الباب الرابع

عملية الترويب والتنديف

تتكون الشوائب الموجودة فى المياه نتيجة التآكل الأرضى الناتج من احتكاك المياه مع قطاع المجرى المائى، وتتكون الشوائب من دقائق صغيرة كما تلتقط المياه مع الاحتكاك ايضا كميات من الاملاح وبقايا النباتات المتحلله كما توجد شوائب أخرى إضافية ناتجة من التلوث الهوائى ومخلفات المصانع و فضلات الحيوانات. ولذلك فالمياه السطحية تتلوث بتاثير الطبيعة و الانسان. وتحتوى المياه على مواد عالقة ومواد ذائبة عضوية(من اصل نباتى اوحيوانى) وكذلك على المواد غير العضوية وكافة الاشكال البيولوحية(كالبكتريا والنباتات المائية والهائمات) وتسمى هذه المواد" المواد العالقة الصلبة" وتكون قدرأ كبيرأ من مكونات الشوائب. أما الاجزاء الكبيرة الحجم مثل الرمل والطمى الثقيل فيمكن ازالتها من المياه بتركها للترسيب بواسطة الجاذبية الارضية و تسمى هذه المواد بالمواد الصلبة القابلة للترسيب

و يحدث ترسيب للمواد الصلبة طبيعيا عند تخزين المياه فترة كافية فى الخزانات او فى الانهار و البحيرات ذات السرعة البطيئة . لكن الاجزاء الصغيرة جداً مثل المواد الغروية والطمى الدقيق والبكتريا التى لا تترسب بسهولة وتحتاج إلى معالجة لتجعل جزيئاته أكبر وذات قابلية للترسيب. وتسمى هذه المواد بالمواد غير القابلة للترسيب أو المواد الغروية .

الحاجة الى الترويب و التنديف

الغرض من تلك العمليتين هو ازالة المواد الشائبة و خاصة غير القابلة للترسيب الطبيعى و ازالة العكارة من المياه المراد معالجتها

وتعمل المواد الكيماوية (المروبات) على إزالة المواد الغير قابلة للترسيب بعملية الترويب ونلك بأن تجعل هذه الجزئيات تتجمع مع بعضها البعض لتكون الندف الصغيرة ثم تتجمع الندف الصغيرة مع بعضها البعض لتكوين نفدف كبيرة و ثقيلة قادرة على الترسيب. تخلط المواد الكيماوية بالماء العكر الذى يحتوى على جسيمات دقيقة لا تترسب و لا تترشح بسهولة و تعمل على جعل الجسيمات الدقيقة الشديدة الصغر تتجمع وتتكتل معأ فى صورة أجسام أكبر (ندف) للمساعدة فى إتمام

عمليتى الترسيب والترشيح ثم ياتى الترسيب بعد ذلك ليرسب الجسيمات العالقة الكبيرة ثم الترشيح ليحتجز ويستخرج الجسيمات العالقة الباقية.

و صف عملية الترويب و التنديف

تؤدى عملية التر ويب/ التنديف إلى تعادل أو تقليل **جهد زيتا** (التنافر بين الجزئيات) للمواد الصلبة غير القابلة للترسيب بحيث يمكن ان تجعل **قوة فان درفال** (قوة الجذب بين الجزئيات) تبدأ فى جذب الجسيمات معأ وعندئذ تتمكن الجسيمات الغير قابلة للترسب من التجمع فى مجموعات صغيرة من الندف الدقيقة . ورغم أن هذه الجسيمات أكبر من الغروية الأصلية إلا أنها ضعيفة التماسك مع بعضما وتكون الندف الدقيقة الغير مرئية للعين المجردة وتظل غير قابلة للترسيب ويودى فعل التقليب البطىء الذى يحدثه التنديف إلى تجميع الجسيمات الندفية معأ لتكوين جسيمات ندفية كبيرة وثقيلة نسبيأ يمكن ترسيبها .و ترشيحها بسهولة، والجسيمات الندقية الهلامية القوام تكون مرئية فى العادة وتبدو مثل ندف القطن او الصوف.

