

De fosforkringloop.

Inleiding: Het element fosfor (P) en de verbinding fosfaat (PO_4^{3-})

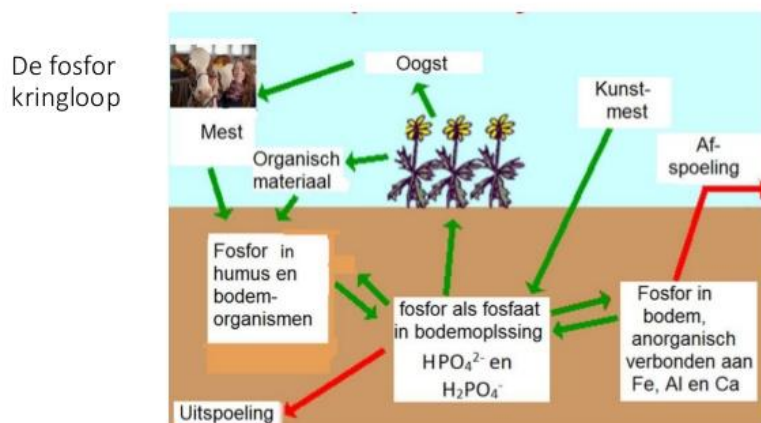
Fosfor is een essentiële voedingsstof voor planten en dieren in de vorm van PO_4^{3-} en HPO_4^{2-} ionen. Het is een deel van DNA-moleculen, van moleculen die energie opslaan en het zit in vetten en celmembranen. Fosfor is ook een bouwsteen van bepaalde delen van het menselijk en dierlijk lichaam, zoals de botten en tanden.

Fosfor komt op aarde voor in het water, de bodem en het sediment. In tegenstelling tot andere stoffen in de diverse kringlopen, wordt fosfor niet in gasvormige staat in de lucht aangetroffen. Fosfor is namelijk bij normale druk en temperatuur vloeibaar. Het circuleert vooral door het water, de bodem en het sediment. In de atmosfeer kan het vooral gevonden worden in de vorm van zeer kleine stofdeeltjes.

Fosfor beweegt zich langzaam van stortplaatsen op het land en in het sediment naar levende organismen, en van daaruit nog langzamer terug naar de bodem en het sediment. De fosforkringloop is de langzaamste kringloop bij het rouleren van stoffen.

Fosfor wordt vooral als fosfaat zout gevonden in rotsformaties en oceaansedimenten. Fosfaat zouten die vrijkomen als gevolg van de verwerking van rotsen lossen meestal op in bodemwater en worden opgenomen door planten. Omdat de hoeveelheid fosfor in de bodem doorgaans laag is, is het vaak de beperkende factor bij plantengroei. Daarom passen mensen vaak fosfaatmeststoffen toe in de landbouw. Fosfaat is de beperkende factor bij plantengroei in water (zoals sloten, rivieren en zeeën), omdat het niet goed in water oplost. Dieren nemen fosfaten op door planten te eten of planteneterende dieren te eten.

Fosfor beweegt zich veel sneller door planten en dieren dan door rotsen en sedimenten. Wanneer dieren en planten sterven, keert het fosfaat tijdens de afbraak terug in de bodem en oceanen. Daarna komt het fosfor weer terecht in sedimenten en rotsformaties, waar het miljoenen jaren kan blijven. Uiteindelijk komt het fosfor weer door verwerking vrij en begint de hele cyclus weer opnieuw. Hieronder vind je een schematische weergave van de fosforcyclus (figuur 1):



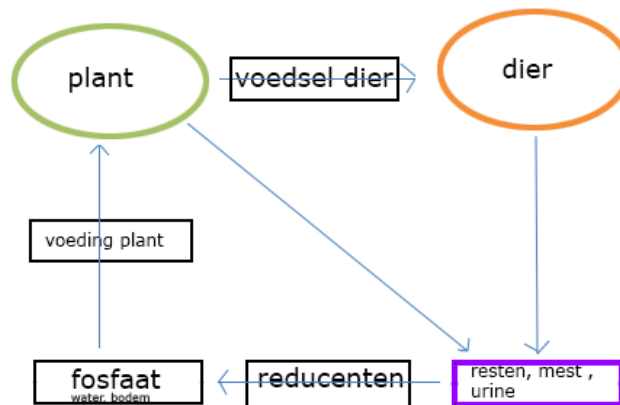
Figuur 1: Schematische weergave van de fosforkringloop

