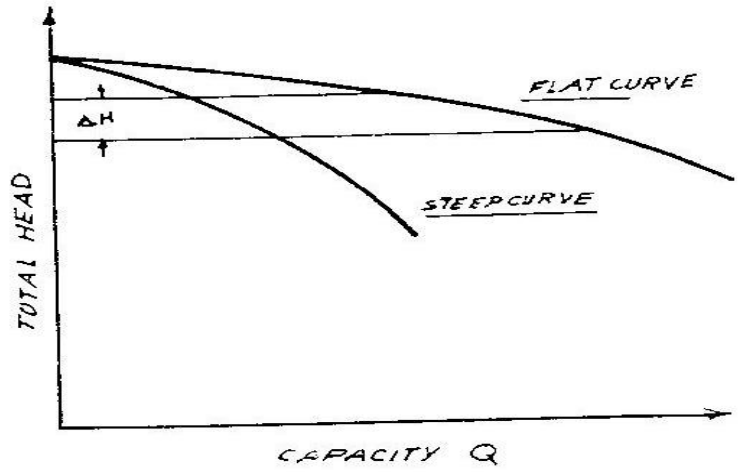


الشكل رقم (22 ب) منحنيات الطلمبة الطاردة المركزية

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

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

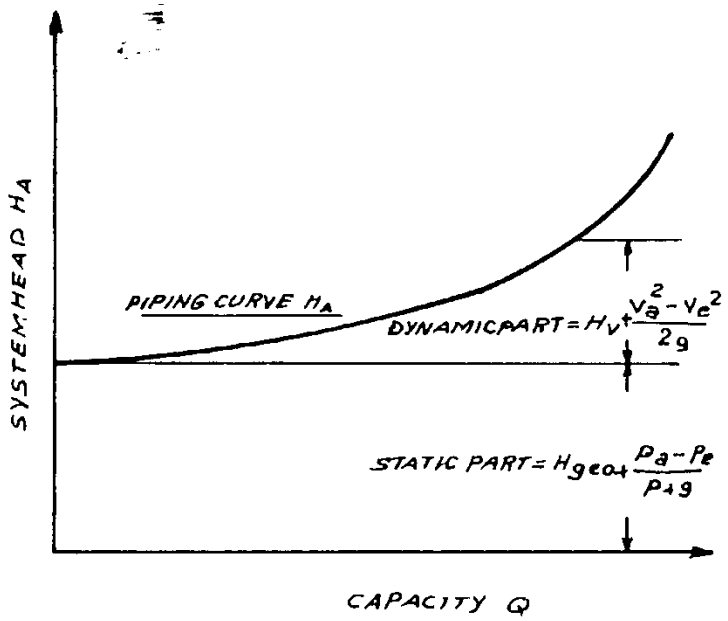
وذلك في حالة المنظومات المغلقة فقط ولا يستخدم في حالة المنظومات المفتوحة (open system).يتكون الجزء الديناميكي من فاقد الرفع H_j الذي يتزايد مع مربع السعة مضاف اليه الفرق بين السرعات في دخول وخروج المنظومة

$$\frac{V^2_{av} - V^2_e}{2g} \quad (56)$$

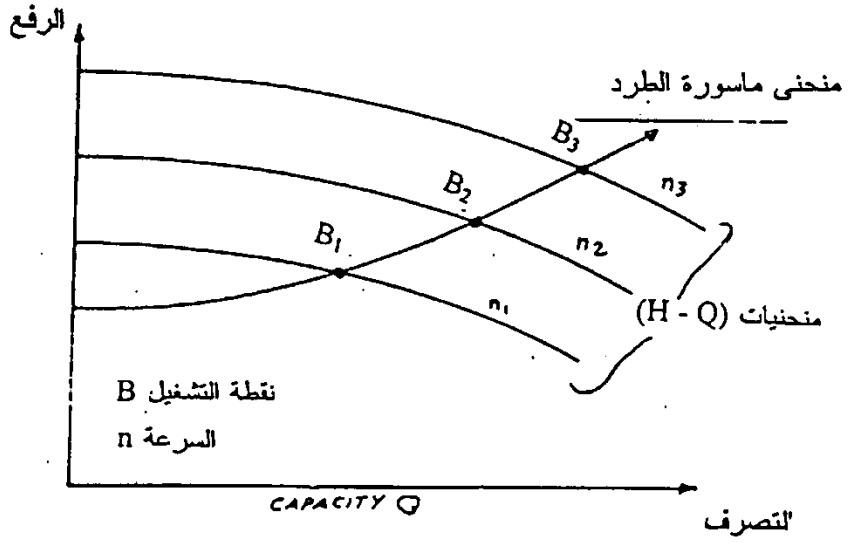
ويبين الشكل رقم (24) مميز المنظومة (الماسورة)