استخدام المرويات(مواد الترويب)

وحيث أن معظم الجسيمات غير المرغوبة والمطلوب إزالتها من المياه **سالبة الشحنة** فبالتالى يجب أن تكون المرويات المستعملة فى معالجة المياه ذات شحنه موجبة ، فالشحنات المرحبة تعادل الشحنات السالبة وتعجل التر ويب .

وتحتوى بعض المروبات على أيونات ذات شحنات موجبة أكثر من البعض الأخر فنجد أن تلك المشتملة على أيونات ثلاثية التكافوء مثل الالمونيوم و الحديد (Fe^{+++}, AL^{+++}) أشد فعالية بمقدار يتراوح من 700 – 1000 مرة (كمروبات) من الايونات الأحادية التكافو مكر الصوديوم (Na^{+}) وأشد فعالية بمقدار 50- 60 مرة من الأيونات ثانية التكافو ط الكالسيوم Ca^{++} ومن المواد الشائعة المستخدمة فى عملية التر ويب هى **كبريتات الالمونيوم** و اسمها الدارج **الشبة** $AL_2(SO_4)_3.nH_2O$,و عند ذوبان هذا المروب و تاينه فى الماء فإنه يكون الأيونات ثلاثية التكافو للألومونيوم Al^{+++} **وتتراوح نطاق الجرعة من (5 – 100) مللجم/ لتر .**

أولا: الترويب

تعريف عملية الترويب

توضح كلمة الترويب التأثير الناتج عندما تضاف مواد كيماوية معينة للمياه الخام المحتوية على مواد بطينة الترسيب ومواد لا تترسب طبيعياً ، ويمكن تعرف التر ويب على أنه بداية استجابة الجسيمات بطينة الترسيب فى المياه الخام لعمل ندف دقيقة عند إضافة المروب للمياه مشكلاً سحابة هلامية ويسلزم ذلك عملية خلط سريع لضمان توزيع متماثل للمادة المروبة .

الخلط السريع

هو مزج المواد المروبة مع المياه الخام والغرض من المزج السريع هو التوزيع المتماثل للمواد الكيماوية المروبة خلال المياه وتحدث هذه العملية فى وقت قصير جداً عدة ثوان لم وتكون النتيجة الأولية لهذه العملية هى تكوين جزيئات صغيرة جدا. **فالتلامس الأول للمروب مع المياه هى الفترة الزمنية الأكثر حرجاً فى عملية التر ويب بأكملها** وذلك لأن تفاعل الترويب يحدث بسرعة، وعليه فمن المهم أن يتلامس المروب والجسيمات الغروية فوراً وبعد إضافة المروب.

وصف العملية الترويبية من الناحية الكيماوية:

تعتبر العملية الترويبية من العمليات المعقدة وهى عملية فيزيائية وكيميانية تحث بين قلوية المياه (وهى قدرة المياه على معادلة الأحماض) الناتجة من وجود مكونات مثل الكربونات والبيكربونات والهدروكسيدات واليورات والسيليكات والفوسفات بالمياه وبين المادة المروبة.

ويساعد تقليل الرقم الهير وحينى للمياه(pH(8 على تهيئة الوسط للشحنة الموجبة وهو المناسب للتفاعل مع الجزيئات و الغرويات السا لبة الشحنة مكوناً ندف غير ذانبة التى تعمل على إزالة الشوائب من المياه.

