التخثر / التلبد coagulation/flocculation mechanisms

هي تقنية كميائية لمعالجة المياه تطبق عادة قبل الترسيب والترشيح (على سبيل المثال الترشيح الرملي السريع) لتعزيز قدرة عملية المعالجة على إزالة الجسيمات، التخثير هو العملية المستخدمة لتعادل الشحنات وتشكيل كتلة هلامية جيلاتينية لحصر (أو عمل جسور بين) الجسيمات بالتالي تشكل كتلة كبيرة بما يكفي لتترسب أو تحجز في المرشح، التنديف هو تقليب بطئ أو سريع لتشجيع الجسيمات المتكونة من التخثير لكي تتكتل إلى كتل كبيرة بما يكفي للترسب أو أن تترشح من المحلول

فوائد التخثير

- تزيل مسببات العكارة (حبيبات الطين\المواد الغروانية \ البكتيريا \الطحالب \ اللون)

المزايا

-البساطة والفعالية من حيث التكلفة.

- يفصل العديد من أنواع الجسيمات من المياه.

- يعزز عملية الترشيح.

- يستخدم مواد كيميائية وفيرة ومنخفضة التكلفة.

العيوب

- يتطلب مدخلات من المواد الكيميائية.

- طاقم العمل المؤهل أمر ضروري للتصميم (مثل بناء الغرف وتحديد جرعة المواد الكيميائية) ،وكذلك لصيانة النظام

- نقل المركبات السامة إلى الحالة الصلبة وتشكيل الرواسب الصلبة (الحمأة) التي لابد من معالجتها لاحقًا

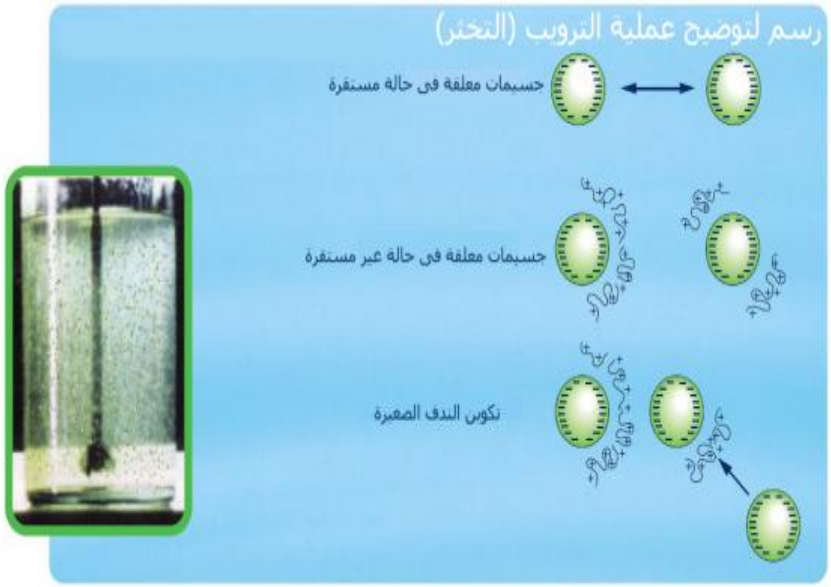
- عملية مستهلكة للوقت نسبيًا

تتواجد الجسيمات الذائبة والعالقة في معظم المياه الطبيعية، تنشأ هذه المواد العالقة في الغالب من تعرية التربة، وذوبان المعادن وتحلل النباتات ومن تصريف المخلفات المنزلية والصناعية، قد تشمل هذه المواد كل من المواد العضوية الذائبة والعالقة أو المواد غير العضوية أو كلاهما، فضلًا عن العديد من الكائنات الحية مثل البكتيريا والطحالب أو الفيروسات، وهذه المواد لابد من إزالتها، لأنها تسبب تدهور فى نوعية المياه عن طريق الحد من شفافية الماء (على سبيل المثال تسبب العكارة أو اللون)، وتحمل في نهاية المطاف للكائنات مسببة للأمراض أو مركبات سامة، مدمصة على سطوحها .
تستخدم عمليات التخثير والتنديف لفصل الجسيمات الذائبة والعالقة من المياه، التخثير والتنديف عملية بسيطة نسبيًا وفعالة من ناحية التكلفة بشرط أن تكون المواد الكيميائية متوفرة وتكون

الجرعة متناسبة ومتوافقة مع مكونات المياه، بغض النظر عن طبيعة المياه المعالجة ونظام المعالجة الكلي المطبق فإن التخثير والتنديف يتم إما قبل المعالجة (على سبيل المثال قبل **الترشيح الرملي السريع** أو كخطوة لاحقة للمعالجة بعد **الترسيب** انظر أيضًا **محطات تنقية المياه المركزية**.

