

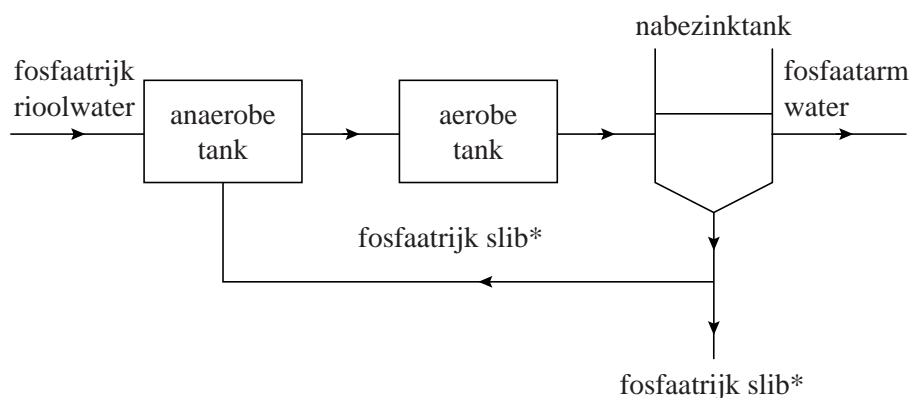
Bio-P

Te veel fosfaat in oppervlaktewater leidt tot een afname van de waterkwaliteit. Een van de oorzaken is het uitspoelen van (kunst)mest vanaf landbouwgrond.

- 1p 18 Geef de naam van de vakterm waarmee deze afname van de waterkwaliteit wordt aangeduid.

Rioolwater bevat ook fosforverbindingen die veelal worden aangeduid als fosfaat. In een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) wordt rioolwater gezuiverd. De gezuiverde uitstroom van een RWZI wordt geloosd op het oppervlaktewater. In steeds meer RWZI's wordt fosfaat biologisch verwijderd met het zogenoemde Bio-P proces. In figuur 1 is dit continuproces schematisch weergegeven.

figuur 1



* slib = waterige biomassa, bestaande uit o.a. bacteriën

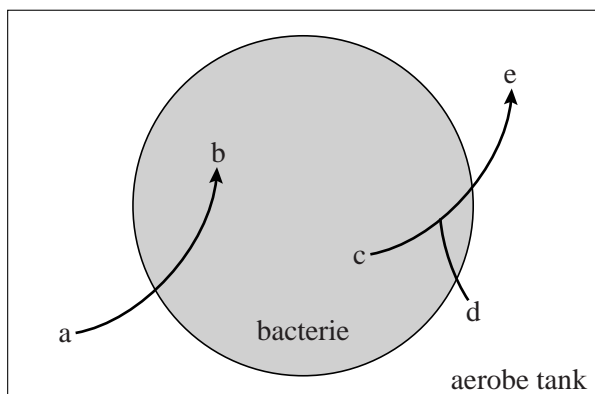
In het Bio-P proces wordt gebruikgemaakt van speciale bacteriën. Deze zetten fosfaat om tot polyfosfaat dat zij opslaan als energievoorraad. In het Bio-P proces zijn afwisselend anaerobe (zuurstofloze) en aerobe (zuurstofrijke) omstandigheden nodig.

In de anaerobe tank nemen de bacteriën koolstofverbindingen op uit het rioolwater, zetten die om tot polyhydroxybutyraat (PHB) en slaan het PHB op. Voor de omzetting van koolstofverbindingen tot PHB is energie nodig. De bacteriën halen deze energie uit de afbraak van polyfosfaat tot fosfaat. Het fosfaat wordt uitgescheiden en komt weer in het water terecht.

In de aerobe tank zetten de bacteriën PHB om tot koolstofdioxide en water. De energie die hierbij vrijkomt, gebruiken ze om zich te vermeerderen. Daardoor neemt het aantal bacteriën toe en dus ook de hoeveelheid slib.

De bacteriën in de aerobe tank nemen fosfaat op en zetten dit om tot polyfosfaat. De hoeveelheid fosfaat die hierbij wordt opgenomen, is veel groter dan door de bacteriën in de anaerobe tank is afgegeven.

De omzettingen die in de bacteriën in de aerobe tank plaatsvinden, zijn hieronder schematisch vereenvoudigd weergegeven:



- 2p **19** Geef de namen van de stoffen die bij de letters a tot en met e geplaatst moeten worden.

Maak een keuze uit:

fosfaat, koolstofdioxide + water, polyfosfaat, PHB, zuurstof.

Noteer je antwoord als volgt:

a: ...

b: ...

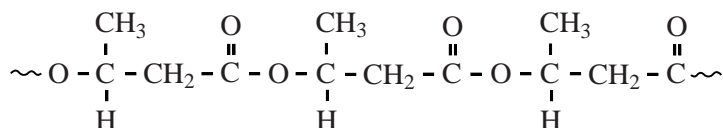
c: ...

d: ...

e: ...

- 2p **20** Leg uit, aan de hand van de informatie over het Bio-P proces, of de omzetting van polyfosfaat tot fosfaat een endotherm of een exotherm proces is.

PHB is een polyester. De structuurformule van een fragment van PHB is hieronder weergegeven:



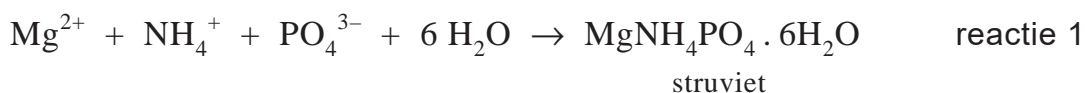
PHB kan worden beschouwd als een condensatiepolymeer dat is gevormd uit het monomeer $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$.

- 2p 21 Geef de structuurformule van het monomeer $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$.

Voor de omzetting van PHB tot koolstofdioxide en water is zuurstof nodig.

- 3p 22 Geef de vergelijking in molecuulformules van deze omzetting. Gebruik de formule $(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2)_{1000}$ voor PHB.

Een gedeelte van het fosfaatrijke slib wordt teruggevoerd naar de anaerobe tank (zie figuur 1). De rest van het slib wordt afgevoerd. In een aantal moderne RWZI's wordt deze rest gebruikt om fosfaat terug te winnen in de vorm van struviet ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), dat als kunstmest kan worden gebruikt. Na een aantal bewerkingen van het slib wordt een geconcentreerde oplossing van magnesiumchloride toegevoegd. De volgende reactie vindt dan plaats:



De vorming van struviet vindt plaats in een licht basisch milieu met een pH van 7,8.

- 2p 23 Bereken de $[\text{OH}^-]$ in mol L^{-1} in een oplossing met $\text{pH} = 7,8$ ($T = 298 \text{ K}$).

Het slib bevat voldoende NH_4^+ en water om alle fosfaat (PO_4^{3-}) om te zetten tot struviet. In een bepaalde RWZI wordt 2,5 ton struviet per dag gevormd volgens reactie 1.

- 3p 24 Bereken hoeveel kg magnesiumchloride-oplossing minstens per dag moet worden toegevoegd aan slib om het aanwezige fosfaat volledig om te zetten tot 2,5 ton struviet volgens reactie 1.

Maak gebruik van de volgende gegevens:

- Een ton is 10^3 kg .
- De molaire massa van struviet is $245,41 \text{ g mol}^{-1}$.
- De magnesiumchloride-oplossing bevat 32 massaprocent magnesiumchloride.
- De hoeveelheid Mg^{2+} die in slib voorkomt, mag worden verwaarloosd.