

Toiletpapier wordt bio-ethanol

Een rioolwaterzuiveringsinstallatie zuivert rioolwater voordat het in het oppervlaktewater wordt geloosd. Het rioolwater ondergaat daarbij een reinigingsstap om cellulosevezels te verwijderen die afkomstig zijn uit toiletpapier. Cellulosevezels lossen namelijk slecht op in water en zijn lastig afbreekbaar. Bovendien kunnen deze vezels nuttig worden gebruikt als grondstof voor de brandstof bio-ethanol.

- 2p 1 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de naam van de scheidingsmethode die kan worden toegepast om de cellulosevezels te verwijderen uit het rioolwater.
 - Geef aan op welk verschil in eigenschap deze methode berust.

De slechte oplosbaarheid van cellulosevezels in water wordt onder meer veroorzaakt doordat cellulosemoleculen onderling stevig zijn gebonden door middel van waterstofbruggen. Op de uitwerkbijlage zijn fragmenten van twee cellulosemoleculen in structuurformule weergegeven.

- 2p 2 Teken op de uitwerkbijlage twee waterstofbruggen die de twee cellulosemoleculen met elkaar verbinden.
Geef de waterstofbruggen weer met stippelijntjes (•••).

In deze opgave worden twee processen (A en B) vergeleken waarmee cellulose uit toiletpapier kan worden omgezet tot bio-ethanol.

In proces A wordt cellulose met stoom verhit bij een temperatuur van 700 °C. Hierbij ontstaat een mengsel van gassen. Nadat verontreinigingen zijn verwijderd, blijft syngas over. Syngas is een mengsel van waterstof en koolstofmono-oxide. Dit syngas wordt vervolgens door bacteriën in een waterige omgeving via reactie 1 en reactie 2 omgezet.



Hierbij wordt alle CO_2 die in reactie 1 ontstaat, bij reactie 2 gebruikt. Daardoor komt de totale reactie neer op de omzetting van syngas tot uitsluitend ethanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) en water. De vergelijking van de totale reactie kun je opstellen door beide reacties in de juiste verhouding bij elkaar op te tellen.

- 3p 3 Voer de volgende opdrachten uit:
- Tel beide reacties in de juiste verhouding bij elkaar op.
 - Laat zien dat in de totale reactie uitsluitend ethanol en water ontstaan **en** vereenvoudig je vergelijking.

Proces B maakt gebruik van een samenwerking tussen een bacterie en een gist. Bij een temperatuur van 30 °C zorgt de bacterie voor de omzetting van cellulose met water tot onder andere het sacharide cellotriose (C₁₈H₃₂O₁₆). De gist zet vervolgens cellotriose om tot ethanol en CO₂ volgens reactie 3.



De productie van ethanol volgens reactie 3 heeft een lage atoomeconomie.

- 2p **4** Bereken de atoomeconomie voor de productie van ethanol volgens reactie 3.

Proces A en proces B kunnen met elkaar worden vergeleken volgens de uitgangspunten van de groene chemie. Een nadeel van proces B is de lage atoomeconomie van de productie van ethanol in reactie 3. Toch zijn er ook uitgangspunten die in het voordeel van proces B uitvallen.

- 1p **5** Geef een uitgangspunt van de groene chemie dat in het voordeel uitvalt van proces B ten opzichte van proces A. Licht je antwoord toe.
- Kies uit de uitgangspunten: 6, 8, 9 en 12.
 - Gebruik Binas-tabel 97F of ScienceData-tabel 38.6.