المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

قررت المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني تدريس هذه الحقيبة في " المعاهد الثانوية الفنية "

الإنشاءات المدنية

تقنية الإنشاءات المدنية

الصف الثاني

نسخة أولية ١٤٢٥هـ

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " تقنية الإنشاءات المدنية " لمتدربي قسم" الإنشاءات المدنية " للمعاهد الفنية للمراقبين الفنيين موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه، إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد

مادة تقنية الإنشاءات المدنية تعتبر من المواد الأساسية في قسم الإنشاءات المدنية ، حيث تختص بدراسة علوم المياه والصرف الصحي وكذلك تنفيذ المنشآت المدنية . وما تحتاجه من أسس ومواصفات قياسية لإتمام هذه الأعمال على الوجه التام مطابقا للمقاييس الهندسية المتعارف عليها . وقد احتوى هذا الكتاب على ستة أبواب دراسية اختصت بدراسة دورة المياه في الطبيعة ومصادرها ثم تلاه مقرر تنقية مياه الشرب وما تتضمنه التنقية من طرق المعالجة والتعقيم والتخزين . وأيضا مقرر معالجة مياه الصرف الصحي لما لهذا الموضوع من أهمية في حياتنا المعاصرة .

وكذلك ضمت الأبواب مقرر صيانة شبكات المياه والصرف الصحي . وبعد ذلك تم شرح أعمال ومعدات الطرق من خلال شرح لأنواع الرصف وتم التركيز على الرصف المرن وكذلك كيفية تصنيف التربة.

وأخيرا تناول الكتاب بالشرح عوامل السلامة على الطريق والضرورية لتنظيم حركة المرور وحفظ الأمن للمواطنين.

ومن هنا يتضح لنا أهمية هذا الكتاب ضمن تقنية الإنشاءات المدنية ، وقد بذل في جمع المادة العلمية في هذا الكتاب الجهد الكبير لإخراجه بما يليق بمستوى الطالب بالمعاهد الثانوية للمراقبين الفنيين لرفع مستوى المراقب فنيا وعلميا .

راجين من الله مزيدا من التقدم والازدهار لبلدنا الحبيبة في هذا المجال وكل المجالات الأخرى .

والله ولي التوفيق

تقنية الإنشاءات المدنية

مقدمة

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الهدف الموضوعي

أن يتعرف المتدرب على دورة المياه في الطبيعة ومصادر المياه وأهمية ترشيد استهلاك المياه.

موضوعات الباب

١ -١	مقدمة
١ -٢	دورة المياه في الطبيعة
١ -٣	مصادر المياه
١ -٤	ترشيد استهلاك المياه

عدد ساعات التدريب ٣ ساعات

١ – ١ مقدمة

إن الجميع يدركون مدى أهمية الماء في حياة الإنسان والله سبحانه وتعالى ربط وجود الحياة بوجود الماء وقد ذكر ذلك في كتابه العزيز في آيات قرآنية كثيرة تبين أهمية الماء للإنسان

{وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيَاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ وَأَنزَلْنَا مِنْ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا(٤٨)لِنُحْيِيَ بِهِ بَلْدَةً مَيْتًا وَنُسْقِيَهُ مِمَّا خَلَقْنَا أَنْعَامًا وَأَنَاسِيَّ كَثِيرًا(٤٩)} (سورة الفرقان)

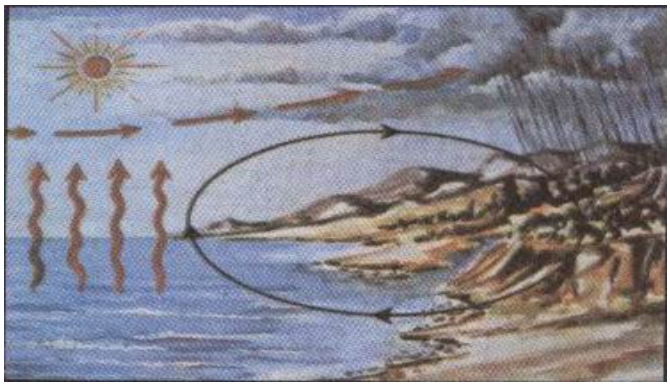
{وَأَرْسَلْنَا الرِّيَاحَ لَوَاقِحَ فَأَنْزَلْنَا مِنْ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ(٢٢)} (سورة الحجر)

فالماء هو أهم عنصر وجد على هذه الأرض ووجد الإنسان نفسه يلهث وراء الماء أين ما وجد ليستخدمه في الزراعة ، الصناعة ، السقاية ومختلف الأغراض الأخرى.

ولقد اهتم الإنسان اليوم أكثر من أسلافه وأخذ يتعمق في كشف خصائصه وعرف أن جزئ الماء يتكون من ذرة واحدة من الأكسجين وذرتين هيدروجين (H_2O) واستطاع أن يحصل على الماء من الهواء وابتكر علما يعتني بشئون المياه يسمى الهيدرولوجيا (علم الماء) وهو علم يهتم بدراسة الماء في جميع حالاته الثلاثة الصلبة و السائلة والغازية فكلمة لوجيا تعني علم وما قبلها هو صفة اسم ذلك العلم مثال ذلك الجيولوجيا هو علم طبقات الأرض.

١ – ٢ دورة المياه في الطبيعة :

وهي الدورة التي تبدأ من تبخر المياه من المحيطات والأنهار والبحيرات وتصاعد هذا البخار إلى طبقات الجو العليا ثم يتكثف هذا البخار نتيجة لانخفاض درجات الحرارة بطبقات الجو العليا مكونا السحب الصغيرة وبزيادة درجة البرودة تتجمع السحب وتزداد في الحجم والكتلة وتبدأ بالسقوط على سطح الأرض بشكل أمطار وهكذا تعود نفس الدورة إلى تكرار نفسها أي أنه يمكن القول بأنه لا توجد لها بداية أو نهاية. انظر شكل رقم (١ – ١).



شكل رقم (١ – ١) دورة المياه في الطبيعة

١ – ٣ مصادر المياه

١ – ٣ – ١ مصادر المياه الأساسية :

١ – الأمطار

يعتبر سقوط الأمطار والثلوج المصدر الرئيسي لكل مصادر المياه الأرضية. ويختلف معدلها حسب فصول السنة. وتعتبر المملكة العربية السعودية من البلدان الضئيلة في سقوط الأمطار حيث يتراوح المتوسط السنوي للمطر في المنطقة الوسطى مثلا بين ٨٥ – ١١٠ ملم في السنة ويكون معظمه في الفترة من شهر ديسمبر وحتى شهر مارس ويقل المطر قليلا في الجزء الشمالي الشرقي.

أما أوضاع المطر في جبال الحجاز ومنطقة عسير فهي مختلفة تماما. فالأمطار في هذه المناطق على نوعين قارية في الشتاء وموسمية في الصيف. وتبلغ حدودها العليا في الربيع والخريف. ويتجاوز المعدل السنوي للمطر ٣٠٠ ملم في هذه الجبال وتعتبر المنطقة الغربية غنية بسقوط الأمطار عن المنطقة الشرقية.

٢ – الأنهار

تتكون من مياه الأمطار والثلوج الذائبة التي تسقط على قمم الجبال وتسيل على الأرض في اتجاه انحدارها مكونة مجرى مائي ينساب إلى الوديان. وتعتبر المملكة إجمالا لا يوجد بها أنهار. وذلك لعدم انتظام سقوط الأمطار بصفة مستمرة على قمم الجبال. ولذلك تتسرب الأمطار المتفرقة إلى باطن الأرض من خلال حبيباتها مكونة مخزون المياه الجوفية.

٣ – المياه الجوفية والآبار الارتوازية

عندما تتسرب المياه السطحية للأمطار والأنهار إن وجدت من خلال حبيبات التربة وتختزن في باطن الأرض يطلق عليها المياه الجوفية وقد تظهر المياه الجوفية على شكل عيون أو آبار وتمشيا مع جيولوجية المملكة فإننا نقسمها إلى قسمين كبيرين هما :

أ – منطقة صخور القاعدة المركبة

وتشمل المنطقة الغربية على ساحل البحر الأحمر التي تعتمد على هطول الأمطار وتسربها وتخزينها أسفل الصخور.

ب – منطقة الصخور الرسوبية

وتشمل المنطقة الوسطى والشرقية من المملكة وتعتمد على تخزين المياه بين طيات طبقات حاملة للمياه بكميات كبيرة تختلف من منطقة إلى أخرى.

وإذا أخذنا قطاعا في الجزء العلوي للقشرة الأرضية يتضح لنا تعاقب الطبقات المختلفة حتى الوصول إلى منطقة التشبع وهي :

- منطقة التهوية وهي المنطقة التي تملأ مساماتها بالهواء ويتخللها الماء بالخاصية الشعرية.
- منطقة التشبع وهي منطقة الماء الأرضي التي يملأ الماء فيها جميع الفراغات بين الحبيبات.
- القاع الصخري وهو الجزء المصمت الذي يحجز الماء فوقه. انظر شكل رقم (١ – ٢)

شكل رقم (١ – ٢) قطاع في الجزء العلوي للقشرة الأرضية

١ – ٣ – ٢ مصادر المياه الثانوية

تحلية مياه البحر

ظهرت فكرة تحلية المياه المالحة بالمملكة العربية السعودية عندما واجهت بعض المدن الساحلية على ساحل البحر الأحمر نضوب المياه الجوفية التي كانت محدودة في بعض الآبار. وكان لقلة مياه الأمطار أثره في شح المياه الجوفية. ومن هنا أصبحت الحاجة ماسة لإيجاد مورد آخر للمياه فبزغت فكرة تكنولوجيا التحلية. وكانت أول محطة تحلية بالمملكة العربية السعودية على ساحل البحر الأحمر في مدينتي الوجه وضبا بطاقة إنتاجية ٦٠ ألف جالون/اليوم. ثم تعددت بعد ذلك محطات التحلية إلى أن بلغ إنتاج محطات التحلية عند نهاية عام ١٩٨٥م إلى ٥٧٠ مليون جالون/اليوم. ويعتبر أهم مراحل تنقية مياه البحر تقليل نسبة الأملاح بها حتى يمكن استعمالها في الزراعة والصناعة. وتتلخص عملية التحلية في تقطير الماء بالتبخير ثم تحويل البخار إلى ماء مقطر بتعرضه لدرجات حرارة منخفضة أو ضغوط عالية. وتوجد طرق أخرى مستعملة بالمملكة منها طريقة التحليل الكهربائي وطريقة الأغشية وطريقة الأقطاب الكهربائية.

وتوجد طرق أخرى للحصول على مصادر ثانوية للمياه كمعالجة مياه المجاري واستخدامها في الزراعة والصناعة دون الشرب والاستحمام وكذلك إنتاج المطر الصناعي واستخدام الثلوج القطبية وليس المجال في دراسة هذه المصادر الآن.

١ – ٤ ترشيد استهلاك المياه

قال تعالى { وَجَعَلْنَا مِنْ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ } سورة الأنبياء – آية (٣٠).

الماء من أهم المصادر الطبيعية التي تلزم الحياة البشرية ، وتعد المياه في المملكة بحكم ظروفها المناخية والبيئية أكثر الموارد الطبيعية أهمية ، وتعد ندرة المياه العذبة في المملكة من بين أهم المعوقات التي تواجه التنمية الاقتصادية والاجتماعية.

وقد أدت الزيادة الكبيرة في الطلب على المياه سواء فيما يتعلق بالقطاع الزراعي ، أو الاستعمالات المنزلية والصناعية الناتجة عن النمو السكاني وارتفاع مستوى المعيشة ومعدل استهلاك الفرد ، أدى ذلك إلى ضرورة اتخاذ الإجراءات اللازمة لتخفيض كميات المياه التي تستهلكها الزراعة ، وكذلك الترشيد في استخدامها بالنسبة للاستخدام المنزلي.

وتقوم حكومة المملكة العربية السعودية بجهود جبارة في تأمين المياه العذبة للسكان في كافة أرجاء المملكة ، فأنشأت عددا من المحطات لتحلية مياه البحر ، وإيصالها إلى المدن الرئيسية ، فقد بلغ عدد محطات التحلية حوالي (٢٧) محطة بلغ إنتاجها حوالي ٥٧٣ مليون جالون من المياه يوميا عام ١٤١٩ هـ ، كما قامت بحفر العديد من الآبار في الأعماق السحيقة ، وتمديد شبكات المياه للسكان ، وإنشاء أكثر من ١٨٤ سدا للمحافظة على منسوب المياه ، وقد صرفت الدولة على المشاريع المائية الشاملة حوالي ١٧ مليار ريال ، وتقدر نسبة مياه التحلية بحوالي ٤٦ ٪ من مجموع احتياجات المملكة من المياه العذبة وحوالي ٧٠ ٪ من احتياجات المدن الرئيسية. ولا زالت الدولة تواصل مشاريعها العملاقة في تأمين المياه العذبة ، والاستمرار في صيانة هذه المشروعات.

لذا ينبغي علينا نحن المواطنين أن نقدر جهود الدولة في هذا المجال ، من خلال عدم الإسراف في استخدام المياه ، واتباع الوسائل الحديثة في الترشيد في استخدامها لأنها ثروة غالية وباهظة الثمن.

إن الترشيد في استخدام هذه الثروة واجب ديني ووطني ، فضياع قطرة في كل ثانية يؤدي إلى إهدار حوالي (٤٨٠٠٠) لتر ماء سنويا.

وفيما يلي عرض لبعض مظاهر الإسراف في استخدام المياه :

- ترك الصنابير مفتوحة في المنزل أو المسجد أو المدرسة.
- غسل السيارات بالمياه العذبة.
- المبالغة في استهلاك كميات كبيرة من المياه في الغسيل والاستحمام.
- ري الحدائق المنزلية بواسطة صنابير تستهلك كميات كبيرة من المياه.
- .....
- .....

تقنية الإنشاءات المدنية

تنقية مياه الشرب

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الهدف الموضوعي

أن يتعرف المتدرب على مراحل تنقية المياه وتعقيمها ثم تخزينها والطرق المتبعة في ذلك .

موضوعات الباب

٢ -١	تمهيد
٢ -٢	الغرض من التقية
٢ -٣	التصفية
٢ -٤	مراحل المعالجة الأولية
٢ -٥	نظرية التناضح العكسي
٢ -٦	التعقيم
٢ -٧	التخزين

عدد ساعات التدريب ١٢ ساعة

٢ - ١ تمهيد

يعتبر الماء ثاني أهم عنصر في الحياة بعد الهواء وبدونه لا يمكن للحياة أن تستمر ، كما أن الماء يشكل حوالي ٦٥٪ من مكونات جسم الإنسان بشكل أو بآخر . وللماء استعمالات كثيرة في حياتنا فهو يستخدم للشرب والطبخ والغسيل والاستحمام وتنظيف المنازل والشوارع ، كما يستخدم للتدفئة والتبريد (تكييف الهواء والتبريد في الصناعة) .

ويستخدم بكميات كبيرة للصناعة والزراعة ولإطفاء الحريق . أما المصادر التي نحصل منها على مياه الشرب فهي متعددة فمنها الأنهار والبحيرات والينابيع والسدود المصنوعة لتخزين مياه الأمطار والآبار الجوفية ومن مياه البحر المحلاة . وفي المملكة العربية السعودية مثلاً هناك اختلاف من منطقة إلى أخرى من حيث مصادر مياه الشرب فيها ، فهناك مناطق تعتمد على مياه البحر المحلاة وذلك في المدن الكبرى كالرياض وجدة والدمام ومكة المكرمة وهناك مناطق أخرى تعتمد على مياه الآبار الجوفية أو السدود للحصول على المياه .

٢ - ٢ الغرض من التنقية

أصبح من النادر جداً أن توجد المياه في الطبيعة جاهزة للاستعمال ، فمياه الأمطار تختلط ببعض الغازات قبل نزولها إلى سطح الأرض ، كما أنها بعد نزولها ستختلط بالأملاح الموجودة في الأرض (كالحديد ، المنجنيز ، الرصاص ، الزنك) والتي ستذوب فيها ، ناهيك عن بعض أنواع البكتريا الضارة وبعض المواد السامة التي يستوجب التخلص منها حتى تصبح المياه صالحة للشرب . كما أن هناك ما يسمى بعسر الماء ، فالماء العسر هو الذي يحتوي على نسبة عالية من أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم والحديد والألمنيوم ، مما يجعله غير صالح حتى للاستعمال في مجال الصناعة . ومما سبق فإنه يستوجب أن تمر المياه المراد استخدامها خلال مراحل تنقية للتخلص مما تحتويه من المواد العضوية والميكروبيولوجية والترسبات السامة وكذلك التخلص من الأملاح المذابة إلى الحدود المسموح بها في المواصفات .

مواصفات منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب (١٩٨٤م)

الخاصية أو المادة	الوحدات	أعلى حد
المواد الصلبة الذائبة TDS	ملجم/لتر	١٠٠٠
اللون	TCU	١٥
الشفافية	NTU	٥
الطعم		مستساغ
الرائحة		مقبولة
الحديد (Fe)	ملجم/لتر	٠,٣
المنجنيز (Mn)	ملجم/لتر	٠,١
الصوديوم (Na)	ملجم/لتر	٢٠٠,٠٠
مجمع المواد المسببة للعسر TH	ملجم/لتر	٥٠٠,٠٠
الكبريتات (SO4)	ملجم/لتر	٤٠٠,٠٠
الكلوريدات (CI)	ملجم/لتر	٢٥٠,٠٠
النترات (NO3)	ملجم/لتر	٤٤,٣
النحاس (CU)	ملجم/لتر	١,٠
الخارصين (Zn)	ملجم/لتر	٥,٠
الألومنيوم (Al)	ملجم/لتر	٠,٢
السيانيد (Cn)	ملجم/لتر	٠,١
الزرنيخ (As)	ملجم/لتر	٠,٠٥
الكادميوم (Cd)	ملجم/لتر	٠,٠٠٥
الكروم (Cr)	ملجم/لتر	٠,٠٥
الرصاص (Pb)	ملجم/لتر	٠,٠٥
الزئبق (Hg)	ملجم/لتر	٠,٠٠١
الأس الهيدروجيني		٦,٥ - ٨,٥
بكتيريا Faecal Coliforms	عدد في ١٠٠ مل	صفر
بكتيريا Coliforms	عدد في ١٠٠ مل	< 3

جدول رقم (٢ - ١)

المواصفات السعودية

الخاصية أو المادة	لمياه الشرب غير المعبأة		لمياه الشرب المعبأة
	أعلى حد مرغوب ملجرم/لتر	أعلى حد مسموح به ملجرم/لتر	أعلى حد مسموح به ملجرم/لتر
اللون	٥ وحدات	٥٠ وحدة	—
الشفافية	JTU 5	JTU 25	—
الأس الهيدروجيني	٧	٨,٥	٨,٥ — ٦,٥
مجموع الأملاح الذائبة TDS	٥٠٠	١٥٠٠	٥٠٠
النحاس	٠,٠٥	١,٥	١,٠
الحديد	٠,١	١,٠	٠,٠٣
المغنيسيوم	٣٠	١٥٠	٣٠
المنجنيز	٠,٠٥	٠,٥	٠,٠٥
الكبريتات	٢٠٠	٤٠٠	٢٥٠
زنك	٥	٥	٥
كالسيوم	٧٥	٢٠٠	٧٥
الكلوريدات	٢٠٠	٦٠٠	٢٥٠
كربونات الكالسيوم	١٠٠	٥٠٠	١٠٠
بكتيريا	٠,٠٠١	٠,٠٠٢	٠,٠١
السيانيد	—	٠,٠٥	٠,٠٥
الزئبق	—	٠,٠٠١	٠,٠٠١
سيلينيوم	—	٠,٠١	٠,٠١
رصاص	—	٠,١	٠,٠٥
كروم	—	٠,٠٥	٠,٠٥
باريوم	—	٠,١	٠,١
فضة	—	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥
نترات	٢٠	٤٥	٢٠
فلورايد	—	١	١

جدول رقم (٢ - ٢)

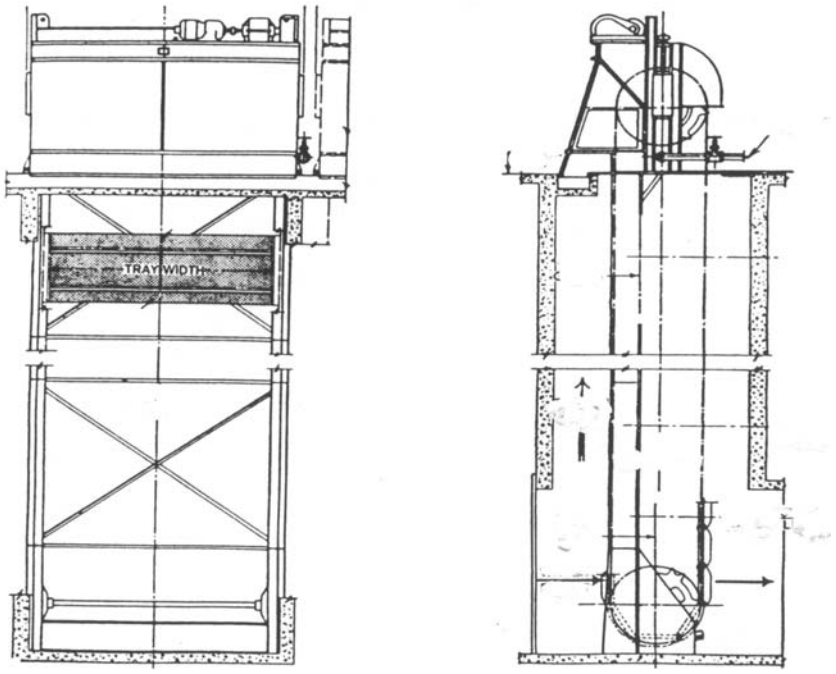
ويمكن تلخيص عملية تنقية المياه في العبارة التالية :

هي جعل المياه صالحة للشرب بإزالة المواد العالقة والذائبة بها والتخلص من اللون والرائحة منها لتصبح مقبولة المذاق والرائحة والمنظر .

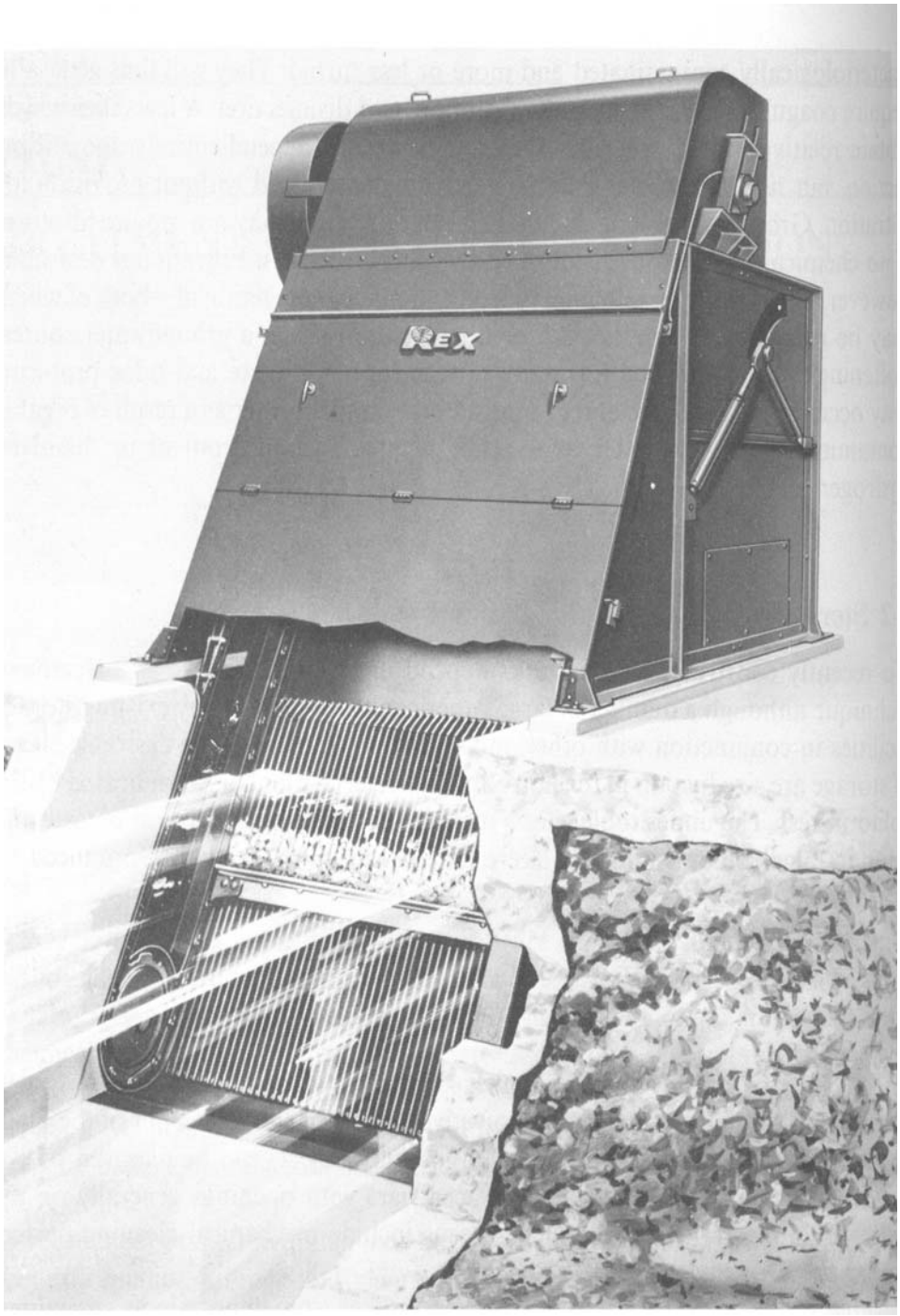
٢ - ٣ التصفية Screens

قبل دخول الماء إلى محطة المعالجة لابد من إجراء عملية تصفية للماء للتخلص من المواد الطافية والعالقة وذلك بإمرارها داخل مصاف تحتوي على ألواح مثقبة وعلى شبك من الأسلاك بفتحات صغيرة تتراوح فتحاتها ما بين (٠,٥ – ٥ مم) .

مع العلم بأن هذه المصافي مزودة بنظام تنظيف ذاتي مستمر وذلك لمنع انسداد تلك الفتحات الصغيرة . والشكلان رقم (٢ - ١) ورقم (٢ - ٢) يوضحان نوعين من أنواع المصافي المستخدمة في محطات التنقية .



الشكل رقم (٢ - ١) المصافي اللفافة



الشكل رقم (٢ - ٢) المصافي الميكانيكية

٢ - ٤ مراحل المعالجة الأولية

٢ -٤ -١ مرحلة التبريد (التبريد والتهوية)

تبريد المياه الخام الواردة من الآبار إلى محطات التنقية هي أول عملية من عمليات المعالجة التي تجرى على المياه في جميع المحطات التابعة للمصلحة .

ترى لماذا يتم تبريد المياه الخام ؟ وكيف تتم هذه العملية ؟ وما هي وظائف أبراج التبريد وطريقة عملها وتركيبها والغرض الأساسي من إنشائها ؟ .

سنحاول في هذا الفصل الإجابة على تلك التساؤلات بالتفصيل .

أولاً: وظائف أبراج التبريد والتهوية والغرض الأساسي من إنشائها :

نظراً لأن المياه الخام الواردة للمحطات يتم ضخها من آبار منجورية عميقة تتراوح درجة حرارتها من (٦٠م^{o} إلى ٧٥م^{o}) وهي درجة عالية لا تتناسب مع خطوات المعالجة – فكان لابد من وجود وسيلة لتبريد هذه المياه وتخفيض درجة حرارتها إلى حوالي ٣٠م^{o} وهي الوظيفة الأساسية لأبراج التبريد بالإضافة إلى ذلك فإنه يستفاد من أبراج التبريد بالقيام بعملية التهوية وهي عملية تلامس الهواء مع الماء للحصول على **النتائج التالية :**

١) التخلص من بعض الغازات الذائبة في الماء مثل غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان وغاز كبريتيد الهيدروجين .

٢) زيادة نسبة غاز الأكسجين الذائب في الماء .

٣) أكسدة المنجنيز وترسيبه على شكل أكسيد المنجنيز وكذلك أكسدة ما يتبقى من غاز كبريتيد الهيدروجين مما يساعد على التخلص التام منه .

ثانياً: تركيب أبراج التبريد والتهوية :

تتركب أبراج التبريد من الأجزاء الآتية :

أ) منشأ خشبي مثبت على كمرات حديدية وبه مجموعة من فتحات التهوية عبارة عن ألواح متعرجة مثبتة على جانب البرج بطريقة تسمح بمرور الهواء بينها من أسفل إلى أعلى وفي نفس الوقت لا تسمح بخروج رذاذ الماء المتدفق من أعلى إلى أسفل .

ب) مجموعة من الفوهات (Nozzles) مصنوعة من البلاستيك ومثبتة في حوض التوزيع الموجود على السطح العلوي للبرج تقوم بتوزيع المياه على سطح المبرد بطريقة متساوية وعلى شكل رذاذ لضمان زيادة المساحة السطحية لجزيئات الماء مما يؤدي إلى الاختلاط الجيد للهواء مع قطرات الماء وزيادة كفاءة التبريد .

جـ) حوض تجميع المياه بعد التبريد أسفل المنشأ الخشبي مبني من الخرسانة المسلحة ومبطن بطبقة من العازل للحماية ويتم تجميع المياه به بالإضافة إلى تجميع الحديد الذي تم أكسدته وتحويله إلى رواسب صلبة ليتم التخلص منها يدوياً .

د) مروحة الهواء وهي موجودة على السطح العلوي للبرج .

هـ) أنبوب تغذية البرج بالمياه الخام .

و) صمام التفريغ أسفل حوض تجميع المياه المبردة وهو صمام يدوي يستخدم في حالة إجراء نظافة للحوض والتخلص من الرواسب المجتمعة به .

