

Optimering van koagulasie en flokkulasie in die herwinning van koelwater uit oliesintese-afvalwater

J van Leeuwen* en P Wille

Departement Chemiese Ingenieurswese, Universiteit van Pretoria, Pretoria 0002, Suid-Afrika.

Abstract

The activated sludge process, which is used in the purification of an oil synthesis effluent, produces an effluent which is high in turbidity. The water also contains a lot of dispersed bacterial growth which is not removed during sedimentation. Flocculation is essential to remove these materials. The average diameter of the colloids was found to be $0,92 \mu\text{m}$. The zeta potential of the colloids was determined in an attempt to correlate it to the amount of flocculant required. The value was relatively constant at $-13,88 \text{ mV}$, which indicates that a cationic coagulant was required. The required dosage to achieve clarification by means of sedimentation only was very high. Both the recirculation of flocs and the addition of bentonite reduced the required dosage drastically. The usage of flocculant aids led to small reductions in flocculant dose and cost. Ferric chloride as primary coagulant, followed by the addition of polyelectrolyte, led to large savings in certain cases. Large reductions in flocculant dosage were obtained by the additional use of sand filtration for the removal of smaller flocs.

Inleiding

In Suid-Afrika is die skaarsheid van hoë kwaliteit water 'n groot probleem. Die hoofbron van water in die PWV-gebied is die Vaalrivier. Die Vaalrivier en sy sytakke dra 'n groot las, beide in watervoorsiening en besoedelstowwe wat in die rivier gestort word (Van Duuren *et al.*, 1980). Sasol II, die oliesintese-aanleg, waarop hierdie ondersoek betrekking het, is op die waterskeiding geleë, tussen water wat weswaarts na die Atlantiese Oseaan vloei en dié wat ooswaarts na die Indiese Oseaan vloei. As gevolg hiervan is daar slegs bolope van groter riviere, maar geen groot rivier self in die omgewing nie. Om dié rede is water skaars en kan die aanleg ook nie sy uitvloeisel in die riviere in die omgewing stort nie. Dit is dus nodig om die uitvloeisel ter plaatse te suiwer en dan weer te hersirkuleer volgens 'n nuluitvloeiselkonsep.

Die eerste stap in die behandeling van die afvalwater behels 'n geaktiveerdeslykproses. Die uitvloeisel vloei dan na 'n besinktenk vir slykverwydering en hersirkulasie. Die bowater van die besinktenk is eger ryk aan gesuspendeerde en kolloïdale vastestowwe. Dit is nodig om dié deeltjies te verwyder. Vir die doel word daar gebruik gemaak van flokkulasie, besinking en sandfiltrasie. Weens die verskeidenheid stowwe wat in die water is, is dit moeilik om effektiewe koagulasie en flokkulasie te bewerkstellig. Verder is koagulasie en flokkulasie met metaalsoute ongewens. Die rede hiervoor is dat die soutinhoud van die water, en veral die anioonkonsentrasie afkomstig van die anorganiese koagulante, sal toeneem met siklusse van hergebruik. Dit sal lei tot 'n verhoging in die las op die daaropvolgende anioonuitruiler.

Die ondersoek is in drie stappe uitgevoer:

- karakterisering van die kolloïde;
- laboratoriumtoetse; en
- proefaanlegtoetse.

Tydens die karakterisering van die kolloïde is daar veral aandag gegee aan twee aspekte, naamlik die partikellading en die grootte van die kolloïde.

Die effektiwiteit van beide organiese en anorganiese flokkulante, sowel as die effek van flokkulasiehulpmiddels is van kardinale belang vir die ekonomiese uitvoerbaarheid van flokkulasie. Die

gebruik van organiese poliëlektroliete, as primêre koagulant en as flokkulasiehulpmiddels wat nie sal aanleiding gee tot 'n toename in die anioonkonsentrasie nie, is ondersoek. Die gebruik van ander flokkulasiehulpmiddels wat nie tot die soutvrag bydra nie, soos bentoniet, kaolien en osoon is ondersoek. Die wenslikheid van sandfiltrasie om die vlokke wat nie besink nie te verwyder, is geëvalueer.

Die bevindinge van die laboratoriumstudie is op proefaanleg skaal toegepas.

Eksperimenteel

Die volgende eksperimentele metodes is gebruik:

Grootteverspreiding

Die grootte van die kolloïde speel 'n belangrike rol by die karakterisering van kolloïde en daar is van 'n Coulter-teller gebruik gemaak om 'n normaalverspreiding van die groottes van die kolloïde in die water grafies voor te stel.

In die groottegebied waarin daar gewerk is, was dit nodig om die water te filtreer om groter deeltjies te verwyder, om verstopping van die meetbuis van die Coulter-teller te voorkom. Vir die doel is 'n $8 \mu\text{m}$ membraanfilter gebruik. Die massa van die filter voor filtrasie en na filtrasie en droging is bepaal om vas te stel hoeveel kolloïde in die groottegebied verwyder is.

Vanaf die grafiek wat gelewer word, kan heelwat inligting verkry word. Op die x-as word die diameter van die kolloïde in μm aangedui. Verder kan daar 'n minimum en maksimum grens vir diameter vasgestel word, indien dit nodig is om die aantal kolloïde in 'n sekere groottegebied te bepaal. Die twee grense, met die aantal deeltjies by elkeen teenwoordig, sowel as die aantal deeltjies tussen die twee grense word saam met die grafiek aangedui. Die data op die y-as sluit in die aantal deeltjies van 'n sekere grootte en die tyd wat dit geneem het om die lesing te neem. Die groottegebied waarvoor die lesings geneem word, word in 256 gelyke dele ingedeel en die aantal deeltjies in elkeen van die dele word dan in 'n afsonderlike kanaal gestoor. Die data in elke kanaal word nou uitgedruk saam met die grafiek. Die data sluit die kanaalnommer, die gemiddelde diameter van die deeltjies en die aantal deeltjies wat getel is in. Enige verdere berekeninge wat verlang word, kan nou met die data uitgevoer word.