ويعتبر مدى الرقم الهير وحينى من (5.5 – 7.5) مدى مناسب لعملية الترويب وتعطى الشبة أفضل نتانج فى هذا المدى حيث أن المادة المروبة تتفاعل مع جزء من القلوية فى الماء، والقلوية المتبقية بعد التفاعل والموجودة فى المياه تعمل كمنظم تمنع الرقم الهيدروحينى للمياه من التغير وبالتالى تساعد على الترسيب الكامل للمادة المروبة ويمكن تمثيل معادلة التفاعل

كالآتى:

كبريتات الألومونيوم (الشبة) + القلوية (بيكربونات الكالسيوم) ←——— هيدروكسيد الألومونيوم (الندف) + كبريتات الكالسيوم + ثانى أكسيد الكربون

وفى حالة عدم وجود القلوية فى المياه يضاف إليها الصودا الكاوية أو الجير المطفأ Ca(OH)2وتكون المعادلة كالتالى :

كبريتات الألومونيوم + الجير ($Ca(OH)_2$) ←—— هيدروكسيد الألومونيوم (الندف) + كبريتات الكالسيوم

وبصفة عامة فإن المشغل لا يستطيع التحكم فى القلوية .و الرقم الهيدروحينى العالى بمصدر المياه ولذلك فمؤشر تقييم نوعية المياه يلعب دوراً رئيسيا فى اختيار نوع المادة المروبة المستخدمة فى معالجة المياه. كما أن الجرعة الزائدة او المنخفضة تؤدى إلى الاقلال من كفاءة عملية الازالة ، ويتم التاكد من إنجاز هذه المهمة بعمل Jar test

العوامل المؤثرة فى انجاز عملية التر ويب

يوجد عدة عوامل يجب اخذها فى الاعتبار لانجاز عملية التر ويب بكفاءة وهى كالتالى:

1. طرق المزج

يجب مزج المواد المروبة (الشبة) مع المياه بأسرع وقت (عدة ثوان)

حيث أن زمن هذا التفاعل قصير ، ثم تتم عملية التفاعل بعد ذلك بعدة طرق منها

- المزج الهيدروليكى
- المزج الميكانيكى
- المزج بنظام الهواء المضغوط
- المزج بطريقة الحقن فى طلمبات المياه العكرة

لكى تتم عملية الترويب والتنديف فإنه يجب أن يلامس المروب كل اجزاء المواد العالقة ويحدث ذلك بعملية التقليب السريع

ثانيا :- التنديف

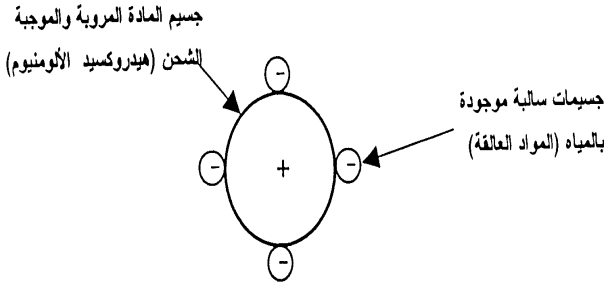
هى عملية مزج بطئ للشبة تعمل على تجميع الحبيبات الصغيرة لتكوين حبيبات أكبر قابلة للترسيب ويستلزم ذلك عمل تقليب بطئ باستخدام الخلاطات الهيدروليكية والميكانيكية لإتاحة فرصة أكبر لعمل تلامس بين الندف الدقيقة لتلتصق ببعضها مشكلة ندف اكبر لترسب ، وتتطلب هذه العملية **زمن يتراوح من 15 :20 دقيقة .**

وصف العملية

يتراوح الحجم الامثل للندف من (1 مم – 3 مم) ويعتمد ذلك على نوع عملية الازالة المستخدمة سواء كان بنظام الترشيح المباشر أو الترشييح التقليدى ويجب الاخذ فى الاعتبار وقت المزج والطريقة الصحيحة للمزج وشكل أحواض المزج. فالمزج السريع لمدة كبيرة يجعل الندف المتكونة تتباعد عن بعضها البعض وبالتالى تتكون ندف ضعيفة ومفككة بعد ان كانت ملتصقة ببعضها.