الشكل رقم (٢ - ٣) أبراج التبريد والتهوية

ثالثاً طريقة عمل أبراج التبريد والتهوية :

تندفع مياه الآبار إلى المبردات من خلال الأنابيب الصاعدة لتصل حوض التوزيع بأعلى المبرد ، ثم يتم توزيع المياه بالتساوي عبر الفوهات البلاستيكية المركبة على سقف حوض التوزيع حيث يتم نثر المياه على شكل رذاذ لجعل مساحة تعرض المياه مع الهواء أكبر للحصول على أعلى كفاءة لخفض درجة الحرارة وإزالة الغازات المذابة وكذلك إذابة الأكسجين في الماء . .يتم بعد ذلك نزول المياه إلى أحواض تجميع في أسفل المبردات بعد أن كانت قد انخفضت حرارتها لترسل إلى المرسبات (المروقات عن طريق قناة خرسانية) .

٢ -٤ -٢ مرحلة الترسيب (الترويق)

بعد خروج المياه الخام من أبراج التبريد تأتي المرحلة الثانية من مراحل المعالجة الأولية وهي المرسبات أو المروقات (Precipitators) .والترويق يعتبر من أقدم طرق معالجة المياه ويقصد به أساساً تخليص المياه من المواد العالقة والمواد الغروية التي تعكر المياه وتسبب تغيير لونها .

أولاً: وظيفة المرسبات :

تتلخص وظيفة المرسبات في ثلاث نقاط رئيسية هي :

١) التخلص من العوالق الصلبة (Suspended Solids) الموجودة بالمياه والتي تتسبب في تغيير لونها وهو ما يسمى بالعكارة مثل : الرمال ، الطين ، الطمي وكذلك الأحياء الدقيقة مثل: البكتيريا والطحالب .

٢) التخلص من الجسيمات الصغيرة من الغرويات والتي لا يمكن فصلها إلا بواسطة التخثر لصغر حجمها إلى الحد الذي لا يجعلها تترسب بفعل الجاذبية الأرضية .

٣) التخلص من الأملاح الذائبة في الماء والتي تسبب عسر الماء (Water Hardness) وهي أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم الذائبة في الماء وتسمى بالتيسير (Water Softening) .

ولكي تتمكن المرسبات من أداء هذه الوظائف الثلاث فإن هناك العديد من العمليات الفيزيائية والكيميائية تتم بها وهذه العمليات هي :

١) التخثر . Coagulation

٢) التدمج . Flocculation

3) الترسيب . Sedimentation

٤) التيسير . Softening

١) التخثر Coagulation

وهي عملية كيميائية تعتمد على تحويل الجسيمات الغروية ذات الأقطار الأقل من (٠,٠٠١ ملم) والجسيمات العالقة ذات الأقطار بين (٠,٠٠١ – ٠,١ ملم) إلى جسيمات أكبر ترى بالعين المجردة وتصل أقطارها إلى ١ ملم ، وذلك بإضافة مواد مخثرة (Coagulants) إلى المياه مثل :

- **ألومينات الصوديوم ($NaAlO_2$)** : Sodium Aluminates
- **كلوريد الحديدك** ($FeCl_3$) : Ferric Chloride

٢) التدمج Flocculation

وهي عملية فيزيائية يتم من خلالها تجميع أو دمج الجسيمات الصغيرة إلى تجمعات أكبر بحيث يسهل ترسيبها بفعل الجاذبية ويتم ذلك بعمل تقليب بطيء للماء بواسطة مروحة التقليب الموجودة في مركز المرسب مما يساعد على تلامس الجسيمات مع بعضها كذلك يتم إضافة مساعدات التخثير مثل البوليمرات والتي تساعد على جعل عملية تجمع الجزيئات تتم بشكل سريع مكونة تجمعات كبيرة الحجم تكون قادرة على الترسب بفعل الجاذبية .

٣) الترسيب Sedimentation

وهي عملية فيزيائية أيضاً يتم من خلالها ترسيب التجمعات التي تكونت بفعل عمليات التخثير والتدمج إلى أسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية مكونة ما يسمى بالحمأة (Sludge) في الجزء الأسفل من المرسب وتاركة الماء المروق في الجزء العلوي من المرسب .

٤) التيسير Softening

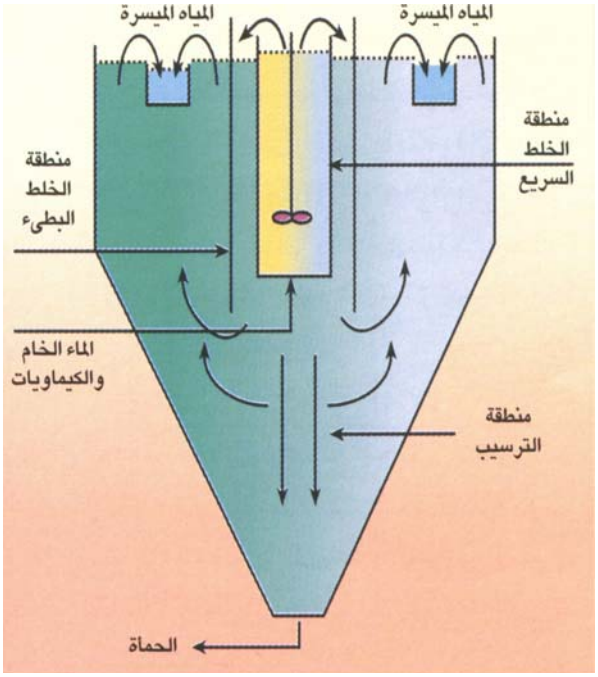
وهي عملية كيميائية يتم من خلالها التخلص من أملاح العسر المؤقت والدائم وذلك بإضافة كل من:

أ) الجير : $Ca(OH)_2$ - (Calcium Hydroxide) .

ب) الصودا : Na_2CO_3 - (Sodium Carbonate) .

حيث يتفاعل الجير مع أملاح العسر المؤقت (بيكربونات الكالسيوم والماغنيسيوم) مكوناً نواتج نهائية من كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنيسيوم وهما على شكل رواسب صلبة غير ذائبة يتم التخلص منها مثل باقي الرواسب بالتخثير والترسيب كما سبق شرحه ، بينما تتم إضافة الصودا لكي

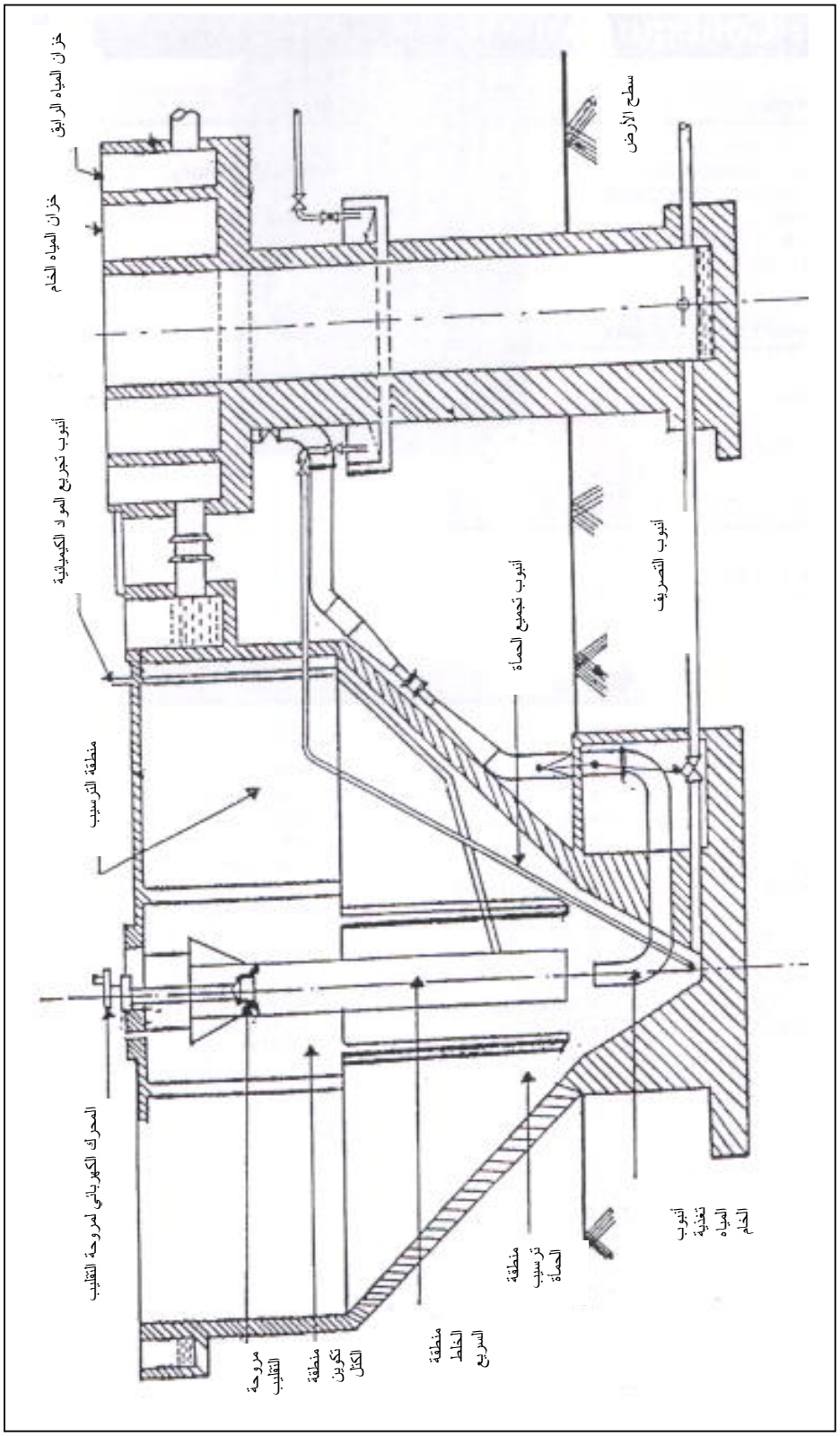
تتفاعل مع أملاح العسر الدائم وهي كبريتات وكلوريدات الكالسيوم مكونة رواسب من كربونات الكالسيوم التي يتم التخلص منها بنفس الطريقة السابقة .



الشكل رقم (٢ - ٤) مفاعل التيسير المستخدم للمعالجة بواسطة الترسيب

ثانياً: تركيب المرسب

المرسب عبارة عن منشأ خرساني ذي شكل مخروطي يتم تغذيته بالمياه عن طريق أنبوب أسفل المرسب حيث يجري خلطه بواسطة مروحة التقليب مع المواد الكيميائية التي يتم تجريعها من خلال أنابيب خاصة وهي الجير والصودا والبوليمر .


خزان المياه الرائق
خزان المياه الخام
أنبوب تخريج المواد الكيميائية
منطقة الترسيب
المحرك الكهربائي لمروحة التقليب
مروحة التقليب
منطقة تكوين الكتل
منطقة الخلط السريع
منطقة ترسيب الحمأة
أنبوب تغذية المياه الخام
أنبوب تجميع الحمأة
أنبوب التصريف
سطح الأرض

الشكل رقم (٢ – ٥)

٢ -٤ -٣ مرحلة الترشيح

يعتبر الترشيح أحد الأسس الرئيسية لتنقية المياه وينتشر بشكل واسع في جميع استخدامات المياه قديماً وحديثاً ويتم ذلك بعد خروج المياه من المرسبات تأتي المرحلة الثالثة من مراحل المعالجة الأولية وهي مرحلة المرشحات الرملية .

أولاً: وظيفة المرشحات

الغرض الأساسي لترشيح المياه هو تحسين نوعيتها من حيث اللون والطعم والرائحة والتخلص من المصادر التي تؤدي إلى ظهور العكارة وذلك من خلال ثلاث وظائف رئيسية هي :

أ) التخلص من المواد الناعمة الغروية العالقة بالمياه والتي بقيت فيها بعد مرورها بعملية الترسيب .

ب) القضاء على معظم البكتيريا التي قد توجد في المياه .

جـ) التخلص من بقايا نواتج التفاعلات الكيميائية الخاصة بإزالة العسر والتي انتقلت مع المياه بعد خروجها من المرسبات مثل كربونات الكالسيوم ($CaCO3$) .

ولكي يتم تحقيق هذه الوظائف فلابد من إمرار المياه خلال طبقة مسامية تسمى وسائط الترشيح وغالباً تكون هذه الطبقة من الرمل والحصى الناعم وأحياناً تكون من الفحم المسحوق بمقاسات متدرجة وأحياناً أخرى تكون من الجرانيت ومن الخصائص التي تتميز بها المادة المرشحة هو عدم تغير خواصها الفيزيائية والكيميائية أثناء عملية الترشيح .

ثانياً : آلية المرشح

لكي تتمكن المرشحات من أداء الوظائف السابق ذكرها فإنه يتم بها عدة عمليات فيزيائية وكيميائية وهي :

أ) التصفية الميكانيكية Mechanical Straining

تتم التصفية الميكانيكية على سطح المرشح ولا تتعلق بسرعة جريان الماء في المرشح وهي تحدث عندما لا تستطيع الشوائب ذات الأحجام الكبيرة أن تمر بين مسامات رمل المرشح .

ب) الترسيب على سطوح حبيبات الرمل

تترسب المواد العالقة على سطوح حبيبات رمل المرشحات في مختلف الأعماق وأكبر جزء فعال من هذه الأسطح هو الجزء المتجه إلى الأعلى من سطح حبة الرمل ولا يوجد به تماس مع حبيبات الرمل الأخرى . حيث تعمل هذه الأسطح كأحواض ترسيب صغيرة تقوم باحتجاز المواد العالقة الدقيقة والبكتيريا التي يمكن حجزها على سطح المرشح بالتصفية الميكانيكية .

جـ) الالتصاق

يوجد حول كل حبة من حبات الرمل مجال جذب والتصاق يؤثر على الشوائب الموجودة بالمياه المحيطة بحبة الرمل والموجودة تحت تأثير هذا المجال حيث يعمل على التصاقها بحبات الرمل وتسمى هذه الظاهرة بالتجاذب الفيزيائي أو الالتصاق .

د) التفاعلات الكيميائية

أهم التفاعلات الكيميائية التي تتم على أسطح رمال المرشحات هي أكسدة المواد العضوية وأكسدة الحديد والمنجنيز مما يؤدي إلى تحويل الشوائب الموجودة في الماء إلى مواد بسيطة غير مؤذية أو إلى مركبات غير ذائبة تنفصل عن الماء بواسطة التصفية والترسيب والالتصاق وعموماً فالتفاعلات الكيميائية لا تشكل أهمية كبرى في آلية عمل المرشحات مقارنة بالعمليات الفيزيائية السابق ذكرها .

هـ)النشاط البيولوجي :

خلال مدة بقاء الماء في المرشح فإن الجراثيم الموجودة تلتصق بأسطح الحبيبات الرملية وتنمو وتتكاثر متغذية بالمواد العضوية وغير العضوية الموجودة هناك وبالتالي تتحول المواد العضوية إلى أمونيا ثم إلى نترات وفي النهاية إلى أملاح عضوية.

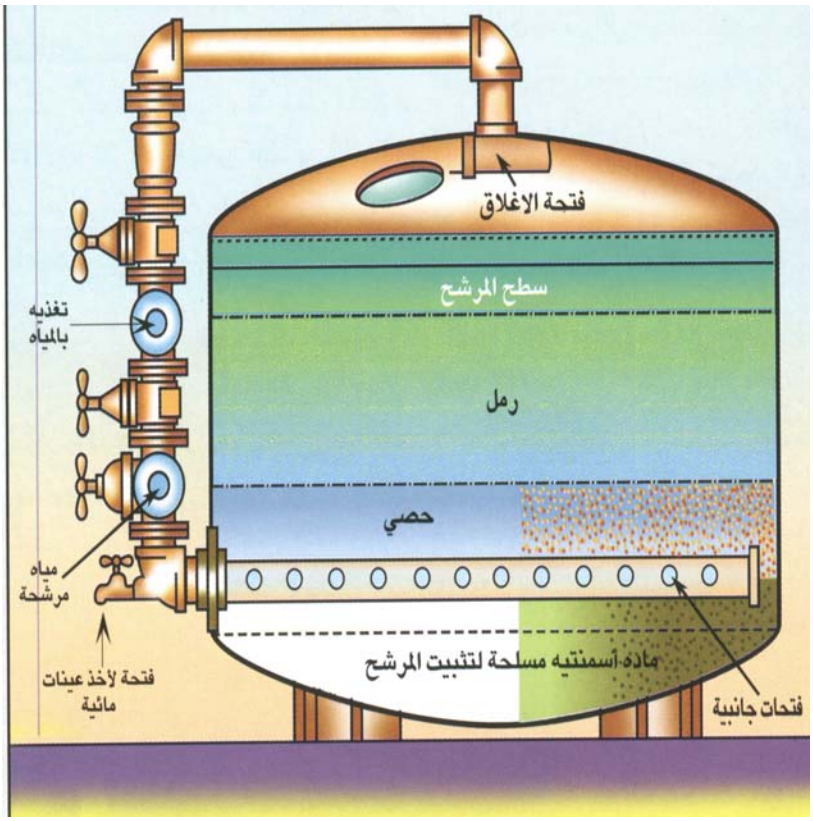
٢ -٤ -٤ أنواع المرشحات :

تنقسم المرشحات تبعاً لسرعة أو معدل الترشيح إلى قسمين هما :

- المرشحات البطيئة .
- المرشحات السريعة .

كما تنقسم المرشحات تبعاً لضغط المياه المغذية إلى قسمين هما :

- **مرشحات مفتوحة :** يكون انسياب المياه خلالها بتأثير الجاذبية الأرضية .
- **مرشحات مغلقة :** تعمل تحت ضغط أكبر من الضغط الجوي حيث يتم ضخ المياه إليها بواسطة مضخات خاصة .



الشكل رقم (٢ - ٦) مقطع رأسي لمرشح ضغطي نموذجي

يتم تنفيذ عملية الترشيح على مرحلتين :

المرحلة الأول : الترشيح الرملي الابتدائي .

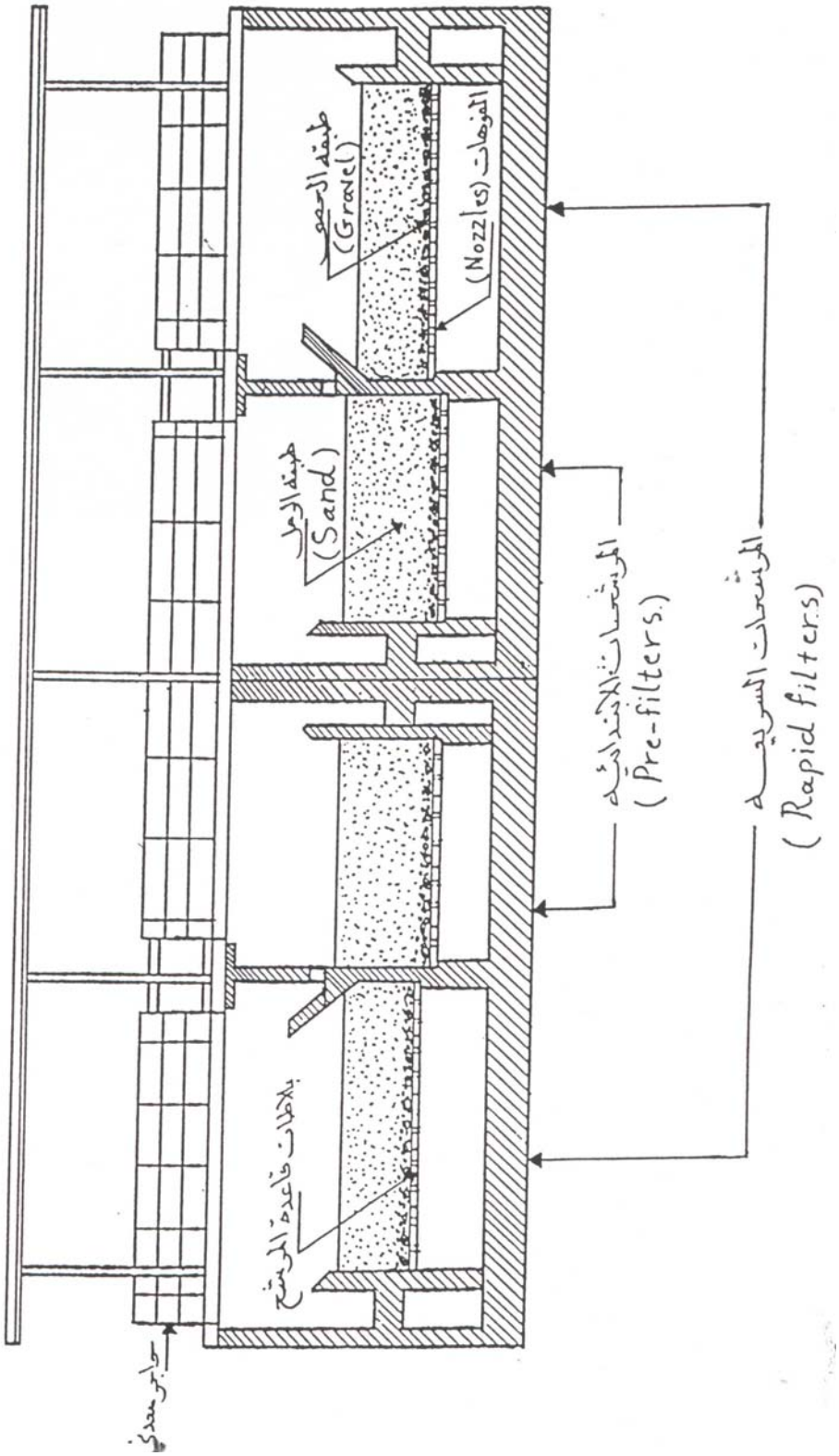
المرحلة الثانية : الترشيح الرملي السريعة .

المرشحات الرملية الابتدائية

يتم تغذية المرشح بالمياه من أسفل إلى أعلى ، وهذه العملية تسمى بالترشيح التصاعدي ، وتعمل هذه المرشحات على حجز أكبر كمية من الجسيمات والعوالق الموجودة في المياه .

المرشحات الرملية السريعة

تحتوي هذه المرشحات على حبيبات رمل أقل حجماً من حبيبات المرشحات الرملية الابتدائية ، وتقوم هذه المرشحات السريعة بعملية الترشيح النهائي للمياه وحجز ما تبقى من العوالق الدقيقة ويكون تدفق المياه عبر هذه المرشحات من أعلى إلى أسفل بعكس المرشحات الابتدائية . والشكل رقم (٤ - ٧) يوضح عملية ربط المرشحات الابتدائية مع المرشحات السريعة ومكوناتهما .



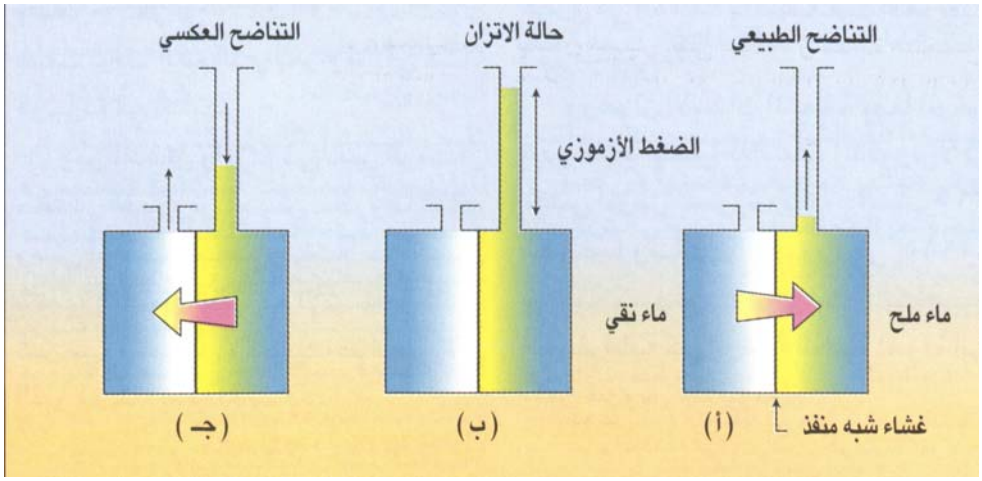
الشكل رقم (٢ – ٧) ربط المرشحات الابتدائية مع السريعة

٢ - ٥ نظرية التناضح العكسي Reverse Osmosis Theory

لكي نفهم نظرية التناضح العكسي فإنه ينبغي التعرف أولاً على ما يسمى بعملية التناضح أو الأسموزية . إن عملية التناضح هي ظاهرة انتقال الماء النقي من محلول ذي محتوى ملحي مخفف جداً عبر غشاء رقيق إلى محلول مائي ذي محتوى ملحي مركز ونتيجة لعملية الانتقال هذه فإن المحلول الملحي المركز يصبح مخففاً بسبب زيادة الماء .

وتستمر هذه العملية – انتقال الماء النقي عبر الغشاء من المحلول المخفف إلى المحلول المركز – إلى أن يكون الضغط الرأسي الأسموزي مساوياً للضغط الأسموزي للمحلول الملحي وفي هذه الحالة تتوقف عملية انتقال الماء النقي عبر الغشاء إلى المحلول الملحي وتصل إلى مرحلة التوازن .

عند القيام بعملية توليد ضغط خارجي (External Pressure) أعلى من الضغط الأسموزي للمحلول الملحي المركز عندئذ فإن عملية انتقال الماء النقي عبر الغشاء الفاصل تنعكس حيث ينتقل الماء من المحلول الملحي المركز إلى المحلول الملحي المخفف . وهذه العملية هي ما تسمى " التناضح العكسي " . كما في الشكل رقم (٢ - ٨) .



الشكل رقم (٢ - ٨) آلية تقنية التناضح العكسي

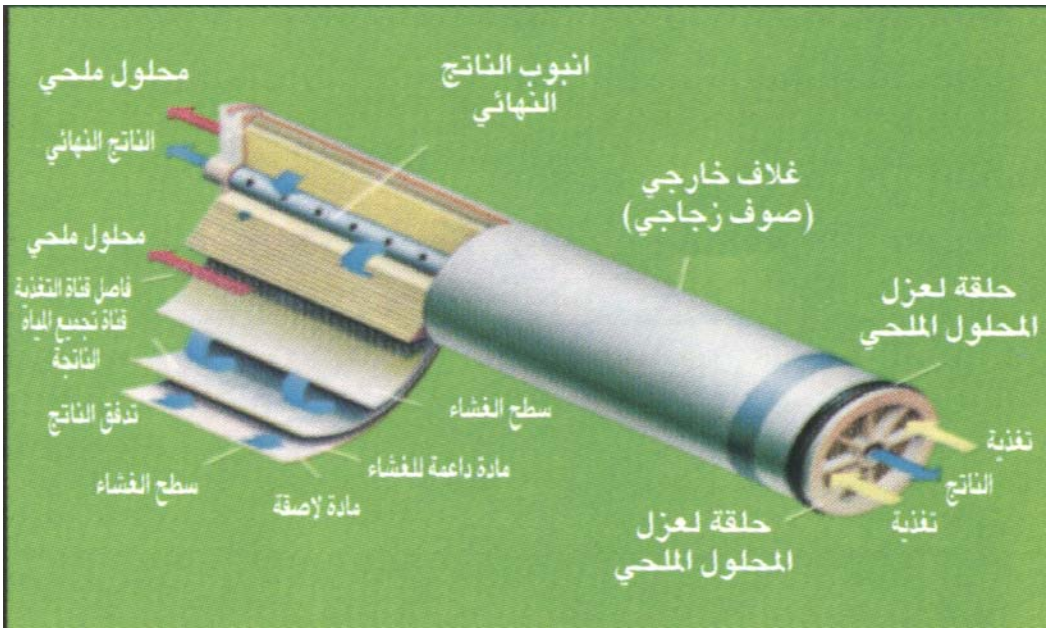
أهم عناصر هذه العملية كالتالي :

١) الغشاء (Membrane) الفاصل بين المحلولين

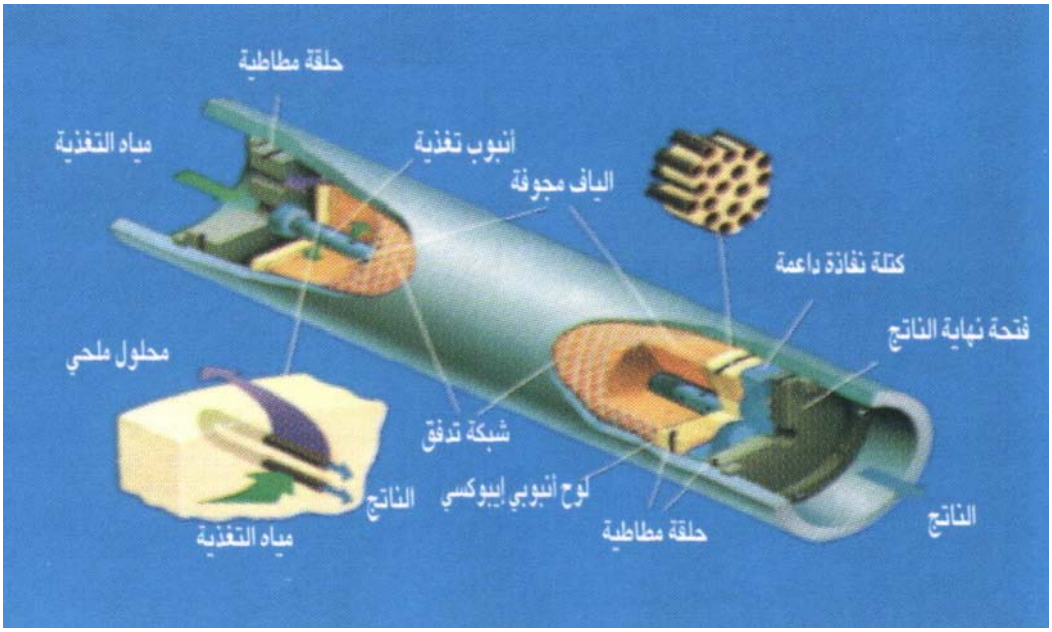
هذا الغشاء عبارة عن مادة شفافة ذات سمك صغير جداً . وعندما يسمح بنفاذ جميع المواد الذائبة في الماء (الأملاح) فيسمى في هذه الحالة غشاء نفاذ وعندما يمنع نفاذ المواد الذائبة في الماء بشكل كبير فيسمى في هذه الحالة غشاء شبه نفاذ وهذا النوع من الأغشية هو المستخدم في عملية التناضح العكسي حيث يسمح للماء بالنفاذ من خلاله ويمنع المواد الذائبة من النفاذ إلا بنسبة بسيطة جداً . وهناك نوعان من الأغشية المستخدمة في **عملية التناضح العكسي لمياه الآبار وهما :**

١) أغشية حلزونية مغزلية .