Aangesien die konsentrasie van gesuspendeerde deeltjies in 'n

*To whom all correspondence should be addressed.

Received 29 March 1990; accepted in revised form 23 July 1990

oplossing gewoonlik baie hoog is, is dit volgens Gregory (1983) nodig om die oplossings baie te verdun om dit in 'n meetbare konsentrasiegebied te kry. Die spesifieke uitvloeisel was so ryk aan kolloïde dat dit 'n duisend maal verdun moes word.

Zeta-potensiaal

Die tweede aspek van belang vir die karakterisering van die kolloïde is die oppervlaklading. Dit word gekwantifiseer deur die meting van die zeta-potensiaal. Die zeta-potensiaal word bepaal deur die snelheid van mikroskopiese deeltjies onder invloed van 'n elektriese veld te meet.

Vir die neem van 'n lesing word die oplossing wat bestudeer word, met 'n bekende hoeveelheid elektroliet gemeng. Die sel word nou met die mengsel van vloeistof en elektroliet gevul. Die stroom en spanning word ingestel en vir die duur van die lesing konstant gehou. Die kolloïde in die oplossing beweeg nou as gevolg van die spanning en omdat deeltjies met teenoorgestelde ladings mekaar aantrek. Die tyd wat dit die deeltjies neem om 'n bekende afstand te beweeg, word gemeet. Die snelheid van die deeltjies is direk eweredig aan die ladings op die oppervlak van die deeltjie en die tydsduur word gebruik om die zeta-potensiaal te bereken.

Roertoetse

Roertoetsing is die tradisionele manier waarmee koagulant en flokkulant in 'n laboratorium geëvalueer word. Die toets bestaan volgens Benedek en Bancsi (1976) uit die toevoeging van verskillende koagulantdosisse in flesse. Hierop volg drie stappe, nl.:

- kitsmenging wat hoofsaaklik gebruik word om die koagulant eweredig deur die water te versprei;
- stadige menging vir flokkulasie om plaas te vind; en
- besinking van die gevormde vlokke.

Na 'n besinktyd van ongeveer 30 min word 'n monster van die bowater geneem vir analise om die effektiwiteit van die koagulant te bepaal. Deur die analyses van die verskillende flesse te vergelyk kan 'n optimum koagulantdosie bepaal word.

Die volgende tydsverdeling vir die drie stappe in die roertoets word deur Ellis *et al.* (1982) as die beste vir troebelheidsverwydering beskou:

- 2 min kitsmenging
- 10 min stadige menging
- 30 min besinktyd.

Soos met enige toets het die roertoets ook nadele en Te Kippe en Ham (1970) se hoofkritiek teen die roertoets is die feit dat menging op so 'n klein skaal nie 'n akkurate hidrouliese model is van wat in 'n groot prototipe plaasvind nie.

Troebelheidsmeting

Die volgende stuk apparaat wat gebruik is, is 'n troebelheidsmeter. Die troebelheidsmeter wat gebruik is, is 'n "Hach Model 2100 A Turbidimeter".

Flokkulante

Die flokkulante van sewe verskillende vervaardigers is getoets vir hul effektiwiteit in kolloïedverwydering uit die uitvloeisel. Die volgende sewe maatskappye se produkte is geëvalueer:

- Allied Colloids
- Anikem
- Cyanamid
- Floccotan
- NCP (Ultrafloc)
- Protea Water Management
- Zetachem

Verder is kleie as hulpmiddels ondersoek, asook anorganiese koagulant soos ferrichloried, polialuminiumchloried en aluminiumsulfaat.

Elektrochemiese flokkulasie

Ferro-ione is tot die water toegevoeg deur yster elektrolieties in die water op te los (Johannes, 1989).

Sandfiltrasie

As gevolg van die geringe besparings wat chemies bewerkstellig kon word, is daar besluit om na fisiese skeidingsmetodes in die vorm van sandfilters te kyk. Die verwydering van swak besinkbare vlokke m.b.v. filtrasie is getoets deur geflokkuleerde monsters deur klein sandfilterkolomme te stuur. Die kolomme was 30 mm in deursnee, 100 mm diep en is gevul met sand van 'n effektiewe grootte van 0,5 mm.

Loodsskaalse toetse

'n Skaalmodel van die aanleg is ter plaatse opgerig en gebruik om die proefaanlegtoetse uit te voer. Die voertempo tot die proefaanleg is op 600 l/h ingestel. 'n Peristaltiese pomp is gebruik om die flokkulant na die kitsmengingstap te voer. Vanaf die kitsmengtenk is die water na 'n kombinasietenk vir stadige menging en besinking. Die helder bowater het na drie sandfilters in serie gevloei. Monsters van die gefiltreerde water is geneem om die effektiwiteit van flokkulasie te bepaal.

Resultate en besprekings

Alhoewel die basiese tegniek van roertoetsing deurgaans konstant gebly het, was klein veranderinge nodig met die doel om verskillende moontlikhede toe toets. In die verslag word daar eerstens aandag gegee aan die resultate wat verkry is tydens die karakterisering van die kolloïde, met klem op die grootteverspreiding en zeta-potensiaal van die deeltjies.

Grootteverspreiding

Die gesuspendeerde deeltjies is vir die doel van evaluering in drie groottegebiede verdeel, nl. > 1 mm; 8 μ m tot 1 mm; en < 8 μ m.

Deeltjies groter as 1 mm

Tydens filtrasie met 'n 8 μ m filter is daar waargeneem dat 'n fraksie van die gesuspendeerde stowwe voorwerpe soos blare, stokkies en gronddeeltjies was wat tydens monsterneming in die water beland het. Wanneer sulke stowwe teenwoordig was, was die massa van die residu na droging tot 10 mg/l hoër as wanneer hulle nie teenwoordig was nie. Vir die doel van die berekening van die aantal deeltjies in die groottegebied is aanvaar dat die digtheid van die deeltjies 1 200 kg/m³ is. Verder is daar met die doel om konserwatief te wees, aanvaar dat die diameter van die deeltjies 1 mm is.

