

Van urine tot kunstmest

De hoogheemraadschappen van Rijnland en Delfland zijn in samenwerking met onder andere Eco-toilet een onderzoek gestart naar de bereiding van kunstmest uit urine. In onderstaand artikel wordt daarvan verslag gedaan.

tekstfragment 1

Van Haagse plaspaal naar grasmest in Hengelo

Uitgaansleven van Den Haag blijkt uitstekende mest op te leveren

Om wildplassen te voorkomen, werden vanaf mei 2007 in het Haagse uitgaansleven mobiele toiletten neergezet. Elk weekeinde wordt op die manier in Den Haag tussen de vierduizend en zesduizend liter urine opgevangen. Aanvankelijk verdween deze urine gewoon in het riool. Nu gaat de verzamelde urine met een tankwagen naar Leiden. Daar, bij de waterzuiveringsinstallatie van het hoogheemraadschap, volgt een chemisch proces waarbij uiteindelijk kunstmest ontstaat.

Voor die liters urine is een speciale installatie gebouwd die bestaat uit een opslagtank en een eenvoudige reactor. In de reactor wordt urine verwerkt tot struviet. Dat is een mineraal, samengesteld uit ammonium, fosfaat en magnesium. En struviet is uitstekend te gebruiken als kunstmest. De kwaliteit van deze kunstmest werd voor het eerst getest op de grasvelden van voetbalclub Tubantia in Hengelo. Daar bleek het gras even goed te groeien als met conventionele kunstmest.

naar: Het Parool

De samenstelling van struviet wordt chemisch onzorgvuldig beschreven. Struviet is een zogenoemd dubbelzout dat uit twee soorten positieve ionen en één negatieve ionsoort bestaat.

- 2p **21** Geef de formules van de ionen waaruit struviet bestaat en geef de formule van struviet.

Kees en Daphne willen meer te weten komen over het chemische proces en gaan op zoek naar meer informatie. In Binas-tabel 85B vinden ze de samenstelling van urine. Ze vinden op internet een voorschrift voor een proef waarmee thuis op kleine schaal struviet uit urine kan worden gemaakt. Het voorschrift is als tekstfragment 2 opgenomen in de bijlage. Lees tekstfragment 2 en beantwoord daarna de volgende vragen.

2p **22** Beschrijf hoe je in stap 1 te werk moet gaan om de pH van de urine te bepalen met de bijgeleverde pH-teststrips.

2p **23** Wat is de functie van het urease bij deze proef? Motiveer je antwoord met een gegeven uit tekstfragment 2.

Eén van de reactieproducten van de hydrolyse van ureum veroorzaakt de toename van de pH tot 9 of hoger (stap 4).

2p **24** Geef de reactievergelijking waaruit blijkt dat dit reactieproduct de pH doet toenemen tot (ruim) boven 7.

Wanneer magnesiumchloride in contact komt met water (stap 5) ontstaat warmte.

3p **25** Verklaar deze warmte-ontwikkeling. Noem in deze verklaring onder andere de bindingen die worden verbroken en die worden gevormd.

2p **26** Geef een mogelijke verklaring voor het bruisen, dat soms kan worden waargenomen, wanneer magnesiumchloride in contact komt met het mengsel dat na stap 4 is ontstaan.

4p **27** Bereken hoeveel gram magnesiumchloride minstens moet worden toegevoegd aan 200 mL urine om het aanwezige fosfaat volledig om te zetten tot struviet. Maak gebruik van de volgende gegevens:

- Binas-tabel 85B; met % wordt massaprocent bedoeld;
- de dichtheid van urine is $1,0 \text{ g mL}^{-1}$;
- na de hydrolyse is ammonium in overmaat aanwezig;
- per mol fosfaat is één mol magnesiumchloride nodig.

2p **28** Bereken hoeveel liter plantenvoeding kan worden gemaakt met de struviet die ontstaan is uit 200 mL ochtendurine. Gebruik de gegevens die in stap 7 zijn vermeld en geef je antwoord in 2 significante cijfers.

Kees en Daphne bekijken op YouTube een filmpje van de uitvoering van de proef die in tekstfragment 2 is beschreven. Het filmpje wordt besloten met een animatie waarin met molecuulmodellen de hydrolyse van ureum wordt verduidelijkt. Het beginbeeld en het eindbeeld van deze animatie zijn opgenomen in figuur 1 op de bijlage. Er zit een fout in figuur 1. Kees en Daphne sturen een e-mail naar de makers van de animatie om ze op die fout te wijzen. Verder doen zij in hun e-mail een aanbeveling voor een verbetering van de weergave van de hydrolyse.

- 4p **29** Schrijf zo'n e-mail en vermeld daarin welke twee veranderingen in beginbeeld en/of eindbeeld de weergave van de hydrolyse verbeteren.
- Eén van de veranderingen moet gaan over de fout in figuur 1.
 - Vermeld ook waarom de weergave van de hydrolyse verbeterd wordt door de aanbevolen veranderingen.

Kees en Daphne bellen met het hoogheemraadschap om meer informatie over het proces zoals dat bij de waterzuiveringsinstallatie wordt uitgevoerd. Zij vragen onder andere waarom de productie van struviet alleen met apart verzamelde urine wordt uitgevoerd en niet met het (gewone) rioolwater waarin urine normaal gesproken terechtkomt. Stel dat jij chemicus bent die bij het proefproject is betrokken en deze vraag beantwoordt.