٢) أغشية ذات شعيرات دقيقة مجوفة .



الشكل رقم (٢ - ٩) نموذج لأغشية اللف الحلزوني



الشكل رقم (٢ - ١٠) نموذج للألياف الدقيقة المجوفة

٢) الضغط الخارجي

يشترط لحدوث هذه الظاهرة (التناضح العكسي) أن يتم توليد ضغط أعلى من الضغط الأسموزي للمحلول الملحي ويتم ذلك بواسطة مضخات خاصة .

ويكون الضغط متواصل على المياه المغذية بواسطة مضخة الضغط العالي فتنفذ المياه المحلاة عبر الغشاء المسامي شبه النفاذ ، أما الأملاح الذائبة فيتم طردها بواسطة الغشاء المسامي ولا يسمح لها بالمرور وتخرج مع المحلول الملحي المركز ويحتوي الرجيع على تركيز عالٍ من الأملاح بينما المياه المحلاة تحتوي على كمية بسيطة من الأملاح .

٢ – ٦ التعقيم

تختلف التقنيات المستخدمة في تعقيم مياه الشرب إلا أنها تقريباً تؤدي نفس الغرض ، وهو الحصول على مياه صالحة للشرب من الناحية البيولوجية عن طريق قتل جميع الكائنات الحية الدقيقة التي يتسبب

وجودها في إصابة الإنسان ببعض الأمراض مثل التيفوئيد والكوليرا والدوسنتاريا ، وتستخدم عدة طرق في تعقيم مياه الشرب منها :

أولاً: الأشعة فوق البنفسجية

(Ultraviolet Radiation) : ويتم توليدها عن طريق لمبات بخار الزئبق ذات الضغط المنخفض ، ويتم تسليطها – على المياه المطلوب تعقيمها ، حيث تقوم المواد العضوية الموجودة في الكائنات الحية الدقيقة بامتصاص هذه الأشعة ، مؤدية إلى تكسير الروابط الكيميائية لهذه المواد ومن ثم القضاء عليها.

تعتمد كفاءة درجة تطهير المياه باستخدام الأشعة فوق البنفسجية على عدة عوامل منها :

١) زمن التلامس بين الأشعة والماء .
٢) كثافة الأشعة المباشرة .
٣) محتوى المياه من البكتيريا والفطريات والطحالب وغيرها .

وتتميز عملية تعقيم المياه بوساطة الأشعة فوق البنفسجية بعدة إيجابيات ، كما أن لها أيضاً بعض السلبيات ، ويمكن توضيح ذلك كما يلي :

الإيجابيات : وهي كالتالي :

١) بقاء بعض المركبات في الماء على حالتها دون تأكسد مثل الأمونيا .
٢) عدم حدوث تغير كيميائي أو فيزيائي للمياه ،وبالتالي لا يوجد لها نواتج تفاعل ضارة .
٣) ثبات طعم المياه ورائحتها .
٤) عدم إضافة أي مواد كيميائية فيها .
٥) تأثير فترة التعرض ولو كانت قصيرة .
٦) زيادة جرعة الأشعة عن الكمية المطلوبة ليس لها تأثير .

السلبيات : وتنحصر فيما يلي :

١) عدم ملاءمة استخدامها في شبكات المياه الكبيرة .
٢) تتطلب إمكانات عالية جداً من ناحية التحكم والتقنية العالية .

٣) تكلفتها المادية عالية جداً من حيث توفير الأجهزة و فنيين ذوي المهارة العالية .
٤) ضرورة خفض عكارة المياه المطلوب تعقيمها ، وأن تكون عديمة اللون قدر الإمكان.
٥) زيادة تأثيرها على أنواع معينة من الكائنات دون الأخرى .
٦) ليس لها أثر ممتد المفعول أثناء مرورها في الشبكة .

ثانياً: الأوزون (Ozone)

وهو عبارة عن غاز مركب من ثلاث ذرات أكسجين (O3) ، ويتم تحضيره من الهواء.
وعلى الرغم من تميز طريقة الأوزون في تعقيم مياه الشرب بعدة إيجابيات ، إلا أن لها كذلك بعض السلبيات ، وذلك كما يلي :

الإيجابيات : وتتمثل في التالي :

١) إزالة وتقليل رائحة المياه ولونها .
٢) عامل مؤكسد قوي جداً للشوائب العضوية .
٣) مؤثر على نطاق عال في درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني .
٤) سرعة تأثيره عالية جداً مقارنة بالكلور ، مع زمن تلامس قليل جداً .
٥) لا يسبب رائحة للمواد المتكونة .
٦) ليس له أي تأثير عند الجرعات العالية .

السلبيات : وهي كالتالي :

١) ليس لها أثر ممتد المفعول .
٢) الحاجة إلى طاقة عالية _ للحصول على الأوزون _ تقدر بحوالي عشرة أضعاف الطاقة اللازمة للحصول على الكلور .
٣) صعوبة عملية تحضيره خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة للهواء المحتوي على الأكسجين .
٤) صعوبة التحكم في عملية إضافة الجرعات .

ثالثاً : الكلور

هو أكثر المواد شيوعاً في عملية تعقيم المياه ، ويستخدم في كثير من محطات مياه الشرب نظراً لكفاءته العالية جداً ، ويستخدم عادة على هيئة سائل مضغوط في أسطوانات مخصصة لذلك ، ويمكن

أيضاً إضافته كعنصر ، إما على شكل هيبوكلورايت الصوديوم (NaOCI) أو الكالسيوم ($CaOCI_2$) . ويشترط عند معالجة المياه بالكلور إزالة أو تخفيف عكارة المياه إلى أقل قدر ممكن قبل إضافة الكلور إليها ، وذلك لأن البكتيريا _ المراد التخلص منها _ تحتمي بالجسيمات الصغيرة مما يؤثر على كفاءة عملية التعقيم بالكلور .

وتعتمد كفاءة التعقيم بالكلور على كمية الكلور وتركيزه ، ووقت التعرض للكلور ، وخصائص ونوعية المياه المعالجة ودرجة تركيز الملوثات في المياه ودرجة الحرارة لأن درجة الحرارة العالية تزيد من كفاءة التطهير ..وتتميز عملية تعقيم المياه بالكلور بعدة مميزات منها أن الكلور عامل مؤكسد قوي وسهولة نظام التجريع والتحكم ، وبقاء كمية من الكلور بالمياه تسمى بالكلور الحر ، إلا أنه يعاب على استخدام الكلور ما ينتج عند تفاعله مع بعض المواد من تكوين مركبات مثل ثلاثي هالوجين الميثان (Trihalomethanes) التي تسبب مرض السرطان ، إضافة إلى أنه يعطي طعماً ورائحة غير مقبولين للمياه عند زيادة تجريعه .

٢ - ٧ التخزين

الغرض من التخزين توفير المياه اللازمة للاستهلاك المطلوب مع أخذ الاحتياطي اللازم لساعات الذروة والتوسع المعماري المستقبلي والحرائق في الاعتبار . وذلك بعمل خزانات لتوزيع المياه بالقرب من مناطق التوزيع وهناك خزانات أرضية تكون بمحطات تنقية المياه وخزانات عالية تكون بوسط المدينة أو بالأماكن المرتفعة .

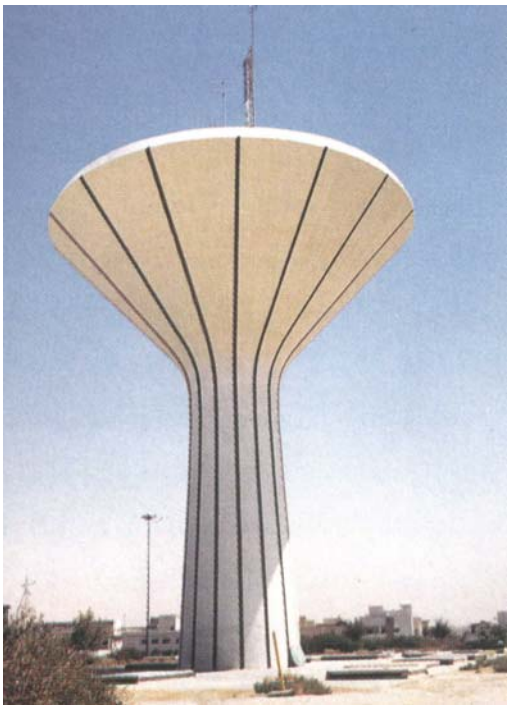
أولاً : الخزانات الأرضية

توضع تحت سطح الأرض أو بارتفاع بسيط فوق سطح الأرض وتبنى من الخرسانة وتستعمل المضخات لسحب المياه من هذه الخزانات وضخها في الشبكة . وتستعمل الخزانات الأرضية لتخزين المياه الرائقة المعقمة لسد حاجة الاستهلاك التي تزيد أثناء ساعات النهار عن متوسط الاستهلاك .

ومن مواصفات الخزانات أن تكون طريقة توزيع المياه تمر بجميع أجزائه بانتظام بواسطة حواجز داخلية لغرض منع وجود مناطق ركود يتسبب عندها نمو للطحالب . كما يجب أن تكون الخزانات مغطاة لمنع تلوث الماء ونمو الطحالب .

ثانيا : الخزانات العالية

وتبنى فوق سطح الأرض في أماكن مرتفعة أو في وسط المدينة من الخرسانة المسلحة أو الصلب والغرض من هذه الخزانات تنظيم الضغط في شبكة التوزيع ويطلق عليها خزانات موازنة لأنها تقوم بموازنة الضغط بالشبكة . ويتكون الخزان العالي من حوض مرتفع ترفع إليه المياه بواسطة مضخات الضغط العالي ثم يسمح بنزول المياه في حالة قلة الضغط بالشبكة في أوقات ساعات الذروة.



الشكل رقم (٢ - ١١) أحد أبراج المياه العالية

٢ -٧ -١ الغرض من خزانات التوزيع :

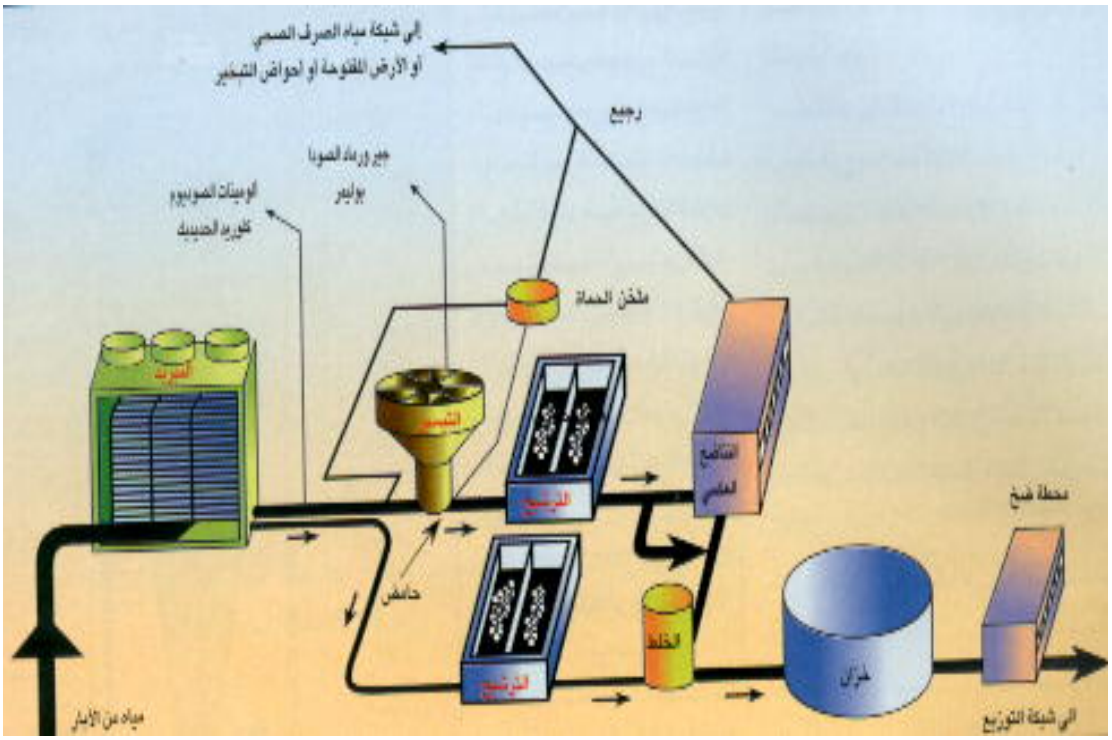
١) سد احتياجات الاستهلاك المطلوبة .

٢) سد الاحتياطي اللازم لاحتياجات الحريق .

٣)التخزين للطوارئ ضد الأعطال المنتظرة .

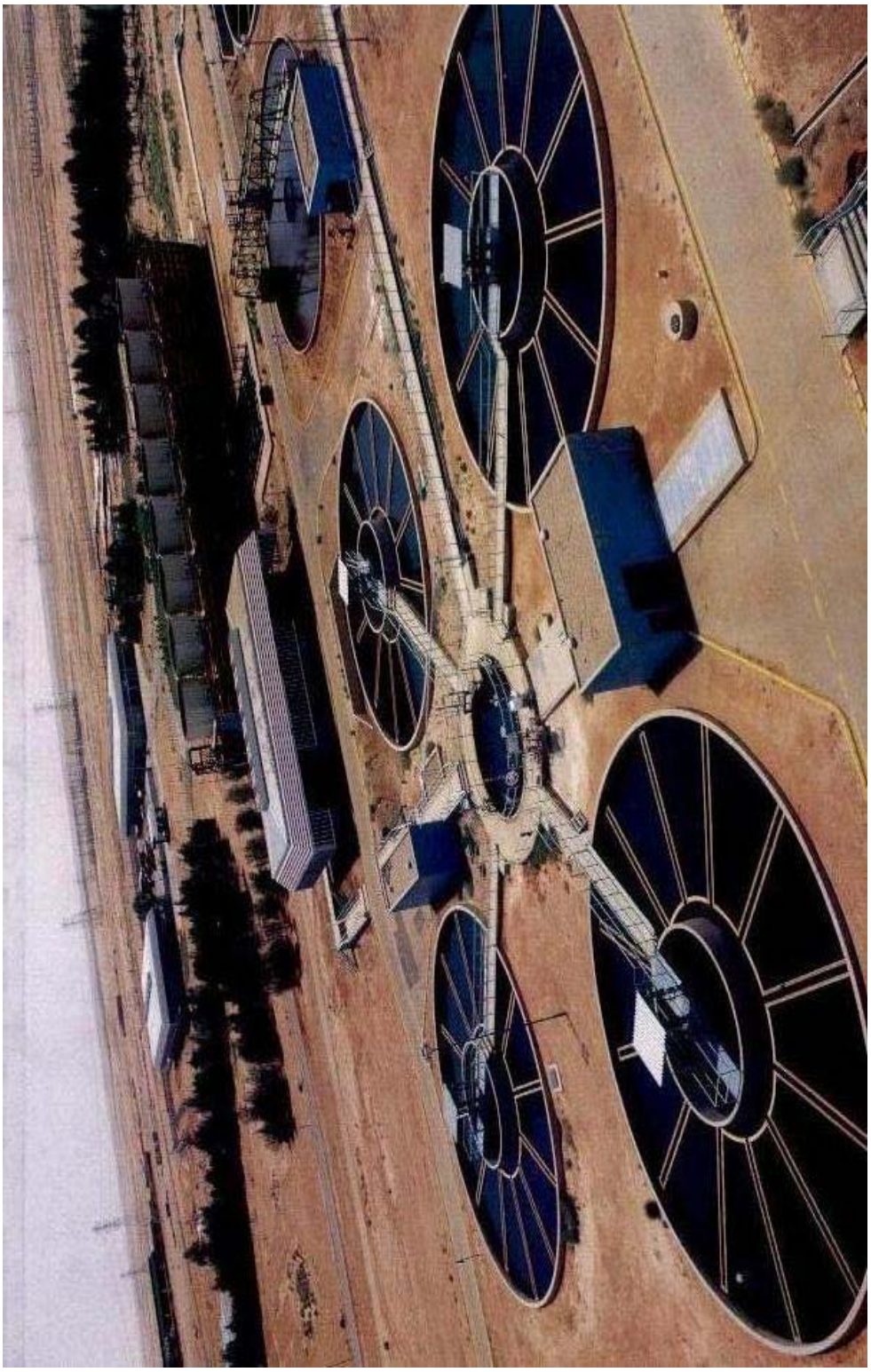
٤) تنظيم الضغط بالشبكة وخاصة في الأماكن البعيدة .

٥) تعادل عمود الضغط على المضخات .



الشكل رقم (٢ - ١٢)

عمليات المعالجة في محطات تنقية مياه الشرب بالمملكة



الشكل رقم (٢ - ١٣) عمليات المعالجة في محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض

تقنية الإنشاءات المدنية

معالجة مياه الصرف الصحي

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الهدف الموضوعي

أن يتعرف المتدرب على مراحل معالجة مياه الصرف الصحي والطرق المتبعة في ذلك .

موضوعات الباب

٣ -١	تمهيد
٣ -٢	أثر الملوثات على الإنسان
٣ -٣	خصائص مياه الصرف الصحي
٣ -٤	طرق معالجة مياه الصرف الصحي
٣ -٥	التعقيم
٣ -٦	معالجة الحمأة

عدد ساعات التدريب ١٢ ساعة

٣ - ١ تمهيد

تتعرض البيئة في نهاية القرن العشرين لمجموعة من المشكلات الحادة التي تهدد اتزانها الطبيعي ومقدرتها على تلبية الاحتياجات الحياتية للإنسان ومن كبرى هذه المشكلات عملية الاستنزاف للموارد الطبيعية . والغلاف المائي للأرض يتعرض بشكل متسارع للاستنزاف من جهة وللتلوث من جهة أخرى .
وتعتبر مياه الصرف الصحي من أكثر مصادر ملوثات البيئة خطورة وبخاصة على الإنسان ويرجع سبب خطورتها إلى كونها تحتوي على العديد من أنواع الملوثات الضارة . ولا شك في أن هذه الملوثات مجتمعة أو منفردة إذا تسربت إلى البيئة فإنها ستؤدي إلى إحداث خلل في اتزانها الأمر الذي يتطلب إجراء عمليات معالجة لهذه المياه من أجل الحد من خطورتها . ومن المعروف أن تسرب مثل هذه المياه غير المعالجة ووصولها إلى مصادر مياه الشرب يشكل خطورة على صحة الإنسان إذ قد تنتقل بواسطتها الكائنات الحية التي تسبب الإصابة ببعض الأمراض مثل التيفود والباراتيفويد والكوليرا والحمى السحائية وغيرها .

وبوجه عام أن هذه الملوثات يمكن تصنيفها إلى الأنواع الثلاثة التالية :

١) ملوثات كيميائية مثل المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي والمبيدات والمغذيات غير العضوية والأملاح الذائبة والمواد الحمضية والقلوية والمواد السامة والفلزات الثقيلة .
٢) ملوثات فيزيائية مثل المواد الصلبة العالقة والمواد المشعة والملوثات الحرارية .
٣) ملوثات ميكروبيولوجية مثل ناقلات العدوى ومسببات الأمراض وبعض الكائنات الدقيقة الأخرى .

٣ - ٢ أثر الملوثات على الإنسان

يفرز الإنسان في برازه العديد من الكائنات الحية الدقيقة ومن ضمن هذه الكائنات مسببات الأمراض Pathogens التي تكون في براز المرضى أو حاملي العدوى وينتقل البراز إلى نظم تجميع المخلفات المنزلية التي تتولى تصريفها بعد معالجتها في المياه السطحية وقد يحدث أن تصرف هذه المخلفات بدون إبادة ميكروباتها إلى مصادر مياه الشرب أو قد تتم الإبادة ولكن بشكل جزئي مما ينشأ عنها تسرب بعض الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض ، وهناك أمثلة كثيرة على انتشار الأمراض بسبب تلوث مياه الشرب بناقلات العدوى مثل اندلاع الكوليرا في أوروبا وانتشار وباء السالمونيلا في كاليفورنيا عام ١٩٦٥م وسريان وباء التهاب الكبد الوبائي في الهند عام ٥٥ – ١٩٥٦م وحدوث مرض الدوسنتاريا بطريقة جماعية في ولاية ميدستون الأمريكية عام ١٩٤٣م وغيرها .

٣ – ٣ خصائص مياه الصرف الصحي

٣ -٣ -١ مصادر مياه الصرف الصحي :

تتعدد مصادر مياه الصرف الصحي فمنها ما يكون من مياه الصرف المنزلية ومنها ما يكون من المخلفات الصناعية وبعضها يأتي من مياه الأمطار إذا كانت شبكة الصرف الصحي متصلة مع شبكة تصريف مياه الأمطار أو مياه الأمطار التي تسقط على أسطح المنازل أو المساحات المكشوفة في المنازل ومن ثم تدخل إلى شبكة الصرف الصحي أو المياه الجوفية ومنها إلى الشبكة من خلال التوصيلات أو تترشح من خلال المسام الموجودة في الأنابيب ولكل مصدر من هذه المصادر صفات وخصائص تميزه عن غيره من حيث الشكل أو المكونات .

١) مياه الصرف الصحي المنزلية :

بعد أن تدخل المياه إلى المنازل عن طريق شبكة التغذية ليتم إستخدامها في الشرب و الطبخ و الغسيل و الاستحمام فإنها حتماً ستخرج ولكن محملة بفضلات الإنسان وبعض الشوائب والمواد الكيميائية الناتجة من المنظفات المستخدمة في المنازل وكل هذه المكونات ستصل إلى شبكة الصرف ومن ثم تؤخذ إلى محطات المعالجة المركزية .

٢) المخلّفات الصناعية :

تختلف مكونات مياه الصرف القادمة من المناطق الصناعية باختلاف نوع الصناعة التي تتميز بها تلك المنطقة .كما أن كمية المياه المستعملة في الصناعة ونوعية ونسبة المواد التي تدخل في التصنيع والتي تخرج منها تؤثر تأثيرً كبيراً على خصائص هذه المياه ، فيجب ملاحظة أن هذه المخلفات الصناعية قد تحتوي على مواد عضوية ومواد صلبة عالقة أو ذائبة كما أنها تحتوي على مواد سامة وضارة على البيئة ، لذا فإنه لابد أن تؤخذ هذه المواد في الاعتبار أثناء عملية المعالجة التي تتم في محطات المعالجة وذلك بتطبيق جميع الشروط والمواصفات الخاصة بذلك قبل السماح بدخول تلك المياه إلى شبكة الصرف الصحي .

٣) مياه الأمطار :

هناك عاملان رئيسياً يؤثران على هذا المصدر من المياه وهما كالتالي :

أ) تأثير الموقع الجغرافي وكمية الأمطار التي تمتاز بها المنطقة المراد تصريف مياهها إلى الشبكة .

ب) المواد التي تحملها مياه الأمطار من تربة و رمال ومواد عضوية ومخلفات عجلات السيارات .

٤) مياه الرشح :

قد تدخل كمية من المياه إلى الشبكة عن طريق المسامات الموجودة في الأنابيب أو عن طريق الوصلات إن لم تكن محكمة ومصدر هذه المياه هو المياه الجوفية الموجودة في المنطقة ويعتمد ذلك على ما يلي :

أ) منسوب المياه الجوفية في هذه المنطقة .

ب) نوع الأنابيب المستخدمة في الصرف .

جـ) طول وقطر الأنبوب .

د) مدى جودة إحكام الوصلات المستخدمة في الشبكة .

مع ملاحظة أن هذه العوامل ممكن أن تؤثر بشكل عكسياً على المحيط الذي يحوي هذه الشبكة بحيث يكون الترشيح عكسي أي من الأنابيب إلى الأرض المحيطة بها وعند ذلك يجب أخذ التدابير اللازمة لتفادي ذلك لما يسببه من أخطار على سلامة المباني المحيطة وكذلك لما يسببه من تلوث للمنطقة .

٣ -٣ -٢ مكونات مياه الصرف الصحي

غالباً ما تكون مياه الصرف الصحي من المواد الصلبة بنسبة ٠,١٪ ومياه بنسبة ٩٩,٩٠٪ ، وتتميز مياه الصرف بما فيها من مواد صابونية أو زيتية كثيفة ومواد صلبة بأحجام متفاوتة ، وهذه المواد الصلبة قد تكون ذائبة أو تكون عالقة **ولكنها تنقسم إلى قسمين رئيسين :**

الأول : مواد عضوية والتي يستعاض عنها في التعبير بكمية الأكسجين اللازمة لأكسدتها أو ما يسمى بالأكسجين الحيوي .

الثاني : مواد غير عضوية .

٣ -٣ -٢ - ١ قياس المحتوى العضوي في الصرف الصحي

يقاس المحتوى العضوي في المخلفات المائية بعدة طرق وأهمها وأكثرها انتشاراً هي قياس الحاجة البيوكيميائية للأكسجين والحاجة الكيميائية للأكسجين الكربون العضوي الكلي:

أ) الحاجة البيوكيميائية للأكسجين أو الأكسجين الحيوي (BOD)

هي كمية الأكسجين اللازمة لأكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي إلى مركبات نهائية بسيطة لا تشكل خطراً منها على البيئة . وزيادة تلك الكمية أو انخفاضها يدل على زيادة أو انخفاض التلوث في مياه الصرف الصحي .

ب) الحاجة الكيميائية للأكسجين (COD)

هي كمية الأكسجين اللازمة لأكسدة كل المواد العضوية (قابلة وغير قابلة للتحلل البيولوجي) إلى مركبات بسيطة آمنة بيئياً .

جـ) الكربون العضوي الكلي (TOD)

هذا الاختبار واسع الانتشار لسهولتة ودقته ويعتبر روتينياً عادياً في معامل تقييم المخلفات وفي محطات المعالجة .

٣ - ٤ طرق معالجة مياه الصرف الصحي

قبل اختيار الطريقة المناسبة لمعالجة مياه الصرف الصحي في بلد ما فإنه يتعين تقييم ودراسة خصائص وأحجام مياه الصرف الصحي المزمع معالجتها . إضافة إلى عوامل أخرى يجب دراستها حيث إنها تؤثر في اختيار طريقة المعالجة وهي كما يلي :

١) وجود مساحة مناسبة من الأرض .
٢) طبوغرافية الموقع .
٣) معرفة المكان الذي ستصرف فيه المياه المعالجة واستخدامات هذه المياه .
٤) النواحي الاقتصادية .

وتقسم هذه المعالجات إلى :

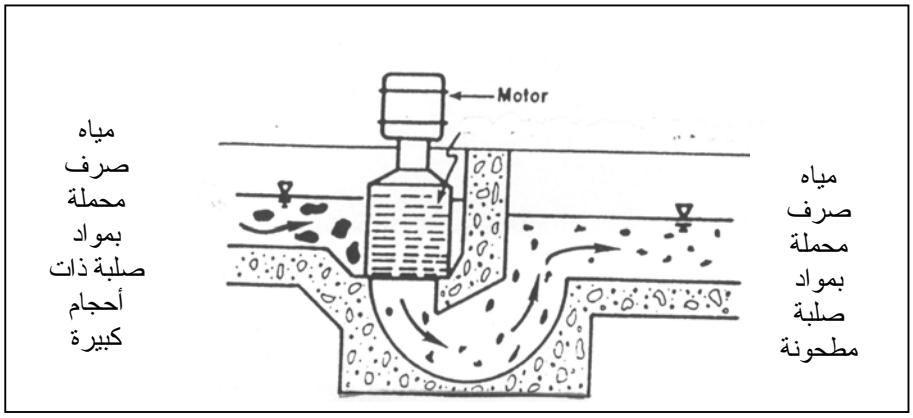
٣ – ٤ -١ معالجة تمهيدية PRELIMINARY TREATMENT

أ) المصافي SCREEN :

وتسمى هذه الخطوة بالغربلة SCREENING وتجري هذه العملية كأول خطوة تتخذ في المعالجات الأولية بقصد حجز الأجسام العائمة أو العالقة من المخلفات المائية مثل الخشب والورق والخرق وغيرها وذلك بهدف حماية أجهزة محطة المعالجة من مضخات PUMPS ، صمامات VALVES وخطوط الأنابيب PIPE LINES من التلف والانسداد بهذه الأجسام .

ب) الطحن COMMUNITION :

في بعض الأحيان وخاصة في حالة الغرابيل الضيقة تكون المواد المحتجزة بالغربلة محتوية على قدر كبير من المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي . ولتجنب تحللها في حالة دفنها وما يشكل ذلك من تصاعد غازات كريهة الرائحة . تطحن هذه المواد وتخلط بباقي المخلفات المائية الداخلة للمعالجة ليتم معالجتها بيولوجياً مع باقي المحتوى العضوي القابل للتحلل البيولوجي . وعملية الطحن تجعلها متجانسة صغيرة الحجم كبيرة المساحة السطحية مما يؤدي إلى الإسراع في معدل معالجتها بيولوجياً . والأجهزة المستخدمة للطحن تسمى المطاحن COMMUNITORS كما في الشكل رقم (3 - ١) .



الشكل رقم (٣ - ١) المطاحن

جـ) أحواض ترسيب الرمال GRIT CHAMBERS :

هذه الأحواض مصممة لفصل المواد التي يتراوح قطرها بين (٠,١ – ٣) مم ومعظم هذه المواد عالية الكثافة وهي مواد غير عضوية كالحصى والرمال . ولا يتم ترسيب المواد العضوية الصلبة المعلقة القابلة للتحلل بهذه الأحواض وتكمن أهمية هذه الأحواض في محطات المعالجة في ثلاثة أمور :

أولاً) حماية الأجهزة الميكانيكية من التآكل .