As daar nou aanvaar word dat daar gemiddeld 5 mg/l van die fraksie was, was daar c. 8 deeltjies/l teenwoordig.

Deeltjies tussen 8 µm en 1 mm

Na inagneming van die massa van die deeltjies wat groter as 1 mm is, was die massa van die gesuspendeerde vastestowwe tussen 8 µm en 1 mm ongeveer 3 mg/l. Met die digtheid dieselfde as bo en 'n diameter van 8 µm was die aantal deeltjies hoogstens c. $9,3 \times 10^6/l$.

Deeltjies kleiner as 8 µm

Die partikeldiameters wat met die Coulter-teller bepaal is, het gewissel tussen 0,7106 en 1,0100 µm. Die mediaan diameter wat bereken is, was 0,92 µm. Die gemiddelde aantal deeltjies wat kleiner is as 8 µm, was 86 092 per 0,05 ml rouwater wat 1 000 maal verdun is, oftewel $1,7 \times 10^{12}/l$. Die aanname dat die aantal deeltjies wat deur filtrasie verwyder word relatief klein is in vergelyking met al die kolloïde in die water, is duidelik geldig.

Die waarde van 0,92 µm is in die tipiese groottegebied wat deur die literatuur aangegee word as die grootte van kolloïde. Weens die konstante grootte van die kolloïde in die water, is die wisseling van kolloïedgrootte dus nie 'n belangrike faktor in die bepaling van die flokkulantdosies nie.

Zeta-potensiaal

Die zeta-potensiale wat gemeet is, was redelik konstant en dit is dus nie hier so 'n goeie beheerparameter vir outomatiese bepaling van die flokkulantdosies soos in ander gevalle in die literatuur gerapporteer is nie. Soos met meeste kolloïdale materiaal wat in water aangetref word, is die zeta-potensiaal van die deeltjies in die water wat behandel word negatief. Deeltjies met 'n negatiewe zeta-potensiaal benodig meestal 'n kationiese koagulant. Dit was ook

hier die geval. Die gemiddelde zeta-potensiaal in dié geval is -13,88 mV, wat groter is as die ± 10 mV waar geen flokkulant benodig word volgens Schwoyer (1981) nie. Koagulante is dus by hierdie lading beslis nodig.

Roertoetse

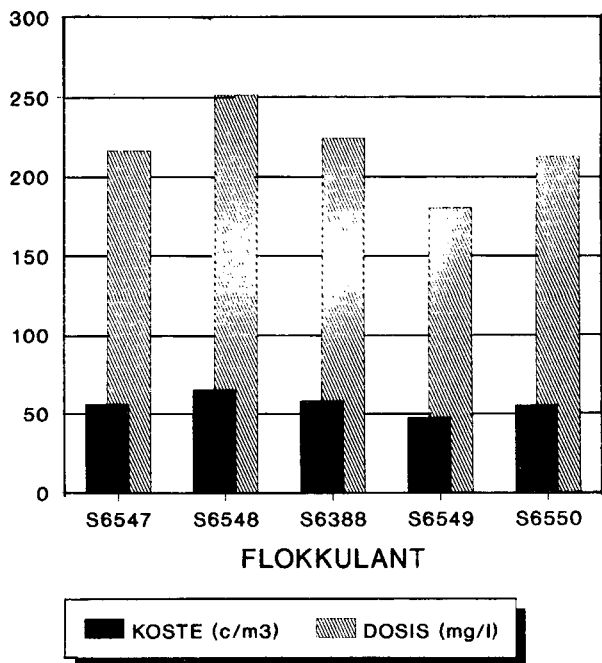
Die flokkulasietoetse is uitgevoer tot 'n troebelheid van 4 NTU bereik is. Alhoewel die waarde hoog klink as daar aan drinkwater-suiwering gedink word, is die samestelling van die uitvloeiessel so kompleks dat dit moeilik is om laer troebelhede te verkry. Die flokkulantkosies wat nodig was om die troebelheid te verlaag tot by 4 NTU word in elke geval grafies uitgebeeld.

Roertoetse met besinking

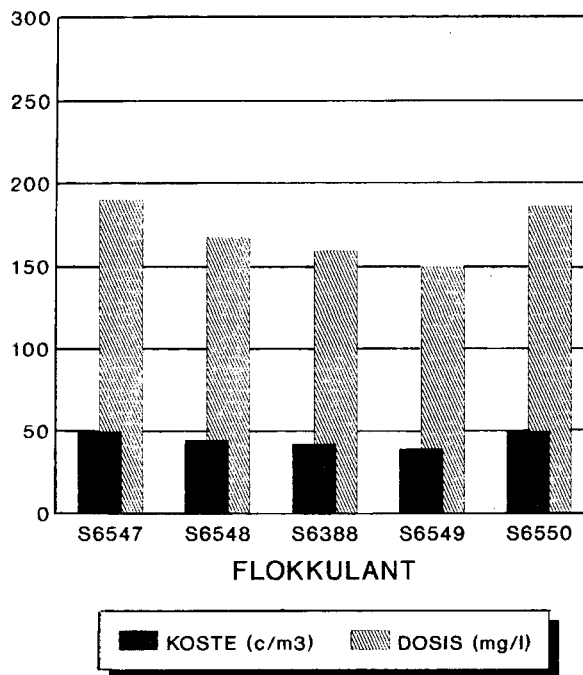
Die eerste aspek waarna gekyk is, is die flokkulantdosies wat benodig word om vlokke te vorm wat groot en swaar genoeg is om te besink. Die flokkulantkosies per kubieke meter van die mees suksesvolle flokkulasie word in Fig. 1 aangetoon. Die hoë dosisse benodig om flokkulasie so ver te voer dat die vlokke swaar genoeg is om vanself te besink, het die vermoede dat die komplekse samestelling van die water flokkulasie sal bemoeilik, bevestig. Dit is duidelik nie prakties uitvoerbaar om flokkulasie teen sulke hoë kosies toe te pas nie. Daar is egter alreeds in dié stadium waargeneem dat die groot probleem geleë is in die besinking van die vlokke en nie in die vorming van vlokke nie. By baie laer dosisse is daar reeds sigbare vlokke gevorm, maar die vlokke wou nie besink nie.