فالتنديف عملية أبطأ بكثير من الترويب لذلك فإن حوض التنديف يجب أن يكون أكبر نسبياً ونظراً لأن **الندف هشة تماماً** فلذلك يجب أن يجرى الخلط بطيئاً كما يجب أن تكون سرعة التصرف خلال الحوض بطيئاً بما يكفل عدم تفتيت جسيمات الندف .و تكسيرها وعلى ذلك يجب أن يكون حوض التنديف كبرا بما يكفى. لتهيئة مدة المكث الملائمة.

ويحمل هيدروكسيد الألومونيوم المتكون شحنة كهربائية موجبة، وبالتالى يحدث تجاذب بينه وبين المواد العالقة والغرويات الدقيقة والبكتريا والمواد الغروية والتى تحمل شحنة سالبة ، فيحدث تعادل كهربائى، وتلتصق ببعضها مكونة حبيبات أكبر تسمى ندف، والتى تزداد حجماً وثقلا أثناء تحولها فى الماء نتيجة تماسك الندف الدقيقة مع بعضهاه مكونة ندفا أكبر واثقل ، قابلة للترسيب بسرعة أكبر. وتسمى هذه العملية بالتندف



و كل جزء فى المليون (جم/ م^3) من الشبه الصلبة يقلل قلوية الماء بنسبة0.45 جزء فى المليون ويزيد ثانى أكسد الكربون بمقدار 0.4 جزء فى المليون

تأثير إضافة جرعة شبة قدرها ٣٠ جم/م^٣

م	نوع التحليل	مياه عكرة	مياه مرشحة
١	القلوية (ppm) مقاسة ككربونات الكالسيوم	١٨٠	١٦٦
٢	ثانى أكسيد الكربون (ملجم/ لتر)	١,٤	١٢,٦
٣	الرقم الأيدروجينى pH	٨,١	٧,٥
٤	العكارة (NTU)	١٨	٤,٦

العوامل التى تؤثر فى عملية الترويب و التنديف

تتاثر عملية الترويب و التنديف بعولمل مختلفة :-

- **تركيز الاس الهيدروجينى (pH)** ولكل نوع من المواد المروبة مدى فى الرقم الهيدروجينى. فتتم عملية الترويب بأعلى كفاءة بالنسة للشبة عندما يكون الرقم الهيدروجينى من 4.5 إلى 7.5 . اما بالنسبة لكبريتات الحديدوز فتحدث عند رقم هيدروجينى أكبر من 8.5
- **قلوية الماء** ،حيث تتم عملية التر ويب اسرع مع القلوية العالية .
- **ظروف خلط المادة المروبة**، ويفضل أن يكون خلط المادة المروبة بسرعة وبتجاس فى كل حجم المياه الخام .
- **نسبة العكارة** ، ويفضل ألا تقل عن نسبة معينة ،فإذا كانت قليلة جداً فأحياناً يتم اللجوء إلى إضافة مواد مساعدة لتكوين نواة تتجمع حولها الندف، ويؤدى ذلك إلى الإقلال من المادة المروبة .

- **جرعة المادة المروبة** ، والمقصود بها عدد جرامات المادة المروبة التى يتم إضافتها للمتر المكعب من الماء الخاما ويعبر عنها بالجرام لكل متر مكعب . و بجزء فى المليون وذلك لاتمام عملية التر ويب والتندف باعلى كفاءة ولتكوين ندف ذات اكبر كثافة. ويفضل تحديد جرعة المادة المروبة عن طريق التجارب العملية باستخدام اختبار تحديد الجرعات (Jar test)

**ويتناسب حجم الندف طردياً مع جرعة الشبة المضافة وذلك فى حدود معينة، وبالتالى يلزم تحديد جرعة الشبة التى تحقق تكوين الندف فى حجم رأس الدبوس

** ويتم تحديد جرعة الشبة الفعالة معملياً، بواسطة جهاز تحديد الجرعات الشبه (Jar test)