نقطة التشغيل (Duty (operating) point)

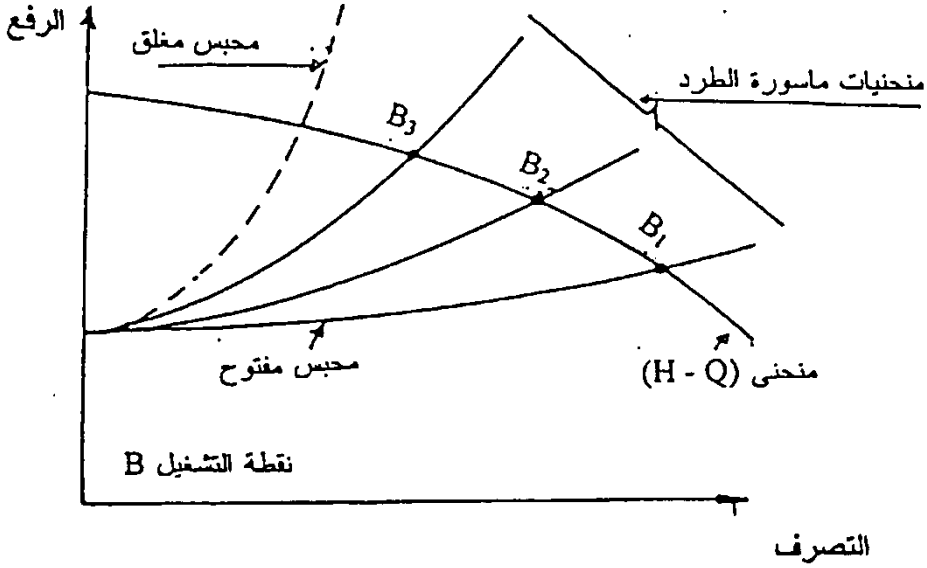
يتحدد لكل طلمبة نقطة تشغيل B وهي نقطة التقاطع بين منحني الطلمبة (Q – H curve) ومنحني المنظومة (الماسورة) ولا تتغير هذه النقطة (وبالتالي التصرف Q والرفع H) للطلمبة إلا إذا تغيرت سرعة دوران الطلمبة n أو قطر المروحة D أو بتغير مميز المنظومة. ويبين الشكل رقم (25) تغير نقطة التشغيل بزيادة السرعة n كما يبين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



الشكل رقم (24) منحني ماسورة الطرد



الشكل رقم (25) تغير نقطة التشغيل B1الى B3علي منحني ماسورة الطرد يرفع سرعة الطلمبة من B1 الى B3



شكل رقم (26) تغيير مكان نقطة التشغيل منB1 الى B3 علي منحني التصرف والرفع وذلك بتغيير فتحة المحبس