Lae snelheidsgradiënte

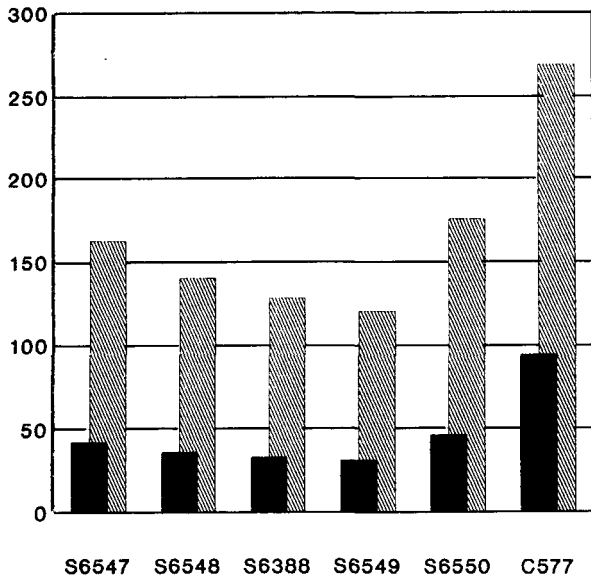
Daar is gekyk of beter flokkulasie verkry kon word deur 'n



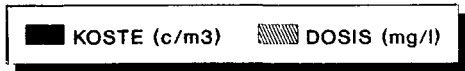
Figuur 1
Dosis en koste met besinking



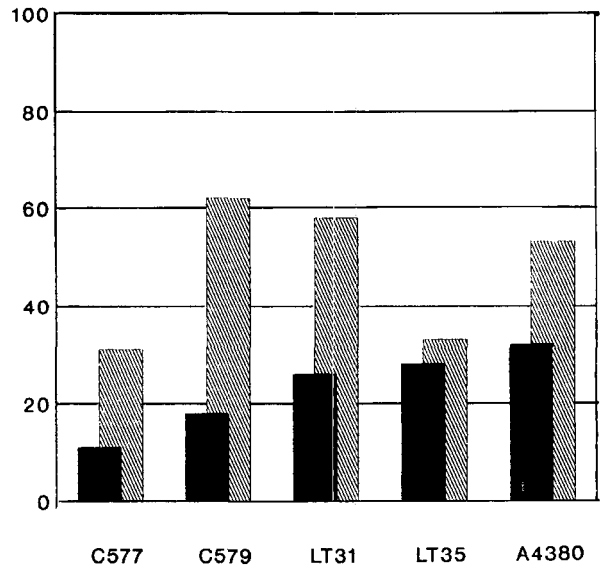
Figuur 2
Dosis en koste met stadige menging



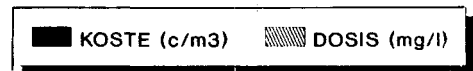
FLOKKULANT



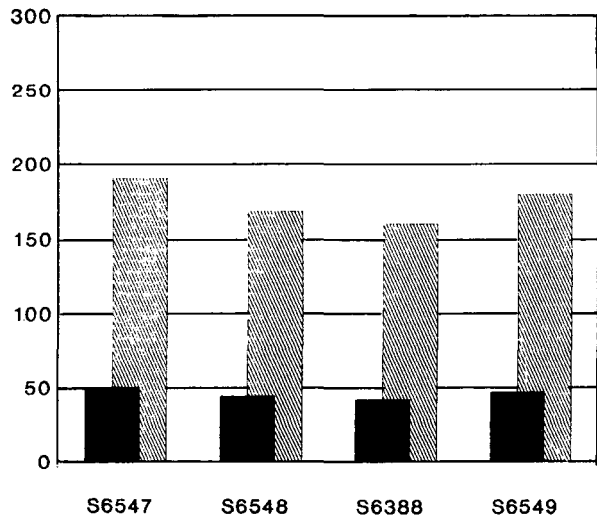
Figuur 3
Dosis en koste met vlokbersirkulasie



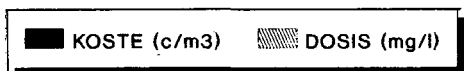
FLOKKULANT



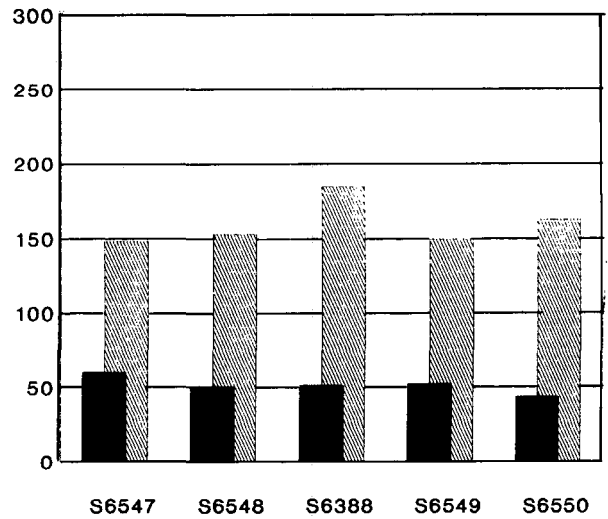
Figuur 5
Dosis en koste met bentoniet



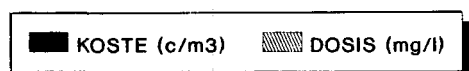
FLOKKULANT



Figuur 4
Dosis en koste met nie-ioniese flokkulasiehelpmiddel



FLOKKULANT



Figuur 6
Dosis en koste met PAC as flokkulasiehelpmiddel

geleidelike afname in roerspoed. Die verwagting was dat die geleidelike verlagings in afskuifrigte sou lei tot laer flokkulant-dosisse om dieselfde mate van suiwerings te kry. Die flokkulant-kostes word in Fig. 2 aangedui. Die vermoede dat die vlokke self nie sterk is nie en dat onnodige hoë snelheidsgradiënte vermy moet word, is hierdeur bevestig.

