El proceso Nereda®: tratamiento de aguas residuales con biomasa granular aerobia

Introducción

Uno de los aspectos más importantes del proceso de lodos activados siempre ha sido la separación de la biomasa y el agua tratada. Además del desarrollo de las técnicas de separación física (biorreactores de membrana), la mejora de las propiedades de sedimentación de los lodos activados ha sido un tema de investigación importante. El requisito básico para que una biomasa tenga buenas propiedades de sedimentación es una estructura granular basada en partículas compactas, densas y grandes con una gravedad específica alta.

El proceso de emplear biomasa granular aerobia para el tratamiento de aguas residuales, que fue descubierto en 1995 y desarrollado posteriormente por Mark van Loosdrecht de la Universidad Técnica de Delft (DUT), ha sido ampliado y diseñado para adaptarse a las aplicaciones comerciales por Royal HaskoningDHV, una empresa holandesa de ingeniería y construcción, y se ha comercializado con el nombre Nereda®.

La tecnología Nereda® se ha empleado en diversas aplicaciones industriales y municipales y ha demostrado su durabilidad y estabilidad. Las primeras aplicaciones industriales a escala completa se realizaron en 2005 mientras que, de forma paralela, la tecnología se amplió para la aplicación municipal. Después de las plantas de demostración a escala completa en Sudáfrica y Portugal, se inició en 2011 una Nereda® municipal a escala completa en la planta de tratamiento de aguas residuales de Epe (59 000 HE), seguida en 2013 por la planta de tratamiento de aguas residuales de Garmerwolde (140 000 HE). Ambas plantas han mostrado mejoras significativas relacionadas con la estabilidad del proceso, la calidad del efluente (p. ej. Epe cumple con TN <5 mg/L, TP <0,3 mg/L) y el ahorro de energía (>30 %) en comparación con las que se han podido observar en los procesos tradicionales de lodos residuales activados. Mientras tanto, están en funcionamiento o siendo diseñadas un total de 25 plantas Nereda® y 8 unidades de prueba de procesos con capacidades de entre 15 000 y 950 000 HE.

Biomasa granular aerobia

El diseño y los mecanismos de control del proceso Nereda® favorecen la formación de gránulos en lugar de flóculos. Los gránulos aerobios se definen como "agregados de origen microbiano que no coagulan bajo una fuerza hidrodinámica reducida y que, por lo tanto, sedimentan de forma significativamente más rápida que los flóculos de lodo residual activado"*. Las características principales que definen a los gránulos aerobios son un diámetro mínimo de 0,2 mm y un índice volumétrico de fango de 5 minutos (SVI5) de gránulos aerobios comparable a un índice volumétrico de fango de 30 minutos (SVI30) de lodo residual activado.

La biomasa granular aerobia ofrece varias ventajas en comparación con los flóculos convencionales de lodo residual activado, incluidas una buena capacidad de sedimentación, que da lugar a una mejor retención de la biomasa, y unas concentraciones de biomasa más altas. Además, las partículas formadas ofrecen una matriz estructurada para el crecimiento de biomasa, que contiene esferas con condiciones anaeróbicas, aeróbicas y anóxicas que están pobladas por diferentes microorganismos, incluidos organismos acumuladores de fosfato (PAO), nitrificantes, desnitrificantes, y organismos acumuladores de glucógeno (GAO).

Esto permite una ejecución simultánea de todos los procesos necesarios para la retirada de nutrientes, que es la base de la simplicidad y el espacio mínimo necesarios para el proceso.

** Primer workshop sobre gránulos aerobios 2004, Múnich (Alemania)*

El proceso Nereda®

El proceso Nereda® emplea un ciclo de reactor por carga secuencial (SBR) optimizado en el que los 4 pasos de un ciclo SBR típico se reducen a 3 pasos (Figura 1):

1. Llenado y vaciado simultáneos. Durante este paso del ciclo, el agua residual se bombea al reactor y, al mismo tiempo, se extrae el efluente.
2. Aireación. Durante la fase de aireación tienen lugar los procesos de conversión biológica. La capa exterior de los gránulos es aerobia y en ella se acumulan las bacterias nitrificantes. El nitrato formado se desnitrifica en el núcleo anóxico de los gránulos. En último lugar, aunque no por ello menos importante, se realiza la absorción de fósforo.
3. Sedimentación. Después de los procesos biológicos, es necesaria una fase de sedimentación para la separación de efluente limpio y lodo residual. Se realiza en poco tiempo debido a las excelentes propiedades de sedimentación del lodo residual. Después de esto, el sistema está preparado para un nuevo ciclo.

