



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1010782-7 B1



(22) Data do Depósito: 03/06/2010

(45) Data de Concessão: 10/03/2020

(54) Título: MÉTODO PARA A PURIFICAÇÃO BIOLÓGICA DE ÁGUAS RESIDUAIS

(51) Int.Cl.: C02F 3/12; C02F 3/08; C02F 3/10.

(30) Prioridade Unionista: 03/06/2009 NO 20092151.

(73) Titular(es): BIOWATER TECHNOLOGY AS.

(72) Inventor(es): THORBJORN WESTRUM; TERJE ANDERSEN; JONG G. SILJUDALEN; BJORN RUSTEN.

(86) Pedido PCT: PCT NO2010000207 de 03/06/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/140898 de 09/12/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 05/12/2011

(57) Resumo: MÉTODO PARA A PURIFICAÇÃO BIOLÓGICA DE ÁGUAS RESIDUAIS A presente invenção refere-se a um método e mecanismo para a purificação de água, dito método compreende as etapas de alimentação de água para dentro de um reator (4) através de um ou mais tubos de entrada (1) ou zonas de entrada e alimentação da água e do substrato através dos elementos portadores para a biopelícula (5) que possui uma grande superfície protegida (> 200 m²/m³ de elementos portadores) e um grande volume de poros (> 60%), e que os elementos portadores são fluidizados para a remoção do sedimento residual, em que a relação de carga dos elementos (5) em função normal corresponde a uma quantidade que corresponde a 90% a 100%, mais preferível de 92% a 100% e o mais preferível de 92% a 99% do volume líquido do reator (4), ditos elementos portadores (5) são mantidos substancialmente em repouso ou impedidos de movimentar entre os momentos em que o sedimento excedente for removido e em que os elementos portadores são fluidizados para a remoção do sedimento excedente, ditos elementos portadores (5) tendo uma gravidade específica na área de 0,8 a 1,4, mais preferível de 0,90 a 1,1 e o mais preferível de 0,93 a 0,97, e alimentação da água tratada para uma ou mais zonas de saída (7) e um ou mais (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA A PURIFICAÇÃO BIOLÓGICA DE ÁGUAS RESIDUAIS**".

[001] A presente invenção refere-se a um método para a purificação biológica de água em um reator com uma ou mais zonas de entrada e de saída, onde a água e o substrato entram em contato com elementos portadores para um biofilme. A invenção também se refere a um reator para a realização do método e para a separação do sedimento do biofilme.

[002] O reator pode ser disposto para a purificação aeróbica, anaeróbica e anóxica de águas residuais municipais e industriais, água de processamento, água das instalações de aquicultura e água potável. O processo se baseia no princípio de que a biomassa é estabelecida em um elemento portador para a formação de um biofilme. Os elementos portadores são mantidos no lugar no reator com a ajuda de uma disposição de saída. O grau de carga dos elementos portadores no reator é tão grande que durante a operação normal eles não são livres para mover-movimento dificultado. Todos os tipos conhecidos de elementos portadores, com um peso específico relativamente próximo ao peso específico da água, podem ser usados. Comparado a vários outros processos de biofilme no mercado, a invenção irá resultar em uma melhor transferência de oxigênio do ar ventilado para dentro da água e um melhor transporte de água e substrato para o biofilme, algo que resultará em uma instalação mais compacta e que exige menos energia.

[003] Vários métodos para a purificação mecânica, química e biológica da água são conhecidos. A purificação biológica implica que uma cultura de micro-organismos realize a transformação desejada dos materiais na água. A purificação biológica é, em grande parte, combinada com os métodos de purificação mecânica e química.

[004] A purificação biológica é muito utilizada para a purificação

de água poluída. Tradicionalmente, o tratamento biológico tem sido completamente dominante para a remoção de materiais orgânicos e, nos últimos anos, a purificação biológica também se tornou dominante para a remoção de nitrogênio (nitrificação, desnitrificação, anamox) e relativamente comum para a remoção de fósforo (remoção bio-P).

[005] Distingue-se entre os processos biológicos aeróbicos, anaeróbicos e anóxicos. Nos processos aeróbicos os micro-organismos necessitam de oxigênio molecular como um aceitante de elétrons. Para os processos anóxicos se depende da ausência de oxigênio molecular e os micro-organismos irão usar nitrato ou sulfato como o aceitante de elétrons. Para a remoção biológica de nitrogênio se combina um processo aeróbico, que oxida o amônio em nitrato, com um processo anóxico que reduz o nitrato em gás de nitrogênio molecular. Os processos anaeróbicos ocorrem na ausência de oxigênio e são caracterizados pelo fato de que o material orgânico na água é tanto doador de elétrons quanto aceitador de elétrons. Os processos anaeróbicos são mais relevantes para a descarga industrial altamente concentrada de matéria orgânica e em uma decomposição completa o produto final será uma mistura de metano e dióxido de carbono (biogás).

[006] Os micro-organismos necessários para a purificação biológica podem, em princípio, ser colocados em suspensão na fase aquosa em um biorreator, ou ser ligados às superfícies no biorreator. Um processo com micro-organismos em suspensão é chamado de um processo de sedimento ativado. Os micro-organismos em um processo de sedimento ativado devem ser capazes de formar flóculos que são separados da água em um reator a jusante e são devolvidos ao biorreator. Alternativamente, os micro-organismos em suspensão podem ser mantidos no lugar no biorreator em que a água purificada é drenada do reator através de membranas com aberturas de poro tão pequenas que os micro-organismos são retidos no biorreator. Isto é conheci-

do como um processo de biorreator de membrana (MBR).

