

Application Report

La importancia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el Sector de Análisis de Aguas

Introducción

Un elevado estándar de vivienda implica en una alta demanda de agua. La interferencia en el ciclo natural puede frecuentemente sobrecargar el proceso natural de recuperación, y puede criar subproductos inesperados (tales como proteínas, grasas y carbohidratos). Puede también ocurrir un acumulo de sustancias tales como pesticidas, efluentes y basura que pueden contaminar el fornecimiento del agua potable con sus efectos tóxicos. Estas sustancias pueden también consumir cantidades tan grandes de oxígeno que los recursos acuáticos se tornan contaminados. Para prevenir el riesgo de una posible amenaza a la salud, o a propia existencia de algunas especies, es esencial determinar la calidad de una fuente de agua antes que el agua sea retirada para el consumo.

Análisis de Agua

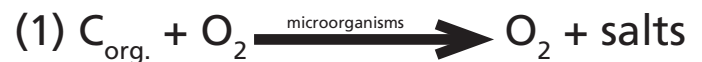
La calidad del agua es dependiente de sus constituyentes, que pueden ser divididos en sustancias orgánicas e inorgánicas. Debido a una amplia gama existente de compuestos naturales y sintéticos, un análisis individual de sus constituyentes no es una posibilidad práctica y, en cualquier caso, es una cuestión compleja. En la práctica, de forma a obtener referencias significativas y que permitirán una evaluación de la calidad del agua, son utilizados métodos rápidos de análisis que consideran grupos de parámetros, al revés de parámetros individuales. La DBO es utilizada para determinar la descomposición aeróbica de las sustancias orgánicas. En 1870, FRANKLAND realizó las primeras mediciones de DBO, que fueran muy similares al método de dilución utilizado actualmente (ver abajo).

Términos y Definiciones

La DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) después de cualquier número determinado de días (n) es definida en detalles en la Norma Alemana DIN 38 409-H51¹ y en la Norma Norte Americana APHA, AWWA, WEF Standard Methods 5210D y está asociada con ciertas condiciones experimentales. Ella representa la cantidad de oxígeno que es consumida durante el proceso aeróbico de descomposición de materias orgánicas, causada por microorganismos. Por tanto la DBO fornece información sobre la proporción del contenido orgánico biológicamente convertible presente en una muestra de agua. Esto lleva a una consideración de estos materiales en términos de su susceptibilidad a la oxidación por el uso del oxígeno. La DBO es definida en miligramos por litro (mg/l) de oxígeno y es usualmente medida en un período de 5 días (DBO₅).

Principio

La habilidad de auto limpieza del agua es basada en la actividad de microorganismos² que están presentes en prácticamente todas las áreas de la vida cómo una población mista³. Ellos se alimentan de sales y compuestos orgánicos tales cómo azúcar, celulosa y sustancias sintéticas convertibles, que son consumidas en la presencia del oxígeno (O₂) – la oxidación bioquímica ocurre y los productos son parcialmente o completamente degradados. La expresión “descomposición total de materiales orgánicos” (Corg.) se entiende como suya descomposición para dióxido de carbono (CO₂) y sales inorgánicas (mineralización), conforme demostrado por la ecuación (1):



Las condiciones para la determinación de la DBO son definidas de forma que solamente la cantidad de materiales orgánicos contenidos en la muestra limite el crecimiento de los microorganismos (ej.: cuanto más grande el número de nutrientes orgánicos presentes, más grande el actividad de troca de materiales de la bacteria) y, por tanto la DBO resultante. El consumo medido de O₂ es el resultado de la conversión microbiológica. En fuentes de agua extremadamente anaeróbicas, los procesos de oxidación pueden también ser detectados en materiales inorgánicos (ej.: Fe²⁺ a Fe³⁺).