ثانياً) حماية الأنابيب والقنوات من الانسداد .

ثالثاً) تقليل مرات تنظيف الهاضم كنتيجة لتراكم الحصى الكثيف به .

وتنشأ هذه الأحواض عادة قبل أحواض الترسيب الابتدائي . ومن أنواع هذه الأحواض :

١) أحواض السريان الأفقي HORIZONTAL FLOW CHAMBER :

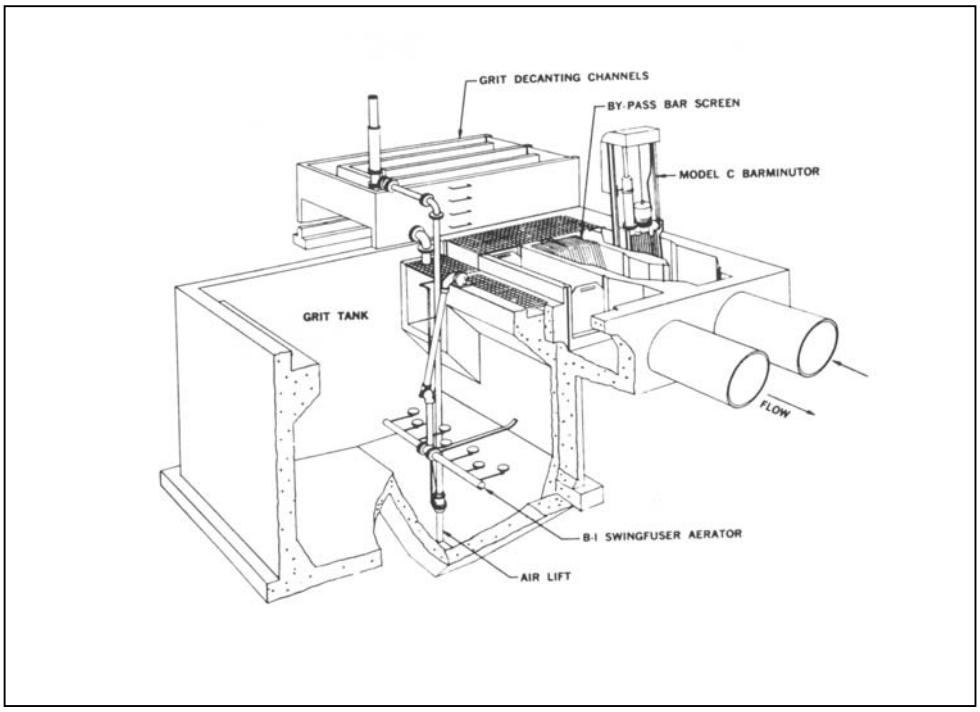
وفيها تسري المخلفات المائية أفقياً خلال غرفة مستطيلة وبسرعة محددة . بحيث تسمح للحصى الثقيل بالرسوب دون المواد العضوية المعلقة .

٢) الغرفة المربعة SQUARE CHAMBER :

وفيها تجمع المواد الصلبة بنظام ميكانيكي دوار إلى مجمع سفلي على جانب الغرفة ومنه تصعد على سطح مائل بنظام ميكانيكي تذبذبي حيث يسيل الماء من الحصى حاملاً معه المواد العضوية المعلقة إلى أسفل وبذلك يتم الحصول على حصى نظيف وجاف نسبياً بالمقارنة بباقي الأحواض .

٣) الأحواض المهواة AERATED CHAMBER :

وهي تستخدم أحياناً لتخفيف حالات التعفن التي توجد في بعض مياه الصرف الصحي عند وصولها لمحطة المعالجة نتيجة لمسارات خطوط التصريف الطويلة والتي تحتاج مياه الصرف الصحي فيها إلى وقت طويل يحدث خلاله تحلل لا هوائي للمواد العضوية. كما في الشكل رقم (٣ - ٢) .



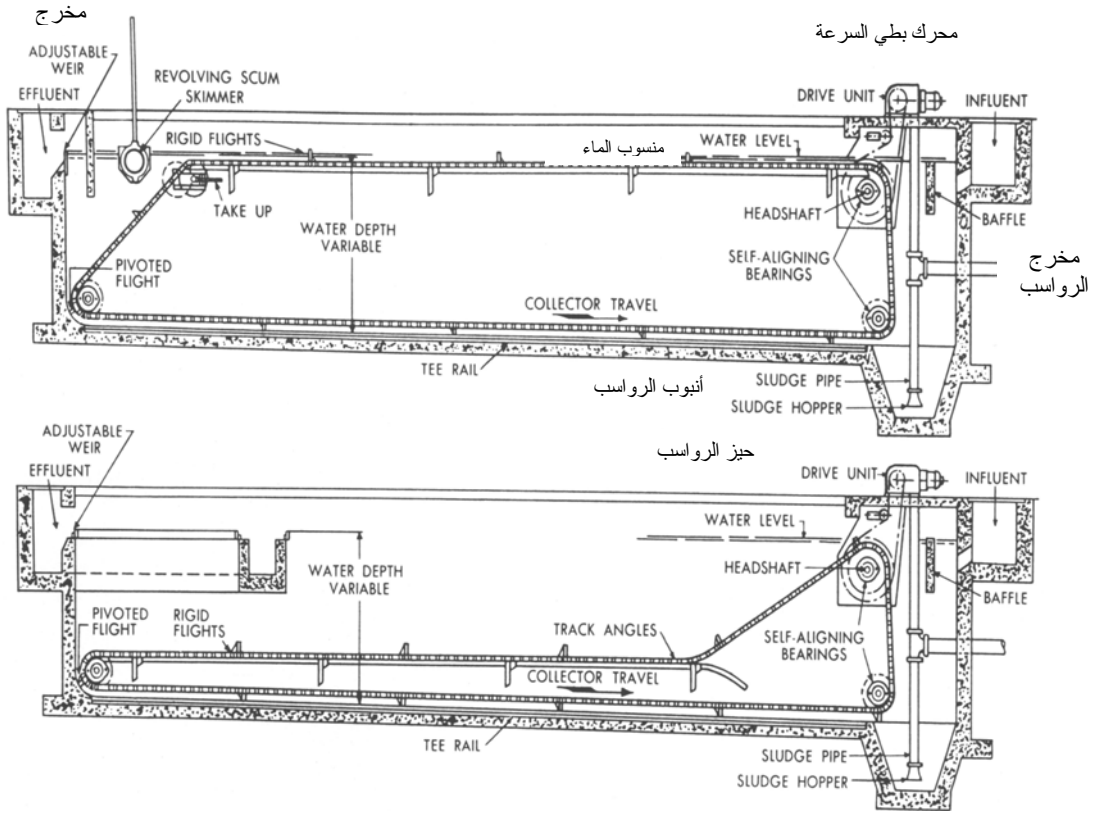
الشكل رقم (٣ - ٢) الأحواض المهواة

٣ – ٤ -٢ المعالجة الابتدائية PRIMARY TREATMENT

أحواض الترسيب الأولية PRIMARY SED. TANKS :

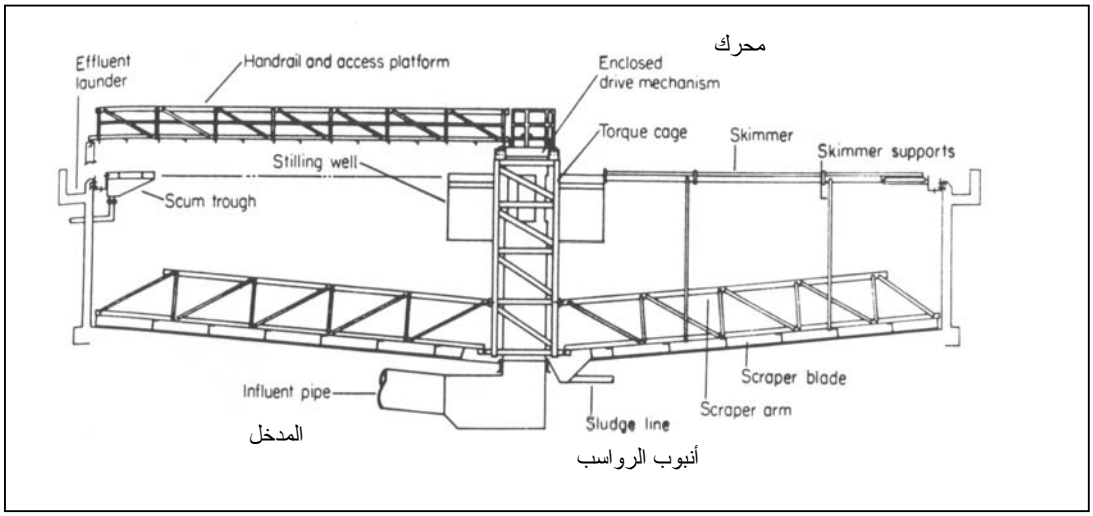
الغرض من هذه المرحلة تحسين خواص المخلفات السائلة وإزالة المواد الصلبة والمعلقة والطافية وتهيئتها لمرحلة المعالجة البيولوجية حيث يتم في أحواض الترسيب الابتدائي ترسيب المواد الرسوبية سواء كانت عضوية أو غير عضوية ونتيجة لذلك ينخفض الأكسجين الحيوي BOD حوالي ٤٠ ٪ وكذلك المواد العالقة SS بنسبة ٥٥ ٪ من التركيزات الموجودة في مياه الصرف الصحي قبل معالجتها في هذه **الأنواع الثلاثة وهي كما يلي :**

١) حوض الترسيب المستطيل شكل رقم (٣ - ٣) وفيه يتم تجميع الحمأة المترسبة بواسطة جواريف مثبته على سلسلة عديمة الأطراف وتتحرك هذه السلسلة حركة بطيئة دائرية.

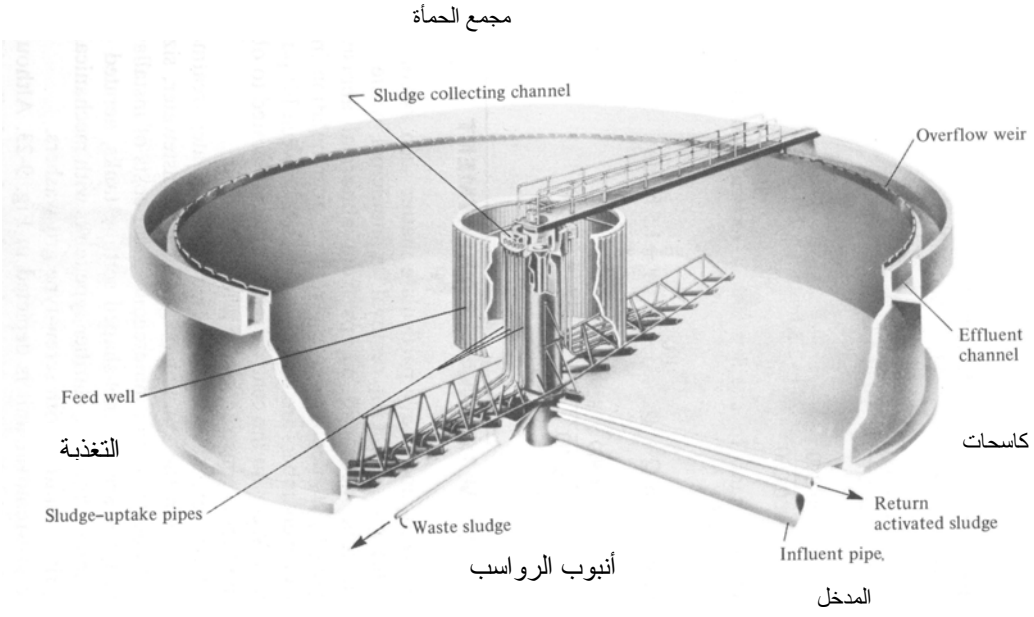


الشكل رقم (٣ - ٣) أحواض الترسيب المستطيلة

٢) حوض الترسيب الدائري مركزي التغذية شكل رقم (٣ - ٤) والشكل رقم (٣ - ٥) وفيه تتم التغذية عند مركز الحوض . ثم تتجه المياه نحو محيط الحوض بحركة بطيئة لتخرج المياه المعالجة عبر الهدارات weirs وهذه الحركة البطيئة تساعد على عملية الترسيب حيث يتم ترسيب المواد الرسوبية في قاع الحوض ثم تكشط هذه المواد بكاشط موجود في قاع الحوض لتجميعها في مركز الحوض ثم ضخها إلى محطة معالجة الحمأة .

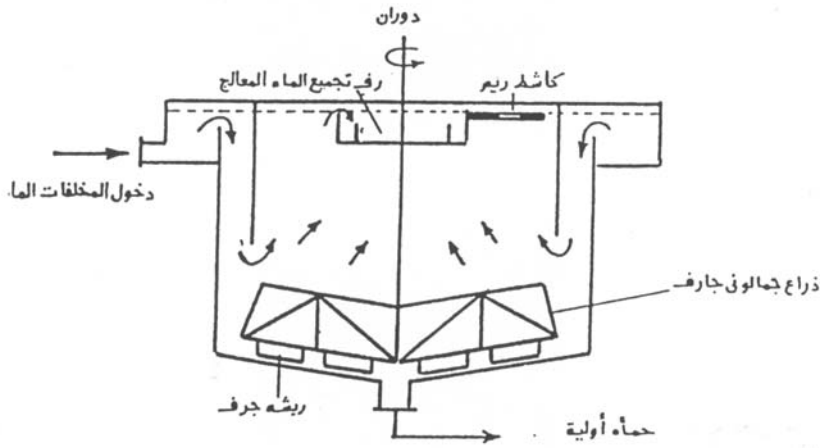


الشكل رقم (٣ - ٤) أحواض الترسيب الدائرية (اتجاه الماء قطري)



الشكل رقم (٣ - ٥) أحواض الترسيب الدائرية (اتجاه الماء قطري)

٣) حوض الترسيب الدائري المحيطي التغذية شكل رقم (٣ - ٦) وهو يشبه النوع السابق إلا أن التغذية تتم عند المحيط والسائل أو المعالج يؤخذ من قناة أو رف عند المركز .



الشكل رقم (٣ - ٦) أحواض الترسيب الدائرية (اتجاه الماء محيطي)

٥ – ٤ -٣ المعالجة الثانوية أو البيولوجية BIOLOGICAL TREATMENT

تجرى المعالجات الثانوية البيولوجية للمخلفات المائية بهدف إزالة المحتوى العضوي القابل للتحلل البيولوجي أو تقليله إلى حد آمن بحيث إذا صرفت هذه المخلفات في البيئة المائية تستطيع عوامل تنقيتها الذاتية إزالة وتثبيت الجزء الباقي .

وهناك عدة طرق مختلفة للمعالجات الثانوية نذكر منها :

١) الحمأة المنشطة (الرواسب المنشطة) .

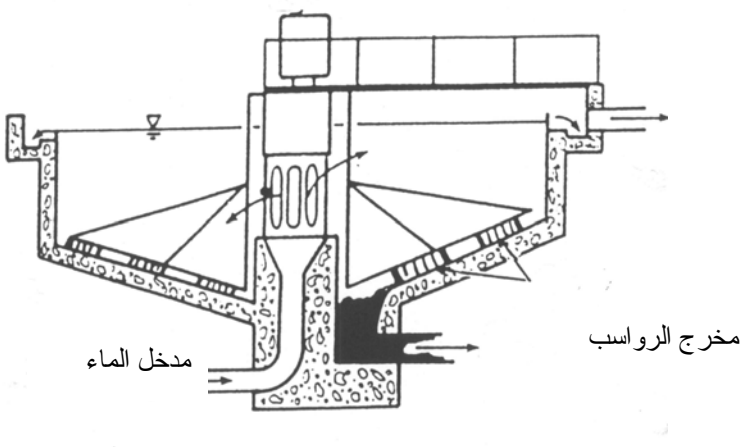
٢) المرشحات البيولوجية .

٣) الأقراص البيولوجية الدوارة .

ثم يتم ترسيب للمياه الخارجة من المعالجة البيولوجية في أحواض الترسيب الثانوية .

٣ -٤ -٣ -١ أحواض الترسيب الثانوية SECONDARY SED. TANKS:

تعتمد المعالجات الثانوية للمخلفات المائية على تحويل المواد العضوية الذائبة أو الغروية (القابلة للتحلل) إلى مواد قابلة للترسيب في صورة كتلة بيولوجية وبعض النواتج النهائية الأخرى ولابد من فصل هذه المواد القابلة للترسيب من المخلفات المائية المعالجة قبل صرفها في الأجسام المائية وإلا ستكون عملية المعالجة غير مجدية . وتسمى عملية الفصل هذه بالترويق أو الترسيب الذي يعتبر من العمليات الأساسية في المعالجات الثانوية . ويمكن استخدام أحواض ترويق أو ترسيب ثانوية مشابهة لتلك التي تستخدم في عمليات الترسيب الأولى . مع التعديلات الملائمة التي تتناسب مع خصائص ترسيب المواد الصلبة البيولوجية الناتجة من مختلف المعالجات .



الشكل رقم (٣ - ٧) أحواض الترسيب الثانوية

٣ -٥ التعقيم

تحتوي مياه الصرف الصحي على العديد من البكتريا والأحياء الدقيقة الأخرى والممرضة والتي تسبب عدة أمراض معدية مثل التايفوئيد ، الكوليرا والديونتري .... الخ . وتزال نسبة من هذه البكتريا الممرضة بعد كل مرحلة من مراحل المعالجة سواء الأولية أو الثانوية أو الثلاثية . إلا أنه تبقى نسبة من هذه البكتريا مع مياه الصرف النهائية المعالجة وهذه النسبة كافية لنقل الأمراض بعد تكاثرها إذا توفرت البيئة المناسبة ولأجل ضمان إزالة جميع البكتريا لذا يتم تعقيم مياه الصرف المعالجة في آخر مرحلة من مراحل المعالجة .

٣ – ٥ -١ تعريف التعقيم

هو عملية قتل الأحياء الدقيقة الممرضة بعد تعريض هذه الأحياء إلى معقم لمدة محددة من الزمن .

وهناك أنواع عديدة للتعقيم سبق ذكرها في الباب السابق .

٣ - ٦ معالجة الحمأة

تتجمع الملوثات المفصولة من المخلفات المائية المعالجة في أحواض الترسيب الأولية والثانوية في طور يسمى الحمأة . وهي عبارة عن سائل أو شبه صلب يحتوي على حوالي (٠,٢٥ – ١٢ ٪) مواد صلبة والباقي ماء . وتعتمد خواص الحمأة إلى حد كبير على مصدرها ونوعها .

٣ -٦ -١ أنواع الحمأة

يمكن إيجاز أنواع الحمأة الشائعة كما يلي :

١) حمأة المعالجة الابتدائي والأولية وهي تنقسم إلى قسمين :

القسم الأول : ويشمل المواد الصلبة المجتمعة في عمليات الغربلة والتعويم أو الكشط من أحواض الترسيب الأولى .

القسم الثاني : ويضم المواد المترسبة في أحواض الترسيب الأولى .

٢) الحمأة الثانوية أو البيولوجية وهذه مصدرها المعالجات الثانوية مثل :

أ) الحمأة المنشطة وتبلغ نسبة المواد الصلبة فيها حوالي (٥ – ١٢ ٪) ولابد من سرعة معالجتها حتى لا ينتج عنها روائح كريهة .

ب) المرشحات البيولوجية وتتميز الحمأة هنا بكونها أبطأ تحللاً عن باقي أنواع الحمأة الأخرى إذا تركت في أحواض الترسيب وهي قابلة للهضم ونسبة المواد الصلبة فيها (٥ – ١٠ ٪) .

كما تحتوي الحمأة أيضاً على العديد من الكائنات الدقيقة بما فيها مسببات الأمراض وناقلات العدوى من بكتريا وفيروسات وطفيليات أخرى .

وتهدف معالجات الحمأة أساساً إلى تقليل محتواها العضوي القابل للتحلل البيولوجي وتقليل حجم مسببات الأمراض بها وتقليل عدد البكتريا المحدثة للأمراض والتخلص من الروائح الكريهة .

٣ - ٦ -٢ عمليات معالجة الحمأة

يتم معالجة الحمأة بعدة خطوات وهي كما يلي :

١) التغليظ
٢)التثبيت (الهضم – التخمر)
٣)الهضم اللاهوائي للحمأة
٤)التكييف (إزالة الماء من الحمأة)

٣ -٦ -٣ التخلص من الحمأة SLUDGE DISPOSAL

هناك طرق كثيرة للتخلص من الحمأة وصرفها ومن أهمها ما يلي :

١) الحرق والاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة .
٢) الصرف الأرضي باستخدام البحيرات الضحلة أو أحواض الأكسدة .
٣) الصرف بالدفن أو الطمر في الأرض LAND FILL ويتم ذلك بإيجاد موقع طمر مناسب ثم يحفر خندقاً لطمر الحمأة المزالة منها الماء ثم يغطى المطمر بطبقة من التربة لمنع تكاثر الحشرات.
٤) وهناك إمكانية أخرى للتخلص من الحمأة تتمثل في استخدامها في الأغراض الزراعية كسماد عضوي .

إلا أن استخدام الحمأة في الأغراض الزراعية له بعض المحاذير مثل تصاعد الروائح الكريهة وانتشار الحشرات وانتقال الكائنات الدقيقة الممرضة إلى الإنسان بواسطة المحاصيل التي لا تغسل جيداً .

المملكـــة العربيـــة الســـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تقنية الإنشاءات المدنية

صيانة شبكات المياه والصرف الصحي

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الهدف الموضوعي

أن يتعرف المتدرب على كيفية صيانة شبكات المياه والصرف الصحي وأنواع الصيانة وطرقها.

موضوعات الباب

٤ – ١	صيانة شبكات المياه
٤ – ٢	صيانة شبكات الصرف الصحي

عدد ساعات التدريب ٦ ساعات

٤-١ صيانة شبكة خطوط توزيع المياه :

٤-١-١ عام :

تدعو الحاجة إلى دراسة إجراءات الصيانة لنضمن بشكل موثوق الإمداد بالماء الكافي تحت الضغط المناسب. وتعتبر الصيانة من الشئون اليومية المستمرة بالإضافة إلى الحالات الطارئة ، حيث لا ينتهي العمل إطلاقا في عمليات شبكة توزيع المياه. وإذا لم يتم إنجاز الأعمال بشكل نظامي ومناسب وفي الوقت الملائم فإن مشكلة النظام سوف تتردى للأسوأ.

بالنسبة للإصلاحات الطارئة في شبكة توزيع المياه يعتبر تجهيز العمال والمواد عاملا هاما من حيث عدد القوى العاملة التي يمكن تجهيزها ونقلها ، بمن فيهم المراقب والعمال المهرة ، في أسرع وقت ممكن. وإن نظام الاتصال المتبادل مع هيئة التشغيل والصيانة من خلال الاتصالات ذو أهمية عظمى. كما يجب أن تكون فرقة الطوارئ مع الورشة المتنقلة جاهزة مع المواد المطلوبة في أقل وقت ممكن.

إن كلا من الصيانتين الوقائية والإصلاحية ضرورية.

الصيانة الوقائية هي التي تكون مبرمجة بشكل محدد بينما الصيانة الإصلاحية تكون غير مبرمجة ولكن يتم القيام بها بعد ظهور المشكلة. ويجب القيام بالإصلاح لاستمرار التشغيل بشكل مرضي. ويجب إدخال برنامج الصيانة الوقائية لشبكات التوزيع في كل عمليات تشغيل مرافق المياه .

٤-١-٢ أماكن التسرب واكتشافها :

٤-١-٢-١ تسرب الماء :

تفقد كميات ضخمة من الماء وتضيع هدرا من شبكة التوزيع سواء من خلال التسرب أو من خلال الوصلات التي تحتاج لصيانة. وحتى في شبكات التوزيع الأفضل استخداما يمكن أن تصل الكميات المفقودة إلى ١٥ ٪ من كامل الاستهلاك.

العوامل المختلفة التي تؤثر على تسرب الماء :

أ – الوصلات المانعة لنفوذ المياه :

إن التسرب يمكن أن يبدأ من الوصلات الضعيفة على الخطوط الرئيسية من المواسير ويمكن أن يتسرب الماء من تصدع المواسير أو تلفها أو الجزء الصدئ من الماسورة. ويمكن تخفيض مثل هذا التسرب بواسطة المراقبة المتواصلة والكشف عن التسرب والصيانة.

ب – الضغط في شبكات التوزيع :

إن الضغط العالي في شبكة توزيع المياه يؤدي إلى نسب فقد عالية للماء بسبب التسرب. ولكي نبقي تسرب الماء ضمن الحد الأدنى يجب أن نبقي الضغط في شبكة التوزيع ضمن حدود أقل قيمة ممكنة.

ج – نظام الإمداد (فترات التشغيل) :

في نظام إمداد الماء المتقطع تقل نسبة فقد الماء بالتسرب من خلال الوصلات والمواسير المتصدعة لأن هذا الفقد لا يستمر طوال الـ ٢٤ ساعة.

والتسرب غير مرغوب به للأسباب التالية :

١ – لأنه تبديد للمال والطاقة.

٢ – لأنه يسبب أضرارا للطرق والأرصفة والمنشآت الأخرى.

٣ – لأنه يتسرب إلى الأرض المحيطة ويسبب فقدا في ضغط المواسير.

٤ – لأن الماء المتسرب قد يختلط مع الملوثات والأوساخ الأخرى ويمكن أن يتسرب الماء مرة أخرى إلى داخل الماسورة.

٤ – ١ – ٢ – ٢ اكتشاف التسرب :

إن اكتشاف التسرب مهم جدا لكفاءة التشغيل في أي شبكة توزيع. وهناك نوعان من التسرب سنشرحهما فيما يلي :

أ – التسرب المنظور (الظاهر) :

التسرب المنظور هو التسرب الذي يمكن تحديد مكانه بسهولة بواسطة المعاينة بالرؤية. ومن أمثلة هذا التسرب :

- التسرب من التوصيلات الموجودة فوق سطح الأرض.
- التسرب من الصمام الهوائي في غرفة الصمامات.
- التسرب من الصمامات الموجودة في غرفة الصمامات.
- تسرب وطفح الماء الفائض من الخزانات العالية.

وهذه التسربات المنظورة يمكن رؤيتها ومن ثم إصلاحها.

ب – التسرب غير المنظور :

التسرب غير المنظور هو التسرب الذي يتطلب طرقا محددة وإجراءات لأجل تحديد موقعه ومن أمثلة هذه التسربات :

- أي منطقة يبدو فيها استهلاك الماء كبيرا وغير معقول عند مقارنته بإجمالي استهلاك المشتركين.
- تتطلب الأرض الرطبة المتشربة إجراء تحريات لمعرفة أسباب تشربها للماء.

يجب تحديد مكان التسربات غير المنظورة قبل اتخاذ إجراءات الإصلاح.

٤–١–٢–٣ طرق الكشف عن التسرب :

نستطيع استخدام الطرق التالية للكشف عن التسربات غير المرئية :

أ – بواسطة الملاحظة المباشرة :

هذه الطريقة تتوقف على الملاحظة العملية للبقع الرطبة في المناطق غير المرصوفة على طول مسار خط الأنابيب. وبهذا يتم الكشف عن البقع الرطبة والتي يمكن أن تشير إلى وجود التسرب. وفي بعض الأحيان يتم الإبلاغ عن التسرب بواسطة المواطنين.

ب – بواسطة استخدام قضبان المسبار الصوتي :

بعد أن يكون قد تم تحديد موقع التسرب يمكن استخدام المسبار لإيجاده بدقة. وفي هذه الطريقة يدفع في الأرض قضيب معدني طرفه مدبب وحاد وبعدئذ نسحبه للفحص. فإذا كان القضيب رطبا وموحلا فسوف يشير ذلك إلى وجود التسرب. وإن صوت الماء المتسرب يمكن أن يسمع عن طريق وضع الأذن على أعلى القضيب الداخل في الأرض وهذا يساعد على التأكد من وجود التسرب ويمكن تضخيم الصوت المتسرب بمساعدة أجهزة مختلفة.

ومن المفضل إجراء عملية سماع الصوت ليلا عندما تكون الحركة العامة بالموقع هادئة. ولتحديد مكان التسرب بدقة فيمكن تحريك الآلة في اتجاه الصوت المتزايد إلى أن نجد التسرب.

توجد أجهزة لكشف التسرب تستخدم سماعات لتلتقط صوت الماء المتسرب. هناك جهازان لكشف التسرب أحدهما يستخدم الطريقة السمعية والآخر يستخدم الطريقة السمعية الكهربائية لتكبير الصوت. انظر شكل (٤ – ١).

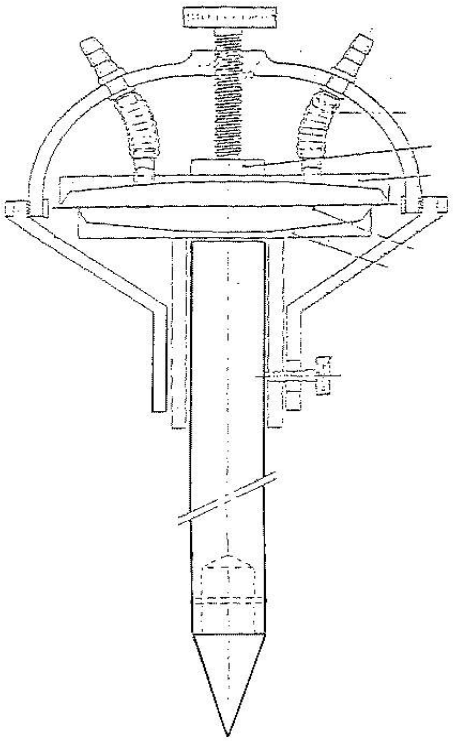
ج – بواسطة تسجيل بياني لخط الانحدار الهيدروليكي :

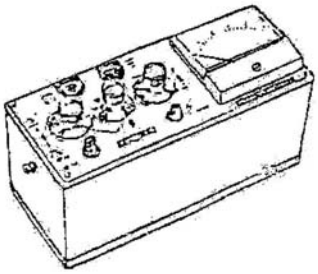
في هذه الطريقة يقاس الضغط بنقاط مختلفة على طول الماسورة المشكوك فيها ، ويتم رسم مخطط لجريان انحدار الماء في الماسورة وإن ظهور أي انحناء أو تغيير في زوايا ميول جريان الماء بالماسورة سوف يشير إلى موقع التسرب بالخط.

