

BTO Verkennend Onderzoek



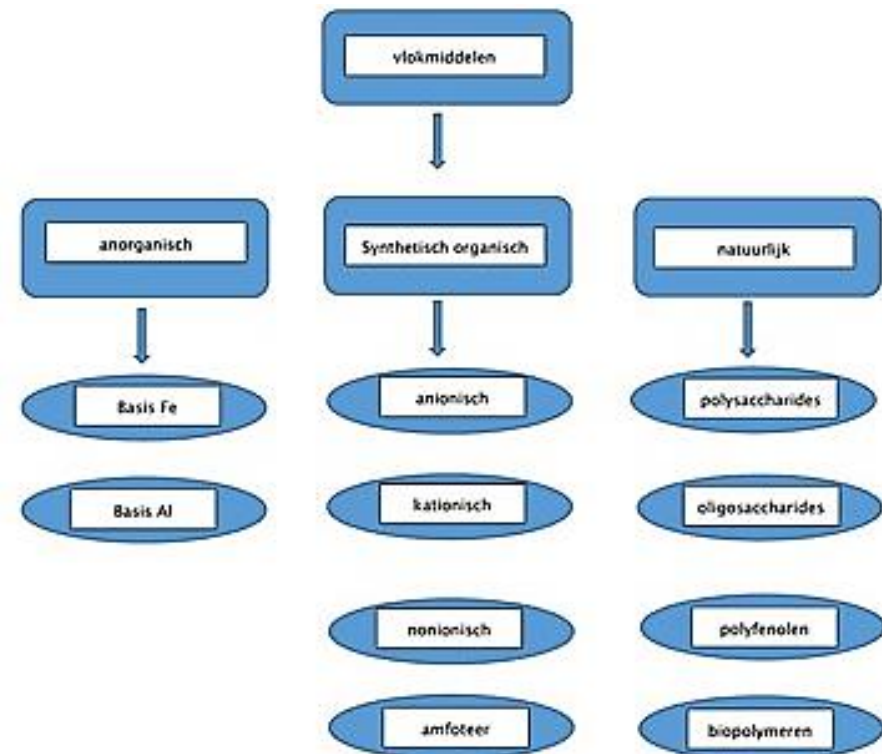
Alternatieve vlokmiddelen

Samenvatting

Het coagulatie/flocculatie-proces speelt een belangrijke rol in (drink)waterzuiveringsprocessen. Hiervoor worden meestal ijzer- en aluminiumverbindingen gebruikt, maar die dragen significant bij aan de milieu-impact van het totale proces. Om die impact te verlagen, en de hoeveelheden gevormd slib te verkleinen, wordt wereldwijd veel onderzoek gedaan naar alternatieve vlokmiddelen. Organische polymeren kunnen worden gebruikt om de effectiviteit van vlokmiddelen significant te verbeteren. De laatste tijd gaat veel aandacht uit naar biopolymeren, omdat die bovendien de milieu-impact aanzienlijk zouden kunnen verkleinen. Hoewel er nog meer onderzoek nodig is, zijn er wel al biopolymeren op de markt. Gebruik van biopolymeren zou een grote vooruitgang kunnen zijn.

Consequenties voor u

	Laag	Middel	Hoog	Beknopte uitleg
Impact				Lagere milieu-impact, betere efficiëntie
Zekerheid				Commercieel verkrijgbaar



Beeld: Verschillende typen vlokmiddelen



Trendbeschrijving en achtergrond

Vlokmiddelen in de drinkwaterproductie

Coagulatie/flocculatie is een proces dat in waterzuivering, zowel drinkwater als afvalwater, veelvuldig wordt toegepast om deeltjes en bijvoorbeeld NOM te verwijderen. Hiervoor wordt al geruime tijd vooral ijzerchloride of polyaluminiumchloride gebruikt. Op deze manier ontstaat slib dat rijk is aan metalen.

Het coagulatie/flocculatie-proces bestaat uit twee stappen: een coagulant destabiliseert deeltjes door hun oppervlaktelading te neutraliseren, een flocculant zorgt vervolgens voor de vorming van grote vlokken (Matilainen et al. 2010, Wang et al. 2017, Sillanpää et al. 2018, Wei et al. 2018). Naast de snelheid waarmee deze vlokken ontstaan zijn ook hun grootte, dichtheid en stabiliteit van belang voor zowel de procesvoering als de verwerking van het slib. Veel onderzoek is recentelijk gericht op verbetering van de effectiviteit en de milieu-impact van dit proces.