التشغيل علي التوازي Parallel operation

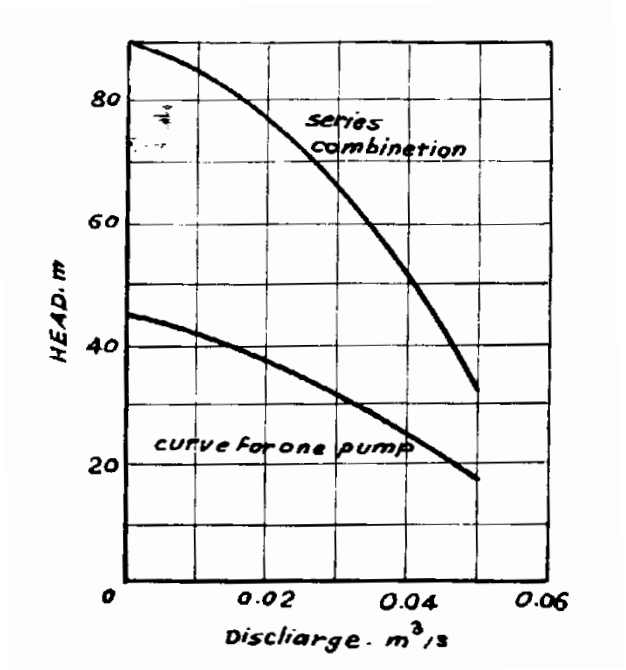
في حالة عدم مقدرة الطلمبة الواحدة علي إعطاء التصرف المطلوب Q عند نقطة التشغيل B فإنه من الممكن الحصول عليه بتشغيل طلمبتين أو أكثر تعمل علي التوازي وتضخ جميعها في نفس منظومة المواسير وبفضل في هذه الحالة (الأسباب اقتصادية) أن تكون الطلمبات من نفس المقاس (متماثلة).

ويوضح الشكل رقم (27) تشغيل طلمبتين متماثلتين علي التوازي لتعطي كلا منهما نصف التصرف المطلوبQ عند نفس الرفع H كما يبين الشكل رقم (28) استخدام طلمبتين لهما تصرف مختلف Q_1, Q_2

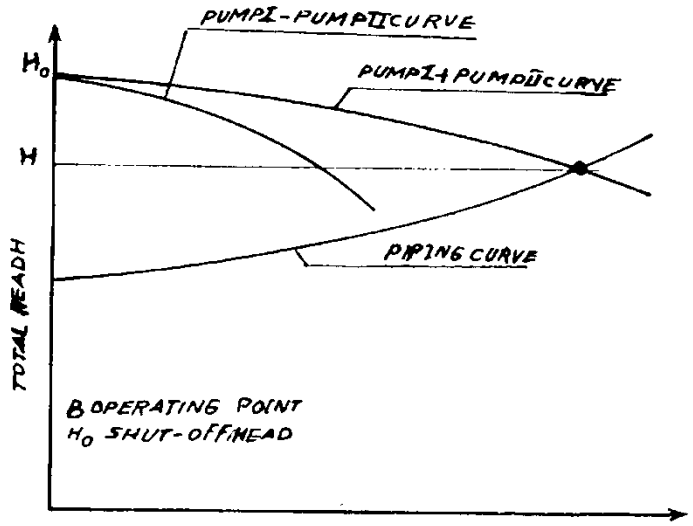
يضخان في نفس منظومة المواسير عند نقطة تشغيل B ويجمع التصرف Q_1 لطلمبة 1 والتصرف Q_{11} لطلمبة 11 للحصول علي التصرف الكلي Q (يساوي Q_1+Q_{11}) عند نفس الرفع الكلي H.