[007] Um processo onde os micro-organismos estão ligados a uma superfície é chamado de processo de biofilme. Exemplos de processos de biofilme usados na purificação de água são filtros de escoamento, biorrotadores, filtros biológicos submersos, processos de leito móvel e processos em leito fluidizado. Os filtros biológicos submersos incluem tanto os filtros com um meio portador relativamente aberto de plástico quanto filtros com um meio portador de um pequeno diâmetro (areia, bolas de Leca, bolas de poliestireno pequenas). Os filtros biológicos submersos com um meio portador de um diâmetro pequeno serão de forma relativamente rápida entupidos com biossedimentos e devem ser regularmente retirados de operação para o contrafluxo e remoção do sedimento. Os filtros biológicos submersos com um meio portador aberto que são mantidos deitados ainda podem ser operados durante um tempo relativamente longo com um fornecimento contínuo de água, mas a experiência tem demonstrado que mesmo os filtros com um meio portador grande e uma estrutura aberta, serão entupidos depois algum tempo. Visto que os micro-organismos nos processos de biofilme são fixados na superfície de um material portador em um biorreator, o próprio processo de biofilme é independente da separação de sedimento a jusante.

[008] Combinações de processos com micro-organismos colocados em suspensão e processos com micro-organismos fixados no mesmo reator são conhecidos como processos IFAS (película fixa integrada e sedimentos ativados). Os processos IFAS têm sido compreendidos de sedimento ativado em combinação com biorrotadores, filtros biológicos submersos com um meio portador aberto ou processos de leito móvel.

[009] Em uma base global, existem claramente mais estações de purificação biológica com micro-organismos em suspensão, mas os

processos de biofilme estão se tornando mais e mais populares. Algumas das razões para isso são que os processos de sedimento ativado possuem várias desvantagens. Muitas vezes é difícil manter o controle da separação do sedimento. Isto pode levar a grandes perdas de sedimentos e, na pior das hipóteses, que o processo biológico entra em colapso, com as consequências associadas para o receptor. Outra desvantagem é que os processos convencionais de sedimentos ativados necessitam de volumes muito grandes, tanto para o reator quanto para a separação de sedimento na bacia de sedimentação. No entanto, a vantagem com os processos convencionais de sedimentos ativados é que a água é tratada em reatores abertos onde não existe nenhum perigo do reator se tornar bloqueado.

[0010] O processo de biorreator de membrana (MBR) é uma tecnologia relativamente nova onde as membranas com aberturas de poro muito pequenas são usadas para separar os sedimentos ativados a partir da água. Com esta tecnologia se pode operar com volumes de reator consideravelmente menores do que para um processo de sedimento ativado convencional, em que se pode manter uma concentração consideravelmente mais elevada de micro-organismos nos reatores. Além disso, a água purificada estará livre de matéria em suspensão. As desvantagens com este processo são que ele ainda é muito caro, requer muito pré-tratamento da água para remover os materiais que podem levar ao entupimento das membranas, as membranas devem ser lavadas regularmente para manter a capacidade hidráulica e o consumo de energia é relativamente alto.

[0011] Os filtros de escoamento tradicionais são os processos de biofilme que foram em primeiro lugar levados em uso para a purificação de águas residuais. Inicialmente, os filtros de escoamento foram supridos com pedra, mas os filtros de escoamento modernos são supridos com materiais plásticos com uma maior área de superfície para

o biofilme desenvolver. Os filtros de escoamento modernos são relativamente grandes. A água é bombeada para a parte superior do filtro de escoamento e distribuída uniformemente sobre toda a superfície. O suprimento de oxigênio ocorre por ventilação natural. Fica difícil de ajustar a quantidade de água, carga de matéria e abastecimento natural de oxigênio em um filtro de escoamento de modo que tudo funcione perfeitamente. É relativamente comum que o biofilme nas partes superiores de um filtro de escoamento não receba oxigênio suficiente. Portanto, os filtros de escoamento possuem taxas de conversão normalmente mais baixas e requerem volumes maiores de reator do que os outros processos de biofilme. Para evitar que se torne entupido, o meio de biofilme deve ser relativamente aberto e a área específica do biofilme (m^2 de biofilme por m^3 de volume do reator) torna-se relativamente pequena. Isto também contribui para um volume de reator aumentado. Mesmo com um meio de biofilme aberto, o entupimento e a formação de canais nos filtros de escoamento são problemas bem conhecidos que podem ser mantidos sob controle em que se assegura que cada parte do filtro de escoamento é repetidamente submetida a uma carga hidráulica que é suficientemente grande para enxaguar a matéria particulada e o biofilme desatado para fora do filtro de escoamento. Em muitos casos isso significa que se deve recircular a água sobre o filtro de escoamento. Com uma altura de muitos metros, os custos de energia para o bombeamento podem ser consideráveis.

[0012] Os Biorrotores são processos de biofilme que se tornaram muito populares na década de 1970. O princípio é que existem discos circulares com superfícies onduladas presos a um eixo horizontal que gira lentamente em uma bacia. Os discos são parcialmente submersos na água e um biofilme é estabelecido sobre os discos que alternativamente apreendem o material poluente da fase aquosa e oxigênio do ar quando os discos giram. A grande desvantagem com os sistemas de

biorrotor é que eles se baseiam em rotores pré-fabricados que tornam o sistema não muito flexível. Todas as bacias devem ser adaptadas às dimensões do biorrotor. Também foi observado que existem problemas mecânicos consideráveis com os biorrotores, muitas vezes causados por aquele que não consegue controlar a espessura do biofilme, de modo que o peso se torne muito grande e o eixo possa quebrar ou o meio de biofilme se parte em pedaços. Portanto, muito poucas instalações de biorrotor têm sido construídas ao longo dos últimos 20 anos.

[0013] Os filtros biológicos submersos com um meio de biofilme relativamente aberto utilizam, em princípio, o mesmo tipo de material plástico como os filtros de escoamento modernos. O material plástico é estacionário, submerso no reator e o oxigênio é fornecido por meio de aeradores difusores na parte inferior do reator. Um problema com os biofiltros submersos deste tipo tem sido o entupimento a partir de um crescimento da biomassa e formação de canais. A água e o ar tomam o caminho de menor resistência e zonas são formadas nos reatores aerados onde a biomassa é acumulada, resultando em condições anaeróbicas. Outra desvantagem é que não se tem acesso aos aeradores abaixo do meio de biofilme estacionário. Para a manutenção ou substituição dos aeradores é preciso primeiro remover o meio de biofilme do reator.