Op aarde is het element fosfor (symbool =P) is vooral aanwezig als fosfaat (PO_4)³⁻

Samengevat:

Fosfaten spelen een belangrijke rol voor het leven op aarde. Elke planten- en dierencel heeft om de celmembraan die uit fosfaten bestaan. Tevens regelen fosfaten de energie-overdracht in de cellen en zijn ze een belangrijk onderdeel van het DNA. Een gebrek aan fosfaat of stikstof zorgt voor een slechte groei.

Fosfaten komen alleen voor in de bodem, in water en in planten of dieren, niet in de lucht. De hoeveelheid fosfaten in de bodem is beperkt zodat er vaker een tekort aan fosfaat zal ontstaan dan aan stikstof. Ook de fosfaten bewegen zich in een kringloop, hieronder zien we hier een figuur van.



Figuur 2: Nogmaals de fosfaatkringloop; fosfaten kennen een eenvoudige kringloop, ze zitten alleen in bodem, in water, in planten en dieren.

1. Fosfor is beperkt op aarde aanwezig meestal als fosfaat en dit dreigt op te raken

Fosfor als element komt bijna niet voor. In het periodiek systeem heeft fosfor P als symbool, het nummer van P is 15 en de massa is 31. De meest voorkomende vorm van fosfor is fosfaat (PO_4)³⁻. De bekendste vorm van fosfaat is bot of been. Been bestaat niet alleen uit kalk maar ook uit fosfaat, het zogenaamde calciumfosfaat. Ook onze tanden bestaan uit calciumfosfaat.

Een van de belangrijkste scheikundige ontdekking uit de geschiedenis is dat men erachter was gekomen dat uitgeputte en verarmde gronden het beste bemest konden worden met gemalen botten. Deze botten werden toen verzameld van velden waar veldslagen hadden plaatsgevonden, massa's menselijke botten dus.

Hieronder zien we enkele verbindingen die veel fosfor of beter fosfaat bevatten.

2. Processen met fosfaat, tekorten en overmaat.

Omdat bij fosfor geen aanvoer of aanvulling vanuit de lucht kan plaatsvinden net als bij koolstof (koolstofdioxide) en stikstof (luchtstikstof) kan er plaatselijk snel een tekort aan fosfaat ontstaan. Als planten worden afgevoerd en hun resten niet meer terugkomen wordt ook de fosfaten blijvend afgevoerd. De kringloop van fosforhoudende deeltjes wordt hierdoor dus verstoord en uit balans gebracht. Gronden verarmen zo erg snel. Dit gebeurde toen er steden ontstonden. De boeren uit de middeleeuwen hadden dit al snel begrepen.

Voedsel werd naar een stad vervoerd maar als de stadse menselijke mest niet teruggehaald werd groeide er na een aantal jaren niets meer. In China is het nog steeds heel gebruikelijk dat alle menselijke mest weer hergebruikt wordt op de akkers. Fosfaat is veel meer dan nitraat (stikstof) de beperkende factor voor plantengroei!

3. Wat heeft de WC met kunstmest te maken? Geen gesloten kringloop binnen de teelt.

Met de opkomst van het toilet/WC gingen in het verleden de fosfaten in de menselijk mest verloren. De fosfaatrijke menselijk mest werd immers weggespoeld in het riool. Dit zorgde ervoor dat de menselijke mest verderop in een rivier terecht kwam en verder werd afgevoerd naar zee. Dit fosfaat verdween dus voor eeuwig uit onze gronden. Bijkomend nadeel was dat men ook te maken kreeg met stinkende en dode rivieren waarin zich veel te veel fosfaten bevond. Men ging aan de slag met rioolzuiveringsinstallaties. Rioolwater moest voor een belangrijk deel schoongemaakt worden. Er ontstond hierbij rioolslib, fosfaatrijk rioolslib. Toch kan men dit niet gebruiken om land te bemesten, er zitten namelijk allerlei andere ongewenst stoffen in zoals zware metalen en andere giftige stoffen. Dit fosfaatrijke product wordt dus gedumpt. (In de meeste gevallen werd dit verbrand)