التشغيل علي التوالى Series Operation

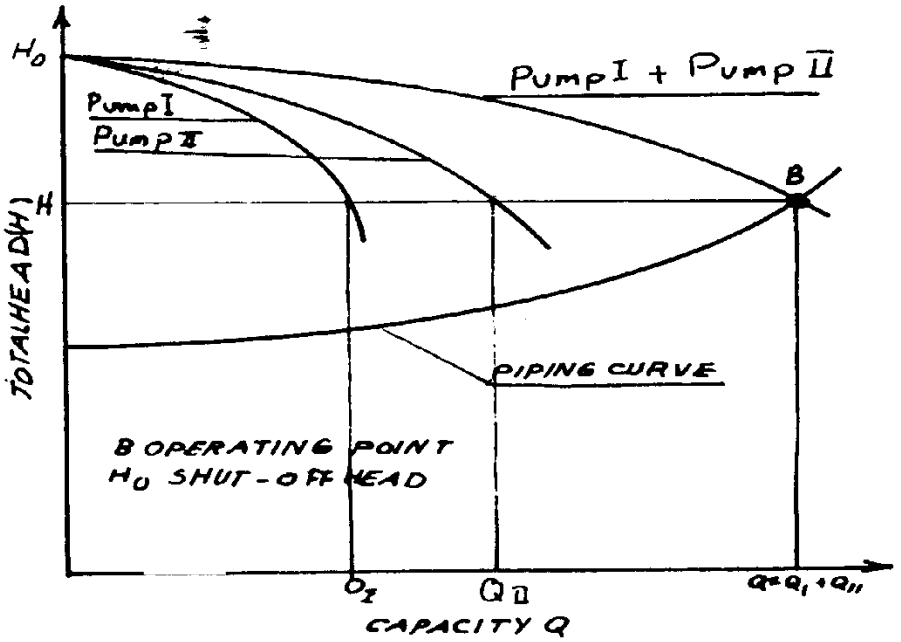
في حالة عدم مقدرة الطلمبة الواحدة علي إعطاء الرفع المطلوب للمحطة H لتصرف محدد Q فانه يمكن تحقيق الرفع المطلوب عن طريق تشغيل طلمبتين أو أكثر علي التوالي تضخ الطلمبة الأولي في خط سحب الطلمبة الثانية وهكذا. ويجمع الرفع H_1 للطلمبة رقم 1 علي الرفع H_2 للطلمبة رقم 2. وهكذا للحصول علي الرفع الكلي H عند نفس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



الشكل رقم (27) تشغيل طلمبتين متماثلتين علي التوازي



الشكل رقم (28) تشغيل طلمبتين متماثلتين علي التوالى.



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 فأنه 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 كمعامل أمان

ضغط السحب الموجب الصافي المتاح available NPSH

تعتبر نقطة اساس القياس لضغط السحب الوجب الصافي المتاح هي محور فتحة المص للطلمبة. وفي حالة الطلمبات الأفقية ذات الجسم القوقعي (Volute Casing) فأن محور فتحة السحب والمروحة تقعان علي نفس المنسوب واذا كان هناك خلاف فأنه 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

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

باعتبار أن السائل هو المياه العذبة وباستخدام منظومة مفتوحة فإنه يكون

(58) P_b= 1 bar (105 N/m^2)

(59) P_e = 0 bar

(60) $\rho = 1000 kg/m^3$

(61) g = 10 m/s2 (including 2% error)

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

(62) $NPSH_{av} = 10 - H_j - 1 - H_{sgeo}$

ويتضح ذلك من الشكل رقم (30)

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

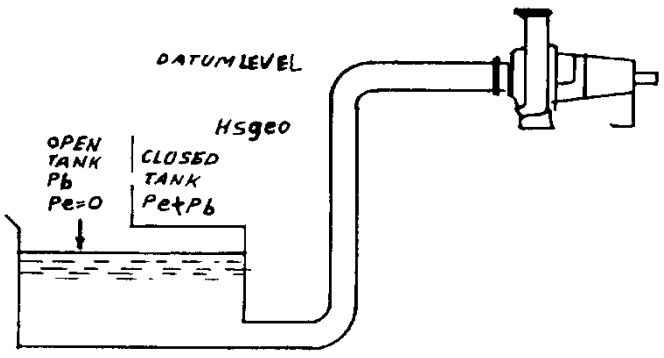
في هذه الحالة تكون الطلمبة أسفل منسوب السائل المراد ضخه

(63) $NPSH_{av} = \frac{P_e + P_b + P^2}{\rho g} + \frac{V_e^2}{2g} - H_j - 1 + H_{sgeo}$

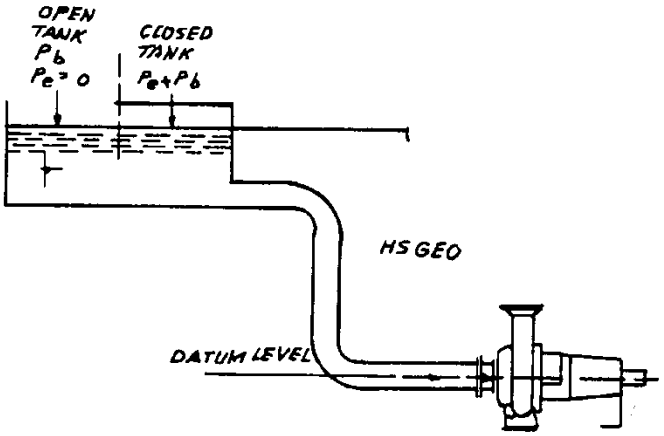
ويأخذ نفس الأفتراضات السابقة في البند رقم(1-11-3-2-1)