معظم المواد الصلبة العالقة في الماء تحمل شحنة سالبة، وبالتالي فهي تتنافر مع بعضها البعض،هذا التنافر يمنع الجسيمات من التكتل، مسببا في إبقائها عالقة، والتخثير والتنديف يحدث في خطوات متتابعة تهدف إلى التغلب على قوة استقرار (ثبات) الجسيمات العالقة مما يسمح بتصادم الجزيئات ونمو الندف التي يمكن بعدها أن تترسب وتزال (عن طريق الترسيب) أو ترشح من الماء، التخثير-التنديف هو أيضا عملية معروفة لمعالجة مياه الصرف الصحي والصناعي والمنزلي من أجل إزالة الجسيمات العالقة من الماء.

مبادئ التخثير يزعزع استقرار وثبات شحنات الجسيمات، المواد المخثرة ذات الشحنات المعاكسة لشحنات المواد الصلبة العالقة تضاف للمياه وذلك لكي تعادل الشحنات السالبة على المواد الصلبة المشتتة غير القابلة للترسب مثل الطين والمواد العضوية. وبمجرد أن تتم معادلة الشحنة تكون الجزيئات العالقة الصغيرة قادرة على الالتصاق معًا، ويطلق على الجسيمات الأكبر قليلًا التي تشكلت من خلال هذه العملية "ندف دقيقة **microflocs**" (للتوضيح: دقيقة في الحجم) ولا تكون مرئية للعين المجردة وتكون ما زالت صغيرة جدًا لترى بالعين المجردة ، يجب أن يكون الماء المحيط بالكتل الدقيقة حديثة التكوين صافياً. إذا لم يكن الأمر كذلك ، فإن التخثر وبعض من لم يتم تحييد شحنة الجسيمات. قد يلزم إضافة المزيد من المواد الكيميائية المخثرة، ويحتاج الأمر إلى طاقة عالية ومزج سريع من أجل الانتشار الجيد للمخثرات داخل الماء وتعزيز تصادم الجسيمات لتحقيق تخثير جيد وتشكيل الندف المجهرية، لا يؤثر الإفراط في المزج على التخثير، ولكن المزج غيرالكافي لن يساعد على اكتمال هذه الخطوة، وقت التماس السليم في غرفة المزج السريع يكون عادةً ١-٣ دقائق

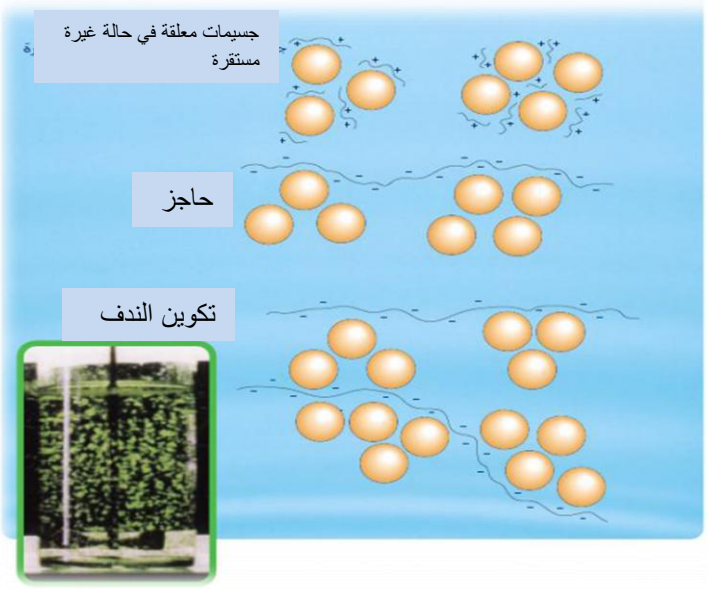


Coagulation mechanism

flocculation التنديف\ التلبيد

بعد التخثير يأتي التنديف وهو مرحلة خلط لطيف تزيد من حجم الجسيمات من ندف دقيقة تحت مجهرية إلى جسيمات عالقة مرئية واضحة.