[0014] Os filtros biológicos submersos com um meio portador de um pequeno diâmetro (areia, bolas de Leca, bolas pequenas de poliestireno) possuem uma área superficial de biofilme muito grande. O meio portador é estacionário durante a operação normal, mas este tipo de filtro irá entupir com o biossedimento e deve regularmente ser retirado de operação para o contrafluxo e remoção de sedimentos. O processo é sensível às partículas nas águas residuais e para as águas residuais com muita matéria em suspensão os ciclos de operação entre cada fluxo se tornam muito curtos. Por causa dos ajustes para o fluxo e co-

locação do dispositivo de ventilação no fundo dos reatores, estes tipos de reatores de biofilme são complicados de construir. A designação comum para este tipo de reator de biofilme é BAF (filtro aerado biológico) e os melhores nomes de marcas conhecidos são Biostyr Biocarbonate e Biofor.

[0015] Nos reatores de leito móvel, o biofilme se desenvolve em um material portador que flutua livremente no reator. O material portador tem sido espuma de borracha ou pequenos elementos de plástico. Os processos que utilizam pedaços de espuma de borracha são conhecidos pelo nome Captor e Linpor. As desvantagens com os pedaços de espuma de borracha são que a área efetiva do biofilme é muito pequena porque o crescimento do lado de fora dos pedaços de espuma de borracha entope os poros e impede a entrada de substrato e oxigênio nas partes internas dos pedaços de espuma de borracha. Além disso, devem-se usar peneiras que impeçam os pedaços de espuma de borracha sair dos reatores e deve-se ter um sistema que bombeia regularmente os pedaços de espuma de borracha para longe das peneiras para evitar que esses a bloqueiem. Portanto, muito poucas instalações foram construídas com espuma de borracha como o material portador.

[0016] No entanto, nos últimos anos uma série de estações de purificação foi construída com os processos de leito móvel onde o material portador é pequenos pedaços de plástico. Os pedaços de plástico são normalmente distribuídos uniformemente em todo o volume de água e na prática se opera com graus de carga com meio de biofilme até cerca de 67%. As peneiras mantêm os pedaços de plástico no lugar no reator. Os reatores são operados continuamente sem a necessidade de contrafluxo. A patente NO 172.687 B3 descreve que a mesma opera com grau de 30 a 70% de carga e as partículas se movem livremente. Os portadores devem ter um peso específico de 0,90

a 1,20. A patente também menciona que ela possui instrumentos de mistura para garantir uma boa mistura do conteúdo do reator. É importante que deve haver uma corrente constante de sedimentos produzidos ao processo de separação subsequente de modo que a carga de partícula torna-se muito menor do que para a separação de sedimentos ativados. Também é mostrado que este é um processo contínuo, ao contrário dos processos de biofiltro com contrafluxo regular. O processo é muito flexível no que diz respeito à forma do biorreator. A área superficial específica do biofilme é maior do que para os filtros de escoamento e biorrotores, mas consideravelmente menor do que nos processos BAF. No entanto, em uma base de volume total os processos de leito móvel com um material portador de pequenos pedaços de plástico foram observados de serem tão eficientes quanto os processos BAF quando se leva em conta o volume extra necessário para a expansão do leito filtrante e para o fluxo do reservatório de água nos processos BAF. Exemplos de fornecedores de processos de leito móvel com pequenos pedaços de plástico como um material portador são Anox Kaldnes, Infilco, Degremont e Hydroxyl Systems.

[0017] Em um processo de leito fluidizado, o biofilme se desenvolve em pequenos grãos de areia. O princípio de operação baseia-se na água sendo bombeada para a parte inferior do reator em uma tal taxa elevada que a areia é fluidizada. Alcança-se uma área superficial de biofilme muito grande em um tal sistema e nos processos aeróbicos se sucede o problema de fornecimento de oxigênio suficiente. Normalmente a água é reciclada muitas vezes para alcançar a taxa de fluxo elevada o suficiente para tornar fluida a areia e se fornece oxigênio mediante a saturação da corrente de recirculação de água com ar ou oxigênio puro. Os custos de bombeamento podem ser grandes. Nas instalações em escala completa existe o problema de distribuir a água de uma tal forma que todo o leito de areia se torna fluido. Também

existem problemas em que o biofilme altera o peso específico dos grãos de areia de modo que os grãos de areia com muito biofilme se tornem fluidos em uma considerável taxa de circulação mais baixa de água do que o grão de areia com um biofilme menor. Assim, fica difícil de operar a usina para que não se perca a areia e a biomassa.

[0018] A presente invenção compreende um processo de biofilme onde a superfície de crescimento para micro-organismos consiste de elementos portadores que são acondicionados tão estritamente que eles não podem se mover livremente em operação normal, mas eles não possuem nenhum movimento, ou são impedidos. Os elementos portadores ideais possuem uma grande área superficial protegida e um grande volume de poros para que a água possa fluir através dos elementos portadores e garantir um bom contacto entre a água, o substrato e o biofilme. Todos os tipos conhecidos de elementos portadores com um peso específico relativamente perto do peso específico da água podem ser usados.

[0019] O grau de carga dos elementos portadores é maior do que nos processos de leito móvel. Por causa do grau aumentado de carga e, portanto, nenhum movimento dos elementos portadores, ou são impedidos, o gradiente de velocidade entre o biofilme e a água irá aumentar. Assim, a espessura da camada estacionária de água acima do biofilme é reduzida, a resistência à difusão é reduzida, o transporte de substrato e oxigênio é melhorado e a taxa de conversão é aumentada. É desejável que os elementos do biofilme possuam um grande volume de poros de modo que eles possam armazenar tanto sedimento quanto possível sobre e nos elementos de biofilme antes que o excesso de sedimento seja lavado para fora do reator. Assim, pode-se obter longos períodos de operação entre cada lavagem.