Hersirkulasie van vlokke

Die volgende aspek wat aandag ontvang het, is die effek van die hersirkulasie van vlokke op die watergehalte. In die praktyk word die vlokke in die slyk hersirkuleer en die resultate mag 'n beter aanduiding gee van die werklike dosis wat benodig word. Fig. 3 dui die flokkulant-kostes aan in die geval. Tydens slyk-hersirkulasie word die vlokke hersirkuleer en dien hulle as kerne vir verdere flokkulasie. Dit het 'n redelike groot besparing tot gevolg gehad; slegs ongeveer 38% van die koste wat oorspronklik benodig was.

Nie-ioniese flokkulante as flokkulasiehulpmiddel

Vervolgens is gekyk na die effek van die byvoeging van 'n nie-ioniese flokkulant met die doel om die vlok swaarder te maak en om sodoende beter besinking te kry. Fig. 4 dui hierdie flokkulant-kostes aan. Alhoewel die gebruik van nie-ioniese flokkulant as flokkulasiehulpmiddel in die geval die besinking van die vlokke drasties verbeter het, het dit 'n baie geringe effek op die flokkulant-dosis gehad en besparing was maar in die orde van R0,05/m³.

Kleie as flokkulasiehulpmiddels

Twee tipes klei is geëvalueer, nl. kaolien en bentoniet. Die verwagting was dat die verhoogde troebelheid wat deur die klei veroorsaak word, tot beter flokkulasie sou lei. Verder veroorsaak

Die klei swaarder vlokke wat beter besink. Die effek van die dosering van bentoniet word in Fig. 5 getoon. Veral C577 se dosis word verlaag deur die byvoeging van 10 mg/l betoniet. Die benodigde dosis word dan 31 mg/l teen 'n koste van R0,11/m³. Dit lei tot 'n kostebesparing van ongeveer 80% in vergelyking met die koste van flokkulasie en besinking soos aanvanklik bestudeer.

Polialuminiumchloried as flokkulasiehulpmiddel

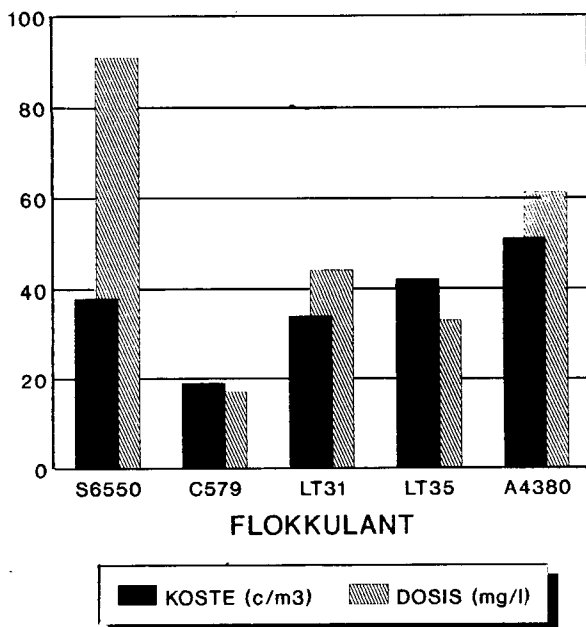
Polialuminiumchloried (PAC) is bestudeer, aangesien dit minder anione in die water sou nalaat as konvensionele anorganiese soute. Die toepaslike kostes word in Fig. 6 uitgebeeld. PAC het egter nie tot 'n verlagings in koste gelei nie.

Anorganiese soute

Tydens die toetsing van anorganiese koagulant is poliëlektrolitiese flokkulante gebruik as flokkulasiehulpmiddels.

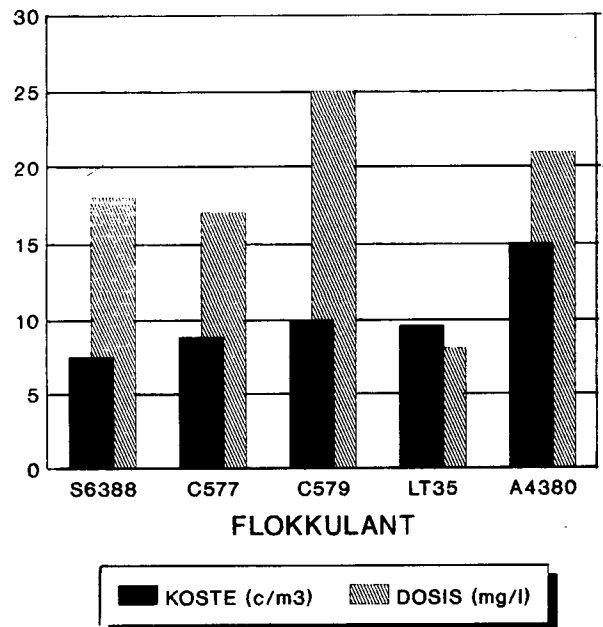
Die eerste anorganiese koagulant wat bestudeer is, as beide 'n primêre koagulant en as 'n flokkulasiehulpmiddel, is aluminiumsulfaat. Aangesien die aluminiumsulfaat onsuksesvol was as koagulant en flokkulasiehulpmiddel, is die werking van ystersoute bestudeer. Die resultate word grafies voorgestel in Fig. 7 en 8. Die besparing in gevalle waar die kombinasie van flokkulante gewerk het, was drasties. Afsonderlike dosering van ferri-chloried en poliëlektroliet het beter flokkulasie tot gevolg gehad as gelyktydige dosering. So byvoorbeeld is die dosis van C577 deur die byvoeging van 10 mg/l yster as Fe³⁺ na 17 mg/l verlaag. Die gesamentlike koste van die twee flokkulante is dan R0,99/m³. Dit is 'n kostebesparing van 84%.