(64) $NPSH_{av} = 10 - H_j - 1 + H_{sgeo}$

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

فاقد الضغط (الرفع) (Head loss)

فاقد الضغط في المواسير المستقيمة

يحسب فاقد الضغط في المواسير من العلاقة

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

- يوضح الشكل رقم (32) نوموجرام فاقد 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 النومجرام في حالة استخدام مياه نظيفة (عذبة) عند درجة حراوة. 2° م وباعتبار أن المواسير مملؤة تماما ومصنوعة من الزهر الرمادي المبطن بالبيتومين.
- يمكن استخدام النوموجرام الموضح بالشكل رقم (33) لاستخراج فاقد 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 فاقد الضغط لكل متر طولي من المواسير لاستخراج قيم H_f بصورة مباشرة (كطريقة عملية).

فواقد الضغط في المحابس والقطع الخاصة

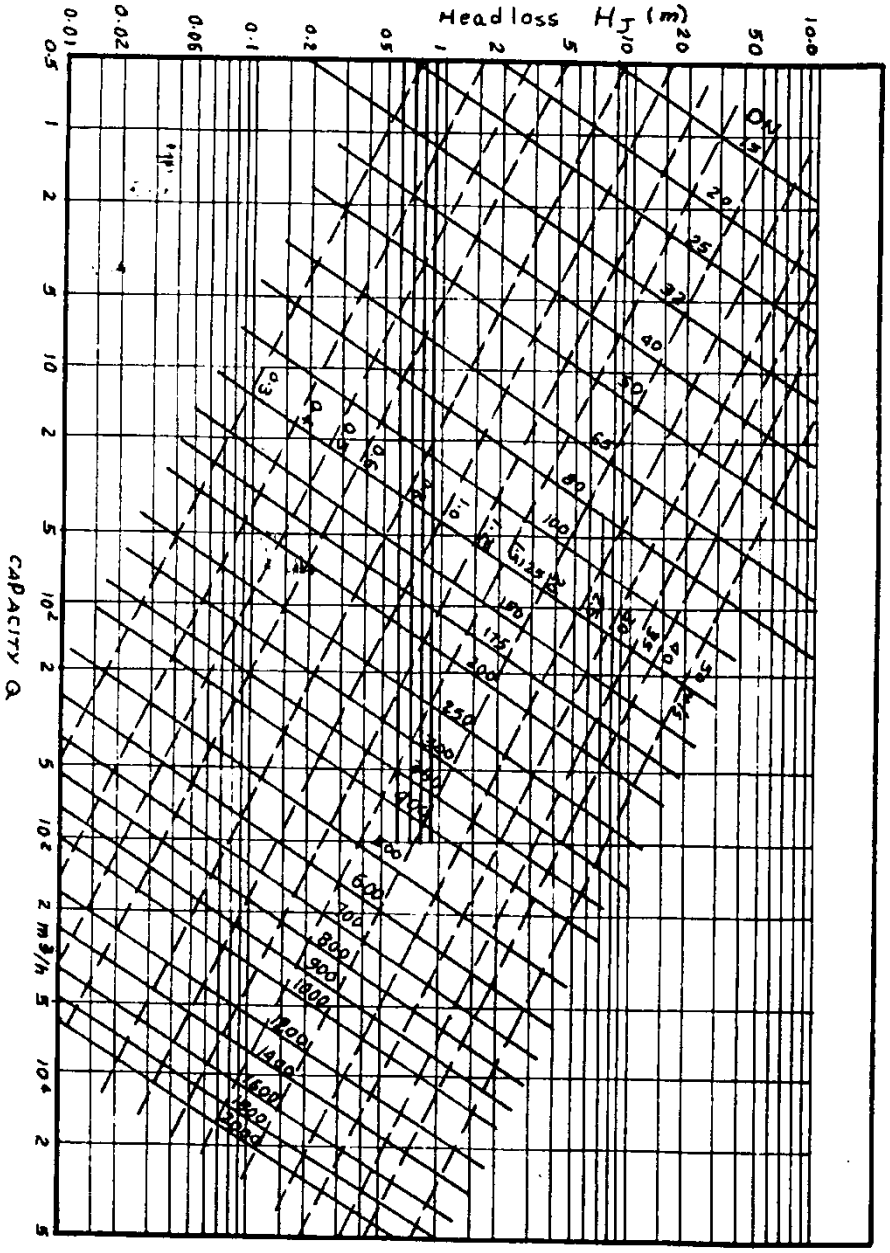
- بتطبيق نفس العلاقة السابقة في البند رقم(11-4-1) فإنه يمكن استخدام النومجرام المبين بالشكل رقم (34) لاستخراج قيمة فاقد الضغط H_f ومعامل الفقد في المحابس والقطع المخصوصة.
- النوموجرام الموضح بالشكل (35) يستخدم كتطبيق عملي ثان لهذه العلاقة.
- ويمكن عمليا أخذ فواقد الاحتكاك للقطع الخاصة -. ا % من فاقد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