[0020] Um reator para a purificação biológica de água é conhecido da CN 100337936C. O reator contém elementos portadores para um

biofilme e estes elementos possuem um peso específico de 0,7 a 0,95 e do grau de carga para os elementos é de 20 a 90% do volume efetivo do reator.

[0021] A partir da NO 172687 mencionada acima, um método e um reator para a purificação de água são conhecidos. A água é alimentada para dentro do reator que é suprido com os portadores para o biofilme. Esses portadores possuem um peso específico na área de 0,90 a 1,20 kg/dm³ e um grau de enchimento para os portadores de 30 a 70% do volume do reator. Além disso, o reator possui equipamento de mistura e também instrumentos na forma de uma placa de peneira para reter os portadores no reator.

[0022] A NO 314255 descreve uma aplicação de elementos portadores em conexão com a purificação de água. Os elementos portadores são colocados em um reator onde a entrada para a água está na parte superior do reator. Os portadores são livremente colocados em suspensão e possuem um peso específico de 0,92 a 1,40 kg/dm³.

[0023] Os portadores que são conhecidos destas três publicações estão em movimento livre.

[0024] A forma de acondicionar os elementos portadores em um saco de rede para impedir o movimento entre os portadores é conhecida da JP 5068991A. Os elementos portadores possuem um peso específico de 0,95 a 0,98. Este saco de rede com os portadores pode ser usado em vários reatores para o tratamento de águas residuais.

[0025] A US 6.383.373 B1 descreve um mecanismo de filtração biológica para a purificação de água. O mecanismo de filtração compreende um recipiente que está intimamente acondicionado com os elementos portadores, ao que estes são ocos, e possuem um peso específico de 1,01 a 1,2 g/ml. A água que será tratada é conduzida através de uma ou mais entradas na parte superior do recipiente.

[0026] Os portadores que são conhecidos a partir destas duas pu-

blições não se movem de modo algum.

[0027] A invenção é compreendida de um método para a purificação biológica de água que é caracterizado pelo fato de que existe um fornecimento contínuo ou intermitente de água para o reator e lavagem intermitente com água de entrada para remover o sedimento dos elementos do biofilme.

[0028] O método é caracterizado por levar a água para dentro de um reator através de um ou mais tubos de entrada ou zonas de entrada e levar a água e o substrato através dos elementos portadores para o biofilme que possui uma área superficial protegida elevada ($> 200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ de elementos portadores) e um grande volume de poros ($> 60\%$) onde os elementos portadores são mantidos aproximadamente de forma estacionária ou possuem movimento restrito entre cada vez que o excesso de sedimento é removido, e que os elementos portadores são fluidizados para a remoção do excesso de sedimento, quando o grau de carga dos elementos em operação normal constitui uma quantidade que corresponde a 90% a 100%, mais preferível de 92% a 100% e o mais preferível de 92% a 99% do volume líquido do reator, onde os elementos portadores são mantidos aproximadamente de forma estacionária ou possuem o movimento restrito entre cada vez que o excesso de sedimento é removido, e que os elementos portadores são fluidizados para a remoção do excesso de sedimento, quando os elementos possuem um peso específico na área de 0,8 a 1,4, mais preferível de 0,90 a 1,1 e o mais preferível de 0,93 a 0,97, e levam a água tratada para uma ou mais zonas de saída e um ou mais tubos de saída.

[0029] Os elementos são de preferência fluidizados em que o nível de água no reator é temporariamente aumentado de modo que o grau de carga dos elementos torna-se menor do que 90%, mais preferível menor do que 85% e o mais preferível menor do que 80% do volume

de líquido do reator, em que um mecanismo de mistura cria turbulência no reator a fim de que o excesso de sedimento seja arrancado dos elementos e o sedimento sedimentado é colocado em suspensão, e em que a água de entrada é conduzida para o reator através de um ou mais tubos de entrada ou zonas de entrada e, portanto, traz sedimento para fora do reator através de uma ou mais zonas de saída e um ou mais tubos para o sedimento e quando o sedimento for removido, o nível de água no reator é reduzido na medida em que a água tratada é conduzida para fora através de um ou mais tubos de saída de modo que o grau de carga para os elementos durante a operação normal seja de 90% a 100%, mais preferível de 82% a 100% e o mais preferível de 92% a 99% do volume de líquido do reator.

[0030] Uma corrente contínua de água poluída é preferivelmente fornecida ao reator através de um ou mais tubos de entrada ou zonas de entrada.

[0031] O método é ainda caracterizado pelo fato de que na remoção de sedimento uma corrente descontínua de água não tratada é fornecida ao reator através de um ou mais tubos de entrada ou zonas de entrada, o fornecimento de água não tratada é interrompido após o nível da água no reator ser elevado e fornece turbulência com a ajuda de instrumentos de mistura para criar a turbulência no reator para fluidizar os elementos de modo que o sedimento em excesso seja arrancado dos elementos e o sedimento sedimentado seja colocado novamente em suspensão, e depois disso novamente levar a água de entrada para dentro do reator através de um ou mais tubos de entrada ou zonas de entrada de modo que o sedimento possa ser levado para fora do reator através de uma ou mais zonas de saída e um ou mais tubos para o sedimento.