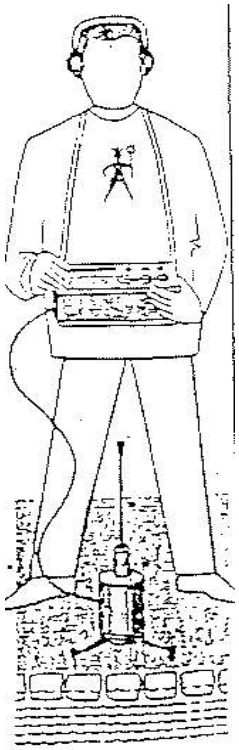
د – بواسطة استعمال مقاييس كشف الماء الضائع :

هذه المقاييس لا تقيس الماء الفعلي المفقود لكنها تقيس أي تدفق عالي غير اعتيادي يمر من خلال الماسورة في أثناء الفترة التي ينخفض فيها الاستهلاك أي خلال ساعات الليل.

والطريقة تشتمل أولا على عزل المساحة المشكوك فيها ، ويوقف توريد الماء عن كل المساحات ما عدا المساحة المختارة التي يشك بها. وبعد ذلك نركب المقياس على خطوط توريد الماء الرئيسية ويسمح للماء بالجريان ويسجل معدل التدفق بالمقياس. ويوقف تدفق الماء في مواسير الشبكة المعنية واحدة بعد الأخرى ، ويسجل معدل انسياب الماء في كل حالة. وإن معدل التدفق المسجل بالمقياس سوف يهبط عند كل إيقاف لانسياب الماء بكل ماسورة. إن عملية الإيقاف التي تدل على هبوط كبير وغير مناسب في معدل تدفق الماء المسجل ، عند مقارنته بقطر الماسورة ومعدل الاستهلاك في المنطقة التي تخدمها هذه الماسورة ، تدل على أن هناك تسربا في هذه الماسورة.







استخدام قضبان المسبار الصوتي بمساعدة الأجهزة السمعية للكشف عن التسرب

شكل رقم (٤ - ١)

٤ – ٢ صيانة شبكات الصرف الصحي :

٤ – ٢ – ١ عام :

لكي تقوم خطوط الصرف الصحي بوظيفتها بكفاءة عالية يجب تنظيفها بطريقة دورية من بعض الرواسب التي تتراكم ومن بعض المواد التي تعلق بجدار الماسورة الداخلي حيث أن هذه الرواسب إن لم يتم إزالتها تقلل من قطاعات المواسير وتحد من قدرتها على حمل التصرف التصميمي المقدر لها ولإجراء صيانة جديدة لا بد من معرفة مواقع الشبكة و اتجاهات سير المخلفات السائلة فيها وكذلك توفير المعدات اللازمة لهذه الصيانة.

ولإجراء أعمال الصيانة فهناك طريقتين :

أ – الطريقة اليدوية : وتتم بإدخال عصا خرزانية متصلة ببعضها في نهايتها وصلات نحاسية مقلوظة في غرفة التفتيش ويتم دفع العصا في الماسورة يدويا فتتحرك الرواسب من مكانها ويدفعها الماء المتجمع في الماسورة أمامها.

ب – الطريقة الميكانيكية : وتتم بواسطة أجهزة ميكانيكية تقوم بدفع الرواسب المتماسكة وإزالتها خارج المواسير والشكل التالي رقم (٤ – ٢) يوضح بعض المعدات المستخدمة في تنظيف المواسير حيث أنها تركب في نهاية سلك مرن يدفع بطول الماسورة مع إدارته لولبيا بواسطة ماكينات خاصة كما هو موضح بنفس الشكل.

٤ – ٢ – ٢ الطرق المختلفة لصيانة مجاري التصريف :

يمكن تقسيم أعمال الصيانة إلى نوعين : صيانة وقائية وصيانة إصلاحية. بشكل عام كلما ارتفعت نسبة الصيانة الوقائية كلما انخفضت الحاجة للصيانة الإصلاحية . إن التوازن بين هذين النوعين من الصيانة ضروري للمحافظة على الشبكات في تأدية عملها بالشكل المتكامل وبأقل تكلفة وإزعاج للمواطنين.

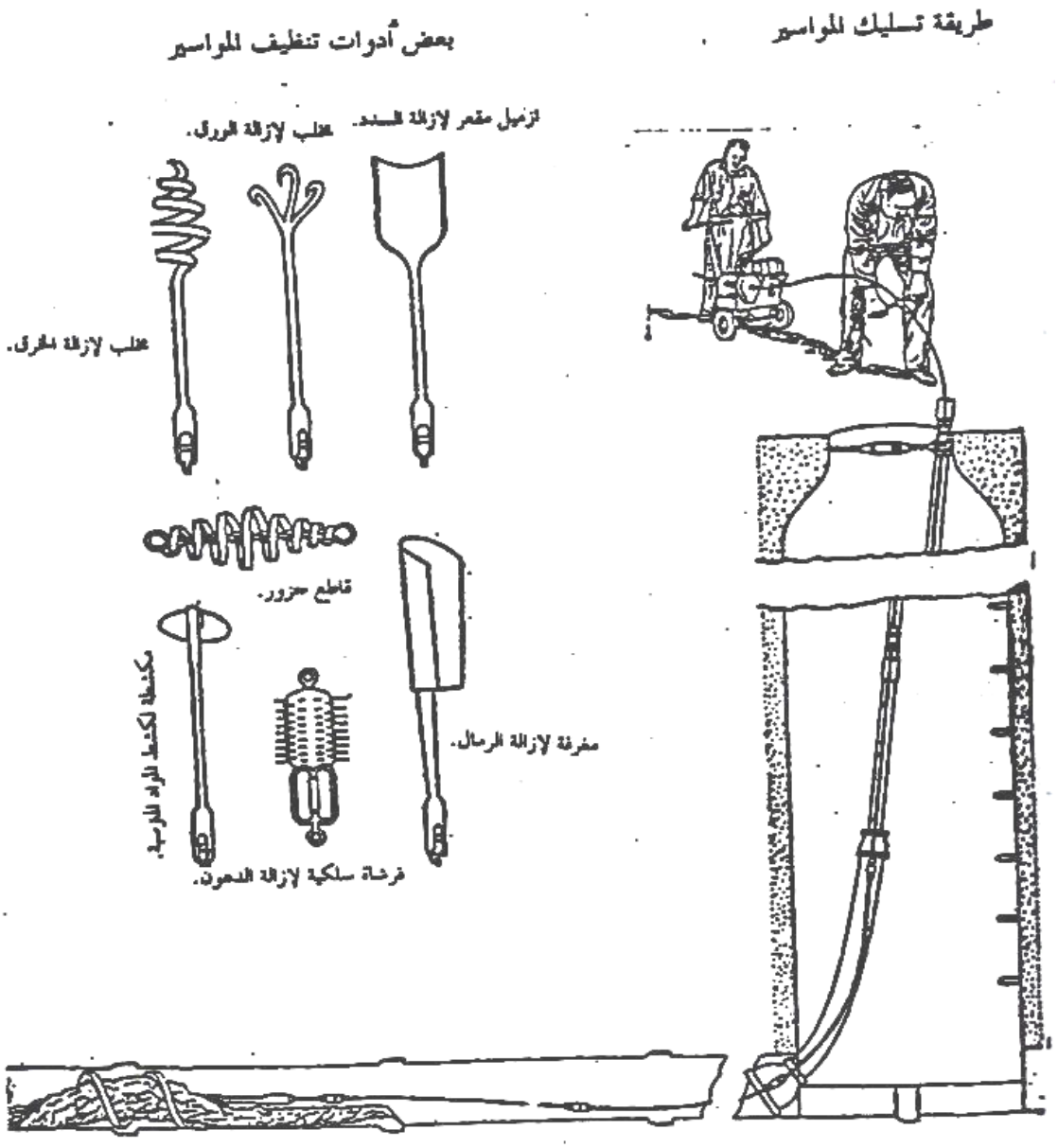
٤ – ٢ – ٢ – ١ الصيانة الوقائية :

تتضمن الصيانة الوقائية برنامجا للتفتيش على الشبكة بشكل دوري (مرة في السنة على الأقل إلى أربع مرات في المناطق التي تكون فيها انحدارات المواسير منخفضة) وتحليلا للمعلومات بخصوص المناطق التي

تكثر فيها الأعطال وتشمل هذه النوعية من الصيانة شطف وتنظيف دوري للمواسير والمطابق وكذلك إجراء الإصلاحات اللازمة.

٤ – ٢ – ٢ – ٢ الصيانة الإصلاحية :

هي عبارة عن الصيانة الضرورية والمستعجلة استجابة لطلب أو شكوى أو أي عطل مفاجئ يتطلب المعالجة والإصلاح. بمعنى آخر هي عبارة عن إصلاح شئ ما عندما يتعطل بشكل مفاجئ. ومن أمثلة ذلك تهتك في إحدى المواسير ، انسداد في المواسير بسبب الترسبات المتراكمة ، وفيضان للمياه الصحية بسبب زيادة في الدفق أو ترسب مياه الأمطار.



شكل رقم (٤ – ٢)

٤ – ٢ – ٣ أعمال التفتيش الدوري وطرق إجرائها

٤ – ٢ – ٣ – ١ التفتيش بالنظر :

هذه الطريقة تنقسم إلى تفتيش سطحي وتفتيش داخلي للمواسير .

إن التفتيش السطحي يتضمن النظر والكشف على أسطح الشوارع لتحديد الأماكن المنخفضة أو المغطاة بالماء وكذلك الشقوق الأرضية في مسار المواسير والأضرار الحاصلة في المطابق وأغطيتها.

أما التفتيش الداخلي للمواسير الكبيرة فيتطلب السير في داخلها لتفقد حالتها وذلك في الفترات التي يكون الدفق فيها قليلا. في هذه الحالة يجب الانتباه الشديد لأخذ احتياطات السلامة.

أما بالنسبة للمواسير الصغيرة فيمكن تفتيشها بواسطة النظر من خلال الماسورة بالاستعانة بمصباح يدوي وذلك أيضا خلال أوقات الدفق الأدنى.

٤ – ٢ – ٣ – ٢ الفحص بواسطة الحقن بالدخان :

يمكن استعمال هذه الطريقة قبل المراقبة التليفزيونية وذلك بحقن الدخان داخل المواسير من خلال المطبق بواسطة منفاخ خاص. يجري الفحص من خلال مراقبة وتدوين أماكن تهريب الدخان ومن ثم يمكن إدخال الكاميرا التليفزيونية لتحديد الأعطال ومن ثم إصلاحها.

٤ – ٢ – ٣ – ٣ المراقبة التليفزيونية :

إن طريقة التفتيش والمراقبة بواسطة الشبكات التليفزيونية المغلقة أحدث وأنجح طريقة لتحديد طبيعة الأعطال والأضرار في داخل المواسير. ولزيادة الفائدة الاحتفاظ بتقارير دائمة عن طبيعة هذه الأعطال والأضرار يمكن تسجيل الصورة على شريط فيديو.

وقد تطورت الأجهزة اللازمة في هذه العملية إلى الحد الذي أصبح فيه من الممكن استعمال الكاميرا التليفزيونية في المواسير الصغيرة قطر ١٠٠ مم.

٤ – ٢ – ٤ الطرق المتبعة في تنظيف مجاري التصريف

هناك عدد من الطرق المتبعة في عملية تنظيف مجاري التصريف منها :

٤ – ٢ – ٤ – ١ طريقة القضبان الحديدية :

وتتم بإدخال القضبان إلى داخل المواسير وتحريكها إما يدويا أو آليا وخلال عملية الدفع يجري برم القضبان مع وحدات التنظيف المثبتة في نهايتها والتي تتكون من أنواع كثيرة ومختلفة تبعا لطبيعة العوائق مثل قاطع الجذور والفراشي المزيلة للدهون والمجاريف المزيلة للرمل واللولب المزيل للورق وقطع القماش.

ويلاحظ أن كفاءة هذه الطريقة عالية عند استعمالها في المواسير ذات الأقطار التي لا تزيد عن ٣٠٠ مليمتر وتنخفض كفاءتها كلما كبر قطر الماسورة.

٤ – ٢ – ٤ – ٢ طريقة الشطف (الغسيل) :

وهي طريقة هيدرولية لإزالة العوائق والترسبات المتجمعة في المواسير وخاصة في بدايات الخطوط حيث يكون الدفق قليلا وإمكانية ترسب المواد عالية.

يتم توريد الماء اللازم للشطف (الغسيل) عن طريق طفايات الحريق أو بواسطة الصهاريج. غير أنه عند استعمال هذه الطريقة يجب الانتباه إلى أمرين هامين :

الأول : أن يكون أسفل الخرطوم الواصل من طفاية الحريق أعلى من مستوى الماء في المطبق لكي لا يحدث تلوث لمياه الشرب.

الثاني : الانتباه إلى عدم حدوث فيضان للبيوت المجاورة من جراء ارتفاع الماء إلى الحد الذي يزيد الضغط في المواسير مما يسمح برجوع الماء من خلال الوصلات المنزلية.

٤ – ٢ – ٤ – ٣ طريقة الكرة المطاطية :

تعتمد هذه الطريقة على التنظيف الهيدرولي وذلك باستخدام ضغط الماء لتوليد سرعة جريان عالية حول الكرة. وتصنع الكرات عادة من مادة مطاطية يجري تعبئتها بالهواء لتأخذ شكل المواسير وهي تكون بأحجام من ١٥٠ – ١٢٠٠ مليمتر. وعندما يزيد القطر عن ٦٠٠ مليمتر يصبح استعمالها صعبا نوعا ما وعند استعمال هذه الطريقة يجري ربط الكرة بحبل أو كيبل وذلك للتحكم بسرعة حركتها داخل الماسورة وكذلك لسحبها عند الانتهاء من عملية التنظيف التي تتم بين كل مطبقين.

وتجدر الإشارة إلى أن هناك أدوات كثيرة يمكن استعمالها بنفس هذه الطريقة منها على سبيل المثال البراشوتات والعربات الزاحفة.

وهنا أشير إلى أن بعض مدن المملكة تستخدم طريقة الشطف بالماء حيث يتم توريد المياه بواسطة صهاريج خاصة ويتم دفع الماء بواسطة خراطيم عكس اتجاه سير مياه الصرف في المواسير.

تقنية الإنشاءات المدنية

أعمال ومعدات الطرق

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الهدف الموضوعي

أن يتعرف المتدرب على أنواع الرصف للطرق وكيفية الرصف المرن والمعدات المستخدمة في الرصف وطريقة تصنيف التربة.

موضوعات الباب

٥ -١	مقدمة
٥ -٢	أنواع الرصف
٥ -٣	الرصف المرن
٥ -٤	حدود القوام وتصنيف التربة

عدد ساعات التدريب ١٨ ساعة

أعمال ومعدات الطرق

٥ - ١ مقدمة :

لا يستطيع سطح الطريق الترابي تحمل ثقل السيارات لأن التربة مهما كانت ذات خواص جيدة تعتبر ضعيفة لتحمل الضغط الناتج من إطارات السيارات على التربة مباشرة. لذلك لابد من وضع طبقات أكثر تحملا من الأرض الطبيعية وهذه الطبقات تكون لها خواص محددة قياسيا أقوى من السطح الترابي حيث تقوم بحمل الثقل ونقله إلى أسفل ، وأثناء نقل الحمل يوزع على مساحات أكبر نتيجة نقل الحمل لأسفل بزاوية توزيع تصل إلى ٤٥°. وهي تقريبا الزاوية من احتكاك حبيبات الطبقات مع بعضها وكلما كانت هذه الطبقات قوية كلما توزع الثقل على مساحة أكبر وكلما زادت سماكة هذه الطبقات كلما توزع الثقل على مساحة أكبر. والشكل (٥ - ١) يبين طبقات الرصف وتوزيع الحمل من خلالها حتى الوصول إلى الأرض الطبيعية. إن لكل طبقة من طبقات الرصف التي توضع فوق السطح الترابي مقدرة معينة على توزيع الثقل ، فبعضها يوزع الثقل على مساحة أكبر من البعض الآخر. ولهذا يجب وضع الطبقات الأقدر على التحمل في الجزء الأكثر عرضة للإجهادات وبالنظر للشكل رقم (٥ - ١) نجد أن **طبقات الرصف هي :**

١ – الطبقة العليا السطحية وهي أكثر الطبقات عرضة للإجهادات حيث تتعرض مباشرة إلى الضغط الواقع عليها من إطارات السيارات.

٢ – طبقة الأساس وهي أقل نسبيا من الطبقة السطحية في توزيع الإجهادات.

٣ – طبقة ما تحت الأساس وهي أقل نصيبا من طبقة الأساس في توزيع الإجهادات.

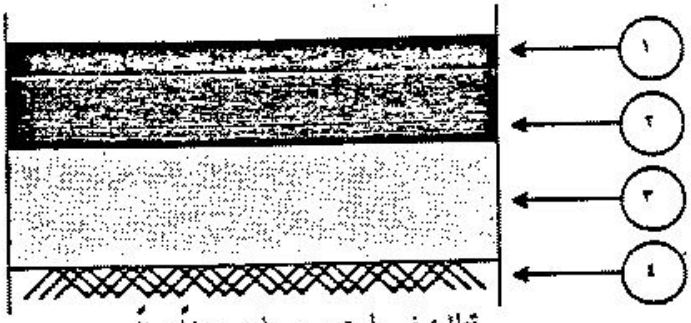
٤ – طبقة الأرض الطبيعية وهي التربة الأصلية وتتحمل إجهادا أقل من طبقة ما تحت الأساس.

ومن الشكل نجد أن :

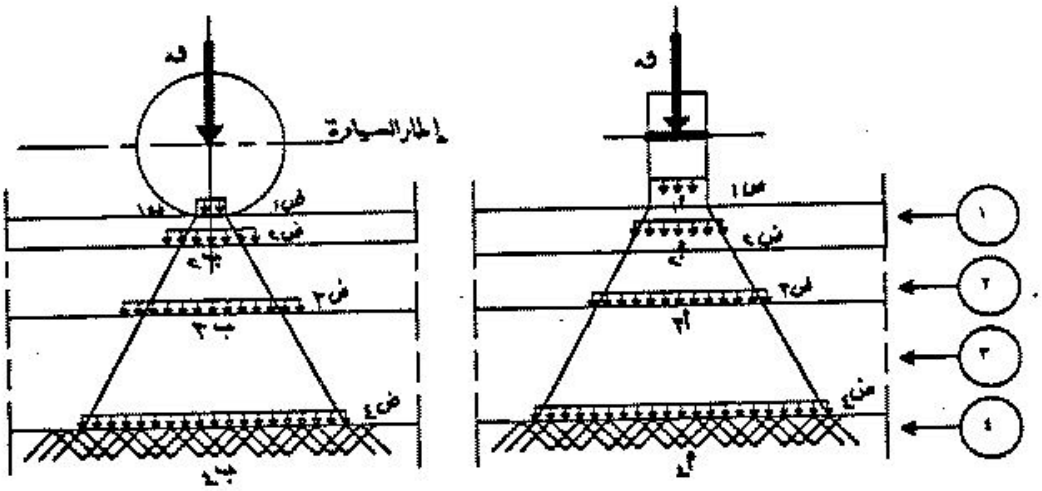
مساحة توزيع الإجهاد كبيرة على الطبقات السفلية عنها على الطبقات العليا حيث تكون المساحة أصغر. حيث إن العلاقة بين الإجهاد والمساحة علاقة عكسية أي أنه كلما زادت المساحة قل الإجهاد المقابل لذلك نجد صغر الإجهاد على الطبقات السفلية عنها على الطبقات العليا وتكون :

$$ض_{٤} < ض_{٣} < ض_{٢} < ض_{١}$$

وبالتالي لابد أن تكون المواد المستخدمة في الطبقة السطحية من أجود المواد المستخدمة في الرصف ثم تتوالى المواد في الجودة لتناسب الإجهاد الواقع عليها حتى الوصول إلى طبقة الأرض الطبيعية التي يجب إعدادها من حيث الكثافة ونسبة الدك لتتحمل الإجهاد الواقع عليها.



قطاع فى طريق مرصوف رصفاً مرناً



قطاع جانبي

قطاع أمامي

طبقات الرصف :

١- الطبقة العليا السطحية .

٢- طبقة الأساس .

٣- طبقة ماتحت الأساس .

٤- طبقة الأرض الطبيعية .

$$\text{(ض) الإجهاد} = \frac{\text{القوة (ق)}}{\text{المساحة (مس)}} = \text{كجم/ سم}^2$$

$$\text{مس}_1 = أ_1 \times ب_1 \text{ ، مس}_2 = أ_2 \times ب_2$$

$$\text{مس}_3 = أ_3 \times ب_3 \text{ ، مس}_4 = أ_4 \times ب_4$$

$$\text{ض}_1 = \frac{ق}{\text{مس}_1} \text{ ، ض}_2 = \frac{ق}{\text{مس}_2}$$

$$\text{ض}_3 = \frac{ق}{\text{مس}_3} \text{ ، ض}_4 = \frac{ق}{\text{مس}_4}$$

شكل (٥ - ١) طبقات الرصف وتوزيع الإجهادات عليها

٥ – ٢ أنواع الرصف :

يختلف نوع الرصف حسب الغرض المنشأ من أجله والأحمال التي يتعرض لها سطح الرصف. فأحمال ضغط السيارات المعتادة يلائمها الإسفلت المرن ذو السطح الأملس لإعطاء الراحة المناسبة لمستخدمي الطريق أما الأسطح التي تكون عرضة لأحمال الصدم والاهتزازات الشديدة مثل أرضيات الورش والمصانع والمطارات وخاصة الأماكن التي تهبط عندها فيناسبها رصف أكثر قوة من الإسفلت أو ما يسمى بالرصف الصلب وهو الرصف الخرساني والفرق بين استخدام النوعين يكمن في نوعية الأحمال وظروف التشغيل والعوامل الجوية التي يتعرض لها الرصف.

ومن ذلك نجد أنه يمكن تقسيم الرصف إلى نوعين أساسيين هما :

أ – الرصف المرن.

ب – الرصف الصلب.

وسوف نتكلم في مجال دراستنا عن الرصف المرن.

٥ –٣ الرصف المرن :

هو الرصف ألإسفلتي. ويستخدم في إنشاء الطبقة السطحية له خرسانة إسفلتية تم صبها فوق طبقة الأساس ثم طبقة ما تحت الأساس التي يتم تنفيذها فوق الأرض الطبيعية بعد تسويتها على المنسوب التصميمي لخط الإنشاء. ويستخدم الرصف المرن في رصف كافة الطرق العامة لما له من مميزات عديدة نذكر منها :

أ – إعطاء الراحة التامة لمستخدمي الطرق بما له من نعومة كاملة وعدم وجود فواصل متكررة كما في الرصف الصلب.

ب – مقاومة البري والتفتت الناتج من عجلات السيارات والعوامل الجوية.

ج – منع دخول الماء إلى الطبقات التي تحت السطح.

د – تأمين المرونة الكافية التي تسمح له بالهبوط دون أن ينكسر.

هـ - رخيص التكلفة مقارنة بالرصف الصلب

وكما هو واضح بالشكل رقم (٥ - ١) فإن طبقات الرصف المرن هي :

١ – طبقة السطح الإسفلتية.

٢ – طبقة الأساس.

٣ – طبقة ما تحت الأساس.

٤ – الأرض الطبيعية.

وسوف نتعرض في مجال دراستنا للرصف المرن على أنواع البيتومين وطبقة السطح الإسفلتية وطريقة أشتو في تصنيف التربة.

٥–٣–١ أنواع البيتومين :

يعتبر البيتومين من المواد اللاصقة التي تتكون من مزيج من الهيدروكربونات الطبيعية ويتراوح البيتومين في قوامه بين الصلابة وشبه الصلابة. وينتج هذا المزيج بتقطير زيوت البترول التي يتبقى منها البيتومين كمستخلص أخير من ناتج التقطير ويمكن استخراج المزيد من المواد المذيبة والمتطايرة للحصول على أصناف عديدة من هذا البيتومين تصلح لجميع الأغراض ولجميع الأجواء الحارة والباردة وكلما زاد تبخر المواد المتطايرة حصلنا على بيتومين يزيد في الصلابة ويقسم البيتومين حسب النظام الأمريكي إلى الأصناف الثلاثة التالية :

١ – سريع التصلب : RAPID CURING

ويرمز له بالرمز (RC) ويتم الحصول عليه بإضافة مذيب مثل البنزين أو مادة النفثا إلى الإسفلت الأسمنتي في درجة حرارة ٨٥ – ١٠٠ درجة مئوية وتتفاوت درجة غليان هذا الإسفلت بين ١٢١ – ١٤٠ درجة مئوية لذا فإنه يتبخر بسرعة وهذه الخاصية مفيدة عندما نحتاج إلى تحول سريع من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة. وهو يستعمل في أعمال وإعادة إكساء الطرق القديمة ويستعمل كمادة لاصقة على شكل طلاء بين طبقات التبليط وهو ينقسم إلى ستة أقسام تبدأ بالصفر إلى ٥

RC- 0 , RC-1 , RC-2 , RC-3 , RC-4 , RC-5

٢ – متوسط التصلب : MEDIUM CURING

ويمز له بالرمز (MC) ويتم الحصول عليه بإضافة مذيب كالنفط الأبيض إلى الإسفلت في درجة حرارة ١٢٠ – ١٥٠ درجة مئوية وتتفاوت درجة غليانه بين ١٦٣ – ٢٧٩ درجة مئوية لذا فإنه يتبخر بمعدل أبطأ من البيتومين سريع التصلب.

يستفاد منه كمادة لاصقة على شكل طلاء ترش الحصى والرمل حيث تتغلغل بين ثنايا أو فجوات الطبقة تؤدي إلى إلتصاق أجزاء الطبقة وإعطائها قابلية التصمد المائي وهو ينقسم إلى ستة أقسام تبدأ بالصفر إلى ٥

MC- 0 , MC-1 , MC-2 , MC-3 , MC-4 , MC-5

٣ – بطئ التصلب : SLOW CURING

ويرمز له بالرمز (SC) ويسمى أحيانا زيت الطريق ويتم الحصول عليه على شكل زيوت ترسبت في قعر أبراج التقطير للنفط الخام أو بواسطة مزج بعض الزيوت الخفيفة مع الإسفلت الأسمنتي العادي وهو أكثر ميوعة من الإسفلت الإسمنتي ولكنه أكثر لزوجة من الأصناف الخفيفة من زيوت التشحيم. يستعمل في تثبيت وترسيخ خليط من مواد الحصى والرمل غير الجيدين والمفروش فوق طبقة ما تحت الأساس وهو ينقسم إلى ستة أقسام تبدأ بالصفر إلى ٥

SC- 0 , SC-1 , SC-2 , SC-3 , SC-4 , SC-5

وبذلك نحصل على ١٨ صنفا من البيتومين ولايمكن التفرقة بين الأصناف الثلاثة فقد حدد لكل قسم مواصفات يمكن الحكم بها على نوع البيتومين قبل استعماله.

٥ – ٣ – ٢ طبقة السطح الإسفلتية :

٥ – ٣ – ٢ – ١ الطبقة التأسيسية البتيومينية :

يتألف هذا العمل من رش طبقة تأسيسية من الإسفلت السائل على ما كان قد أنشئ سابقا من طبقة القاعدة الترابية ، وطبقات الأساس وما تحت الأساس طبقا للمناسيب التصميمية ونسب الدمك المقررة حسب المواصفات المبينة بالمخططات.

ويستخدم الإسفلت المخفف ذي التجمد متوسط السرعة ويجب أن يكون المستحضر خاليا من الماء من أصل إسفلتي مذاب في مقطرات بترولية ملائمة. ويجب أن يكون مطابقا لجميع متطلبات الدرجة MC-1

أ - متطلبات الإنشاء :

١ – إعداد سطوح الطرق :

قبل الرش بالمادة البتيومينية يجب إزالة جميع المواد المفككة من السطح وتنظيف السطح بواسطة مكانس ميكانيكية معتمدة إلى أن يصبح خاليا من الغبار.

٢ – تسخين المادة البتيومينية :

يتم التسخين بمعدات معتمدة لدرجة حرارة تتراوح بين ٥٠ إلى ٨٠ درجة مئوية لمادة MC-1 ولا يجب زيادة الحرارة أكثر من ٢٨ درجة مئوية عن الحرارة القصوى للرش حيث تعتبر مسخنة أكثر مما يلزم ويتم قبولها بعد أخذ عينات جديدة وإعادة فحصها.

وتختلف درجات الرش باختلاف المواد المستخدمة حيث توجد مواد سائلة بتيومينية بدرجات مختلفة للتسخين والرش كما بالجدول التالي :

أنواع الإسفلت السائل المتوسط التجمد	MC-5	MC-4	MC-3	MC-2	MC-1	MC-0
درجة حرارة الرش	105 - 150	90 - 135	80 - 120	65 -105	50 -80	25 - 65

جدول درجات حرارة رش الإسفلت السائل المتوسط التجمد

٣ – الرش بالطبقة التأسيسية :

يرش الإسفلت المخفف ذي التجمد متوسط السرعة من درجة MC-1 بالمعدل المدون بالمخططات بواسطة رشاشات معتمدة تعمل بالضغط ولا يسمح بالرش اليدوي إلا في المساحات الصغيرة.

٤ – معدلات الرش :

نوع السطح	معدل رش MC-1 لتر/م^{٢}
السطوح الترابية – الأكتاف وطبقات الأساس	0.65 – 1.75
طبقا السطح العليا للجسور – الرصف الخرساني	0.10 – 0.30

٥ – وقاية المنشآت المجاورة :

في أثناء رش المواد البتيومينية يجب وقاية سطوح جميع المنشآت مثل البردورات والدرابزين الواقي وحواجز العجلات وغيرها من ملحقات الطرق بالكيفية التي يوافق عليها المهندس وعلى نفقة المقاول.