ومن خلال عملية الخلط البطيئة يتم جعل الندف الدقيقة على تماس مع بعضها البعض، ويؤدي اصطدام جسيمات الندف المجهرية الي ربطها لتتنتج " ندف مرئية" أكبر حجمًا ، يستمر حجم الندف في البناء والنمو من خلال التصادمات الإضافية والتفاعل مع البوليمرات غير العضوية التي كونتها المادة المخثرة أو مع البوليمرات العضوية المضافة، وتتشكل الندف الكبيرة الحجم،أما البوليمرات ذات الوزن الجزيئي العالي والتي تسمى مساعدات التخثير فيمكن أن تضاف خلال هذه الخطوة لمساعدة في تكوين جسور، وربط، وتعزيز الندف، وإضافة الوزن، وزيادة معدل الترسيب، وبمجرد وصول الندف لحجمها الأمثل وقوتها المثلى يكون الماء على استعداد لعملية الفصل (**بالترسيب** أو بالطفو أو بالترشيح)، ويقدر وقت التماس التصميمي للتنديف من ١٥ أو ٢٠ دقيقة إلى ساعة أو أكثر.



Flocculation mechanism

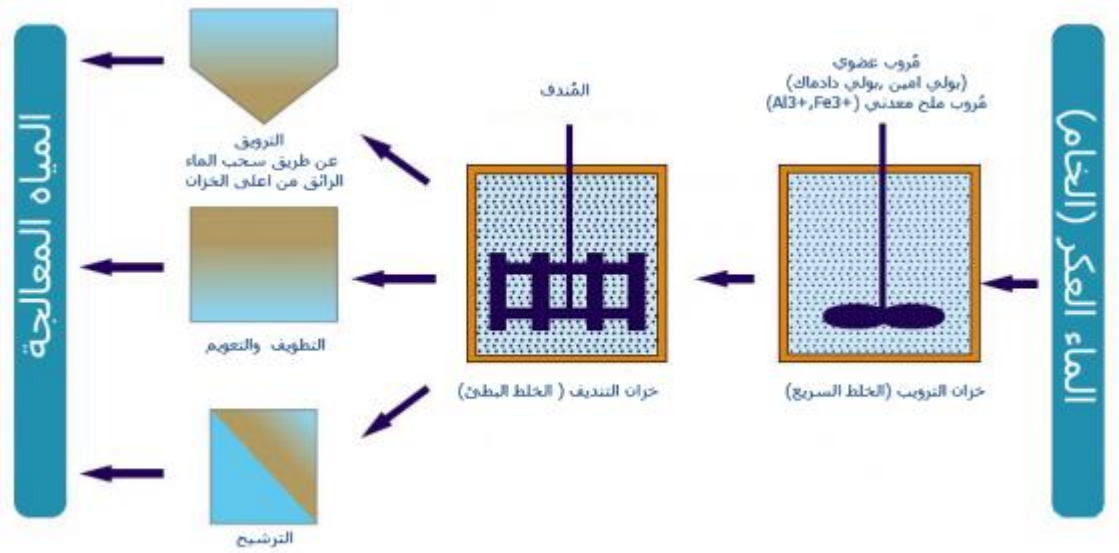
عملية فصل التخثير والتلبيد في معالجة المياه

في معالجة المياه دائمًا ما يطبق التخثير والتنديف قبل الفصل الفيزيائي، وتتكون عملية التخثير-التنديف من الخطوات التالية:

١-التخثير-التنديف: استخدام الكواشف الكيميائية لزعزعة استقرار الجسيمات وزيادة حجمها والخلط و زيادة حجم الندف،

٢- الفصل الفيزيائي بين المواد الصلبة من الحالة السائل ،وعادةً ما يتحقق هذا الفصل عن طريق الترسيب (التصفية) أو الطفو أو الترشيح.

الكواشف الشائعة هي: المخثرات المعدنية و/ أو المخثرات العضوية (عادةً ما يكون ملح الحديد و ملح الألومنيوم، و البوليمرات العضوية) ، وكذلك مضافات التنديف (السيليكا المُنشطة والكربون المُنشط وغيرها)، المندفات (المزغبات) الأنيونية أو الكاتيونية وكواشف ضبط الرقم الهيدروجيني مثل الأحماض أو القواعد،ويمكن أيضًا إضافة بعض العوامل الكلابة للمعادن الثقيلة لإزالة المعادن الثقيلة أثناء خطوة التخثير



Physical-chemical process involved in ***Coagulation-Flocculation***.