[0032] Durante a operação normal o grau de carga (volume de carga) dos elementos de biofilme é tão grande que não se tem ne-

nhum movimento, ou limitado, dos elementos de biofilme. O grau de carga no volume de líquido durante a operação normal será dependente do tipo de elementos de biofilme que são usados, mas normalmente será de 90 a 100%. Durante a lavagem para remover o sedimento, o nível de água no reator é aumentado suficientemente para que todos os elementos de biofilme sejam livres para se mover. Qual grau de carga e quanto de turbulência são necessários durante a lavagem novamente serão dependentes do tipo de elemento de biofilme utilizado. O peso específico dos elementos de biofilme deve estar entre 0,85 e 1,25.

[0033] A invenção também compreende um reator para o tratamento aeróbico, anaeróbico ou anóxico das águas residuais, dito reator é caracterizado pelo fato de que compreende um ou mais tubos de entrada e uma ou mais zonas de entrada e uma ou mais zonas de saída e tubos de saída para a água e o substrato, e um ou mais tubos de saída para o sedimento e um ou mais instrumentos de mistura para o transporte de água e substrato, e um grau de carga para os elementos durante a operação normal que constitui uma quantidade que corresponde a 90% a 100%, e mais preferível de 92% a 99% do volume de líquido do reator e que é assim tão grande durante a operação normal que impede a livre circulação dos elementos, de modo que pela remoção de sedimento através de um tubo o nível da água seja elevado tanto que os elementos podem mover-se livremente com o ajuda de um ou mais de ditos instrumentos de mistura.

[0034] De preferência, um instrumento para reter os elementos no reator é fornecido nas zonas de saída.

[0035] De preferência, também compreende um mecanismo de mistura para o transporte de água e substrato e fornecimento de oxigênio em um processo aeróbico ou um mecanismo de mistura para o transporte de água e substrato em um processo anaeróbico e anóxico.

[0036] A invenção será explicada no que segue com maiores detalhes com a ajuda de um exemplo de modalidade com referência às figuras incluídas, onde:

a figura 1A mostra esquematicamente a operação normal do reator de biofilme de acordo com a presente invenção;

a figura 1B mostra esquematicamente o sedimento solto e sendo lavado em fornecimento contínuo de água ao reator de biofilme;

a figura 2A mostra uma figura que corresponde à figura 1A e mostra o reator de biofilme durante a operação normal;

a figura 2B mostra o sedimento excedente solto na interrupção do fornecimento de água;

a figura 2C mostra a lavagem para fora do sedimento excedente;

a figura 3 mostra esquematicamente uma secção de um reator de biofilme de acordo com a presente invenção.

[0037] O procedimento operacional padrão para o novo processo de biofilme com fornecimento contínuo de água e remoção intermitente de sedimento é delineado nas figuras 1 A-B. O reator de biofilme possui um tubo de entrada 1, um tubo de saída com uma válvula 2 para a água biologicamente purificada, e um tubo de saída com uma válvula 3 para a remoção de sedimento. Durante a operação normal A pode-se ter de 90 a 100% de carga do meio de biofilme e movimento restrito, ou quase nenhum, do meio. A erosão de biofilme devido à colisão entre os elementos de biofilme será muito pequena e a concentração de material em suspensão para fora do reator será muito baixa.

[0038] Quando se deseja remover o sedimento, primeiro se fecha a válvula para a saída de água biologicamente purificada 2 e se abre a válvula para a remoção de sedimento 3. Quando o nível da água sobe até o nível do tubo 3, garantem-se condições muito turbulentas no reator (figura 1 B), de modo que a biomassa solta as partículas sedimen-

tadas (as partículas podem sedimentar dentro dos elementos de biofilme) e a camada externa do biofilme é arrancada e é colocada em suspensão no líquido. Isso pressupõe que o nível de água no reator aumenta tanto que o grau de carga cai abaixo de cerca de 85% e que os elementos de biofilme estão se movendo rapidamente. A turbulência necessária pode ser configurada mediante a ventilação de ar, com o uso de agitadores mecânicos ou por bombeamento circular. O tempo necessário para a liberação do material particulado pode ser de 1 minuto a cerca de ½ hora, dependendo da forma do reator e da força da turbulência. Depois disso, água de entrada suficiente deve passar através do reator para obter o sedimento transportado para fora do reator através do tubo 3. A quantidade necessária de água para o transporte do sedimento para fora do reator, e assim o volume de água de sedimento, será normalmente de 1 a 3 vezes o volume do reator, dependendo de quão baixo o teor de material em suspensão estaria como se novamente retornasse à operação normal mediante a abertura da válvula do tubo 2 (figura 1 A).

[0039] O procedimento operacional padrão para o novo processo de biofilme com fornecimento intermitente de água e remoção intermitente de sedimento é delineado na figura 2. O reator de biofilme possui um tubo de entrada com uma válvula 1, um tubo de saída com uma válvula 2 para a água biologicamente purificada e um tubo de saída com uma válvula 3 para a remoção de sedimento. Durante a operação normal A pode-se ter de 9 a 10% de carga do meio do biofilme e movimento restrito, ou quase nenhum, do meio. A erosão de biofilme devido à colisão entre os elementos de biofilme será muito baixa e a concentração de sólidos em suspensão fora do reator será muito baixa.

[0040] Quando se deseja remover o sedimento, primeiro fecha-se a válvula para a saída de água biologicamente purificada 2 e abre-se a

válvula para a remoção de sedimento 3. Quando o nível da água se eleva para o nível do tubo 3, fecha-se a válvula na linha de entrada 1. Isso garante condições muito turbulentas no reator (figura 2 B) de modo que a biomassa livre, as partículas sedimentadas (as partículas podem sedimentar dentro dos elementos de biofilme) e a camada externa de biofilme sejam arrancadas e sejam colocadas em suspensão no líquido. Isso pressupõe que o nível de água no reator aumenta tanto que o grau de carga cai abaixo de cerca de 85% e que os elementos de biofilme estão se movendo rapidamente. A turbulência necessária pode ser configurada mediante a ventilação de ar, com o uso de agitadores mecânicos ou mediante o bombeamento circular. O tempo requerido para a liberação de material particulado pode ser de 1 minuto a cerca de ½ hora, dependente da forma do reator e da força da turbulência no reator.