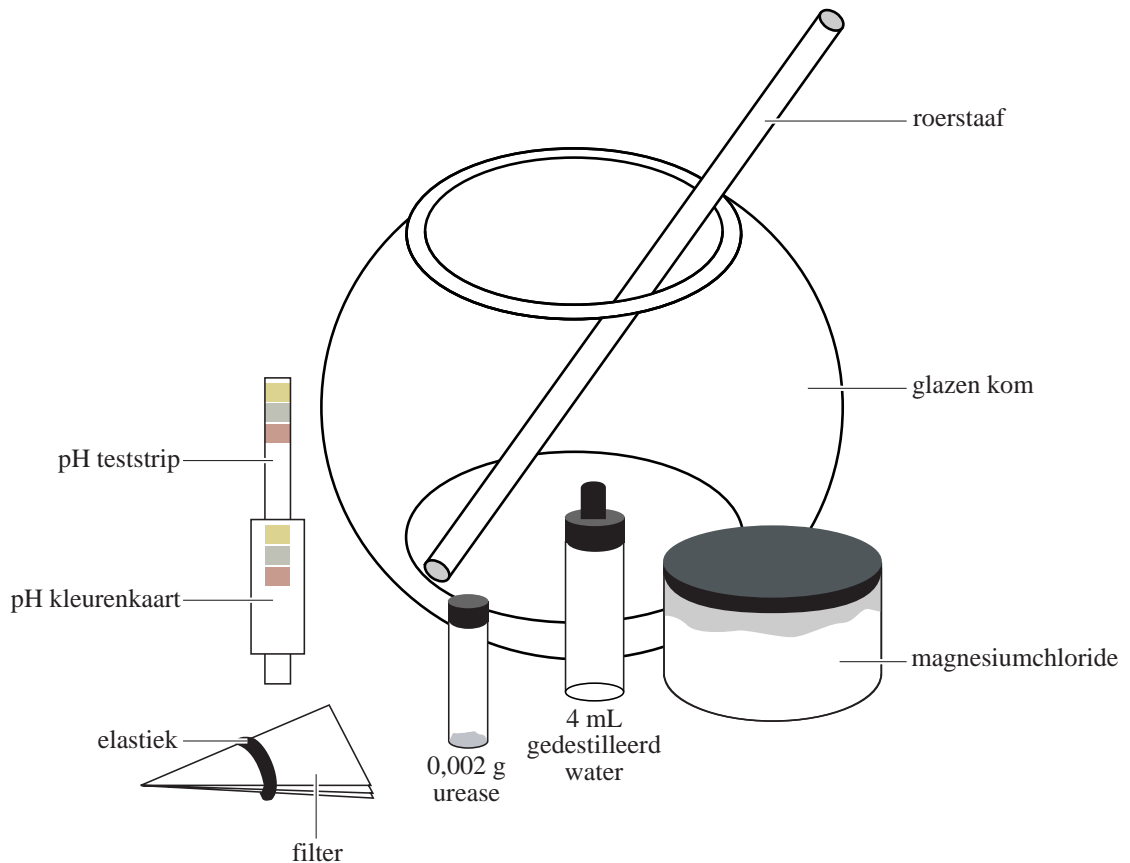
- 2p **30** Geef twee redenen die jij als chemicus zou noemen waarom het beter is om apart verzamelde urine te gebruiken in plaats van rioolwater om struviet te maken.

Van urine tot kunstmest

tekstfragment 2

“Urine to Fertilizer DIY Kit. Derive houseplant fertilizer from your pee!”

De bestanddelen waaruit deze DIY Kit (Do It Yourself Kit) bestaat, zijn hieronder weergegeven:



Uitvoering (in 7 stappen):

1. Doe 200 mL ochtendurine in de kom. Noteer de geur en de kleur. Deze gaan tijdens de reactie veranderen. Bepaal de pH met een pH-teststrip en noteer deze.
2. Maak een urease-oplossing door gedestilleerd water te druppelen in het flesje met urease. Doe het dopje erop en schud tot de vaste stof is opgelost.
3. Voeg, om de ureum te hydrolyseren ^{*}, de urease-oplossing druppelsgewijs toe aan de urine. Roer daarbij voortdurend. Leg vervolgens een stukje plastic los op de opening van de kom en zet het geheel in de koelkast.
4. Haal de kom na 1,5 uur uit de koelkast. Het mengsel zal nu meer naar ammoniak ruiken. Bepaal de pH. Als het goed is, zal de pH nu 9 of hoger zijn. Als de pH lager is, zet het mengsel dan nog enige tijd in de koelkast en bepaal de pH opnieuw. Ga pas verder met de volgende stap als de pH 9 of hoger is.

vervolg tekstfragment 2

5. Voeg dan, op een goed geventileerde plaats, het magnesiumchloridepoeder toe aan het mengsel. Voeg steeds maar een half theelepeltje per keer toe en roer daarbij goed. De oplossing wordt warm en het kan soms even bruisen. Roer het mengsel nadat alles is toegevoegd nog even door. Na 5 minuten wordt een wit neerslag zichtbaar. Dit is struviet. Wacht tot zich geen struviet meer vormt. Dat kan enkele uren duren.
6. Maak het filter met het elastiek vast over de opening van de kom en draai het geheel voorzichtig om. Laat de vloeistof door het filter in de gootsteen lopen. Haal het filter daarna van de kom. Op het filter ligt het struviet.
7. Ga als volgt te werk om het verkregen struviet te gebruiken als kunstmest:
 - doe het filter met struviet in de kom en voeg ongeveer 200 mL kraanwater toe;
 - roer enige tijd en haal daarna het filtreerpapier uit de kom;
 - meng 1 lepel (5 mL) struviet-water-mengsel met 3,5 L kraanwater.
 Deze oplossing kan gebruikt worden als voeding voor planten.

*) Ureum is een organische verbinding met de formule $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$.
 Bij de hydrolyse van ureum, treedt de volgende reactie op:
 $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{NH}_3$

figuur 1

