

Id	Titel opgave	nr opg	Klas	Subdomein	Vaardigheid	Specificaties	Trefwoorden	Vraagtype
1	Printen met water	1406-1	5v	Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, organische reacties	Water-jet printer, hydrochrome stof, isomerie	Informatiebewerkingsvraag
2	Argon in de ruimte	1406-2	4hv	Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules	Imazail, fungicide, grapefruit, milieue	Informatiebewerkingsvraag
3	Schone kleding zonder palmolie	1406-3	5hv	Duurzaamheid	Informatie	Uitspraken duurzaamheid (waarderen en becommentariëren)	Wasmiddel, oppervlakte-actieve stof, cradle-to-cradle	Standpuntvraag
4	Mosterdgas zoekt opruimdienst	1406-4	5v	Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, organische reacties	Sarin, chemisch wapen, Syrie, mosterdgas, detoxificatie, hydrolyse, MEA	Informatiebewerkingsvraag
5	Minisynthesegenerator	1406-5	3v, 4hv	Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten	Minireactor, synthesegas, aardgas, methanol, reactievergelijkingen	Informatiebewerkingsvraag
6	Imazail	1406-6	4hv	Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules	Imazail, fungicide, grapefruit, milieue	Informatiebewerkingsvraag
7	Zuurstof in ruimtestation ISS	1406-7	3hv	Processen en reacties	Informatie	Reactievergelijkingen	ISS, massaverhouding, scheidingsmethoden	Informatiebewerkingsvraag
8	Radicaal chemie	1406-8	5,6v	Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Bindingen en uv-licht, micro-macro	Radicaal, perfluortributylamine, methaan, broeikasgas, smog, ozon, milieue	Informatiebewerkingsvraag
9	Arseen maakt waterstof	1406-9	5v	Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel	Arseniet, arseenaat, elektrolyse, chloor, radicaal, chloriet	Informatiebewerkingsvraag
10	Propyleenglycol damp met nicotine	1406-10	4hv	Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen	e-sigaret, nicotine, glycol, glycerol, water, dampmiddel	Informatiebewerkingsvraag
11	Stabiele prestaties van suikerbieten	1406-11	3hv	Chemisch rekenen	Informatie	Percentages	Suikerbiet, suikergehalte, winbaarheid, biotencampagne	Informatiebegripsvraag
12	Vier ozonvreters in atmosfeer	1406-12	5,6v	Vakmethodes en veiligheid	Informatie	Gaschromatografie, massaspectrometrie	Clk's, ozonlaag, radicaal, milieue, ppt, gaschromatografie, massaspectrum	Informatiebegripsvraag
13	Zoek het polonium	1406-13	4,5v	Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel	Polonium, radioactiviteit, verval, atoombouw, uranium	Informatiebewerkingsvraag
14	Elektrisch uit afvalgas	1406-14	5v	Processen en reacties	Informatie	Energiebalans, stofkringloop	Afvalgas, koolstofdioxide, elektriciteit, milieue	Informatiebewerkingsvraag
15	Ik voorzie een CO ₂ tekort	1406-15	4hv	Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, elementkringloop	CO ₂ , milieue, kringloop, synthesegas, DME, brandstof	Informatiebegripsvraag
16	Kevertruc verdedigt pinautomaten	1408-1	5hv	Energie	Informatie	Exotherm, reactiewarmte, energiediagram, katalysator	Waterstofperoxide, bomardeerkever, hydrochinon	Informatiebewerkingsvraag
17	Superkatalysator zet CO ₂ om in CO	1408-2	5hv	Energie	Informatie	Energiebalans, endotherm, duurzaamheid	CO ₂ , CO, superkatalysator, nano, energiediagram, endotherm	Informatiebegripsvraag
18	Lignineprobleem opgelost	1408-3	5v	Processen en reacties	Informatie	Zuur-base, organische reacties	Biomassa, lignine, cellulose, fermentatie, Ptl, DES, bio-ethanol	Informatiebewerkingsvraag
19	Serieus afbreekbaar bioplastic	1408-4	5v	Processen en reacties	Informatie, Onderzoeken	Polycondensatie, Practicum	Glycerol, citroenzuur, bioafbreekbaar, hydrolyse	Informatieelectievraag
20	Goedkoop struviet	1408-5	4hv	Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen, toepassing zout	Struviet, osmose, membraan, drinkwater, meststof, milieue	Informatiebegripsvraag
21	Productie duurzame energie stijgt, maar niet snel genoeg	1408-6	4hv	Energie	Rekenen	Energiebehoed, Brandstoffen en duurzaamheid	Energie, hernieuwbare bron, milieue, PJ, W	Informatiebegripsvraag
22	Groene, goud, blond	1408-7	4hv	Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten	Waterstofperoxide, groene methode, katalysator, nano, palladium, goud	Informatiebegripsvraag
23	Bodem boert CO ₂ weer omhoog	1408-8	5,6v	Behoudswetten en kringlopen	Redeneren mbt tot duurzaamheid	Stofkringloop, elementkringloop	Snelheidsvergelijking, CO ₂ -opname en CO ₂ -afgifte door de grond, priming, fotosynthese	Informatiebewerkingsvraag