[0041] Quando uma quantidade suficiente de material em suspensão estiver em suspensão abre-se a válvula na linha de entrada 1, ao mesmo tempo que se continua com as condições de turbulência no reator. O sedimento excedente será então transportado para fora do tubo 3 como mostrado na figura 2 C. A quantidade necessária de água para o transporte do sedimento para fora do reator, e assim o volume de água de sedimento, será normalmente 1 a 3 vezes o volume do reator, dependente de quão baixo o teor de material em suspensão estaria como se novamente retornasse à operação normal mediante a abertura da válvula do tubo 2 e fechamento da válvula na tubulação 3 (figura 2 A).

[0042] Os reatores devem ter uma disposição de saída que impede que os elementos de biofilme possam deixar o reator, ao mesmo tempo que a água purificada e o sedimento possam ser levados para fora através do tubo 2 e tubo 3, respectivamente.

[0043] Em uma modalidade o reator compreende um mecanismo

de mistura para o transporte da água e do substrato e que fornece oxigênio para um processo aeróbico ao mesmo tempo. Exemplos de mecanismos de mistura serão aeradores difusores e aeradores ejetores.

[0044] Em outra modalidade o reator compreende um mecanismo de mistura para o transporte da água e do substrato em um processo anaeróbico e um anóxico. Exemplos de mecanismos de mistura serão agitadores mecânicos, bombeamento circular e agitação de gás anaeróbico.

[0045] Em relação aos processos de sedimento ativo, a presente invenção possui muitas vantagens. Não há necessidade de bombeamento do sedimento reciclado. Não há risco de descarga de sedimento. A concentração de material em suspensão fora do biorreator é baixa. Assim, a carga de partícula na etapa de separação de sedimento será baixa e podem-se usar muitos processos alternativos de separação de sedimento, tais como, por exemplo, sedimentação, flotação, peneiramento fino ou filtração. O biorreator pode lidar com cargas consideravelmente maiores do que um processo de sedimento ativado, de modo que o volume necessário do biorreator seja consideravelmente menor e obtém-se uma estação de purificação compacta. Em um processo aeróbico os elementos de biofilme na presente invenção dispersarão as grandes bolhas de gás, reduzirão a velocidade de todas as bolhas de gás e aumentarão a distância das bolhas de gás que deve percorrer para chegar à superfície do líquido no reator. Assim, consegue-se uma transferência de oxigênio consideravelmente melhor e um menor consumo de energia do que em um processo de sedimento ativado.

[0046] A presente invenção também possui muitas vantagens em relação a outros processos de biofilme. Os filtros biológicos submersos com um meio de biofilme estacionário e sem contrafluxo têm problemas com o bloqueio e formação de canais, além de que não há aces-

so aos aeradores de difusão na parte inferior dos reatores. Quando existe uma necessidade de ter acesso aos aeradores de difusão na parte inferior dos reatores na presente invenção, os elementos de biofilme podem ser simplesmente cavados, sugados ou bombeados para fora dos reatores. Além disso, a presente invenção possui uma área superficial de biofilme específica mais elevada e uma capacidade consideravelmente maior do que os filtros biológicos submersos mencionados acima, de modo que o biorreator se torne mais compacto.

[0047] Comparada com os processos BAF, a presente invenção possui a vantagem de que não se tem que ter bacias para armazenar a água que será utilizada para o contrafluxo. Pode-se também ter um fornecimento contínuo de água na presente invenção. Além disso, a presente invenção tolera águas residuais com uma maior concentração de material em suspensão do que aquela que os processos BAF toleram. Com a presente invenção se tem mais liberdade na escolha dos formatos e formas do biorreator. Os processos BAF possuem uma queda de pressão elevada, enquanto que a presente invenção possui uma queda de pressão desprezível em todo o biorreator.

[0048] Em relação aos processos de "leito móvel", a presente invenção tem um maior grau de carga dos elementos de biofilme. Isso resulta em uma área superficial de biofilme aumentada. Nos processos de "leito móvel", os elementos de biofilme circulam livremente e seguem o padrão de fluxo da água no reator. Isso significa que o gradiente de velocidade entre os elementos de biofilme e a água é relativamente pequeno. Na presente invenção, os elementos de biofilme têm dificultado o movimento, ou não possuem, e o gradiente de velocidade entre os elementos de biofilme e a água se torna maior. Isso resulta em uma melhor transferência de substrato e oxigênio para o biofilme de modo que as taxas de reação aumentem. Juntamente com uma área superficial de biofilme aumentada, isto significa que a pre-

sente invenção leva a um processo muito compacto. A transferência de oxigênio também é melhor do que em um processo de "leito móvel". Em um processo de "leito móvel" as bolhas de gás são, até certo ponto, retardadas pelos elementos de biofilme, mas porque os elementos de biofilme estão em grande parte seguindo a corrente de água que é criada pelas bolhas de ar, o efeito é consideravelmente menor do que na presente invenção, onde os elementos de biofilme possuem um movimento limitado ou nenhum. A presente invenção terá assim até 50% de transferência específica mais elevada de oxigênio do que um processo de "leito móvel".

[0049] Com a presente invenção pode-se alcançar, com uma turbulência poderosa para a lavagem do excesso de sedimento, um amadurecimento do sedimento um pouco mais curto e um pouco mais de sedimento do que o processo convencional de "leito móvel". Uma alta produção de sedimento foi anteriormente considerada como uma desvantagem, agora é visto como uma vantagem. Uma produção mais elevada de sedimento biológico significa um menor consumo de energia, em que a necessidade de oxigênio e, por conseguinte, a necessidade de ar é menor. Na remoção por lavagem do sedimento conforme descrito na presente invenção, a necessidade de oxigênio será tipicamente reduzida em 10 a 20%. Se tiver tanques de degradação na estação de purificação, mais sedimento biológico significará mais recuperação de energia na forma de biogás.