فواقد الضغط للسوائل اللزجة في المواسير المستقيمة

يحسب فاقد الضغط للسائل اللزج (Viscous liquid) ذو الرقم التسلسلي H بعد الحصول على فاقد الضغط للمياه العذبة طبقا لما سبق توضيحه وذلك من العلاقة:

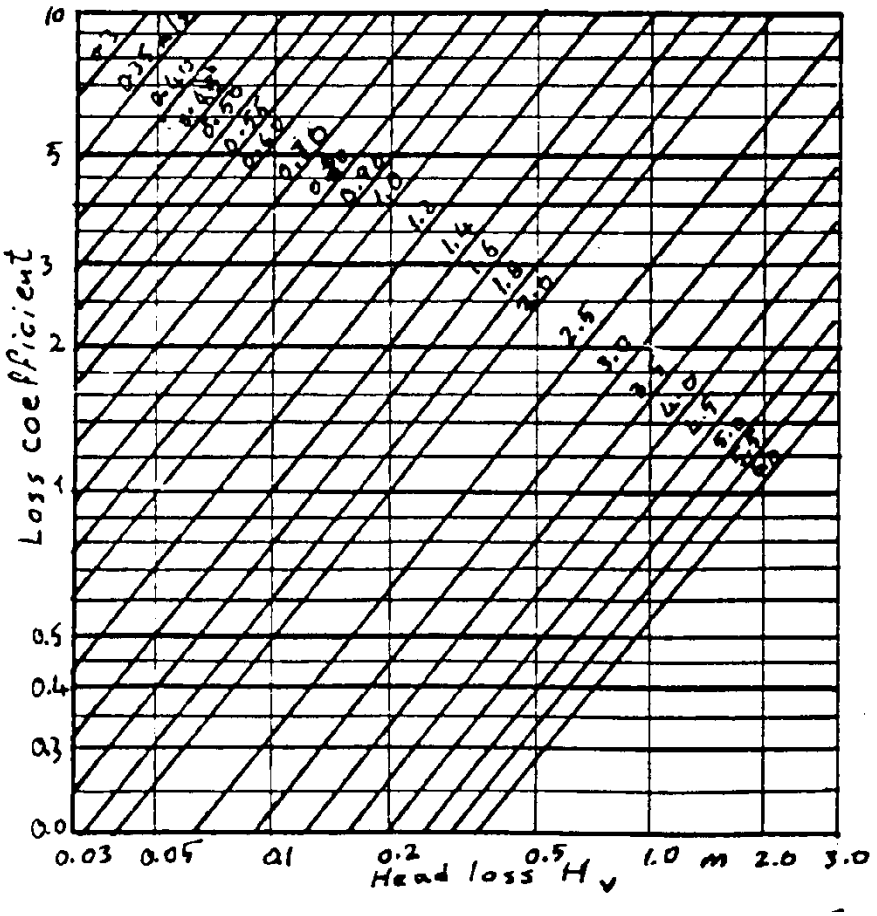
$$H_{jF_1} = \frac{\lambda_{H_1}}{\lambda_W} H_{jW} \qquad (66)$$