٦ – التجفيف :

بعد أن تكون قد مرت على رش المادة البتيومينية ٤٨ ساعة ولم تجف الطبقة التأسيسية إلى درجة تحول دون إتلافها من جراء حركة المرور فيمكن وضع رملا ناعما نظيفا بمقادير قليلة على المساحات التي لم تجف إذا أمر المهندس بذلك وفي الأحوال العادية يسمح بوقت إضافي للتجفيف الطبيعي.

٧ – صيانة الطبقة التأسيسية :

يقوم المقاول بعمل الصيانة اللازمة للطبقة في حالة الضرر بسبب فتح حركة المرور وذلك بتنظيفها وإعادة رشها مرة أخرى.

٨ – ضبط حركة المرور :

يجب عمل التحويلات اللازمة لضبط حركة المرور أما في حالة تعذر عمل التحويلة فيجب رش نصف الطريق بالطبقة التأسيسية وإغلاقه عن حركة السير والسماح بالمرور على النصف الأخر مع وضع الحواجز والعلامات الإرشادية المرورية الدالة على ذلك بمسافة مناسبة.

ب – طريقة القياس وأسس الدفع :

تقاس المواد البتيومينية باللتر ويتم الحساب كما يلي :

كمية الطبقة التأسيسية البتيومينية باللتر = المساحات المرشوشة X معدل الرش

ولا تقاس أعمال الصيانة أو مواد التجفيف بل يحمل سعرها على سعر المواد البتيومينية ويتم الدفع عن مقدار العمل المنجز والمقبول ، ويكون السعر تعويضا عن المواد والمعدات والأيدي العاملة والأدوات المستخدمة. والشكل (٥ – ٢) يبين طريقة رش الطبقة التأسيسية البيتومينية.

شكل (٥ – ٢) طرق رش الطبقة التأسيسية البيتومينية

٥ – ٣ – ٢ – ٢ المعالجة السطحية البتيومينية :

يتألف هذا العمل من طبقة سطحية عليا مكونة من طبقة تأسيسية بتيومينية يتبعها وجه ختامي بتيوميني واحد أو وجهان على أن يتلقى كل وجه ختامي طبقة من مادة التغطية وفقا للمواصفات والمواد المستخدمة وهي :

١ – المادة البتيومينية :

أ – الطبقة التأسيسية : تكون كما سبق من الإسفلت المخفف ذي التجمد متوسط السرعة مطابقة لمتطلبات الدرجة MC-1.

ب – الوجه الختامي : يكون من الإسفلت المخفف السريع التجمد مطابقا لمتطلبات الدرجة RC-4.

٢ – مادة التغطية :

تكون من الحصمة المخصصة للتغطية من ناتج غربلة الحجارة المكسرة ويجب أن تكون نظيفة خالية من الأوساخ ومتينة قوية لا تزيد نسبة التآكل عن ٤٠ ٪ كما بالجدول التالي :

معدل الرش	النسبة المئوية للمار من منخل حجم				
RC-4 لتر/م^2	¾ بوصة	½ بوصة	3/8 بوصة	رقم 4	رقم 8
1.59 – 2.04	100	90 -100	30 - 60	0 - 10	0 - 3

وهذا الجدول يستخدم للمعالجة السطحية المفردة أما في حالة المعالجة المزدوجة فيستخدم تدرج آخر للحصمة يمكن الرجوع إليه بالمواصفات العامة لإنشاء الطرق.

أ – متطلبات الإنشاء :

١ – إعداد السطوح :

يجب إعداد السطوح طبقا لعمل الطبقة التأسيسية البتيومينية السابق شرحها.

٢ – استمرار حركة المرور :

يجب إعداد الترتيبات اللازمة لتنظيم حركة المرور وتحديد الإرشادات اللازمة لتحويل حركة المرور وتحديد السرعة المفروضة أثناء عمل التحويلات.

٣ – تسخين المواد البتيومينية :

يجرى التسخين بالمعدات المحددة في مواصفات المشروع ولا يسمح بأكثر من ٢٨ درجة مئوية عن درجة التسخين المحددة بالجدول التالي لمادة RC-4 ، أما مادة MC-1 فكما هو مذكور في الطبقة التأسيسية البتيومينية.

الحرارة الواجب اعتمادها للرش	درجات الإسفلت السائل سريع التجمد RC					
	RC-5	RC-4	RC-3	RC-2	RC-1	RC-0
درجة مئوية	105 - 135	95 - 120	80 - 105	65 - 95	50 - 80	25 -50

٤ – الطبقة التأسيسية :

ترش الطبقة التأسيسية البتيومينية MC-1 كما سبق ذكره بالمعدل المطلوب بالمواصفات الخاصة بالمشروع.

٥ – المعالجة السطحية البتيومينية المفردة :

بعد أن تكون الطبقة التأسيسية قد رشت واخترقت السطح اختراقا تاما وجمدت طبقا للمواصفات المحددة لها ، يجب وضع الوجه الختامي من مادة RC-4 وأن توضع مادة التغطية ويتم هرس ومعالجة السطح.

بعد رش المادة البتيومينية يجب فورا فرش مادة التغطية بواسطة فرادة حصمة معتمدة بالكميات التي يحددها المهندس. ويجب أن يتم الفرش بحيث إن إطارات الشاحنات أو فرادة الحصمة لا تلامس المادة البتيومينية المرشوشة حديثا كما أن عمليات رش المادة البتيومينية يجب ألا تتقدم على فرش الحصمة بأكثر من ٣٠٠ متر طولي. ولا يجوز كنس مادة التغطية أو تسويتها قبل الهرس الأول.

وإذا انكشفت المادة البتيومينية يجب إعادة ترتيب التغطية ويمكن استخدام المعدات والوسائل اليدوية بحيث تتم التغطية بصورة متساوية ولضبط عملية التغطية بالحصمة يكون معدل التغطية يتراوح بين (١٠٠ – ٦٥) م^{٢} / م^{٣} من الحصمة.حيث نجد الحد الأدنى للتغطية ١٠٠ م^{٢} للسطح لكل متر مكعب من

الحصمة والحد الأقصى ٦٥ م^{٢} للسطح لكل متر مكعب من الحصمة. أو حسب ما هو مقرر بمواصفات المشروع.

بعد وضع مادة التغطية بالمعدل السابق الذكر يجب تثبيت مادة التغطية بالهرس حيث يتم :

- الهرس الأول : باستعمال هراسة حديدية مزدوجة بمحورين ذات محرك ذاتي ، ويتم خلال٣٠ دقيقة ولذلك يجب توفير عدد كاف من الهراسات الحديدية لإنجاز العمل.
- الهرس الثاني : باستعمال هراسات ذات إطارات هوائية فور إنجاز الهرس الأول ويستمر حتى الحصول على ثلاث تغطيات كاملة بالهراسة ذات الإطارات الهوائية ويجوز تغيير ترتيب الهرس حسب أوامر المهندس. ويلزم التداخل في أشواط الهرس للحصول على أكبر كفاءة.

وبعد إنجاز عملية الهرس تستعمل مكانس السحب مادة التغطية ويفضل ألا يكون ذلك قبل اليوم الذي يلي وضع المادة. غير أنه يجب إبقاء السطح بأكمله مغطى تغطية تامة لمنع مرور حركة المرور.

تكرر عملية التسوية والهرس لمدة يوم أو يومين متتاليين حسب ما يأمر به المهندس وحسب الأحوال الجوية المواتية لذلك.

تزال بعد ذلك مادة التغطية باستخدام مكانس معتمدة لسحب مادة التغطية عن سطح الطريق المنجز.

٦ – حدود الأحوال الجوية والحرارة :

تتم عمليات المعالجة السطحية عندما يكون السطح جافا وعندما تكون الحرارة الجوية أكثر من ١٥ درجة مئوية. وعندما يكون الجو ممطرا تؤجل الأعمال حتى جفاف السطح.

٧ – وقاية المنشآت المجاورة :

يجب حماية جميع المنشآت المجاورة كالبردورات والأقنية من رش المادة البتيومينية وذلك بتغطيتها على نفقة المقاول كما يأمر المهندس المشرف.

ب – طريقة القياس وأسس الدفع :

تقاس المعالجة السطحية البتيومينية بالمتر المربع لجميع المساحات المبينة بالمخططات ويتم الدفع عن مقدار العمل المنجز والمقبول. والسعر تعويضا عن توريد المواد والمصنعية حسب أصول الصناعة.

٥ – ٣ – ٢ – ٣ طبقة السطح العليا البتيومينية :

يتألف هذا العمل من إنشاء إحدى طبقتي الخرسانة الإسفلتية فوق طبقة مقبولة تم رش سطحها بطبقة تأسيس أو طبقة لصق وهذه الطبقة إما أن تكون طبقة أساس أو طبقة ما تحت الأساس أو طبقة قاعدة أو بلاطة جسر أو رصف خرساني طبقا للخطوط والمناسيب والسماكات والمقاطع العرضية النموذجية المبينة على المخططات. ويمكن أن تتكون من طبقتين هما طبقة السطح العليا ثم طبقة التسوية البتيومينية

والمواد المستخدمة هي :

١ – الحصمة :

تتكون من خليط حصمة خشنة وحصمة ناعمة ومادة تعبئة إن لزم الأمر وتكون كلها مطابقة للمتطلبات التالية :

أ – الحصمة الخشنة :

وهي المادة التي يحتجزها المنخل رقم (٤) حسب مواصفات الجمعية الأمريكية لمهندسي الطرق (AASHO) ، تتكون من صخور مكسرة أو حصى متدرج ويجب أن تكون نظيفة قاسية متينة قوية وسليمة خالية من المواد العضوية والحجارة الرخوة والصلصال وغيرها من المواد الضارة.

ب – الحصمة الناعمة :

وهي التي تمر من المنخل رقم (٤) ويتم الحصول عليها من تكسير الحصى وحسب التدرج المحدد بالمواصفات.

إن الحصمة المخلوطة يجب أن تطابق التدرج الحبيبي التالي حسب الأصناف الثلاثة للخلط حيث توجد الأصناف (أ) ، (ب) ، (ج) لخلط الحصمة. ويجب مطابقة المتطلبات الطبيعية التالية :

- المكافئ الرملي ٤٥ حد أدنى.
- دليل اللدونة ٣ حد أعلى.
- النقص في درجة الثبات ٢٥ ٪ حد أعلى (حسب فحص مارشال).

وحسب مواصفات الجمعية الأمريكية لمهندسي الطرق (AASHO) فإن التدرج الحبيبي للحصمة المخلوطة يكون كما بالجدول التالي :

حجم	النسبة المئوية للمار من المنخل		
المنخل	صنف (أ)	صنف (ب)	صنف (ج)
٤/٣ بوصة	١٠٠	١٠٠	-
٢/١ بوصة	٨٠ - ٩٥	٨٠ - ١٠٠	١٠٠
٨/٣ بوصة	-	-	٨٠ — ١٠٠
رقم (٤)	٤٨ - ٦٢	٥٠ - ٧٠	٥٥ - ٧٥
رقم (١٠)	٣٢ - ٤٥	٣٢ - ٤٧	٣٢ - ٤٧
رقم (٤٠)	١٦ - ٢٦	١٦ - ٢٦	١٦ - ٢٦
رقم (٨٠)	٨ - ١٨	١٠ - ١٨	١٠ — ١٨
رقم (٢٠٠)	٤ - ٨	٤ - ١٠	٤ - ١٠

وقد وضعت حدود التدرج السابقة على أساس مواد ذات وزن نوعي متساوي ويجب تعديلها من قبل المهندس في حالة اختلاف الوزن النوعي للحصول على أفضل درجة ثبات على أساس فحوص مارشال.

٢ – الإسفلت :

يكون إسفلت طبقة السطح العليا البتيومينية أو طبقة التسوية من الإسفلت الأسمنتي البترولي بدرجة غرز (٦٠ – ٧٠) مطابقة للمتطلبات الواردة في الجدول التالي :

الخصائص	مواصفات الأسفلت
- الغرز	٦٠ – ٧٠
- اللزوجة	١٠٠
- درجة الاشتعال	٢٣٢,٢ درجة مئوية
- قابلية السحب	١٠٠
- قابلية الذوبان	٩٩,٥ ٪
- حرارة الخلط	١٣٥ – ١٦٣ درجة مئوية
- الحرارة القصوى للحصمة	١٦٣ درجة مئوية

ويكون الإسفلت السائل لطبقة اللصق من النوع سريع التجمد المخفف من الدرجة (RC-2) أو (RC-4) حسب مواصفات المشروع.

٣ – الخليط :

يكون الخليط المستخدم بين الحصمة والأسفلت بالنسب المحددة طبقا للمواصفات على أساس الوزن كما يلي :

- الحصمة الإجمالية النسبة المئوية ٩٦ – ٩٣ ٪.
- المادة الرابطة الإسفلتية النسبة المئوية ٤ – ٧ ٪.

ويجب أن يطابق الخليط عند فحصه بطريقة مارشال المتطلبات التالية :

- درجة الثبات (كيلو جرام) ٧٠٠ حد أدنى.
- التدفق (مليمتر) ٢,٤ – ٤.
- الفراغات في الخليط ٣ – ٥ ٪.
- الفراغات المعبأة بالإسفلت ٧٠ – ٨٠ ٪.

٥ – ٣ – ٣ طريقة تصنيع الخلطة الإسفلتية :

أ - تحضير الإسفلت الإسمنتي :

يجب تسخين الإسفلت ضمن حدود حرارة ١٣٥ – ١٦٣ درجة مئوية وترفض الخلطة إذا زادت درجة التسخين ٤٢ درجة مئوية عن الحد الأقصى فتعاد المادة لفحصها مرة أخرى ، ويمكن استعمال الإسفلت الإسمنتي الوارد من المصفاة بدرجات حرارة تزيد على ١٦٣ درجة مئوية شرط ألا تتعدى ١٩١ درجة مئوية.

ب – تحضير الحصمة :

يجب تسخين وتجفيف كل مادة من مواد الحصمة بحيث لا تزيد درجة الحرارة عن ١٦٣ درجة مئوية.

جـ - تحضير الخليط البتيومينى :

يكون الخلط بالمقادير المبينة لتصميم الخلطة وبدرجات الحرارة السالفة الذكر ويجب إدخال الإسفلت الإسمنتي في الخليط بالمقدار النسبي وفقا لمعادلة خليط العمل ويحدد المهندس زمن الخلط الابتدائي حتى يصير الخليط متجانسا كما في المعادلة التالية :

$$\text{زمن الخلط بالثواني} = \frac{\text{طاقة الحمولة الكلية لغرفة الخلط بالكيلوجرام}}{\text{طاقة إنتاج غرفة الخلط بالكيلوجرام في الثانية}}$$

ويجب ألا تقل درجة حرارة الإسفلت عن ١٤ درجة مئوية تحت درجة حرارة الحصمة في الوقت الذي تدخل فيه المادتان الخلاطة أو غرفة الخلط.

٥ – ٣ – ٤ طريقة تنفيذ الطبقة السطحية في الموقع والمعدات المستخدمة :

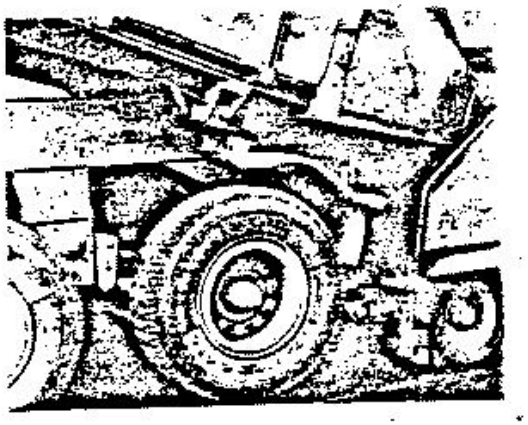
أ – إعداد السطح :

يجب تنفيذ طبقة الأساس بواسطة مكانس أو نافخات ميكانيكية معتمدة لإزالة الأتربة والمواد المفككة. ويتم بعد ذلك وضع الطبقة التأسيسية البتيومينية وطبقة اللصق أو حسب ما هو مدون بالمخططات بالمعدلات المطلوبة.

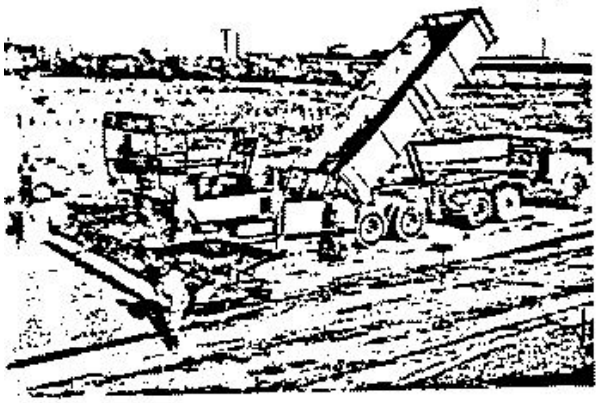
ب – وضع الخليط الإسفلتي

يجب فرش الخليط البتيومينى وإنهاؤه وفقا للتحدب والمنسوب الصحيحين بواسطة آلة الفرش الأتوماتيكية ولا يجوز استخدام الوسائل اليدوية.

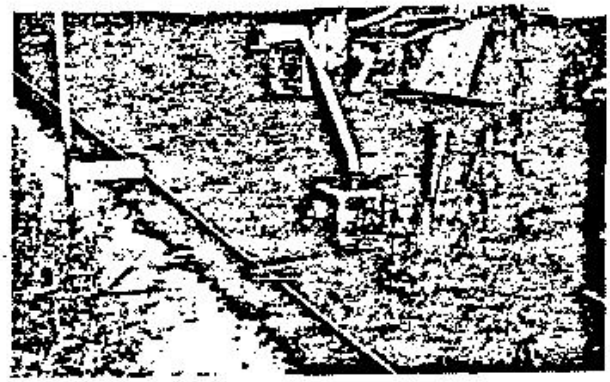
ويجب تشغيل آلة الفرش بسرعة تعطي أفضل النتائج كما يمكن التحكم في سمك الطبقة باستخدام كمرة الفرادة ويتم توصيل الخلطات البتيومينية بحرارة تتراوح بين ١٣٩ – ١٦٣ رجة مئوية وينبغي ألا تقل أو تزيد حرارة الخلط عن الحدود المذكورة. ويكون تباعد الفواصل الطولية في الطبقات المتعاقبة ما لا يقل عن ١٥ملم ومالا يزيد عن ٣٠ سم – ولا يجوز أن يتقدم النصف الأول من الطريق على النصف الثاني بأكثر من متوسط فرش يوم واحد كامل ولا يكون متقدما بأكثر من نصف كيلومتر ويجب فرش الخلطات الإسفلتية بسمك بعد أعمال الهرس لا يتجاوز عن ٨ سم ولا يقل عن ٥ سم للطبقة الواحدة بعد عملية الهرس.



أ- قلب الخلطة الأسفلتية داخل الفرادة



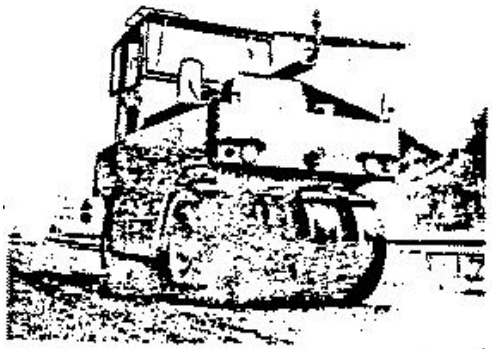
ب- فرادة الأسفلت وإستخدامها لفرد الخلطة



ج- ضبط التوجية على ضط حافة الرصف

د- كمرة ضبط سمك طبقة الرصف بالفرادة

هـ- دهان الفاصل بطبقة لاصقة



و- هراس الإطارات الهوائية المستخدم في الدمك

شكل (٥ – ٣) طريقة تنفيذ الطبقة السطحية الأسفلتية

المسح التمهيدي وخيط التوجيه يجب على المقاول إعداده أثناء عملية الفرش وكذلك ضبط محور الطريق ووضع أوتاد له وعمل خيط التوجيه الخاص بآلة الفرش على استقامة خط الحافة.

ويستخدم لهذا الغرض معدات الفرش المعتمدة كما هو مبين بالشكل (٥ – ٣) حيث يتم وضع الخليط بداخل الفرادة التي تقوم بتقليب الخليط أثناء الفرد لتجنب الانفصال الحبيبي. وتملأ عربات الخلطة الفرادة من الجهة المقابلة لعملية الفرد كما هو مبين بالشكل (٥ – ٣).

ويتم توجيه حافة الفرادة بواسطة خيط التوجيه ويتم ضبط السمك بواسطة مسطرة موجودة بجانب الفرادة للتحكم في ارتفاع كمرة فرد الإسفلت بما يناسب سمك طبقة الرصف.

جـ - دك الخلطات :

بعد الفرش والتسوية يجب دك الخليط دكا جيدا ومتساويا ولا يجوز إطالة عملية الهرس إلى أن تظهر الشقوق. وتكون الهراسات بسرعات بطيئة إلى درجة كافية لتجنب زحف الخليط البتيوميني من مكانه.

وينبغي أن يكون عدد الهراسات ووزنها كافيين لدك الخليط إلى الكثافة المطلوبة دون أن تؤدي إلى تكسير الحصمة.

ويجب أن يستعمل في كل عملية فرش ما لا يقل عن ثلاث هراسات ، اثنتان بعجلات حديدية وواحدة بإطارات هوائية.

الهرس الأول بواسطة هراسة حديدية ميكانيكية مزدوجة أو بواسطة هراسة حديدية ميكانيكية ذات ثلاث عجلات. ويبدأ الهرس عندما يصبح الخليط قادرا على حمل الهراسة دون زحف المواد. ويكون الهرس في اتجاه طولي مبتدئا من الجانب المنخفض من المادة المفروشة ومتجها إلى الجانب المرتفع ، بحيث تتداخل الأشواط المتتابعة بما لا يقل عن نصف عرض العجلتين الخلفيتين.

الهرس الثاني بواسطة هراسة ذات إطارات هوائية أما الهرس الثالث فيكون بواسطة هراسة حديدية ميكانيكية مزدوجة. وفي حالة عدم الوصول إلى الكثافة المحددة فيجب إجراء تعديل في وزن الهراسات المستخدمة ويكون ذلك في الأطوال التجريبية للدك في بداية الطريق.

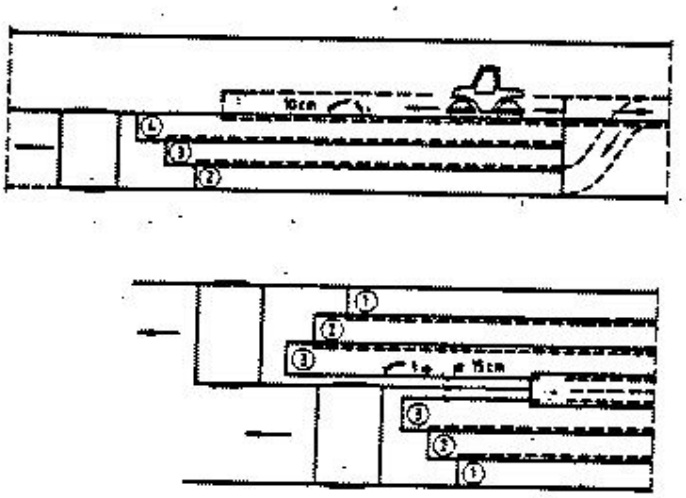
إن متطلبات كثافة الطريق يجب أن تعادل أو تزيد على ٩٦ ٪ من كثافة مارشال.

د – الفواصل :

إن الفواصل بين الرصف القديم والرصف الجديد أو بين عمل يومين متتاليين يجب أن تصنع بكيفية تضمن الترابط التام المستمر بين الخليطين القديم والجديد وينبغي إنشاء الفواصل الإنشائية العرضية في المادة الموضوعة سابقا بقطع الطبقة عموديا إلى كامل عمقها بحيث ينكشف سطح جديد قبل وضع

الخليط الجديد على فاصل مقطوع أو على رصف قديم ويجب رش سطح التماس أو طلاؤه بطبقة رقيقة منتظمة من الدرجة (RC-2) أو (RC-4) وفي حال استعمال فرادة يجب صنع الفاصل الطولي بوضع العارضة بصورة متداخلة على الخلطة الموضوعة سابقا بعرض لا يقل عن ٣ سم ووضع مقدار كاف من الخليط بحيث يكون الفاصل المشكل أملسا ومحكما.

والشكل (٥ – ٤) يبين تداخل أشواط الدك والفواصل الإنشائية والعرضية.



شكل (٥ – ٤) أشواط الدك والفواصل الانشائية العرضية للطبقة السطحية

هـ - الفروق المسموح بها في السطح :

يقوم المهندس بفحص المنسوب والسطح بميزان القامة وقدة استقامة طولها (٤) متر ويسمح بفروق منسوب ± ٤ ملم في الاتجاه الطولي و ± ٣ ملم في الاتجاه العرضي إذا سمح المهندس بذلك.

و – أخذ عينات الدك وفحصها :

إن الكثافات المسماة هنا (كثافات قوالب الحقل) تكون من المواد نفسها المستعملة في الإنشاء وتؤخذ بواقع عينتين لكل ٥٠٠ متر طولي من الطبقة.

ويجب أخذ العينات من الخليط المدموك مقتطعة من الطبقات المدكوكة على الطريق وينبغي استخدام معدات قطع الخليط دون تكسير أطراف العينة وتكون ذات شكل مربع أو دائري بقطر ١٠ سم وارتفاع يساوي سمك الطبقة. ويجب أن تحقق العينات الكثافة المنصوص عليها بالمواصفات العامة للمشروع.

ز – طريقة القياس وأسس الدفع :

إن كميات الطبقة السطحية البتيومينية تقاس بالأمتار المكعبة المدكوكة في الموقع ولن يجري قياس للسمك الزائد. ويتم الدفع عن مقدار العمل المنجز والمقبول والسعر يشمل تقديم جميع المواد والتصنيع حسب أصول الصناعة المذكورة بالمواصفات.

أما إذا نقص متوسط سمك الطبقة السطحية أكثر من ٣ ملم عن السمك المدون بالمقاطع العرضية فيدفع سعر وحدة معدل. ولكن ليس أكثر من ١٠ ملم أو ١٥ ٪ أيهما الأقل.

وعندما يكون السمك ناقصا أكثر من ١٠ ملم أو ١٥ ٪ من السمك أيهما أقل. فعلى المقاول إزالة هذه المساحات الناقصة وإعادة تنفيذها ولن يتقاضى المقاول أي أتعاب إضافية على هذا التعديل.

٥ – ٣ – ٥ عيوب الرصف المرن وطرق معالجتها :

تتعرض الطرق الإسفلتية لأنواع عديدة من العيوب نتيجة للظروف الجوية المحيطة بالرصف والأحمال المرورية الكثيفة على الرصف وسوف نذكر باختصار بعض أنواع عيوب الرصف المرن :

١ – الشروخ التمساحية :

هي عبارة عن مجموعة من الشروخ المتداخلة مع بعضها تحدث نتيجة انهيار طبقات الرصف تحت تأثير حمل متكرر. وتحدث أيضا نتيجة هبوط التربة الطبيعية لوجود مياه جوفية. وتكون بشكل جلد التمساح مكونة أشكالا بزوايا حادة لا يزيد أقصى طول لها عن ٠,٦ م.

٢ – النضح :

هو عبارة عن طبقة أو غشاء من البتيومين يظهر على سطح الرصف في صورة طبقة سوداء لامعة لزجه ويكون بسبب زيادة نسبة الإسفلت بالخلطة ونقص الفراغات بها وزيادة طبقة الرش البتيومينية السائلة.

٣ – الشروخ البلوكية :

هي شروخ متداخلة تقسم سطح الرصف لأجزاء مستطيلة تقريبا تحدث عادة على السطح بأبعاد تتراوح بين ٠,٣ – ٣ م ويرجع أسبابها لحدوث انكماش للخلطة نتيجة تغير درجات الحرارة وهو غير مرتبط بزيادة الأحمال.

٤ – التموجات :

هي عبارة عن سلسلة من الارتفاع والانخفاض المتكرر في سطح الإسفلت ويحدث نتيجة عدم استقرار طبقة القاعدة وكذلك زيادة كثافة مرور عربات النقل الثقيل. وكذلك يرجع إلى نقص ثبات الخلطة

الإسفلتية وقلة الفراغات بها وعدم وجود رابط قوي بين طبقة الرصف والأساس مما يسبب انزلاق يؤدي إلى التموجات.

٥ – الهبوط :

وهو عبارة عن سقوط مساحة من الرصف عن منسوب سطح الطريق ويحدث ذلك نتيجة حدوث هبوط لطبقة التأسيس نتيجة لارتفاع الماء الجوفي ونقص دمك طبقات الرصف عما هو مطابق للمواصفات.

٦ – شروخ الحواف :

وهي عبارة عن شروخ موازية لحافة الرصف وتزداد شدتها بزيادة أحمال المرور وترجع إلى إهمال دمك الطبقات بالقرب من الحواف وكذلك نتيجة للصرف السيئ لسطح الطريق.

٧ – الشروخ المنعكسة :

يحدث للرصف الإسفلتي أعلى البلاطات الخرسانية أو فوق طريق قديم به شروخ طولية وعرضية وتحدث نتيجة التمدد والانكماش للطبقات السفلية بمعامل يختلف عن الطبقة السطحية.

٨ – الشروخ الطولية والعرضية :

وهي عادة تكون شروخ نتيجة سوء اللحامات الطولية والعرضية وكذلك انكماش الرصف نتيجة تغير درجات الحرارة.

٩ – تآكل الركام :

يحدث نتيجة حمل المرور المتكرر وبسبب ضعف متانة الركام المستخدم حيث يحدث تآكل له ويصبح السطح ناعم الملمس ويسبب خطورة للسيارات المسرعة وخاصة عند سقوط الأمطار.