اختبار الكأس أختبار الجرة A jar-test

وهو فحص يستخدم لتحديد الجرعات المضافة من المواد المخثرة الى المياه الخام لتخفيض العكورة في المياه المعدة لاغراض الشرب واستخدامها في الصناعات .يستخدم اختبار الكأس لتحديد المزيج الأكثر تلائمًا من المركبات الكيميائية والتركيزات لعمليات التخثير- التنديف، وهو اختبار يتم علي عدة دفعات ويتكون من استخدام العديد من الكاسات المتماثلة والتي تحتوي على

نفس حجم وتركيز العينة ، والتي تشحن بنفس الوقت واحد بست جرعات مختلفة من المواد التي من الممكن أن تكون مخثرات فعالة ،ويمكن أن يتم رج وتقليب وتحريك الكؤوس الست في وقت واحد وبسرعة محددة ومعلومة، ويتم خلط عينات المياه المراد اختبارها بسرعة ثم ببطء ،ثم يسمح لها بالترسب ، وهذه المراحل الثلاث هي تقريب للتسلسلات والمراحل التي تتم فى المحطات واسعة النطاق التي تضم أحواض للمزج السريع والتخثير والتنديف وأحواض الترسيب، وفي نهاية فترة الترسيب يتم سحب عينات الاختبار من الكؤوس ويتم قياس العكارة للسائل الطافي، وبوضع العكارة المقاسة في مقابل جرعة التخثير يعطي مؤشرًا على الجرعة المثلى (أي الحد الأدنى المطلوب للحصول على التنقية والترويق المقبولين)، ومن ثم فإن المعايير التي سنحصل عليها من اختبار الكؤوس هي جودة الندف الناتجة وصفاء السائل الطافي بعد الترسيب، ويتم تصميم العملية بحجمها الكامل للمحطات بعد ذلك بناء على اختيار المواد وتراكيزها على مستوى المختبر.

للأسف يعاني اختبار الكأس من عدة عيوب على الرغم من تطبيقه على نطاق واسع ، فهو اختبار متعدد الدفعات (المراحل) الذي يمكن أن يستهلك ويهدر الكثير جدًا من الوقت، والنتائج التي تم الحصول عليها من سلسلة من اختبارات الكأس قد لاتتوافق مع النتائج التي تم الحصول عليها من المحطات.

خطوات التجربة

١- جمع عينات من المواد والطرق لمياه الصرف الصحي.
٢- أستخدام الماء منزوع الأيونات لتحضير المحاليل المائية.
٣- فحص الخصائص الفيزيائية والكيميائية الرئيسية Temperature (^{o}C) , pH ,Turbidity (NTU) ,Conductivity (µS/cm).(قبل المعالجة)
٤- تحضير جميع مواد التخثر في 0.1 M stock solution
٥- إضافة كميات من المحلول المخزون إلى حجم العينة (800 mL) للحصول على محلول الملح المعدني النهائي المطلوب :

aluminum sulfate (100 ml , 200ml , 300ml , 400ml)

اكثر الكواشف استخداما كمخثر **$Al_2(So_4)_3.18H2O$** (الشب) هو مادة غير ذائبة تترسب ببطئ تسحب معها المواد، وبتكلفته المنخفضة ومقدرته على ازالة الشوائب وفعاليته العالية في أزالة الغرويات.

$$Al_2(So_4)_3.18H2O + Ca(HCo_3)_2 \longrightarrow CaSO_4 + Al(OH)_3$$

٦ - استخدام جهاز اختبار الجرة لإجراء تجارب التخثر / التلبد المجهزة بأربعة أكواب سعة (800ml) ؛ أجريت العملية جميعها في درجة حرارة الغرفة ($20C^0$)

أختبار الجرة A jar-test

٧- إضافة (800ML) من عينة مياه الصرف الصحي إلى الحاويات الزجاجية تليها إضافة الحجم المناسب من محلول مخزون الملح المعدني. تم خلط الخليط بسرعة عند 160 دورة في الدقيقة لمدة دقيقة واحدة او دقيقتين ، تليها فترة تحريك بطيئة عند (60) rpm لمدة 10 دقائق أو 20 دقيقة ، واخيرا تم للخليط بالاستقرار لمدة ٢٠ دقيقة ،

٨- تحليل عينات المياه لتحديد الأس الهيدروجيني باستخدام مقياس الحموضة PH، والتوصيل الكهربائي باستخدام مقياس التوصيل EC-meter والتعكر بواسطة مقياس التعكر

٩- قياس العكورة والدالة الحامضية والتوصيلية بعد المعالجة

١٠- توضيح كفاءة عملية التخثر / التلبد كدالة للوقت والجرعة لعينات المياه العادمة.

(Turbidity&Dose) (Ec&Dose) (PH&Dose)

(Turbidity&Time) (Ec& Time) (PH&Tim)