Gráficos de la DBO₅ y la DBO

La determinación de los valores de DBO después de 5 días (DBO₅) fue adoptada cómo un compromiso entre un período de test corto y la detección de la descomposición biológica prácticamente completa de materiales orgánicos. Con efluentes domésticos, en 20°C, una degradación completa (=100% de DBO) es obtenida solamente después de 20 días (DBO₂₀); entretanto, después de solamente 5 días, 70% de las sustancias orgánicamente convertibles son descompuestas (HÜTTER, 1994). Entre los valores de la DBO₅ y de la DBO₂₀, se aplica el siguiente estándar; para un dado intervalo de tiempo, la misma proporción de DBO residual por volumen es descompuesta. En 20°C, la capacidad de degradación diaria es 20,6% de la DBO residual restante (HABECK-TROPFKE, 1992) lo que significa que, en condiciones ideales y con una DBO total (DBO₀) de 100 mg/l, después de uno día habría un valor de DBO de 20,6 mg/l. Esta cinética representa una reacción de primera orden. De esta relación es posible utilizar la lectura de la DBO₅ para estimar valores de la DBO₁ a

¹ en conformidad con la norma ISO 5815 (1983), Estándar Alemán DEV e Estándar Austríaco ONORM ISO 5815 (Hütter, 1994);

² bacterias, hongos, arquea, algas y protozoarios;
³ grupos de microorganismos coexisten y están sujetos a la interacción mutua

la DBO₂₀ para efluentes domésticos. Adicionalmente, es posible establecer una relación con los valores de la DBO medidos en otras temperaturas (PÖPPINGHAUS & FRE-SENIUS, 1994). Las ventajas de efectuar las mediciones después de 5 días son, de uno lado el corto período de tiempo necesario para el análisis, y de otro lado el hecho de que la extrapolación puede ser realizada. En algunos países es utilizado un período de prueba de 7 días.

Una gráfica de la DBO puede ser elaborada, en la cual los valores de la DBO son exhibidos de forma gráfica durante un período de tiempo. Ocurre un pequeño desvío de la cinética descrita arriba, causado por fluctuaciones en la tasa de descomposición. En su estado natural, los microorganismos primeramente consumen completamente el material de más fácil descomposición, antes que ellos ataquen la próxima fuente de carbono (C_{source}). La transferencia para el substrato subsecuente está ligada a una fase de adaptación y esto ocasiona una reversión (generalmente de corto plazo) de la actividad de conversión de materiales (diauxia). Consideraciones adicionales están basadas en la posibilidad que, en determinadas condiciones estándar, adaptaciones⁴ de los microorganismos inoculados, causados por su ambiente, sean canceladas durante el período de prueba de 5 días, de forma que los valores de la DBO comparables puedan ser obtenidos (HABECK-TROPFKE, 1992).

Interpretación

Con base en el valor de la DBO, afirmaciones pueden ser efectuadas tanto con respecto a las características de la fuente de agua cuanto a la actividad biológica de la microflora incubada. Por ejemplo, cuando una carga pesada es colocada en una fuente de agua, el agua puede tornar-se anaeróbica como resultado de la falta de oxígeno cuando un efluente con una alta demanda de oxígeno (consumiendo una grande cantidad de oxígeno) es introducido. En otro caso, la capacidad biológica de la planta de tratamiento de efluentes puede ser testada a través de la comparación del valor de la DBO de una solución de control conocida con el valor de la DBO derivado de la micro biosfera presente en la planta de tratamiento. En general, las siguientes afirmaciones pueden ser hechas:

- una DBO elevada indica la presencia de un contenido elevado de material orgánico fácilmente degradable en la muestra;
- una DBO baja indica un pequeño volumen de las materias orgánicas, o sustancias que son de difícil descomposición u otros problemas de medición (vea abajo);
- el formato de la gráfica de DBO (ver arriba) exhibe cuales informaciones adicionales pueden ser obtenidas de estas mediciones (conformidad con el rango de medición; problemas; estándares de descomposición);