[0050] Em comparação com os processos de leito fluidizado, a presente invenção é consideravelmente mais simples para construir e operar. Os custos de energia são consideravelmente mais baixos do que para um processo de leito fluidizado, devido aos custos elevados das bombas para manter o meio de biofilme (normalmente areia) fluidizado.

[0051] A presente invenção e o método associado para a remoção

do excesso de sedimento terão muitas vantagens em comparação com outros processos de biofilme:

- A remoção de excesso de sedimento é efetuada pelas águas residuais recebidas. Outros processos com contrafluxo utilizam águas residuais dispendiosas, já purificadas. Além disso, eles precisam de uma bacia de armazenamento para a água purificada que será utilizada para o contrafluxo.

- A técnica para o contrafluxo é muito simples. A queda de pressão é mínima.

- Dependendo do método de operação escolhido e a frequência de remoção por lavagem do sedimento, pode-se obter uma baixa concentração de sólidos em suspensão (SS) fora do reator (tubo 2 na figura 1 e figura 2). O biofilme mais fino, que se obtém a partir da lavagem regular, é normalmente mais eficiente do que um biofilme espesso. As partículas que estão nas águas residuais recebidas, em grande parte, serão absorvidas no biofilme entre cada lavagem de modo que se terá uma baixa concentração de SS no fluxo.

- Uma concentração de SS mais baixa no fluxo do que se obterá com os filtros de escoamento, biofiltros submersos, biorrotadores ou reatores de leito móvel abre muitas possibilidades:

- Se não tiver requisitos muito rigorosos (por exemplo, requisitos de limpeza secundários para BOF e KOF) a saída (tubo 2) pode ir diretamente para o recebedor.

- A saída pode ir para um processo de separação de partículas. Isto pode ser a sedimentação ou flotação como para outros processos de biofilme. No entanto, a concentração de SS baixa da presente invenção se abre para o uso de micropeneiras ou filtros de areia para a separação final. Com os outros processos de biofilme mencionados acima a carga de partículas será muito grande para um filtro de areia.

- O excesso de sedimento (cano 3 na figura 1 e figura 2) pode ir; voltar para a pré-sedimentação para a separação juntamente com sedimento mecânico; para um espessador (convencional ou mecânico); para uma peneira fina; ou para uma instalação de flotação pequena. Em grandes instalações de purificação com muitas linhas paralelas, uma pequena etapa de separação (por exemplo, uma peneira fina ou instalação de flotação) pode servir toda a instalação em que se remove por lavagem o excesso de sedimento de um reator de uma vez e distribui a carga de sedimento em excesso entre as etapas de separação subsequente sobre a totalidade do período de 24 horas.

- Se necessário, o fornecimento de água e descarga de água purificada biológica pode ser contínuo, em que se permite que a água de lavagem (tubo 3) passe por uma etapa de separação (por exemplo, uma peneira fina) em conexão com a lavagem, onde as partículas de sedimento ainda vão para o tratamento de sedimento e a fase de água vai para o recebedor ou para outra purificação.

[0052] O projeto dos reatores 4 (ver as figuras 3 A e 3 B) não representa nenhuma limitação para a invenção, mas tipicamente terá uma parte inferior plana e paredes verticais. A profundidade efetiva do reator 4 tipicamente estará na área de 1,5 a 12 metros, normalmente de 3,0 a 8,0 metros. A escolha do material para a fabricação do reator 4 é de nenhuma importância para o processo e podem ser escolhido livremente.

[0053] O influxo de água para o reator 4 pode compreender uma ou mais zonas de entrada, tipicamente dispostas com tubos 1 ou construções de canais. Nos reatores aeróbicos, a água pode entrar na parte superior do reator de modo que se tenha uma lacuna de nível da água (ver a figura 3 A) ou se possa ter uma entrada submersa (ver a figura 3B). Para os reatores com processos anóxicos ou anaeróbicos é importante evitar a entrada de oxigênio na água que irá ocorrer com

uma lacuna aberta no nível de água, e a entrada deve, portanto, estar submersa ou no mesmo nível que a superfície da água no reator durante a operação normal. Mesmo com um tubo de entrada submerso pode-se levar a água para dentro do reator por gravidade, também em conexão com a remoção de sedimento, em que o nível de água em uma etapa ou tanque do processo anterior fica mais elevado do que o nível de água mais elevado no reator. Em tal caso, conterà um tubo de entrada carregado sob pressão. Isso é ilustrado em que, nas figuras 1, 2 e 3B, uma tubulação de entrada curva é mostrada a qual se estende acima do nível de água máximo no reator. Água também pode ser bombeada para dentro do reator através de um tubo de entrada submerso com uma válvula antirretorno.

[0054] A direção de fluxo da água através do reator 4 pode ser tanto horizontal quanto vertical.

[0055] A saída de água do reator pode compreender uma ou mais zonas de saída 7, tipicamente com uma disposição para manter os elementos de biofilme 5 no lugar do reator. A disposição de saída tipicamente será caracterizada pelo fato de que uma construção com aberturas é usada, as quais são menores do que as dimensões lineares dos elementos de biofilme 5.