Kalk was 'n derde anorganiese koagulant wat getoets is, maar dit was onsuksesvol.



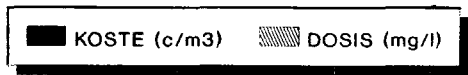
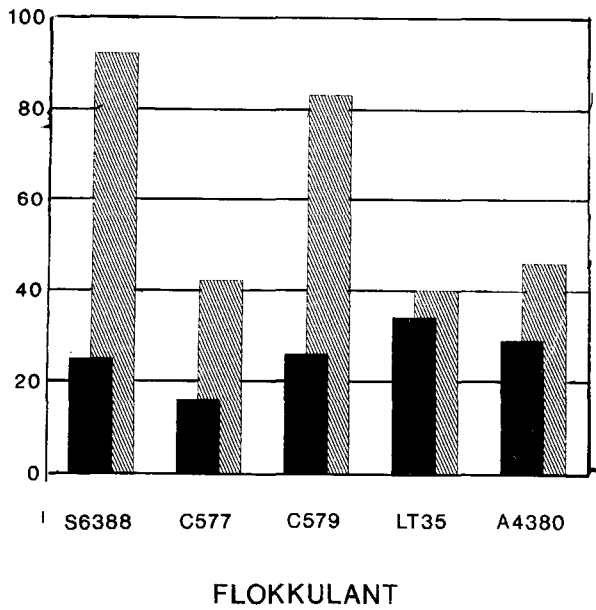
Figuur 7

Dosis en koste met 50 mg/l yster en polimeer gelyk

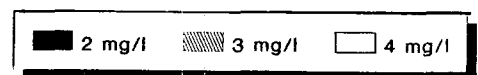
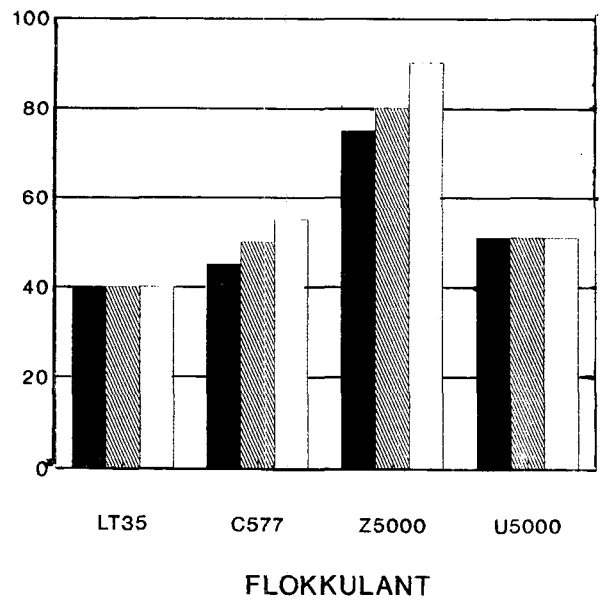


Figuur 8

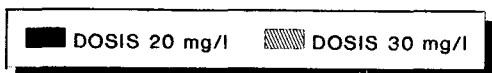
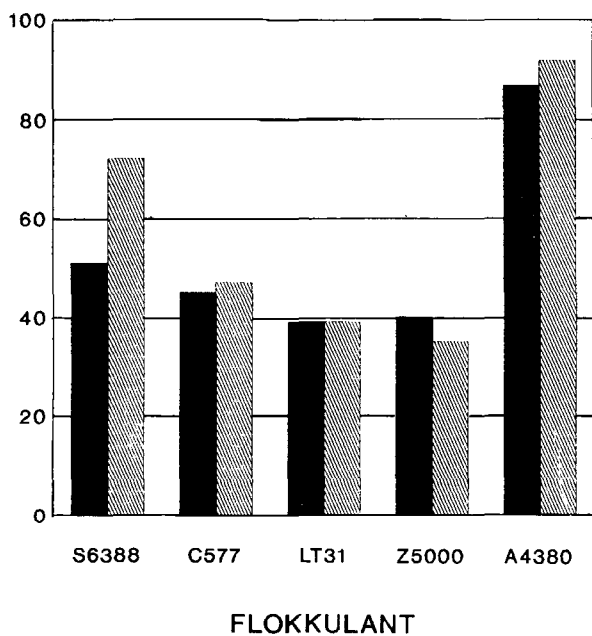
Dosis en koste met 10 mg/l yster voor polimeer



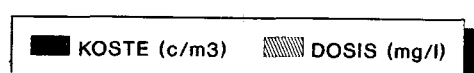
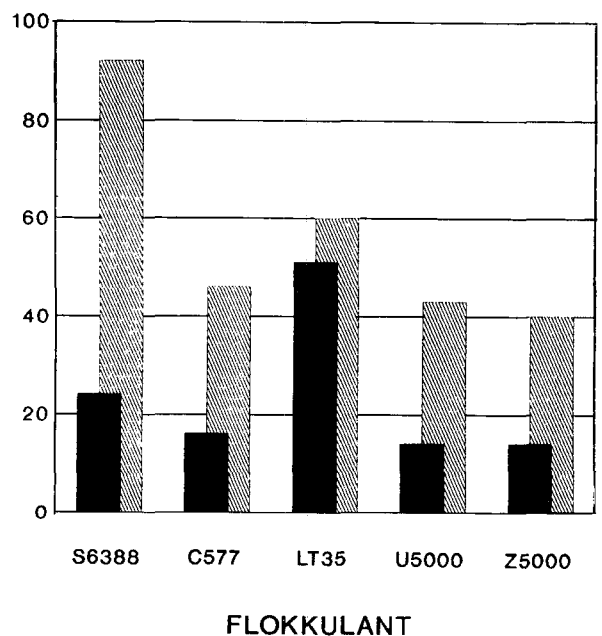
Figuur 9
Dosis en koste met anioniese flokkulasiehulpmiddel