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

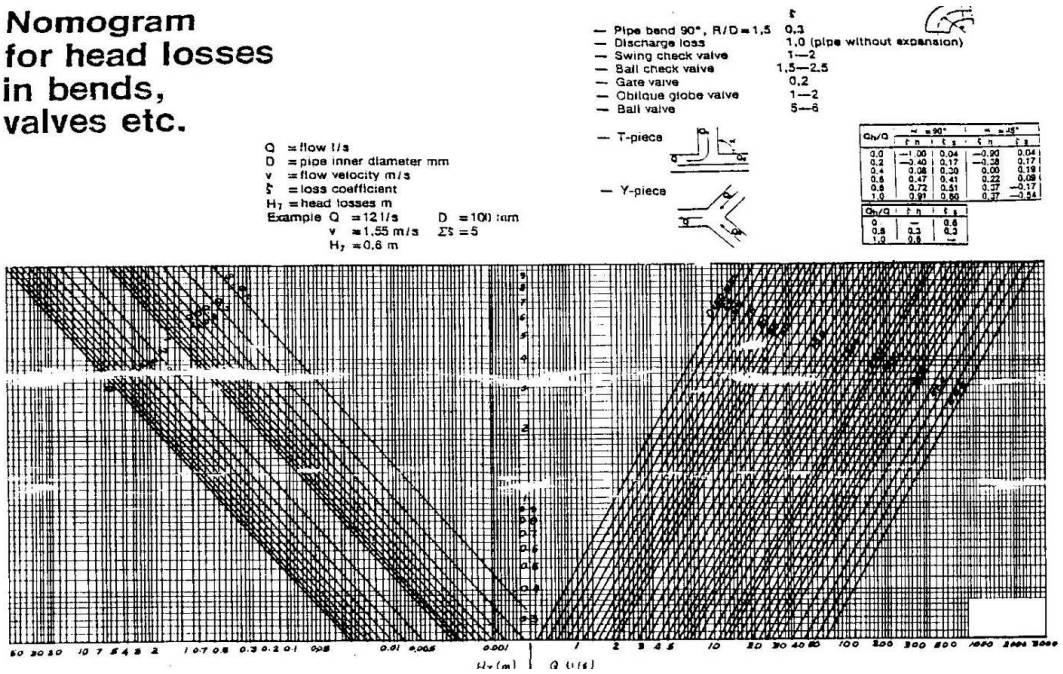


الشكل رقم (32) الفاقد في المواسير المستقيمة (حديد زهر) من قطر (15) الى (2000) داخلي وذلك لتصرفات من (5) الى (5000) متر في الساعة