١٠ – الأخاديد :

وهو عبارة عن حدوث انخفاض لسطح الطريق في مسار العجلات وحدوث ارتفاع في المناطق المجاورة وتحدث نتيجة ثقل المرور ونقص ثبات الخلطة ونقص الفراغات بها مع عدم الدمك الجيد لطبقات الرصف والأساس.

١١ – شروخ الزحف :

هي شروخ ذات شكل هلالي أو نصف قمري تنتج غالبا نتيجة فرامل العجلات وضعف الرصف والالتصاق بين الطبقات.

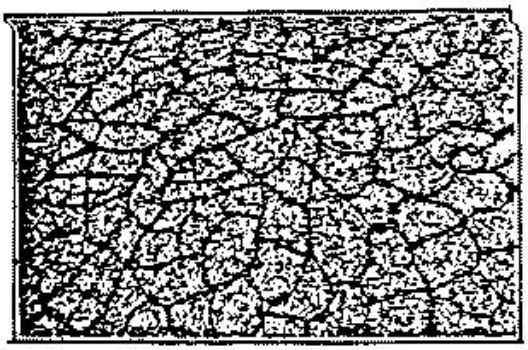
١٢ – الانتفاش :

ويحدث نتيجة انتفاخ طبقات الرصف السفلية أو نتيجة تأثير الصقيع ويؤدي ذلك إلى حدوث شروخ بالطبقة السطحية. وهذا العيب يرتبط بنوع الركام المستخدم أو نوع التربة أسفل الطريق.

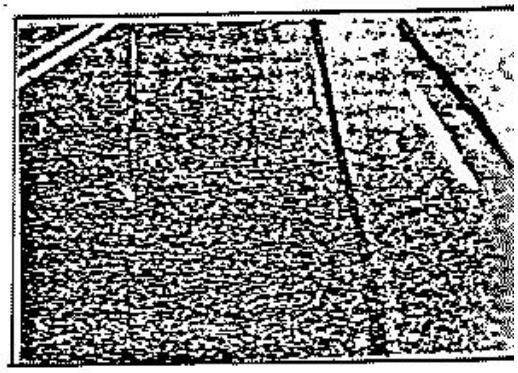
١٣ – التفكك :

وهو عبارة عن انفصال الركام عن الإسفلت لنقص كمية الإسفلت اللازمة للخلطة وكذلك تسخين البتيومين لدرجة حرارة أعلى من الدرجة المطلوبة حسب نوع البتيومين.

الشروخ البولكية

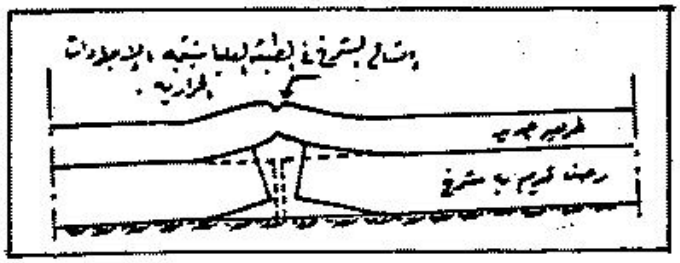


الشروخ التمساحية



الشروخ المنعكسة

التموجات السطحية



ميكانيكية الشروخ المنعكسة

شكل (٥ – ٥) عيوب الرصف المرن

طرق صيانة عيوب الرصف المرن :

المواد المستخدمة للترميم يجب أن تكون على درجة عالية من الجودة وكلها من الأصل الأسفلتي. وسوف نختصر طرق الصيانة لكل نوع من العيوب كما يلي :

١ – إصلاح الشروخ التمساحية :

أ – يتم عمل قطع رأسي في الأماكن المراد صيانتها ثم رش طبقة لاصقة على القاعدة والحواف.

ب – يتم فرش الخلطة الإسفلتية على الساخن بكامل العمق ثم دكها بالهراسات المعتمدة .

ج – إذا زاد عمق القطع عن ١٥ سم فيتم تنفيذ الإسفلت على طبقات متساوية مع دمك كل طبقة حتى الوصول للمنسوب السليم للرصف.

٢ – إصلاح الشروخ المنعكسة :

أ – تنظيف الشروخ بفرشاة معدنية وضاغط هواء.

ب – يتم ملء الشروخ بطبقة من الإسفلت السائل باستخدام قمع وفرشه.

ج – يتم فرش طبقة من الرمل على الشروخ المملؤة بالأسفلت.

٣ – إصلاح شروخ الحواف :

أ – رش طبقة لاصقة على المساحة التي سوف يتم عمل ترقيع لها بعد القطع للمنطقة المراد صيانتها.

ب – فرش الخرسانة الإسفلتية على الساخن والدمك بالهراسات إلى المنسوب المطلوب.

٤ – إصلاح النضح :

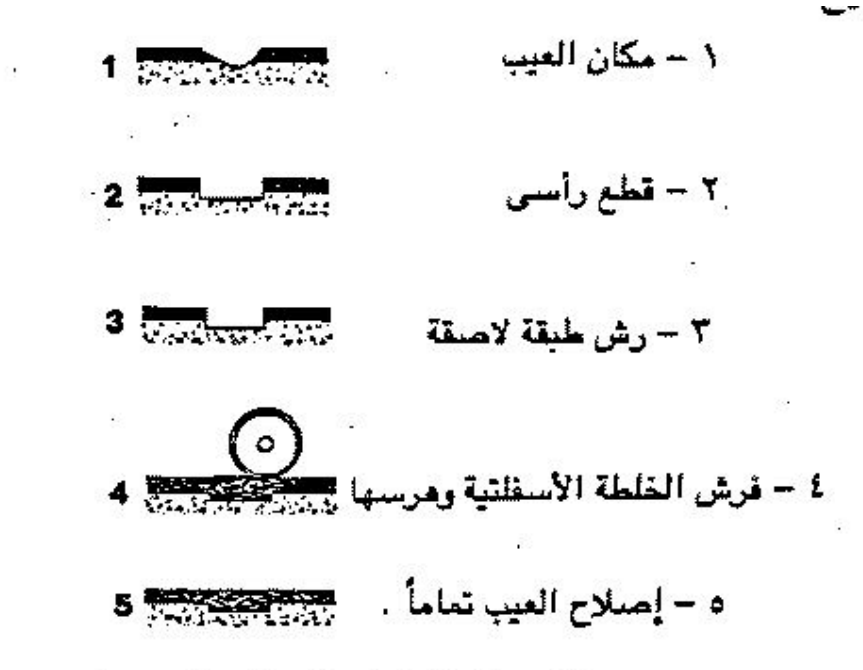
أ – فرش طبقة رمل ساخن لامتصاص الإسفلت الزائد ثم كشطه بالجريدر للنضح الخفيف.

ب – يمكن استخدام خلطة ركام عالي الامتصاص ليمتص كمية الإسفلت الزائدة كما يمكن كشط طبقة الإسفلت الزائدة باستخدام الجريدر ثم بعد ذلك يمكن التغطية بطبقة رقيقة من الخرسانة الإسفلتية على المساحة المعيبة.

ويتم إصلاح شروخ الزحف والتموجات والهبوط والأخاديد بنفس الطريقة المتبعة في إصلاح الشروخ التمساحية بإزالة الجزء المعيب ووضع طبقة لاصقة ثم وضع خلطة أسفلتية ودمكها بالهراسات.

أما الشروخ الطولية والعرضية والفواصل فيتم صيانتها كما في حالة إصلاح الشروخ المنعكسة.

وتعتبر أفضل طرق الإصلاح وعمل الترميم العميق لأي نوع من أنواع العيوب هي أفضل طرق الإصلاح كما هو مبين بالشكل (٥ – ٦). والتي تستخدم في معالجة إصلاح الشروخ التمساحية.



شكل (٥ – ٦) الخطوات التنفيذية للترميم العميق

٥ – ٤ حدود القوام وتصنيف التربة

يمكن تعريف قوام التربة على أنه " درجة التماسك والترابط الموجودة بين حبيبات التربة " ويتأثر قوام التربة ودرجة التماسك بين حبيباتها كثيرا بنسبة الرطوبة الموجودة في التربة ويمكن تعريف نسبة الرطوبة التي تتغير فيها التربة من حالة إلى أخرى على أنها حدود القوام.

وهناك ثلاث حدود لقوام التربة وهي :

١ – حد السيولة L.L.

٢ – حد اللدونة P.L.

٣ – حد الانكماش S.L.

وتستخدم هذه الحدود في تصنيف التربة ومعرفة أنواعها ولذلك فهي عوامل على درجة كبيرة من الأهمية يجب معرفتها لكل تربة وخاصة التربة المتماسكة.

ويمكن تعريف حدود القوام كما يلي :

١ – حد السيولة Liquid Limit :

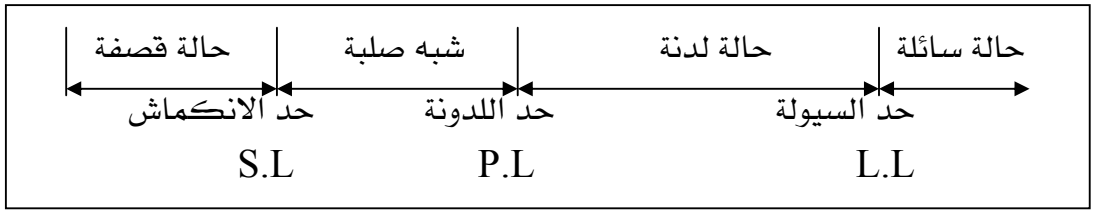
هو نسبة الرطوبة التي عندها تتحول التربة من حالة سائلة إلى حالة لدنة أو هو نسبة الرطوبة التي عندها يمكن غلق شق قياس في عينة من التربة لمسافة ٢/١ بوصة عند تشغيل ماكينة حد السيولة لعدد ٢٥ ضربة.

٢ – حد اللدونة Plastic Limit :

هو نسبة الرطوبة التي عندها تتحول التربة من حالة اللدونة إلى حالة شبه صلبة أو هو نسبة الرطوبة التي عندها يمكن عمل خيط من التربة قطره ٨/١ بوصة قبل أن ينقطع أو يتشقق.

٣ – حد الانكماش Shrinkage Limit :

هو نسبة الرطوبة التي عندها تتحول التربة من حالة شبه صلبة إلى حالة صلبة أو هو نسبة الرطوبة التي عندها يثبت حجم التربة مع استمرار الجفاف دون حدوث شروخ.



أما الفرق بين حدي السيولة واللدونة فيعرف على أنه معامل اللدونة P.I.

معامل اللدونة = حد السيولة – حد اللدونة.

تصنيف التربة حسب نظام آشتو :

تصنيف التربة هو لفظ المقصود به تقسيم التربة إلى مجموعات تبعا لخواصها الهندسية مثل التدرج الحبيبي وحدود القوام. وهي طريقة يمكن بها معرفة أنسب المواد التي تستخدم كطبقة تحت أساس أو تربة طبيعية وتوقع تصرفها أسفل طبقات الرصف.

وتعتبر أكثر الطرق شيوعا واستخداما في تصنيف التربة هي طريقة آشتو للتصنيف. ولتصنيف التربة بهذه الطريقة يلزم أولا معرفة بعض الخواص الهندسية للتربة مثل :

١ – النسبة المئوية للمار من منخل رقم ٢٠٠.

٢ – النسبة المئوية للمار من منخل رقم ١٠.

٣ – النسبة المئوية للمار من منخل رقم ٤٠.

٤ – حد السيولة L.L.

٥ – معامل اللدونة P.I.

وفي الجدول التالي تم تلخيص طريقة التصنيف باستخدام طريقة آشتو حيث قسمت التربة إلى مجموعات رئيسية هي :

أ١ ، أ٢ ، أ٣ ، أ٤ ، أ٥ ، أ٦ ، أ٧

ثم قسمت المجموعات أ١ (أ١ -أ ، أ١ -ب)

أ٢ (أ٢ -٤ ، أ٢ -٥ ، أ٢ -٦ ، أ٢ -٧)

أ٧ (أ٧ -٥ ، أ٧-٦) كما هو مبين بالجدول.

ورتبت الأنواع تنازليا حسب جودتها وبالتالي فأفضل الأنواع هي أ١ من ناحية الصلاحية للاستخدام كطبقة تحت أساس أو تربة طبيعية بينما أكثر الأنواع رداءة هي التربة أ٧ والتي لا ينصح باستخدامها كطبقة تربة طبيعية.

ويمكن تمييز التربة الناعمة الموجودة في أي مجموعة من مجموعات التربة والحكم عليها من ناحية صلاحيتها من حيث وضع طبقة الأساس عليها باستخدام ما يسمى معامل المجموعة لنظام آشتو وهو ما يرمز إليه بالرمز (G.I) وتتراوح قيمته بين (صفر – ٢٠) ويكتب بين قوسين بعد مجموعة التربة مثل أ١(صفر).

التصنيف العام	مواد حبيبية (المار من منخل رقم ٢٠٠ ≤ ٣٥ ٪)							مواد طينية وطمييية المار من منخل رقم (٢٠٠ > ٣٥ ٪)			
تصنيف المجموعات	أ – ١		أ – ٣	أ – ٢				أ – ٤	أ – ٥	أ – ٦	أ – ٧
	أ١ -أ	أ١ -ب		أ٢ -٤	أ٢ -٥	أ٢ -٦	أ٢ -٧				أ٧ -٥ أ٧ -٦
المار من منخل رقم ١٠	٥٠+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
المار من منخل رقم ٤٠	٣٠+	٥٠+	٥١ -	–	–	–	–	–	–	–	–
المار من منخل رقم ٢٠٠	١٥+	٢٥+	١٠+	٣٥+	٣٥+	٣٥+	٣٥+	٣٦ -	٣٦ -	٣٦ -	٣٦ -

حد السيولة	-	-	٤٠^{+}	٤١^{-}	٤٠^{+}	٤١^{-}	٤٠^{+}	٤١^{-}	٤٠^{+}	٤١^{-}
معامل اللدونة	٦^{+}	ع . ل	١٠^{+}	١٠^{+}	١١^{-}	١١^{-}	١٠^{+}	١٠^{+}	١١^{-}	١١^{-}
أنواع المواد	كسر حجارة رمل + زلط	رمل ناعم	زلط ورمل به نسبة من الطين والطمي				تربة طمية		تربة طينية	
نوعية المواد	ممتازة وجيدة						متوسطة وضعيفة			

الرموز :

ع . ل تربة عديمة اللون $^{+}$ (أعلى الرقم) الحد الأقصى للمار $^{-}$ (أعلى الرقم) الحد الأدنى للمار

قيمة معامل المجموعة (G.I)	صلاحية التربة للتأسيس عليها
صفر	ممتازة
١	جيدة
٢ — ٤	متوسطة
٥ — ٩	ضعيفة
١٠ - ٢٠	ضعيفة جدا

حساب معامل المجموعة

معامل المجموعة (G.I) = ٠,٢ (أ) + ٠,٠٠٥ (أجـ) + ٠,٠١ (ب د)

حيث :

أ = (نسبة المار من منخل رقم ٢٠٠) — ٣٥

ب = (نسبة المار من منخل رقم ٢٠٠) — ١٥

جـ = حد السيولة — ٤٠

د = معامل اللدونة — ١٠

مثال : المطلوب تصنيف التربة التالية حسب نظام آشتو :

- نسبة المار من منخل رقم ٢٠٠ = ٣٠ ٪
- نسبة المار من منخل رقم ١٠ = ٦٥ ٪
- نسبة المار من منخل رقم ٤٠ = ٤٥ ٪
- حد السيولة = ٢٥
- حد اللدونة = ١٥

الحل :

∵ المار من منخل ٢٠٠ = ٣٠ ٪ أي أقل من ٣٥ ٪

∴ التربة تقع في المجموعات أ١ ، أ٢ ، أ٣

∵ المار من منخل ١٠ = ٦٥ ٪

∴ التربة إما أن تكون أ١ -ب أو أ٢ أو أ٣

∵ المار من منخل ٤٠ = ٤٥٪

∴ التربة إما أن تكون أ١ -ب أو أ٢

∵ المار من منخل ٢٠٠ = ٣٠ ٪

∴ التربة إما أن تكون أ٢ -٤ أو أ٢ -٥ أو أ٢ -٦ أو أ٢ -٧

∵ حد السيولة = ٢٥ ٪

∴ التربة إما أن تكون أ٢ -٤ أو أ٢ -٦

∵ معامل اللدونة = ٢٥ — ١٥ = ١٠

∴ فالتربة هي أ٢ -٤

وهي عبارة عن تربة زلطية رملية تحتوي على نسبة من الطين والطمي.

حساب معامل المجموعة

معامل المجموعة = ٠,٢ (أ) + ٠,٠٠٥ (أجـ) + ٠,٠١ (ب د)

أ = ٣٠ — ٣٥ = صفر

ب = ٣٠ — ١٥ = ١٥

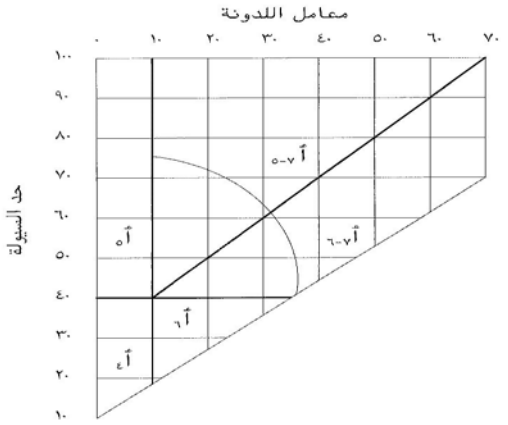
جـ = ٢٥ — ٤٠ = صفر

د = ١٠ — ١٠ = صفر

وبالتالي G.I = ٠,٢ X صفر + ٠,٠٠٥ X صفر X صفر + ٠,٠١ X ١٥ X صفر = صفر

وبالتالي التربة هي أ٢ -٤ (صفر) وهي تربة ممتازة تصلح كطبقة تأسيس.

كما أنه يجب التنويه إلى أن التربة الناعمة أي التي يزيد فيها نسبة المار من المنخل رقم ٢٠٠ عن ٣٥ ٪ يمكن تصنيفها مباشرة بمعرفة حد السيولة ومعامل اللدونة وذلك من المنحنى التالي دون الحاجة إلى استعمال جدول تصنيف آشتو السابق.



شكل رقم (٥ – ٧) منحنى تصنيف التربة الناعمة

تقنية الإنشاءات المدنية

عوامل السلامة على الطريق

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الهدف الموضوعي

أن يتعرف المتدرب على عوامل السلامة على الطريق من سياج جانبية وحواجز معدنية وخرسانية واللوحات وعيون القطط والدهان.

موضوعات الباب

٦ -١	السياج الجانبي
٦ -٢	الحواجز المعدنية والخرسانية
٦ -٣	اللوحات الإرشادية والتحذيرية والكيلو مترية
٦ -٤	عيون القطط والدهان

عدد ساعات التدريب ١٢ ساعة

٦ – ١ السياجات والحوائط الواقية والقوائم المرشدة :

تنشأ الحواجز الوقائية في الأماكن التي يتوقع أن تتعرض فيها المركبات لخطر كبير لو خرجت عن الطريق كما هو الحال عادة في مناطق الردم التي يكون فيها الانحدارات الجانبية شديدة سواء في الأجزاء المستقيمة أو ذات الانحناء الشديد ويمكننا من لوحات المساقط الأفقية أن نرى بوضوح أكثر المواقع خطورة في الطريق .ولكن الأنسب لتحديد مجموع ما نحتاجه من السياجات والحوائط الواقية ، هو معاينة الطريق على الطبيعة عندما يقترب اكتمال مناسيب الطريق ويجب أن يتم إنشاء تلك الأعمال الوقائية قبل فتح الطريق للمرور .

ويرجع اختيار نوع الوقاية اللازمة في غالب الأمر إلى شدة الخطورة المتوقعة. أما المفاضلة بين السياجات والحوائط الواقية فهي في العادة مسألة اقتصادية . وتصمم السياجات والحوائط الواقية بحيث تقاوم الاصطدام عن طريق تحريف اتجاه المركبة بحيث تستمر في سيرها على طول السياج أو الحائط بسرعة منخفضة . ويلاحظ أن الإيقاف الفجائي للسيارة خطأ ، ولذلك فإن أي قائم إرشادي أو سياج أو حائط بارز يتسبب في إيقاف السيارة المتحركة دفعة واحدة ليس مستحباً . بل إن الإيقاف الفجائي قد يكون أشد خطراً من الاستمرار في الحركة على ميول الردم .

إن القوائم المرشدة لا يقصد منها في الغالب مقاومة الاصطدام غير أنه إذا ما كان إنشاؤها قوياً بدرجة كافية فإنها تمنع السيارات من الخروج عن الطريق وهي أقل في التكاليف من السياجات الواقية والحوائط الواقية . ولكنها أقل فاعلية منها فيما إذا كان المقصود من تصميمها هو مقاومة الاصطدام. ولما كان هناك كثير من المواقع التي يصعب فيها على السائق أن يتبين اتجاه الطريق لا سيما أثناء الليل لذا تستخدم عادة القوائم المرشدة في مثل تلك الأماكن . وإذا كان خروج السيارة عن الطريق لا يسبب لها خطراً جسيماً فيمكن جعل القوائم المرشدة ضعيفة بحيث تكون التلفيات الناتجة عن الاصطدام بها ضئيلة . والمنحنيات الأفقية بوجه عام يمكن إظهارها بدرجة كافيه بوضع القوائم المرشدة في جانبها الخارجي فقط ويجب أن يوضع بعض منها في الجزء المستقيم عند نهايتي المنحنى . وفي جميع الحالات عدا مواقع تحويلات جانب الطريق يجب أن توضع السياجات والحوائط الواقية والقوائم المرشدة على مسافات ثابتة من حافة الرصيف حتى لا يكون هناك احتمال لعدم التمكن من استبانة مواقعها في الأجواء الرديئة ، ويجب أن يكون وضعها بعيداً بعض الشيء إلى خارج الحد اللازم للانتفاع بالكتف ، وتكون جميعها بارتفاع واحد تقريبا وعادة فإنه يجب توسيع عرض الكتف بمقدار حوالي ٥٠ سم عندما تستعمل السياجات الواقية أو الحوائط الواقية . ويستحسن فتح سياج الحائط إلى الخارج في مسافة قصيرة في نهايته المواجهة للمرور القادم وذلك كي تخفض وطأة أي اصطدام مباشر يحتمل حدوثه مع تلك المقدمة

ولكي يبدو المنظر كاملاً أمام السائق . ولتحقيق الفائدة الكاملة يجب أن تكون السياجات والحوائط الواقية والقوائم المرشدة واضحة تماما ، ومما يلائم ذلك استخدام التركيبات المدهونة باللون الأبيض المجهزة بأزرار أو مواد عاكسة للضوء مع المحافظة عليها جيداً بالصيانة . إن وضوح منظر الطريق أمام السائقين ينبههم إلى مواطن الخطر فيه ويزيد من راحتهم وسهولة سيرهم عليه . وفي بعض الحالات يكون هذا الاعتبار وحده كافياً لإجازة إنشاء الحواجز و حتى لو كان ارتفاع الردم قليلاً فإننا نشعر بالحاجة إلى إنشاء تلك الأعمال عليها فيما يجاور المجاري المائية كالترع والمصارف والجسور الطولية المستمرة لمسافة طويلة وكذا الطرق المجاورة لجرف وما شابه ذلك من المواقع .

٦ – ٢ الحواجز المعدنية والخرسانية :

٦ – ٢ – ١ الحواجز المعدنية :

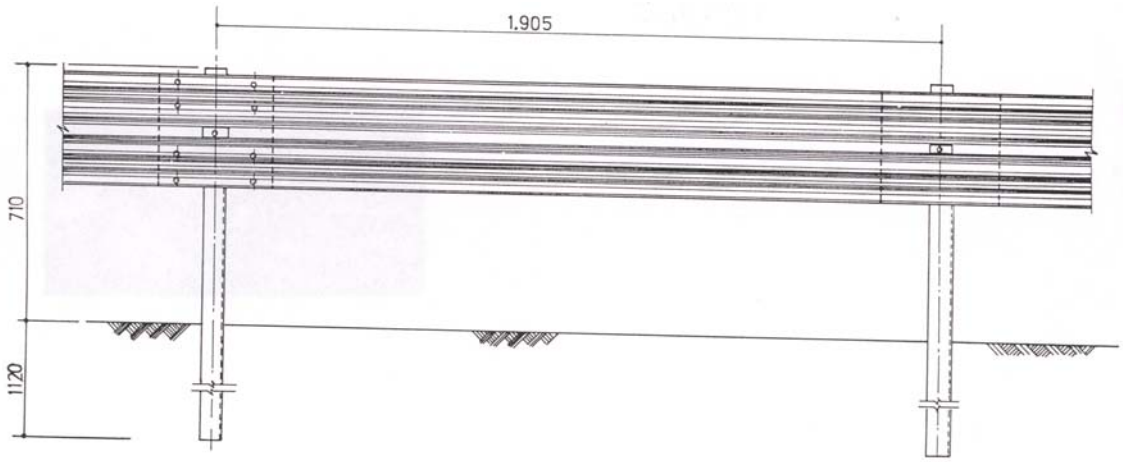
تستخدم الحواجز المعدنية على الطرق في المناطق المرتفعة أو عند بداية الجسور التي تعبر الأودية أو في المناطق الموجود فيها عبارات لمرور الماء تحت الطريق .

تركيب الحواجز المعدنية

يراعى عند تركيب الحواجز المعدنية ما يلي :

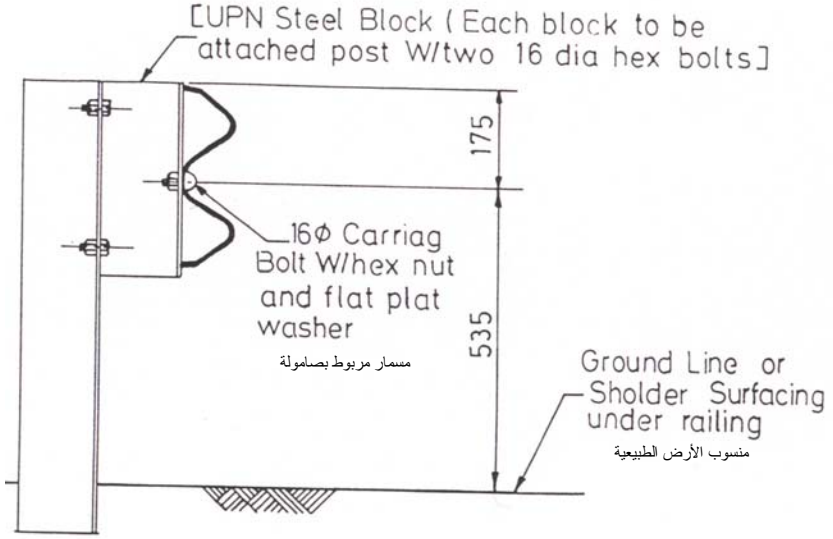
١) أن لا تزيد المسافة بين كل عمودين على ١,٩ متر .

٢) يتم تثبيت الأعمدة على عمق ١,١٢ متر داخل الأرض .



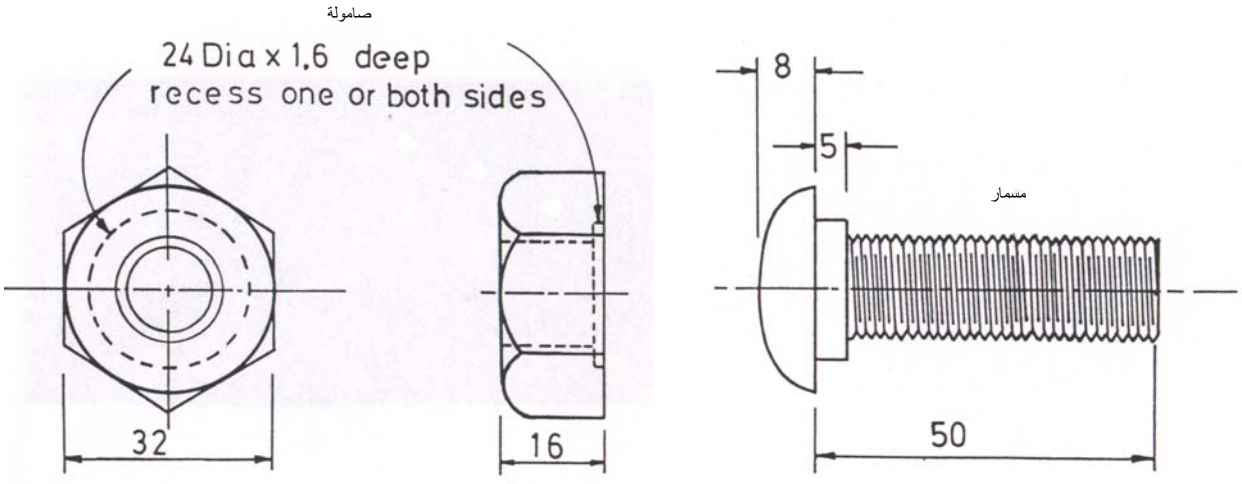
الشكل رقم (٦ – ١) المسافة بين العمودين وعمقهما داخل الأرض

٣) أن يكون ارتفاع الحاجز عن الأرض بمسافة ٠,٧١ متر .



الشكل رقم (٦ – ٢) ارتفاع الحاجز عن الأرض

٤) يتم تثبيت العارضات على الأعمدة باستخدام مسامير بطول ٥٠ ملم وقطر ١٦ ملم ثم ربطها بصواميل بسماكة ١٦ ملم وقطر ٣٢ ملم .