Figuur 11
Dosis met mikroflokkulasie: 2, 3 en 4 mg/l voorafdosering



Figuur 10
Dosis met 20 en 30 mg/l osoon



Figuur 12
Dosis en koste met sandfiltrasie

Elektrolitiese toevoeging van yster

As 'n elektriese spanning oor ysterplate in die water geplaas word, stel dit ysterione vry wat as koagulant kan dien. Die koagulant-dosis is direk eweredig aan die tydsduur van die stroom wat oor die plate geplaas word. 'n Stroom word dus gekies en die tydsduur wat benodig word om 'n sekere dosis tot gevolg te hê word dan bereken. Dosisse van tot 50 mg Fe²⁺/ℓ het feitlik geen verbetering in watergehalte tot gevolg gehad nie. Die resultate word dus nie verder bespreek nie.

Kombinasies van flokkulante

Vervolgens is gekyk na die effek van die gelyktydige dosering van verskillende flokkulante met die doel om beter flokkulasie te verkry. Die gelyktydige dosering van flokkulante was uiters onsuksesvol.

Anioniese flokkulante as flokkulasiehulpmiddels

Die doel van die dosering van anioniese poliëlektroliete is dieselfde as genoem by die dosering van nie-ioniese poliëlektroliete. Die anioniese flokkulant wat gebruik is, is LT 27. Die resultate word grafies in Fig. 9 voorgestel. Weens die hoë koste van die anioniese flokkulant is geen kostebesparing verkry nie.

Voor-osonering

Dit is 'n bekende feit dat die gebruik van osoon dikwels die benodigde flokkulantdosering verlaag en daar is besluit om aandag aan die aspek te gee. Die dosis van die mees suksesvolle flokkulante by drie verskillende osoondosisse is geëvalueer en die resultate word in Fig. 10 weerspieël. Osonering is egter duur en die adisonale koste vir die opwekking sal hoër wees as die besparing in flokkulantkoste. Waar besparing bewerkstellig is, is dit tipies in die orde van 5 mg flokkulant per liter.

Mikroflokkulasie

Die toepassing van mikroflokkulasie is ook geëvalueer. Mikroflokkulasie is die voorafdosering van 'n baie lae dosis flokkulant, om baie klein vlokke te vorm. Die water word vervolgens gefiltreer om die klein vlokke wat vorm te verwyder. Daarna word die gefiltreerde water soos gewoonlik geflokkuleer en weer gefiltreer. Die vier flokkulante wat die meeste sukses behaal het, is hiervoor getoets. Die resultate word in Fig. 11 aangedui. Met die byvoeging van 1 mg/ℓ C577 is die zeta-potensiaal verlaag van 'n gemiddeld van -13,59 mV na -5,7 mV.

Dit is dus duidelik dat slegs 'n klein flokkulantdosering nodig is om die zeta-potensiaal te verlaag tot onder 10 mV. Dus vind koagulasie vinnig plaas, maar flokkulasie is moeilik en die meeste van die flokkulant word gebruik om vlokke te vorm. Hoe fyner die sand in die sandfilter is, hoe makliker word kleiner vlokke verwyder en hoe laer is die benodigde flokkulantdosering. 'n Ekonomiese evaluering tussen koste van die bedryf van die sandfilter en die flokkulantkoste om groter vlokke te vorm, is dus nodig om 'n optimum balans te kry.

Sandfiltrasie

Die kostes is verlaag soos in Fig. 12 getoon. Die gebruik van sandfilters het die flokkulantdosering oor die algemeen verlaag, maar veral drie tipes flokkulante het hier goed vertoon, nl. C577 met 'n dosis van 46 mg/ℓ en 'n koste van R0,16/m³, U 5000 met 'n dosis

van 43 mg/ℓ en 'n koste van R0,14/m³ en Z 5000 met 'n dosis van 40 mg/ℓ en ook 'n koste van R0,14/m³.

Proefaanlegtoetse

Die optimumdosis was in dieselfde orde as die wat in die laboratorium bepaal is, maar die troebelheid was effens hoër as die wat in die laboratorium verkry is. Dit kan toegeskryf aan ander sandfiltereienskappe as die wat in die laboratorium gebruik is.

Gevolgtrekkings

Die geaktiveerdeslykuitvloeiende in die waterherwinningstelsel is ondersoek en daar is die volgende bevind:

- Die deeltjies is meestal in die kolloïdale groottegebied en dit bevestig dat verwydering sonder flokkulasie moeilik sal wees.
- Die kolloïde het 'n negatiewe zeta-potensiaal en dit dui daarop dat kationiese koagulant benodig word.
- Die zeta-potensiaal verlaag teen 'n lae flokkulantdosering tot 'n waarde wat kleiner is as die kritieke waarde van 10 mV.
- Hoë flokkulantdosering word benodig om verheldering met besinking te bewerkstellig.
- Die snelheidsgradiënt moet laag gehou word, aangesien te vinnige menging tot die opbreek van vlokke aanleiding gee.
- Hersirkulasie van vlokke is nodig aangesien die vlokke as kerne vir verdere flokkulasie dien en sodoende die benodigde flokkulantdosering verlaag.
- Die byvoeging van bentoniet lei tot 'n afname in flokkulantdosering en -koste.
- Die gebruik van ferrichloried lei ook tot 'n afname in flokkulantdosering en koste.

Aanbeveling

- Die dosering van ferrichloried en flokkulant word aanbeveel mits die soutvraag aanvaarbaar is.
- Bentoniet en flokkulantdosering is die beste prosedure indien die soutvraag van kardinale belang is.
- Die mees geskikte flokkulante is U5000, Z5000 en C577. Enige van die drie kan gebruik word en die besluit moet gebaseer word op betroubaarheid van aflewering.
- Hersirkulasie van vlokke moet toegepas word.
- Die besinktenk moet met 'n reeks sandfilters opgevolg word vir die verwydering van klein vlokke wat moeilik besink.