Los valores de la DBO son generalmente determinados y evaluados en conjunto con otros parámetros (ej.: DQO, DOC, POC, TOC) o que los torna más útiles en la formulación de previsiones. Por ejemplo, se consideramos una comparación entre los valores medidos de la DBO y la DQO:

- una pequeña diferencia indica que una grande proporción de las materias orgánicas pueden ser fácilmente degradables;
- una grande diferencia indica tanto que la carga orgánica no puede ser fácilmente descompuesta o que hay un problema;

La DBO detecta solamente la proporción destructible de las sustancias orgánicas y como un principio general es, por tanto, menor que o valor de la DQO, que también incluye materias inorgánicas y aquellas materias que no pueden ser biológicamente oxidadas.

Problemas

La biodegradabilidad de las materias presentes en el agua ocurre en dos fases. La descomposición del carbono inicia prácticamente de forma inmediata. En la segunda fase, la nitrificación ocurre, que también envuelve el consumo de oxígeno. Existen dos grupos de bacterias nitrificantes, que catalizan la síntesis en una relación estrecha. Conforme demostrado en la Ecuación 2, el primero grupo oxida el amonio (NH₄⁺) para nitrito (NO₂⁻), que representa el substrato para el segundo grupo, que crea el nitrato (NO₃⁻):



Esta conversión requiere 4,57 mg/l de oxígeno por mg de NH₄⁺ y tiene un efecto significativo en la DBO, que es destinada solamente para la detección del consumo de oxígeno para la oxidación del carbono (C-DBO). Generalmente hablando, la nitrificación inicia después de 10 días, pero puede ocurrir dentro de 5 días en muestras que no sean fuertemente cargadas⁵ (HABECK-TROPFKE, 1992; HÜTTER, 1994). Para evitar esta ocurrencia desagradable, inhibidores de nitrificación, tales como la N-Aliltiourea (ATH) o el 2-cloro-6-(tri-cloro-metilo) piridina (CMTF) pueden ser añadidos. Se fue deseable analizar solamente el consumo de oxígeno del proceso de nitrificación en sí (N-DBO), puede ser efectuada una comparación de los resultados de la muestra analizada con y sin los inhibidores de nitrificación. En contraste a esto, inhibidores o sustancias tóxicas pueden reducir la actividad biológica en el agua, o hasta mismo matar los organismos completamente. Mismo así, puede ser de interese determinar la DBO de una muestra de este tipo. Esto puede ser obtenido con una solución diluida, en la cual las sustancias, tales como los metabólicos tóxicos, estén debajo de la concentración en la cual ellas podrían afectar la descomposición aeróbica.

Procedimientos

Hay dos procedimientos estándar, que son equivalentes cuando en condiciones específicas: el primero es el método de dilución DIN 38409-H51 y fornece la DBO de dilución en un período de n días. En muchos países es el procedimiento oficialmente aprobado. Él es incómodo e incluye una optimización para las condiciones de test necesarias para el proceso de descomposición a 20°C. El contenido de oxígeno es medido directamente en la muestra de agua.

⁴ adaptación de microorganismos a las condiciones ambientales específicas (ej.: temperaturas sazonales; varios xenobióticos, etc...)

⁵ ej.: en la salida de la planta de tratamiento de efluentes;

Tintometer Inc.

6456 Parkland Drive, Sarasota, FL 34243

Telephone: 941.756.6410 / 800.922.5242 / lovibond.com / sales@tintometer.us

El procedimiento más fácil es medir el consumo de oxígeno ZS(n) durante un período de n días (conforme la DIN 38409-H52), y este método es utilizado para los propósitos de monitoreo interno. El método respirométrico (manométrico) es basado en el hecho de que el oxígeno convertido a dióxido de carbono es removido del espectro gaseoso a través de la muestra por medio de un amortiguador de CO₂, usualmente el hidróxido de potasio (KOH). La queda de presión resultante puede ser medida en el sistema cerrado y es proporcional al volumen de oxígeno consumido. El valor consumido de oxígeno (ZS(n)) puede ser interpretado como el valor de la DBO_n donde:

1. solamente la concentración de las sustancias orgánicas limita el consumo de oxígeno en las muestras y
2. la prueba ocurre en 20 ± 1°C.