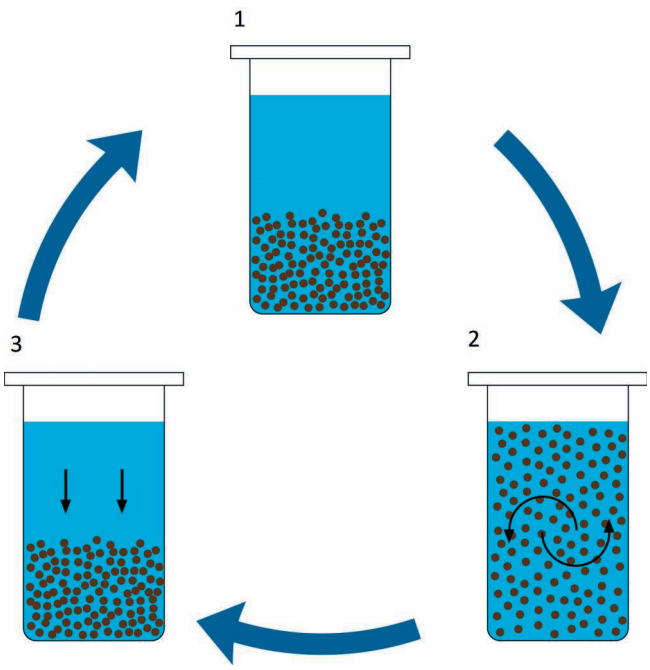

Figura 1: El ciclo Nereda®
1. Llenado y vaciado simultáneos, 2. Aireación, 3. Sedimentación

Las ventajas principales de Nereda® se resumen de este modo:

Rentable
- Diseño compacto y sencillo del tanque
- Menos equipamiento mecánico
- Sin necesidad de clarificadores separados

Fácil de utilizar
- Rendimiento robusto y fiable del proceso
- Posibilidad de funcionamiento de la planta totalmente automatizado

Sostenible
- Alta pureza del efluente y retirada efectiva de los nutrientes
- Poco o ningún uso de productos químicos
- Consumo de energía significativamente más bajo

Control del proceso Nereda®

En función de las demandas de efluente establecidas y de la eficiencia energética, el control del proceso Nereda® se optimiza con analizadores de proceso en continuo que miden el amonio, el ortofosfato, el oxígeno y el potencial de óxido-reducción (ORP). Para requisitos del efluente menos estrictos, los parámetros principales para el control de procesos típicos son el oxígeno y el ORP. Como para todos los controles avanzados, se desea que los valores de medición tengan una fiabilidad alta.

En la planta de tratamiento de Epe se garantiza la fiabilidad de las mediciones de amonio, fosfato y nitrato gracias a un sistema de diagnóstico predictivo llamado Prognosys que monitoriza e interpreta las señales internas del instrumento para informar al usuario de su estado. La lectura se expresa como valor de porcentaje con el objetivo de informar a los operadores sobre cuándo deben someter el instrumento a tareas de mantenimiento antes de que se generen mediciones dudosas que podrían afectar al proceso.

El amonio y el fosfato se miden con las versiones para exteriores de los analizadores Amtax sc (NH_4^+) o Phosphax sc (PO_4^{3-}), respectivamente. Estos analizadores no miden directamente en el medio del proceso, sino que se toma una muestra para análisis del reactor Nereda, prefiltrada (<0,45 micras) en un módulo con limpieza automática y se transporta al analizador. Ambos analizadores tienen un tiempo de análisis de aproximadamente 5 minutos. Los sensores de oxígeno (LDO sc) y pH/ORP (pHD-S sc) se pueden colocar directamente en el medio y, por lo tanto, ofrecen valores de medición en tiempo real.

En la Figura 2, se muestran tendencias de las diferentes señales de medición de los sensores y analizadores durante la fase de aireación. Se puede comprobar que, durante el ciclo de aireación, la concentración de oxígeno se mantiene constante y hay una disminución de la concentración de amonio y ortofosfato. La señal de ORP incrementa en función de la relación creciente entre especies oxidadas y reducidas.

En Epe y Garmerwolde, un parámetro importante para el control del proceso en la fase de aireación de Nereda® es el valor de concentración de NH_4^+ suministrado por el analizador Amtax sc. La fiabilidad del valor de NH_4^+ y otros valores de medición está monitorizada constantemente por Prognosys y clasificada en valores de porcentaje en el llamado indicador de medición. En caso de que el valor del indicador de medición comience a descender desde el 100 %, aún hay tiempo suficiente para actuar antes de que los resultados empiecen a ser dudosos. Si el valor cae por debajo del 50 %, se puede activar una estrategia alternativa para controlar la aireación utilizando el valor de mV suministrado por el sensor de ORP como señal de reserva.