Vlokmiddelen kunnen worden ingedeeld in drie typen:

1 **Anorganische vlokmiddelen**, meestal ijzer- of aluminiumverbindingen. Deze middelen zijn goedkoop, maar er is een relatief hoge dosis nodig met een duidelijk maximum. Ze zijn gevoelig voor pH-veranderingen, en kunnen

metaalionen in het water achterlaten (Matilainen et al. 2010, Okaiyeto et al. 2016, Sillanpää et al. 2018, Wei et al. 2018). De effectiviteit kan worden verhoogd door additieven toe te voegen aan het vlokmiddel (Zhou et al. 2015). Soms worden ook anorganische “skeletvormers” (vliegias, kool, kalk, ligniet, gips, rode klei en dergelijke) toegevoegd, omdat dit leidt tot een stevige poreuze structuur en betere ontwaterbaarheid van het slib. Kemira heeft een nieuw polyaluminium vlokmiddel op de markt gebracht, PAX, dat, afhankelijk van het type water, veel efficiënter zou moeten zijn dan de huidige gangbare middelen, waarvan ongeveer twee keer zoveel materiaal nodig is.

2 **Synthetische Organische polymeren**. Deze materialen (bijvoorbeeld polydimethyldiallylammoniumchloride, Wang et al. 2017) worden meestal in combinatie met een coagulant toegevoegd, om de flocculatie te verbeteren, en de benodigde hoeveelheden metaalzouten sterk te verminderen. Door hun ketenstructuur en hoge molmassa kunnen ze “bridging flocculation” veroorzaken, wat leidt tot grotere vlokken, en daardoor tot een effectiever proces, en een beter ontwaterbaar slib met een kleiner volume. Er zijn kationische (Sun et al. 2016), anionische, non-ionische en amfotere (met zowel positief

als negatief geladen groepen) polymeren op de markt (Matilainen et al. 2010, Sillanpää et al. 2018, Wei et al. 2018). De werking kan echter sterk afhangen van het type water (Manda et al. 2016). Brenntag ziet veel in de toepassing van nonionische, kationische of anionische polyacrylamides (PAM). Het monomeer gehalte in het polymeer is erg laag, waardoor het materiaal is toegestaan in drinkwaterproductie. Het materiaal kan zowel als coagulant of als flocculant in combinatie met een metaalzout als coagulant worden ingezet.

3 **Biopolymeren**. Voor deze materialen gelden dezelfde voordelen als voor de synthetische polymeren, maar daarbij worden ze beschouwd als milieuvriendelijk, biodegradeerbaar en non-toxisch. In de literatuur bestaat op het moment veel belangstelling voor dergelijke polymeren (Zeng et al. 2008, Gald et al. 2011, Afolabi et al. 2013, Okaiyeto et al. 2016, Shevah 2016, Madrona et al. 2017, Nazarzadeh et al. 2017, Nailea et al. 2018, Sillanpää et al. 2018, Wei et al. 2018, Wei et al. 2018, Xia et al. 2018, Xia et al. 2018). Voorbeelden van geschikte biopolymeren zijn zetmeel, cellulose, chitosan, tannine, natriumalginaat, gelatine, exopolysaccharides en “bioflocculanten” (polymeren gevormd door micro-organismen). Nadelen zijn vaak wel dat er



meer biopolymeer moet worden toegevoegd dan bijvoorbeeld polyacrylamide (Gald et al. 2011), en dat het op dit moment vaak nog lastig is het materiaal op grote schaal economisch rendabel te produceren. Vaak kan het biopolymeer ook niet als zodanig worden toegepast, en zijn eerst chemische modificaties nodig om functionele groepen aan te brengen. De firma Melspring beschikt wel over kationisch en anionisch zetmeel en tannine, dat goede resultaten schijnt te geven.

Veel onderzoek bevindt zich nog in de lab-fase, maar er zijn ook al producten ontwikkeld die op grotere schaal kunnen worden toegepast. Veel ontwikkelingen kunnen worden getest in afvalwaterzuivering, omdat hiervoor iets minder stringente eisen gelden, maar er komen ook steeds meer producten beschikbaar voor drinkwater. Hiermee is dit onderwerp zowel voor drinkwaterbedrijven als waterschappen interessant.

Relevantie

Effectiever en milieuvriendelijker proces

Het gevormde drinkwaterslib moet regelmatig uit de bezinkbekkens worden verwijderd. Aangezien het materiaal goede adsorptie-eigenschappen heeft wordt het vaak gebruikt in vergisters. Soms moet het hiervoor eerst ontwaterd worden. Voor drinkwaterbedrijven is het gunstig als het slibvolume klein is, en het slib een hoog vaste stofgehalte bevat. De ontwaterbaarheid wordt voor een belangrijk deel bepaald door het vlokmiddel dat wordt gebruikt. Daarom wordt in de recente literatuur (vanaf ongeveer 2010) veel onderzoek gedaan naar verbeterde of alternatieve vlokmiddelen. Ook milieu-overwegingen spelen hierbij een grote rol. De gebruikte metaalzouten leveren een relatief grote bijdrage aan de totale milieu-impact van het drinkwaterproductieproces, en vermindering van de benodigde hoeveelheden is in dat opzicht gunstig. Bovendien zijn veel polymeren vlokmiddelen biodegradeerbaar, zeker als het biopolymereen betreft. Daarnaast blijkt het volume slib significant kleiner te kunnen zijn indien een combinatie van een anorganisch en een polymeer vlokmiddel wordt toegepast. Biopolymeren zijn vanuit milieu-oogpunt zeker interessant, maar vaak nog niet op grote schaal verkrijgbaar. Er zijn enkele uitzonderingen, waarvan de leverancier aangeeft dat ze op grote schaal toepasbaar zijn in drinkwaterproductie (bv.