Het fosfaat hoefde ook niet meer terug want men had inmiddels fosfaatkunstmest uitgevonden. Op een beperkt aantal plekken in de wereld heeft men fosfaat ertsen ontdekt. Marokko en China bezitten 80 % van de wereldvoorraad en men schat dat deze voorraad tussen 2050 en 2070 op zal zijn. Het maken van fosfaatrijke kunstmest maken is dan ook afgelopen.

4. Voedseltransporten en fosfaat, fosfaadmijnen raken leeg.

Er zijn landen in de wereld die veel meer voedsel exporteren dan importeren. Voedsel exporterende landen exporteren ongewild ook hun fosfaat dat in dit voedsel zit. Hun gronden zullen verarmen. Vooral de Verenigde Staten, Brazilië en Frankrijk exporteren geweldige hoeveelheden voedsel in de vorm van graan. (en soja) Deze landen verbruiken enorme hoeveelheden fosfaatkunstmest. Anders verarmen hun gronden, er wordt immers voortdurend fosfaat afgevoerd. De landen die het voedsel importeren worden steeds rijker aan fosfaat. Een belangrijk deel van het voedsel wordt namelijk aan dieren gevoerd. En deze dieren maken producten zoals vlees, melk en eieren maar het meeste wat ze produceren is natuurlijk mest, fosfaat houdende mest. Er ontstaat hier dus een overschot aan fosfaatrijke mest. Het beste is natuurlijk dat deze fosfaatrijke mest natuurlijk terug zou gaan naar de landen die voedsel exporteren. Maar dit gebeurt niet om economische redenen. De kringloop wordt dus niet gesloten. En als je een natuurlijk kringloop niet sluit krijg je op allerlei plaatsen problemen.

Vragen en opdrachten:

1. Noem drie cel onderdelen waarbij fosfaat een belangrijke rol speelt
2. We kennen de compartimenten water, lucht, bodem en organismen. In welk compartiment komt fosfaat niet voor?
3. Dieren bezitten in tegenstelling tot planten heel veel fosfaat. In welk onderdeel van mens of dier bevindt zich heel veel fosfaat?

4. Welke twee mineralen bevinden zich in beendermeel dat als kunstmest gebruikt kan worden?
En waarom is dit eigenlijk geen echt kunstmest?
5. Als voedsel naar de stad gaat waarom ontstaat er dan in een natuurlijke kringloop snel een tekort aan fosfaat in de bodem?
6. In welk land is menselijke mest nog altijd een vast onderdeel van de bemesting van de bodem?
7. Leg uit hoe er met de komst van de WC een belangrijk deel van de fosfaat niet meer terugkomt op het land als bemesting. Waar blijft dit fosfaat?
8. Wat is het voordeel en wat is het nadeel van fosfaatkunstmest?
9. Wat is het nadeel van voedseltransporten over grote afstanden?
10. Leg uit dat voedselexportlanden kampen met fosfaatgebrek en netto-voedselimportlanden kampen met een fosfaatoverschot.

Opdracht:

**In kunstmest bevinden zich een deel P(fosfor) of N(stikstof),
percentages = aandeel P x 100 %.**

Berekening: (= aandeel P/totale massa) x 100% = gehalte in procenten.

- Bereken het gehalte P in K_3PO_4
- Bereken het gehalte P in $Ca_3(PO_4)_2$
- Bereken het gehalte P in $Ca(H_2PO_4)_2$
- Bereken het gehalte N in KNO_3
- Bereken het gehalte N in $Ca(NO_3)_2$
- Bereken het gehalte N in NH_4NO_3