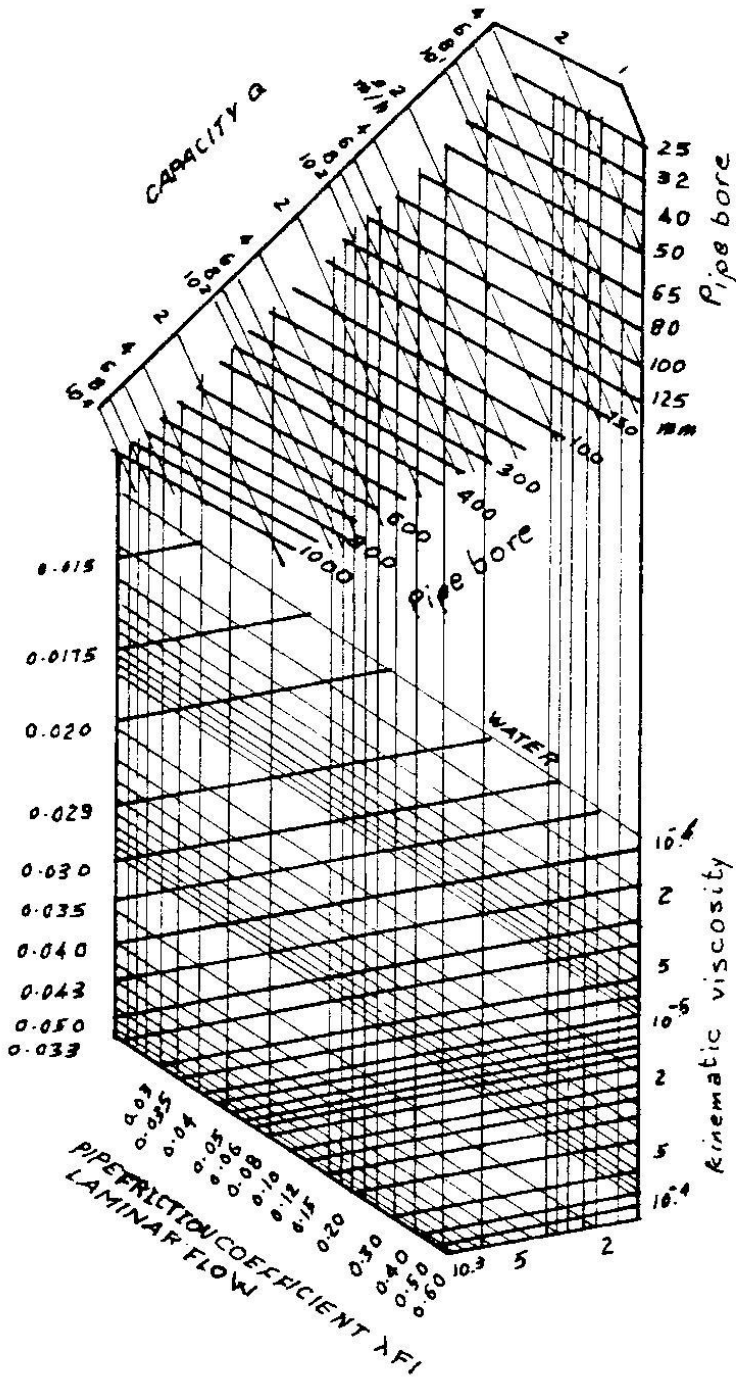
الشكل رقم (33) فاقد الضغط (HJ) لأنواع مختلفة من المواسير طبقا لمعامل خشونة السطح



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



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 υ للسائل)

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

حقوق الطبع محفوظة • الإدارة العامة للمسار الوظيفي – إدارة التدريب
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي

المراجع

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

مهندس / محمد غنيم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة
مهندس / محمد صالح	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة
مهندس / يسري سعد الدين عرابي	شركة مياه الشرب القاهرة
مهندس / عبد الحكيم الباز محمود	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس / محمد رجب الزغبي	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس / رمضان شعبان رضوان	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بسوهاج
مهندس / عبد الهادي محمد عبد القوي	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
مهندس / حسني عبده حجاب	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
مهندسة / إنصاف عبد الرحيم محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بسوهاج
مهندس / محمد عبد الحليم عبد الشافي	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالمنيا
مهندس / سامي موريس نجيب	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالغربية
مهندس / جويدة علي سليمان	شركة مياه الشرب بالأسكندرية
مهندسة / وفاء فليب إسحاق	شركة مياه الشرب والصرف الصحي ببني سويف
مهندس / محمد أحمد الشافعي	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
مهندس / محمد بدوي عسل	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بدمياط
مهندس / محمد غانم الجابري	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بدمياط
مهندس / محمد نبيل محمد حسن	شركة مياه الشرب بالقاهرة
مهندس / أحمد عبد العظيم	شركة مياه الشرب القاهرة
مهندس / السيد رجب محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة
مهندس / نصر الدين عباس	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بقنا
مهندس / مصطفي محمد فراج	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
مهندس / فايز بدر	المعونة الألمانية (GIZ)
مهندس / عادل أبو طالب	المعونة الألمانية (GIZ)