gebaseerd op zetmeel). Toepassing van polymeren, synthetische of biopolymeren, in combinatie met metaalzouten kan leiden tot een kleinere hoeveelheid beter ontwaterbaar slib, en een significant minder gebruik van metaalzouten. Vragen die hierbij wel beantwoord moeten worden zijn hoeveel milieu-winst er geboekt kan worden, of het economisch haalbaar is, en wat de werking en eventuele toepassingsmogelijkheden van het gevormde slib zijn.

Keywords

coagulatie, flocculatie, vlokmiddelen, NOM-verwijdering, deeltjesverwijdering



Meer informatie

Afolabi, A. S., R. Sigwadi, A. S. Abdulkareem and C. M. Mateescu (2013). Evaluation of natural flocculants for conventional water treatment. *Applied Mechanics and Materials*. 248: 298-303.

Gald, K., P. Sauvignat and V. Eau (2011). "The flocculants of natural origin: The real alternative." *Eau, l'INDUSTRIE, les Nuisances*(345): 83-88.

Madrona, G. S., M. R. S. Scapim, L. A. C. Tonon, M. H. M. Reis, C. M. Paraiso and R. Bergamasco (2017). "Use of *Moringa oleifera* in a combined coagulation-filtration process for water treatment." *Chemical Engineering Transactions* 57: 1195-1200.

Manda, I. K. M., R. C. G. Chidya, J. D. K. Saka and T. T. Biswick (2016). "Comparative assessment of water treatment using polymeric and inorganic coagulants." *Physics and Chemistry of the Earth* 93: 119-129.

Matilainen, A., M. Vepsäläinen and M. Sillanpää (2010). "Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment: A review." *Advances in Colloid and Interface Science* 159(2): 189-197.

Nailea, I., J. Jhoan and E. Jesús (2018). "Comparison of the efficiency of biopolymer derived from *melocactus* sp and aluminum polichloride (pac) in

the process of crude water flocculation." *Chemical Engineering Transactions* 64: 157-162.

Nazarzadeh, M., N. Nikfarjam and N. T. Qazvini (2017). "Flocculation properties of a natural polyampholyte: The optimum condition toward clay suspensions." *Environmental Engineering Research* 22(3): 255-265.

Okaiyeto, K., U. U. Nwodo, S. A. Okoli, L. V. Mabinya and A. I. Okoh (2016). "Implications for public health demands alternatives to inorganic and synthetic flocculants: Bioflocculants as important candidates." *MicrobiologyOpen* 5(2): 177-211.

Shevah, Y. (2016). Substitution of chloride chemicals with degradable bioflocculants for sedimentation of suspended particles in water. *Chemistry Beyond Chlorine*: 269-291.

Sillanpää, M., M. C. Ncibi, A. Matilainen and M. Vepsäläinen (2018). "Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review." *Chemosphere* 190: 54-71.

Sun, Y., C. Zhu, Y. Xu, H. Zheng, X. Xiao, G. Zhu and M. Ren (2016). "Comparison of initiation methods in the structure of CPAM and sludge flocs properties." *Journal of Applied Polymer Science* 133(40).

Wang, B., Y. Shui, M. He and P. Liu (2017). "Comparison of flocs characteristics using before and after composite coagulants under different

coagulation mechanisms." *Biochemical Engineering Journal* 121: 107-117.

Wei, H., B. Gao, J. Ren, A. Li and H. Yang (2018). "Coagulation/flocculation in dewatering of sludge: A review." *Water Research* 143: 608-631.

Wei, H., J. Ren, A. Li and H. Yang (2018). "Sludge dewaterability of a starch-based flocculant and its combined usage with ferric chloride." *Chemical Engineering Journal* 349: 737-747.

Xia, X., S. Lan, X. Li, Y. Xie, Y. Liang, P. Yan, Z. Chen and Y. Xing (2018). "Characterization and coagulation-flocculation performance of a composite flocculant in high-turbidity drinking water treatment." *Chemosphere* 206: 701-708.

Xia, X., Y. Liang, S. Lan, X. Li, Y. Xie and W. Yuan (2018). "Production and flocculating properties of a compound biopolymer flocculant from corn ethanol wastewater." *Bioresource Technology* 247: 924-929.

Zeng, D., J. Wu and J. F. Kennedy (2008). "Application of a chitosan flocculant to water treatment." *Carbohydrate Polymers* 71(1): 135-139.

Zhou, F. S., J. Li, L. Zhou and Y. Liu (2015). "Preparation and mechanism of a new enhanced flocculant based on bentonite for drinking water." *Advances in Materials Science and Engineering* 2015.