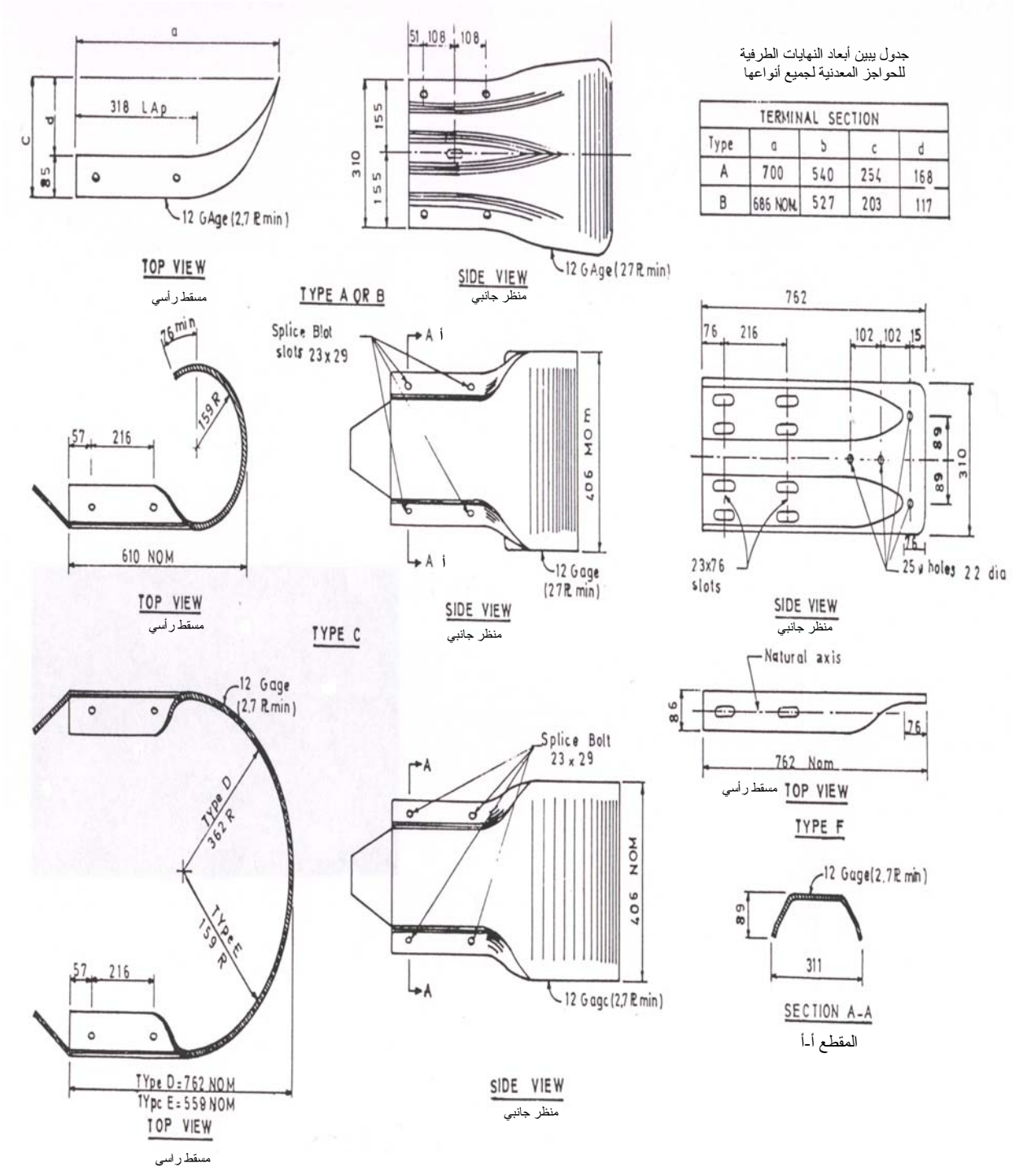


الشكل رقم (٦ – ٣) تثبيت العارضات على الأعمدة باستخدام مسامير

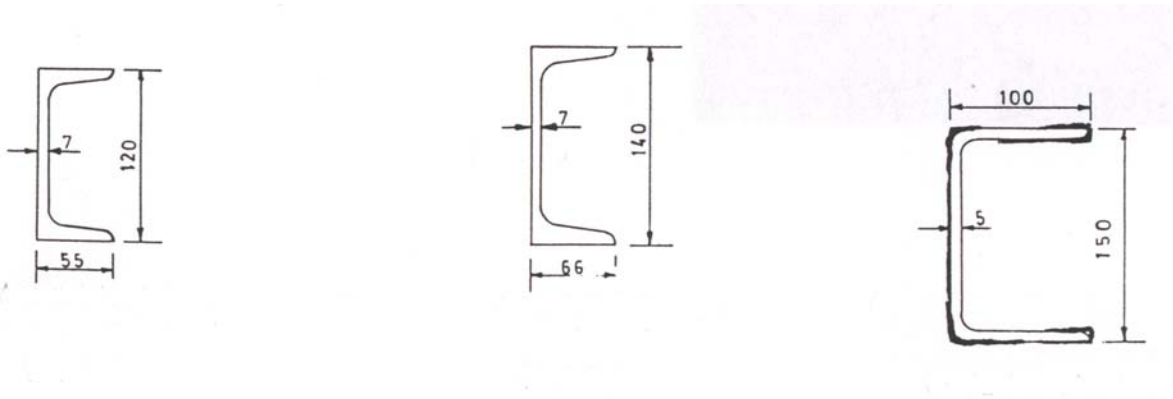
٥) استخدام النهايات الطرفية المناسبة لكل وضع حسب المواصفات الخاصة بالموقع .

جدول يبين أبعاد النهايات الطرفية
للحواجز المعدنية لجميع أنواعها

TERMINAL SECTION				
Type	a	b	c	d
A	700	540	254	168
B	686 NOM.	527	203	117

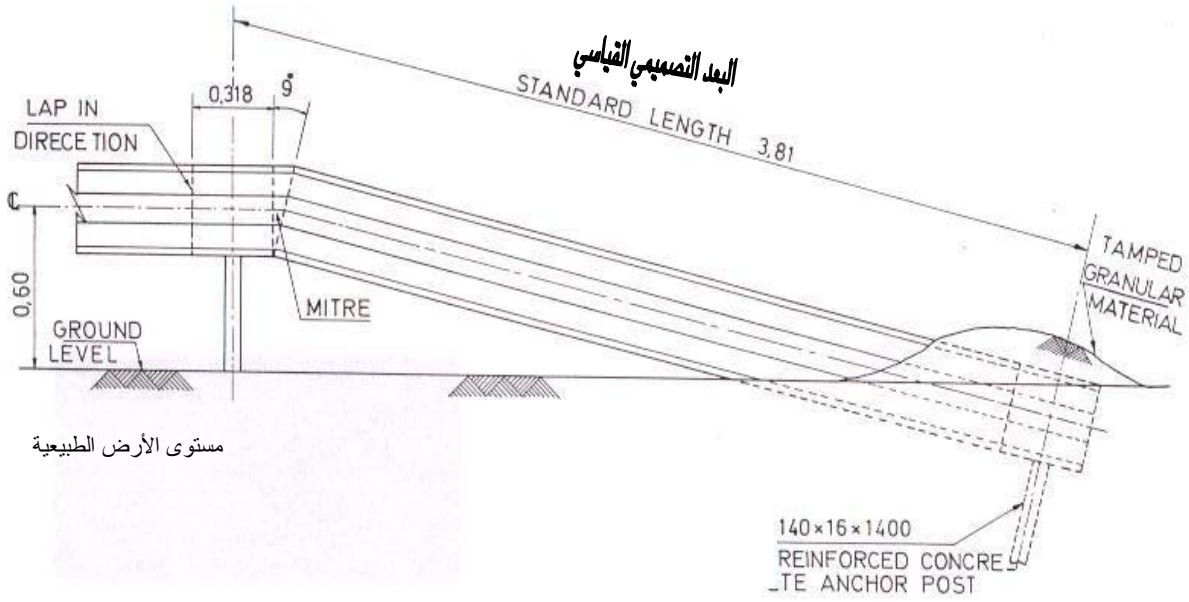


الشكل رقم (٦ – ٤) يبين بعض النهايات الطرفية المستعملة في الحواجز المعدنية



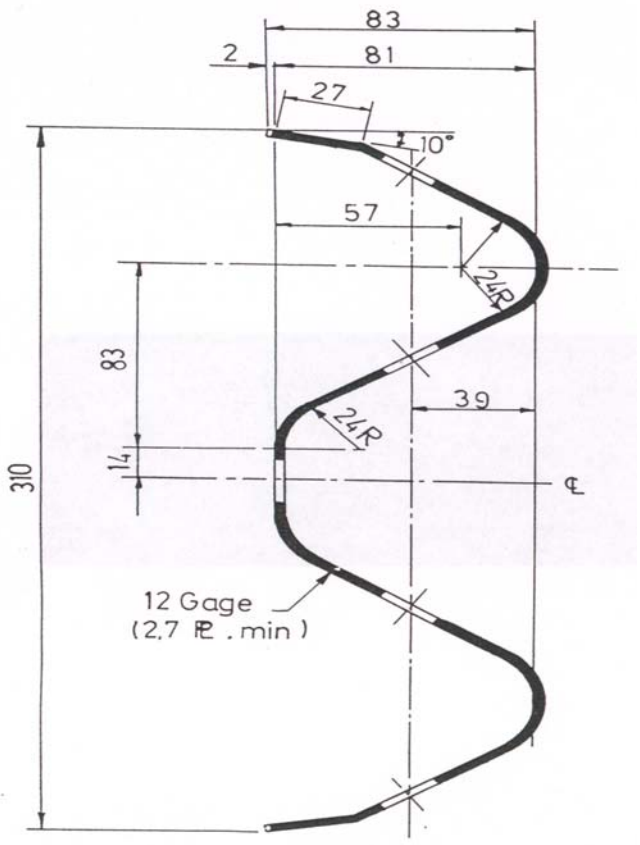
الشكل رقم (٦ – ٥) مقطع من العمود

٦) استخدام عارضات وأعمدة ذات سماكات ومقاطع موافقة لشروط المشروع .

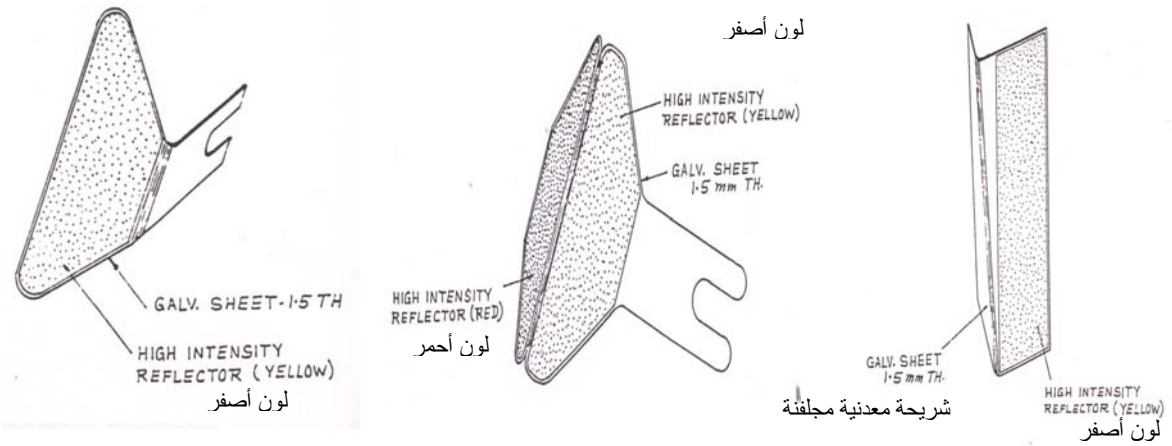


الشكل رقم (٦ - ٦) ميل العارضة في منطقة القطع

٧) في حالة مصادفة نهاية الحاجز بمنطقة قطع فيدفن طرف الحاجز في منطقة القطع بحيث تُميّل العارضة بزاوية مقدارها ٩ درجات وبطول ٣،٨١ متر .



الشكل رقم (٦ – ٧) مقطع من العارضة



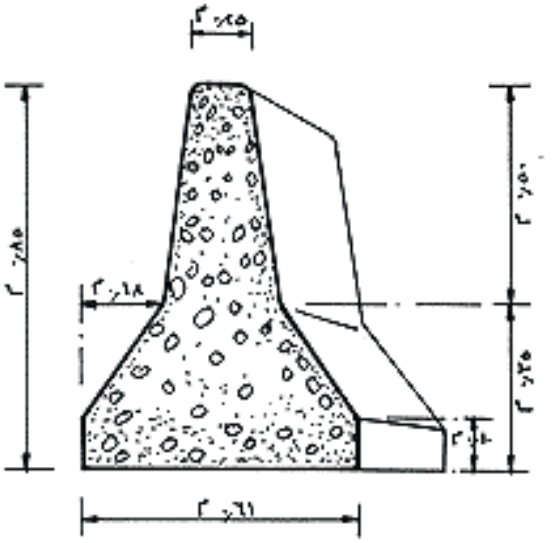
وجه واحد مثلث　　وجهين مستديرة　　وجه واحد مستطيل

الشكل رقم (٦ – ٨) عدة أنواع من العواكس

٨) يتم تثبيت عواكس مخصصة على العوارض مع وضع مسافات بينها موافقة لشروط المشروع .

٦–٢–٢ الحواجز الخرسانية :

ويطلق عليها اسم نيوجيرسي ويتم إنتاجها في مصانع بمقاسات ومواصفات قياسية وبأحجام مختلفة داخل قوالب خاصة ويتم معالجتها بالمصنع وتنقل جاهزة للمواقع المراد تركيبها فيها بواسطة الشاحنات.
وتستخدم كحواجز على جوانب الطريق وفي وسط الطريق ، وأسوار الجسور التي تستهدف إرشاد أو حماية حركة المرور من أخطار جوانب الطريق بما في ذلك الاصطدام بالسيارات الأخرى.
ويمكن استخدام بعض منها كحواجز مؤقتة عند مناطق العمل والصيانة بالطرق لضمان انسياب حركة المرور وأيضا لسلامة العمال والمعدات داخل منطقة العمل. والشكل التالي يبين أحد نماذج الحواجز الخرسانية.



شكل رقم (٦ – ٩) يوضح نموذج لحاجز خرساني

٦ – ٣ اللوحات الإرشادية والتحذيرية والكيلو مترية :

الغرض من علامات المرور بصفة عامة هو تنظيم حركة المرور وذلك لمنع وقوع الحوادث وتعطيل حركة السير في الشوارع وبالتالي تعطيل أعمال ومصالح المواطنين بالإضافة إلى تلافي الخسائر الكبيرة في الأرواح والممتلكات.

وتنقسم لوحات المرور إلى ثلاثة أنواع وهي :

أ – اللوحات التحذيرية.

ب – اللوحات التنظيمية.

ج – اللوحات الإعلامية.

أ – اللوحات التحذيرية :

مثلثة الشكل والقاعدة بيضاء محاطة بإطار أحمر والرموز الداخلية سوداء.

تستعمل لتنبيه مستعملي الطرق إلى مواقع الخطر وطبيعة هذا الخطر حتى يمكنهم إتخاذ الاحتياطات اللازمة. انظر شكل رقم (٦ – ١٠).

ب – اللوحات التنظيمية :

دائرية الشكل عدا لوحات (أولوية المرور) والقاعدة بيضاء محاطة بإطار أحمر تتوسطها رموز سوداء عدا لوحات (الإجبار) فهي زرقاء القاعدة تتوسطها رموز بيضاء.

تنقسم إلى :

أولوية المرور – المنع – الإجبار.

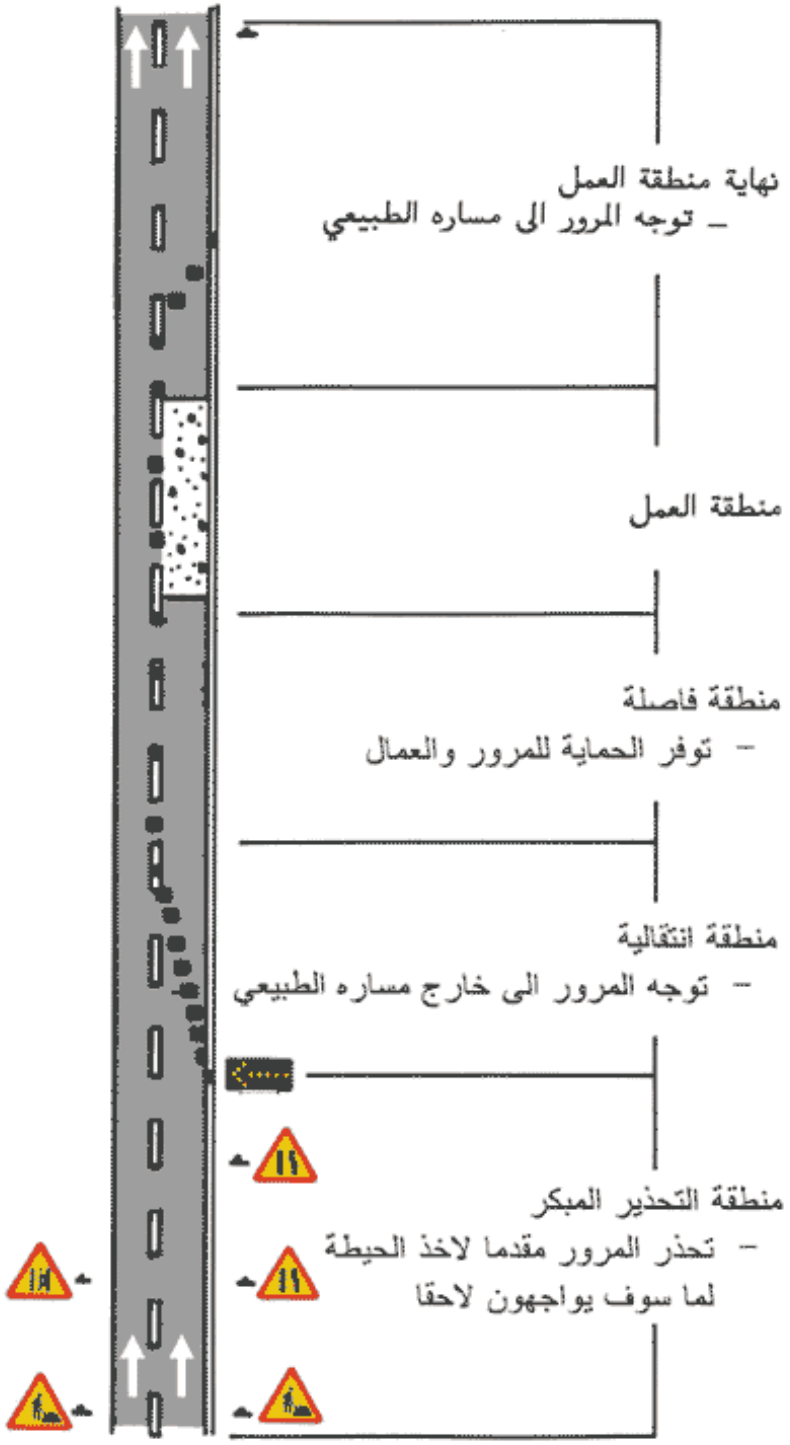
تستعمل لتنبيه مستعملي الطرق للامتناع بعلامات المنع والالتزام بعلامات الإجبار وذلك تسهيلا لحركة السير ومنع وقوع الحوادث. انظر شكل رقم (٦ – ١١).

٣ – اللوحات الإعلامية :

مستطيلة أو مربعة الشكل والقاعدة زرقاء والرموز بيضاء. وتنقسم إلى :

علامات الاتجاه – علامات أسماء الطريق – علامات أسماء الأماكن – علامات تأكيدية.

تستعمل لإرشاد مستعملي الطريق إلى المعلومات الهامة للسير. انظر شكل رقم (٦ – ١٢).



شكل رقم (٦ – ١٠) مثال لاستخدام اللوحات التحذيرية قبل منطقة عمل.

شكل رقم (٦ – ١١) يوضح بعض اللوحات التنظيمية.

شكل رقم (٦ - ١٢) يوضح بعض اللوحات الإعلامية

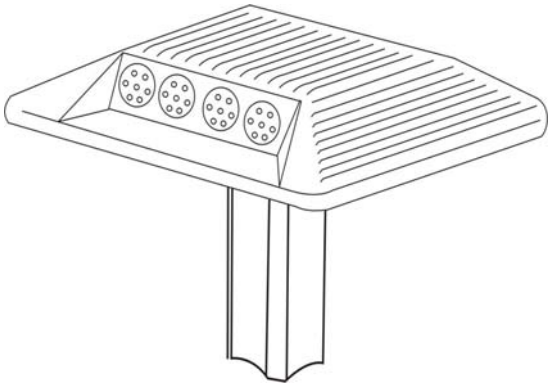
٦ – ٤ عيون القطط والدهان :

٦ – ٤ – ١ عيون القطط

تعتبر عيون القطط من عوامل السلامة المهمة على الطرق حيث تحدد مسارات الطريق خصوصاً بالليل وأنواعها كالتالي :

١ - عيون قطط معدنية مقاس ١٥ × ١٥ سم

وهي مصنعة من سبائك الألمونيوم بمقاس ١٥ × ١٥ سم ذات أربعة عيون عاكسة من كل اتجاه وهي ذات خابور معدني لتثبيتها في الإسفلت .



الشكل رقم (٦ – ١٣) عيون القطط المعدنية

- **طريقة التركيب**

تركب عيون القطط مقاس ١٥ × ١٥ سم على الطرق السريعة ذات السرعات أكثر من ٦٠كم/ساعة وهي تركب على بعد ٦م من مركز كل قطعة عن القطعة التالية باللون الأبيض للخطوط الداخلية الفاصلة للمسارات وباللون الأصفر على الجانب الداخلي للخط الأصفر المحدد لجوانب الطريق ، ويتم تركيبها بالخطوات التالية :

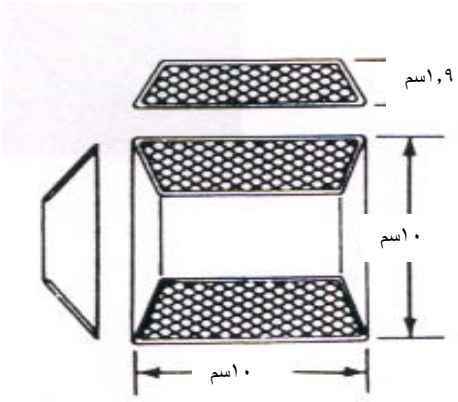
أ ـ يتم عمل العلامات الأولية لمواقع عيون القطط بحيث تكون المسافة بين مركز القطعة عن القطعة التالية ٦م (مع مراعاة أن يكون الدهان الأبيض بعيد عن القطعة ٧,٥سم من كل جانب أي طول خط الدهان الأبيض الفاصل ٥,٧م) وتكون القطع الصفراء على الجانب الداخلي للخط الأصفر بحيث تبعد مركز القطعة عن طرف الخط الأصفر ١٥سم لداخل الطريق .

ب ـ يتم عمل الثقوب الخاصة بالخوابير السفلية لعيون القطط بحيث يكون قطر الفتحة في الإسفلت أكبر من قطر الخابور بما لا يقل عن ٨ - ١٠ ملم كذلك في العمق .

ج ـ يتم سكب مادة البيتومين المصهور بواسطة غلايات خاصة في الفتحة بحيث تملأ نصف الفتحة ثم نقوم بوضع قطعة عيون القطط في الفتحة مع مراعاة تعامد وجه القطعة من اتجاه الحركة بالطريق .

٢ - عيون قطط معدنية أو بلاستيكية مقاس ١٠ × ١٠ سم

وهي تركب على الطرق الفرعية والزراعية وذات سرعات أقل من ٦٠كم/ساعة ، وتصنع المعدنية منها من سبائك الألمونيوم بمقاس ١٠ ×١٠ سم ذات ثلاثة عيون عاكسة من كل اتجاه وهي ذات خابور معدني لتثبيتها في الإسفلت . أما البلاستيكية منها فهي مصنعة من البلاستيك العالي الكثافة مع قطعة عاكسة من البلاستيك بعرض ١٠سم باتجاهين .



الشكل رقم (٦ - ١٤)

عيون القطط البلاستيكية مقاس ١٠ ×١٠ سم

- **طريقة التركيب**

ويتم تركيبها بالخطوات التالية :

أ ـ المعدنية منها بنفس طريقة تركيب عيون القطط المعدنية مقاس ١٥ × ١٥ سم مع مراعاة فوارق المقاسات في فتحة التثبيت .

ب ـ أما البلاستيكية منها فيتم عمل العلامات الأولية لها ثم يتم تركيبها باستخدام المادة اللاصقة المستخدمة في العلامات الخزفية التي تم تفصيلها فيما سبق .

٦ – ٤ – ٢ الدهان :

إن تخطيط الطرق أصبح من أهم عوامل السلامة على الطرق ليس فقط لأنه يوضح الرؤيا ليلاً بل لأنه ينظم حركة المرور وينبه السائقين إلى الإشارات والتعليمات المهمة على الطريق .

وتتكون الدهانات من اللدائن الحرارية (ثيرموبلاستيك) التي تكون على شكل بودرة ، التي تتكون من مواد هيدروكربونية ، ومواد ملونة لا تنحلُّ بالحرارة ويضاف إليها بنسبة ٢٠٪ حبيبات الزجاج العاكس المخلوطة وكربونات الكالسيوم ورخام مطحون شديد البياض وهي سهلة الاستعمال لتشكيل خطوط طرق متماسكة وشديدة الالتصاق بالإسفلت وأي سطوح أخرى من الخرسانة وهي سهلة الذوبان ويمكن صبغها بمكائن الرش ومكائن السكب أو يمكن دهنها باليد كما أنها تظهر اللون بشكل ممتاز وثابت ، مقاومة للانزلاق ، وعاكس للضوء .

مراحل دهان الطرق

المرحلة الأولى : تحضير السطح للدهان

- السطوح الإسفلتية يجب أن تكون جافة وخالية من الأتربة والأوساخ والشحوم والزيوت وكافة الشوائب .

- السطوح الخرسانية يجب أن تكون جافة وخالية من الأتربة والأوساخ وغثاء الخرسانة .

- السطوح الخرسانية المعالجة بمواد كيماوية تساعد على الجفاف يجب تخشينها بالسّفع الرملي الخفيف.

الشكل رقم (٦ - ١٥) ماكينة الدهان

المرحلة الثانية : طريقة الدهان

١. تثّبت مقياس الحرارة للفرن بين ٢٠٠ °إلى ٢١٠ °مئوية .

٢. ضع أكياس الدهان أثناء تقلب الماكينة الواحد تلو الآخر مع ترك بعض الوقت لكل كيس حتى ينصهر .

٣. عندما يمتلئ الفرن استمرّ في التقليب لعدة دقائق عند درجة ٢٠٠ °إلى ٢١٠ °م .

٤. فرّغ المواد المصهورة في (تانكي ماكينة الرش الذي سبق تسخينه) بينما التقليب مستمرّ عند درجة ٢٠٠ °إلى ٢١٠ °م .

٥. استمرّ في تقليب المواد لعدة دقائق عند درجة ٢٠٠ °إلى ٢١٠ °م .

٦. اضبط ضغط الهواء وفتحة الصنبور والمسافة بين الصنبور والسطح المراد صبغه للحصول على السماكة المطلوبة .

٧. رشَ حبيبات الزجاج العاكسة فوق الخط أثناء صبغه وهو مازال ساخناً .

تنبيه : لا تطيل مدة التسخين تجنّب رفع الحرارة فوق ٢٠٠ $^{\circ}$م .

المراجع العلمية

اسم الكتاب	المؤلف
١ - تنفيذ شبكات الصرف الصحي	- مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض
٢ – تمديد خطوط الصرف والتوصيلات المنزلية	- مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض
٣ – كتب تقنية الإنشاءات المدنية (نظري)	- المعهد الثانوي للمراقبين الفنيين
٤ – دليل تشغيل محطات تنقية المياه	- محطات المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض
٥ – مجلة العلوم والتقنية	- مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
٦ – دليل أجهزة التحكم النظامية في المرور بمناطق العمل	- إدارة هندسة المرور والسلامة بوزارة المواصلات
٧ – المواصفات العامة لإنشاء الطرق والجسور	وزارة المواصلات
٨ – Water supply and sewerage	E.W.Steel Terenccj. McGhe
٩ – Water supply and pollution control	John W. Clark Warren Viessman Mark Hammer
١٠ – ترجمة كتاب الاختبارات القياسية لمواصفات أشتو	

محتويات المقرر الدراسية (الفصل الدراسي الأول) الصفحة

المقدمة

تمهيد

الباب الأول (مقدمة)

١ – ١ مقدمة ٢

١ – ٢ دورة المياه في الطبيعة ٢

١ – ٣ مصادر المياه ٣

١ - ٤ ترشيد استهلاك المياه ٥

الباب الثاني (تنقية مياه الشرب)

٢ – ١ تمهيد ٨

٢ – ٢ الغرض من التنقية ٨

٢ – ٣ التصفية ١١

٢ – ٤ مراحل المعالجة الأولية ١٣

٢ – ٥ نظرية التناضح العكسي ٢٤

٢ – ٦ التعقيم ٢٦

٢ – ٧ التخزين ٢٩

الباب الثالث (معالجة مياه الصرف الصحي)

٣ – ١ تمهيد ٣٤

٣ – ٢ أثر الملوثات على الإنسان ٣٤

٣ – ٣ خصائص مياه الصرف الصحي ٣٥

٣ – ٤ طرق معالجة مياه الصرف الصحي ٣٧

٣ – ٥ التعقيم ٤٤

٣ – ٦ معالجة الحمأة ٤٥

الباب الرابع (صيانة شبكات المياه والصرف الصحي)

٤ – ١ صيانة شبكات المياه ٤٨

٤ – ٢ صيانة شبكات الصرف الصحي ٥٢

محتويات المقرر الدراسية (الفصل الدراسي الثاني) الصفحة

الباب الخامس (أعمال ومعدات الطرق)

٥ – ١ مقدمة ٥٨

٥ – ٢ أنواع الرصف ٦٠

٥ – ٣ الرصف المرن ٦٠

٥ – ٤ حدود القوام وتصنيف التربة ٨١

الباب السادس (عوامل السلامة على الطريق)

٦ – ١ السياج الجانبي ٨٨

٦ – ٢ الحواجز المعدنية والخرسانية ٨٩

٦ – ٣ اللوحات الإرشادية والتحذيرية والكيلو مترية ٩٥

٦ – ٤ عيون القطط والدهان ٩٩

المراجع ١٠٤

المحتويات