Erkennings

Die Waternavorsingskommissie het die navorsing grotendeels gefinansier en Sastech (Edms) Bpk was behulpsaam met die loodskaalse studies. Dr. O O Hart en mnre. G R Botha, J J Gericke en G H du Plessis het waardevolle advies gegee. Die navorsing het deel uitgemaak van P Wille se M.Ing.-graad in Waterbenuttingsingenieurswese aan die Universiteit van Pretoria.

Verwysings

- BENEDEK, A and BANCSI, JJ (1976) Laboratory evaluation of polymeric flocculants. *Journal of the Environmental Engineering Division American Society of Civil Engineers* (New York). **102**(1) 17-28.
- ELLIS, HA, UTAH, SI, OGUNRINDE, A and OGEDENGBE, MO (1982) Preparation of some cationic starches as flocculants for water. *Water Research* (Oxford/New York). **16**(9) 1433-1435.

- GREGORY, J (1983) Flocculation test methods. *Effluent and Water Treatment Journal* (London UK). **23**(5) 199-200; 202-205.
- JOHANNES, WG (1989) *Elektrochemies-geproduseerde metaalkoagulante vir die verwydering van fosfaat uit rioolwater*. Departement Chemiese Ingenieurswese, Fakulteit Ingenieurswese, Universiteit van Pretoria, Pretoria.
- SCHWOYER, WLK (1981) *Polyelectrolytes for Water and Wastewater Treatment* (1st edn.) CRC Press Inc., Boca Raton, Florida. 2-39; 74-80; 107-120.
- TE KIPPE, RJ and HAM, RK (1970) Coagulation testing: A comparison of techniques. *Journal of the American Water Works Association*. **62** 594-602.
- VAN DUUREN, FA, POTGIETER, FJ en DU PREEZ, JF (1980) Fokus op die Vaal. *Verhandelinge van 'n Simposium gehou in Pretoria op 13 Maart 1980*. Die Vereniging vir die Vaalrivieropvanggebied. 3-16.
-

GUIDE TO AUTHORS

AIMS AND SCOPE

This journal publishes refereed, original work in all branches of water science, technology and engineering. This includes water resources development; the hydrological cycle; surface hydrology; geohydrology and hydrometeorology; limnology; mineralisation; treatment and management of municipal and industrial water and wastewater; treatment and disposal of sewage sludge; environmental pollution control; water quality and treatment; aquaculture; agricultural water science; etc.

Contributions may take the form of a paper, a critical review or a short communication. A **paper** is a comprehensive contribution to the subject, including introduction, experimental information and discussion of results. A **review** may be prepared by invitation or authors may submit it for consideration to the Editor. A **review** is an authoritative, critical account of recent and current research in a specific field to which the author has made notable contributions. A **short communication** is a concise account of new and significant findings.

GENERAL

Submission of manuscripts

The submission of a paper will be taken to indicate that it has not, and will not, without the consent of the Editor, be submitted for publication elsewhere. Manuscripts should be submitted to: **The Editor, WATER SA, PO Box 824, Pretoria, 0001, South Africa.**

Reprints

One hundred free reprints of each paper will be provided. Any additional copies or reprints must be ordered from the printer (address available on request).

Language

Papers will be accepted in English or Afrikaans. Papers written in Afrikaans should carry an extended English summary to facilitate information retrieval by international abstracting agencies.

Abstracts

Papers should be accompanied by an abstract. Abstracts have become increasingly important with the growth of electronic data storage. In preparing abstracts, authors should give brief, factual information about the objectives, methods, results and conclusions of the work. Unsubstantiated viewpoints should not be included.

Refereeing

Manuscripts will be submitted to and assessed by referees. Authors bear sole responsibility for the factual accuracy of their publications.

Correspondence

State the name and address of the author to whom correspondence should be addressed on the title page.

SCRIPT REQUIREMENTS

Lay-out of manuscripts

An original typed script in double spacing together with three copies should be submitted. Words normally italicised should be typed in italics or underlined. The title should be concise and followed by authors' names and complete addresses. A paper may be organised under main headings such as **Introduction, Experimental, Results, Discussion** (or **Results and Discussion**), **Conclusions, Acknowledgements** and **References**.

Contents of manuscripts

The International System of Units (SI) applies. Technical and familiar abbreviations may be used, but must be defined if any doubt exists.

Tables

Tables are numbered in arabic numerals (Table 1) and should bear a short but adequate descriptive caption. Their appropriate position in the text should be indicated.

Illustrations and line drawings

One set of original figures and two sets of copies should accompany each submission. Photographs should be on glossy paper (half-tone illustrations should be kept to a minimum) and enlarged sufficiently to permit clear reproduction in half-tone. All illustrations, line-drawings and photographs must be fully identified on the back, numbered consecutively and be provided with descriptive captions typed on a separate sheet. Authors are requested to use proper drawing equipment for uniform lines and lettering of a size which will be clearly legible after reduction. Freehand or typewritten lettering and lines are not acceptable. The originals should be packed carefully, with cardboard backing, to avoid damage in transit.

References

Authors are responsible for the accuracy of references. References to published literature should be quoted in the text as follows: Smith (1982) or (Smith, 1982). Where more than two authors are involved, the first author's name followed by *et al.* and the date should be used.

All references are listed alphabetically at the end of each paper and not given as footnotes. The names of all authors should be given in the list of references. Titles of journals of periodicals are abbreviated according to **Chemical Abstracts Service Source Index** (Cassi).

Two examples of the presentation of references are the following:

Grabow, WOK, Coubrough, P, Nupen, EM and Bateman, BW (1984) Evaluations of coliphages as indicators of the virological quality of sewage-polluted water. *Water SA* 10(1) 7-14.

Wetzel, RG (1975) *Limnology*. WB Saunders Company, Philadelphia. 324.