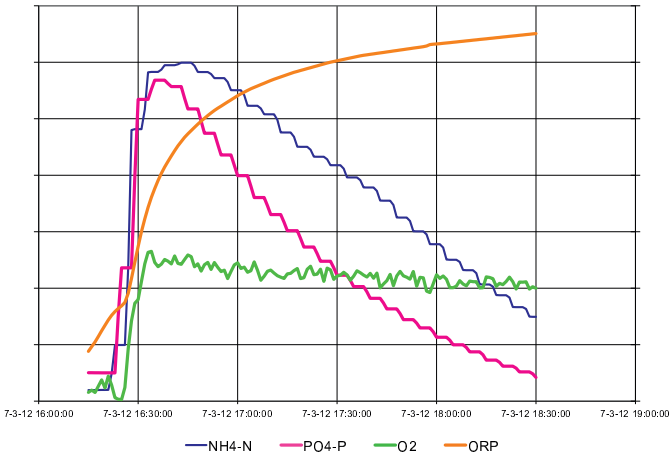

Figura 2: Líneas de tendencia de las mediciones en continuo durante el ciclo de aireación del proceso Nereda®

Transferencia y comunicación de datos

Todas las señales de medición de un reactor son capturadas por un solo controlador SC1000. Se utiliza TCP/IP para la comunicación entre el controlador y AquaSuite® Nereda® PLC. El controlador y los instrumentos acoplados se pueden monitorizar de forma remota a través de la red. Es decir, los valores de medición, así como el estado de los instrumentos proporcionados por Prognosys, pueden recuperarse, y los pasos de mantenimiento como la calibración pueden iniciarse de forma remota.

Resultados de la planta de tratamiento de aguas residuales de Epe, Países Bajos

La planta de tratamiento de aguas residuales de Epe es una planta Nereda a escala completa que fue diseñada y construida por Royal HaskoningDHV entre 2010 y 2011, y está en funcionamiento desde septiembre de 2011. La planta consta de los siguientes procesos principales: una entrada con tamiz y desarenador, a la que siguen tres reactores Nereda® y la filtración de efluentes mediante filtros de arena por gravedad. Los reactores Nereda® están diseñados para aceptar flujos con un caudal diario medio de 8000 m^3/día y un caudal máximo de 36 000 m^3/día. El lodo residual se espesa mediante un espesador de cinta por gravedad y se transporta fuera del centro. El rendimiento de la planta se describe con mayor detalle en la Tabla 1.

Tabla 1: Planta de tratamiento de aguas residuales de Epe; resultados del rendimiento durante la verificación de procesos de marzo – mayo de 2012

Parámetro	Influente [mg/L]	Efluente – media [mg/L]	Efluente (percentil 95 %)
DQO	879	27	32
DBO	333	<2,0	<2,0
N Kjeldahl	77	1,4	1,8
NH_4-N	54	0,1	0,1
N total		<4,0	5,1
P total	9,3	0,3	0,34
Sólidos en suspensión	341	<5,0	<6,0

Una de las ventajas principales de Nereda® es su consumo reducido de energía. En Epe, el consumo de energía original de la planta era de aproximadamente 3500 kWh/d. Con Nereda®, el consumo diario medio se encuentra en la actualidad entre 2000 kWh y 2500 kWh. Esto supone una reducción de aproximadamente un 35 % en comparación con el resto de tipos de plantas convencionales del mismo tamaño en los Países Bajos.

Conclusiones

Las plantas Nereda® existentes han demostrado que la tecnología es capaz de tratar las aguas residuales para mantener unos límites actualmente efectivos de amonio, nitrógeno total y especialmente de fósforo, e incluso para alcanzar límites de efluentes más bajos que la directiva marco del agua de la UE podría establecer en el futuro. Es destacable que la tecnología esté ofreciendo estos estándares de tratamiento con un CAPEX (tamaño de la planta, espacio) y un OPEX (energía, productos químicos) significativamente menores que la tecnología convencional disponible en el mercado.

Autores:
Andreas Giesen
Royal HaskoningDHV, PO Box 1132, 3800 BC Amersfoort, Países Bajos
Para obtener más información: Nereda@rhdhv.com

Andreas Schroers
Hach, Willstaetterstrasse 11, 40549 Duesseldorf, DE

Referencias:
Giesen A. and Thompson A., (2013) Aerobic granular biomass for cost-effective, energy efficient and sustainable wastewater treatment, 7th European Waste Water Management Conference

DOC043.61.30252.Jun15