En el pasado, las mediciones de presión eran usualmente efectuadas con un manómetro de mercurio. Entretanto, esto puede ser efectuado simplemente y confiablemente, utilizando-se un sistema electrónico de medición de la DBO – el BD 600 de la Lovibond®). Después de la medición, los resultados son almacenados y pueden ser recuperados para visualización a cualquier momento en mg/l de DBO. Particularmente esto elimina el uso de mercurio, un elemento que puede ser muy peligroso a la salud (consulte la legislación de su país con respecto a los productos peligrosos).

Aplicaciones Adicionales para el Método de DBO

- La DBO es un criterio para la descomposición biológica y aeróbica. Una aplicación especial es encontrada en análisis de agua para el valor de la DBO_n. Variaciones del método

pueden llevar a otras posibles aplicaciones, tales como:

- verificación de la descomposición aeróbica de productos químicos en el ambiente (ej.: biodegradabilidad conforme la OECD 301) en el período de 28 días;
- determinación de la respiración de suelos, lodos, sedimentos, basura y líquidos;
- pruebas de toxicidad en suelos, lodos, sedimentos, basura y líquidos;
- determinación de la bioactividad en varias áreas ambientales;
- verificación del desempeño en plantas de tratamiento de efluentes;
- determinación de las tasas de respiración de seres vivos (ej.: valor C/R (coeficiente de respiración), pesquisas de estrese;
- consumo de oxígeno de culturas de células bajo la influencia de varias pruebas en la industria médica y farmacéutica;

Valores Típicos

Los ejemplos de valores habituales de la DBO₅ para fuentes de agua naturales y antropogénicas mostrados en la Tabla 1 son datos para los propósitos de orientación general:

Table 1: Typical BOD₅ values (taken from: *PÖPPINGHAUS & FRESENIUS, 1994; HÜTTER, 1994; =LAW-RPL, 1997)

WATER	BOD ₅ [mg/l]	EFFLUENT / OUTFALL	BOD ₅ [mg/l]
GKI. IV	> 15	Blood*	160.000 - 210.000
GKI. IV/III	20 - 10	Liquid manure*	7.000 - 18.000
GKI. III	13 - 7	Whey*	45.000
GKI. III/II	10 - 5	Mosel River (D)	1.0 - 5.1
GKI. II	6 - 2	Nahe River (D)	< 1.0 - 6.7
GKI. II/I	2 - 1	Rhein River (D)	< 1.0 - 1.9
GKI. I	≤ 1	SP-inlet	300 - 350
Drinking Water	< 1	SP-outflow	< 25

SP: municipal sewage treatment plant;
GKI.: saprobity (water quality classification)

Bibliography

DIN:	[German Standards] Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag GmbH, Berlin, Germany.
HABECK-TROPFKE, 1992:	Abwasserbiologie [The Biology of Effluents], 2nd edition, Werner-Verlag.
HÜTTER, 1994:	Wasser und Wasseruntersuchung [Water & Water Investigations], 6th edition, Otto Salle Verlag Frankfurt am Main, Germany.
LAW-RPL, 1997:	Data Record of German Rivers in 1995, offprint from Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz, Germany.
PÖPPINGHAUS & FRESENIUS, 1994:	Abwassertechnologie [Effluent Technology], editors: Institut Pöpping-haus GmbH und Institut Fresenius GmbH, 2nd edition, Springer-Verlag, Berlin, Germany.

Tintometer Inc.

6456 Parkland Drive, Sarasota, FL 34243
Telephone: 941.756.6410 / 800.922.5242 / lovibond.com / sales@tintometer.us