[0056] O sistema de aeração em um reator aeróbio deve garantir que o oxigênio seja fornecido para o bioprocessamento e energia suficiente seja fornecida para arrancar excesso de sedimento livre e manter o sedimento em suspensão em conexão com o processo de lavagem. O sistema de aeração tipicamente será colocado na parte inferior do reator 4 e estará disposto de modo que o ar seja distribuído na parte mais elevada da extensão horizontal do reator 4.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a purificação biológica de água, caracterizado pelo fato de que compreende:

levar água que contém o substrato a ser removido para dentro de um reator (4) através de um ou mais tubos de entrada (1) ou zonas de entrada, e

levar água e o substrato através dos elementos portadores para um biofilme (5) que apresenta uma superfície altamente protegida de $> 200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ de elementos portadores e um volume de poros $> 60\%$,

sendo que o grau de carga dos elementos (5) em operação normal constitui uma quantidade que corresponde a 90% a 100%, mais preferível de 92% a 100% e mais preferível ainda de 92% a 99% do volume líquido do reator (4), de modo em que os elementos portadores (5) são mantidos aproximadamente de forma estacionária ou impedidos de movimentar durante a operação normal,

sendo que os elementos (5) apresentam um peso específico que está na faixa de 0,8 a 1,4, mais preferível de 0,90 a 1,1 e o mais preferível de 0,93 a 0,97, e

levar água tratada para um ou mais tubos de saída (2),

fluidizar temporariamente os elementos portadores através do aumento de nível de água no reator (4) para remoção do excesso de sedimento.

2. Método para purificação biológica de água de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda o aumento do nível de água no reator (4) temporariamente de modo que o grau de carga dos elementos (5) torna-se menor do que 90%, mais preferível menor do que 85% e o mais preferível menor do que 80% do volume de líquido do reator (4), e que compreende criar turbulência no reator (4) com um mecanismo de mistura (6), de modo

que o excesso de sedimento seja arrancado dos elementos (5) e o sedimento sedimentado seja colocado em suspensão, e compreende ainda levar água para o reator (4) através de um ou mais tubos de entrada (1) ou zonas de entrada e trazer o sedimento para fora do reator (4) através de um ou mais tubos de saída (3) e que compreende conseqüentemente, quando o sedimento for removido, uma etapa de redução o nível de água no reator (4) levando água tratada para fora através de um ou mais tubos de saída (2) de modo que o grau de carga para os elementos (5) durante a operação normal prepara um que corresponda a 90% a 100%, mais preferível de 92% a 100% e o mais preferível de 92% a 99% do volume de líquido do reator (4), e conseqüentemente continuando na operação normal.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o nível de água é aumentado através da remoção de sedimentos pelo fornecimento contínuo de água suja ao reator (4), através de um ou mais tubos de entrada (1) ou zonas de entrada, enquanto o fechamento de um ou mais tubos de saída (2) para purificação de água, aumenta o nível de água no reator (4), e em que para a operação normal o nível de água é reduzido pela abertura do tubo de saída (2), enquanto continua o fornecimento água suja através de um ou mais tubos de entrada (1) ou zonas de entrada.

4. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que para a remoção de sedimento o nível da água é aumentado fornecendo água suja ao reator (4) através de um ou mais tubos de entrada (1) ou zonas de entrada, enquanto ao fechar um ou mais tubos de saída (2) para água purificada, aumenta-se assim o nível de água no reator (4), que interrompe o fornecimento de água suja após o nível da água no reator ter sido elevado, e que fornece turbulência com a ajuda de mecanismos de mistura (6) para criar a turbulência no reator para fluidizar os elementos, de modo que o sedimento

excedente seja arrancado dos elementos (5) e o sedimento sedimentado fique em suspensão, e depois disso novamente fornece água para dentro do reator (4) através de um ou mais tubos de entrada (1) ou zonas de entrada, de modo que o sedimento possa ser levado para fora do reator (4) através de um ou mais tubos de saída (3) para o sedimento.

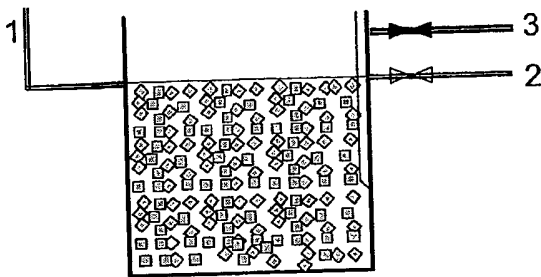


FIG. 1A

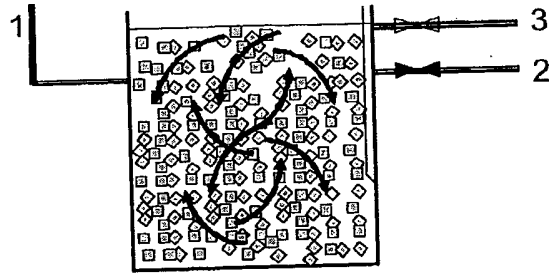


FIG. 1B

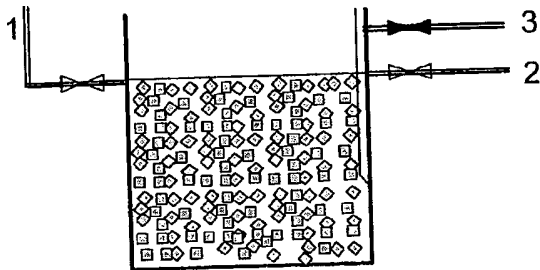


FIG. 2A

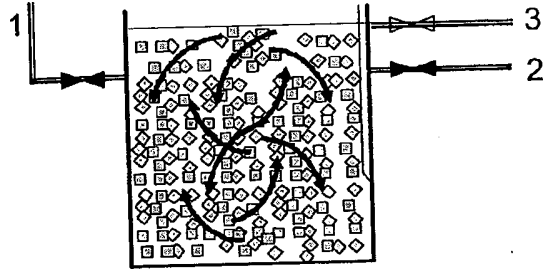


FIG. 2B

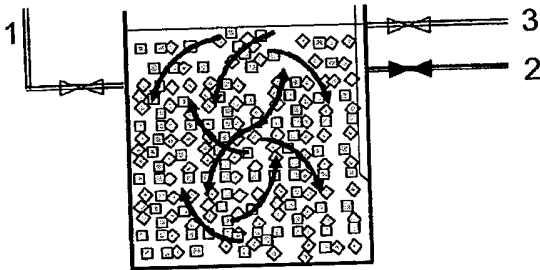


FIG. 2C

