

Het gebruik van fossiele brandstoffen heeft de laatste decennia gezorgd voor een aanzienlijke toename van het koolstofdioxide-gehalte van de atmosfeer. Men neemt aan dat deze toename invloed heeft op het klimaat op aarde: het versterkte broeikaseffect. In het artikel 'Versnelde verwerking', dat in mei 2002 in het tijdschrift *Natuur en Techniek* heeft gestaan, wordt een methode besproken om koolstofdioxide uit de atmosfeer vast te leggen via een natuurlijk proces: de verwerking van het mineraal olivijn. Onderstaande tekst bevat delen uit dit artikel. Lees deze tekst en beantwoord vervolgens de vragen van deze opgave.

tekst

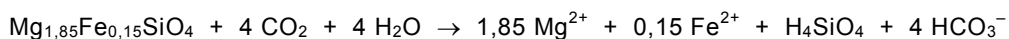
Chemische verwerking houdt CO₂ binnen de perken

De mensheid onttrekt enorme massa's materiaal aan de aarde (ertsen en mineralen, fossiele brandstoffen, grondwater) of voegt ze eraan toe (kunstmest, bevloeiing, opslag van afval, CO₂), vrijwel zonder zich zorgen te maken om de consequenties. Tegelijkertijd bestaat er grote huiver tegen grootschalig gebruik van bestaande natuurlijke processen om de schadelijke gevolgen van menselijke ingrepen om te buigen. Te denken valt aan voorstellen om voedselarme delen van de oceaan bij te mesten met mestoverschotten. De verhoogde algengroei zou CO₂ aan de atmosfeer onttrekken. Het voorstel om de natuurlijke verwerking van het mineraal olivijn (zie kader onderaan de pagina) een handje te helpen, om de door de mens veroorzaakte toename van het CO₂-gehalte van de atmosfeer terug te dringen, roept onmiddellijk dezelfde weerstand op. Vreemd, omdat bekalking van landbouwgronden een algemeen aanvaarde maatregel is, hoewel kalk (in tegenstelling tot olivijn) geen gunstig effect heeft op de CO₂-vastlegging.

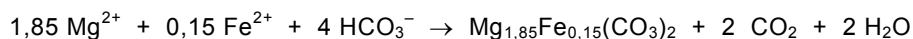
Onlangs is het voorstel gelanceerd om CO₂ bij puntbronnen zoals olieraffinaderijen en kolencentrales af te vangen en daarmee bij verhoogde temperatuur silicaten om te zetten in carbonaten. Met het silicaat olivijn blijkt de reactie snel te verlopen – binnen hooguit enkele uren – en de producten zijn gehydrateerde amorfe silica (H₄SiO₄) en magnesiumcarbonaat. Een nadeel is dat deze twee vaste stoffen gemengd vrijkomen; het proces zou met een simpele scheidingsstap moeten worden uitgebreid om deze twee vaste fasen in min of meer zuivere vorm te verkrijgen. Naar verwachting kan het gevormde silica in bouwmaterialen worden toegepast. Kostenbesparend bij deze technologie kan wellicht zijn dat aparte ontzwavelingsinstallaties niet meer nodig zijn. In de rookgassen aanwezig zwaveldioxide en zwavelzuur worden namelijk ook door olivijn geneutraliseerd en vastgelegd als MgSO₄.

Behalve als technologie om puntbronnen van CO₂ te behandelen, kan dezelfde reactie ook op een extensieve, goedkopere en meer natuurlijke manier worden ingezet. Ter bestrijding van de effecten van zure regen wordt veel akkerland regelmatig bekalkt. Om de paar jaar moet deze behandeling worden herhaald. In Nederland willen we de komende jaren een vrij groot landbouwareaal aan de landbouw onttrekken en transformeren tot bossen. Een olivijnbehandeling van het land, voordat zo'n bos wordt geplant, is dan aan te bevelen. Daarmee wordt ook het effect van zure regen tegengegaan.

Chemische verwerking van olivijn verloopt als volgt:



Deze reactie wordt gevolgd door:



Laten we als gedachte-experiment eens uitrekenen hoeveel olivijn we theoretisch nodig zouden hebben om 20% van alle CO₂ uit de atmosfeer om te zetten (naar het niveau van het jaar 1800). De massa van alle CO₂ in de atmosfeer is ongeveer $2,5 \cdot 10^{18}$ gram. Als we voor de dichtheid van olivijn $2,5 \text{ g cm}^{-3}$ nemen, dan is er om 20% van het CO₂ uit de atmosfeer te halen ongeveer 320 km^3 olivijn nodig. Zo zou een stoflaagje olivijn op het land een serieuze bijdrage kunnen leveren aan de bestrijding van het broeikasgevaar.

naar: *Natuur en Techniek*, mei 2002

- 3p **13** ☐ Geef de naam van het proces dat plaatsvindt wanneer algen CO_2 aan de atmosfeer onttrekken. Geef ook de namen van de twee eindproducten die bij dit proces ontstaan. Noteer je antwoord als volgt:
naam van het proces: ...
namen van de eindproducten: ... en ...

Bij bekalking van landbouwgronden wordt kalk toegevoegd. De aanduiding 'kalk' is niet eenduidig: men kan er de stof 'ongebluste kalk', 'gebluste kalk' of 'kalksteen' mee bedoelen. Mede met behulp van een gegeven uit het artikel is op te maken welke stof hier wordt bedoeld.

- 1p **14** ☐ Welke reden wordt in het artikel genoemd om bekalking van landbouwgrond toe te passen?
4p **15** ☐ Leg aan de hand van de formules van de drie verschillende soorten kalk en een gegeven uit het artikel uit met welke stof(fen) men landbouwgrond bekalkt.

In regel 18 wordt voorgesteld om een 'simpele scheidingsstap' toe te passen waarbij twee stoffen 'in min of meer zuivere vorm' worden verkregen. Welke scheidingsmethode de schrijver van het artikel wil gebruiken, wordt niet duidelijk, maar het is aannemelijk dat hij extractie met water bedoelt.

Een leerling krijgt als practicumopdracht een mengsel van magnesiumcarbonaat en gehydrateerde amorfe silica te scheiden. Hij mag ervan uitgaan dat de gehydrateerde amorfe silica onoplosbaar is. Het magnesiumcarbonaat zorgt daarbij voor een probleem.

- 1p **16** ☐ Waarom zorgt magnesiumcarbonaat voor een probleem bij deze scheidingsmethode?
3p **17** ☐ Beschrijf een werkplan om het mengsel van magnesiumcarbonaat en gehydrateerde amorfe silica zo te scheiden dat beide stoffen zo zuiver mogelijk en in vaste toestand worden verkregen.

Het vastleggen van zwaveldioxide in de vorm van MgSO_4 is het resultaat van enkele elkaar opvolgende reacties.

- 4p **18** ☐ Geef van die reacties de reactievergelijkingen. Ga ervan uit dat in olivijn als positief ion uitsluitend Mg^{2+} , en geen Fe^{2+} , voorkomt en dat de reacties niet in oplossing plaatsvinden. Behalve MgSO_4 ontstaat ook H_4SiO_4 .
5p **19** ☐ Ga door middel van een berekening na of de uitkomst (320 km^3 olivijn nodig) van het 'gedachte-experiment' juist is. Gebruik de gegevens uit het kader dat op de vorige pagina staat.