24	Meer ozon door alcoholauto	1408-9	5,6v	Processen en reacties	Informatie	Analoge reacties ahv gegeven reactie beschrijven, organische reacties	Alcohol, radicaalreacties, ozon, duurzaamheid, waarborgen kwaliteit lucht	Informatiebegripsvraag
25	Contactlens Google meet bloedsuiker	1408-10	5v	Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties, werking enzym	Contactlens, sensor, enzym, glucose, waterstofperoxide, diabetici	Informatiebegripsvraag
26	Robotpil kan injecties overbodig maken	1409-1	4,5hv	Ontwerpen	-	Programma van eisen	Robotpil, citroenzuur, natriumwaterstofcarbonaat, ontwerpdocdracht	-
27	Efficiënte elektrolysetechniek voor waterstofproductie	1409-2	5v	Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties, verbrandingen	Elektrolyse, waterstof, energie, groene chemie, milieue	Informatiebewerkingsvraag
28	De kat op de tumor binden	1409-3	5v	Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, beginstoffen/reactieproducten	Katalysator, nano, tumor, palladium, alkyltering	Informatiebewerkingsvraag
29a	Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide versie I	1409-4a	5v	Vaardigheden	Chemische processen	Natuurwetenschappelijk instrumentarium	Elektrolyse, fermentatie, informatie selecteren, analyseren, weergeven	Informatiebewerkingsvraag
29b	Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide versie II	1409-4b	5v	Chemische processen	Informatie	Elektrolyse	Fermentatie, CO, ethanol, acetaat, CuO elektrode, reactiewarmte, katalysator	Informatiebewerkingsvraag
30	Onze slinkende energievoorraad	1409-5	4hv	Chemisch rekenen	Informatie	Bekende chemische berekeningen	Energie, autojaar, fossiele brandstof, milieue	Informatiebegripsvraag
31a	Nu is pindaas of chocola al net zo slecht als tabak versie I	1409-6a	5hv	Vaardigheden	Chemie van het leven	Informatie en communiceren	AGE's, Maillard, aminozuur, glucose, suiker, informatie verzamelen, presenteren	Informatiebewerkingsvraag
31b	Nu is pindaas of chocola al net zo slecht als tabak versie II	1409-6b	3-6hv	Processen en reacties	Onderzoeken	Hydrolyse	Maillard, aromastoffen	-
31c	Nu is pindaas of chocola al net zo slecht als tabak versie III	1409-6c	5,6v	Processen en reacties	Informatie	Organische reacties	AGE's, Maillard, additie, hydrolyse, redox, aminozuur, glucose	Informatiebewerkingsvraag
32	Nieuw chemisch middel belooft revolutie in papierindustrie	1409-7	4,5hv	Processen en reacties	Informatie	Stofeigenschappen, oplosbaarheid, allerlei mengsels	Papier, cellulose, lignine, scheiden, H-brug	Informatiebewerkingsvraag
33	Solarjet maakt kerosine uit zonlicht	1409-8	3hv	Processen en reacties	Informatie	Reactievergelijkingen, elementbehoed	Endotherm, benzine, katalysator, Fischer-Tropsch	Informatiebegripsvraag
34	Power-to-gas-installatie	1409-9	5hv	Processen en reacties	Informatie	Redoxreactie, brandstofcel, verbrandingen	Groene chemie, duurzaam, brandstofcel, elektrolyse	Informatiebegripsvraag
35a	3D geprinte fopframboos versie I	1410-1a	3,4hv	Processen en reacties	Onderzoeken	Chemische kennis in voedselproductie	Calciumlignaat, vruchtenkaviaar	-
35b	3D geprinte fopframboos versie II	1410-1b	5h; 5,6v	Bindingen, structuren en eigenschappen	Communiceren	micro-macro structuur	Presentatie, calciumlignaat, vruchtenkaviaar, cross-link	Informatiebewerkingsvraag
36	Hoewel zuurstof produceert een boom gemiddeld?	1410-2	4,5hv	Behoudswetten en kringlopen	Informatie	Stofkringloop, elementkringloop	Fotosynthese, groei, stofwisseling, rekenen	Informatiebegripsvraag
37	Planten maken groene stroom	1410-3	5v	Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten	Planten, Plant-E, groene stroom, fotosynthese, elektronenstroom	Informatiebegripsvraag
38	Waar komt de batterij vandaan?	1410-4	5v	Processen en reacties	Informatie	Batterijen, elektrochemische cel, redoxreacties	Batterij, accu, elektrochemische cel, halfreacties	Informatiebegripsvraag
39	Nano-ui	1410-5	5,6v	Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Micro-macro, oplosbaarheid, hydrofiel, hydrofob	Janus, dendriemeer, dubbellaag	Informatiebewerkingsvraag
40	Centraal verwarmd nanodeeltje	1410-6	5,6v	Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Macro-micro, biodegradeerbaarheid, polymeren, innovatieve processen	Thermoplast, polycondensatie, lichtgevoeligheid, onderzoeken, gecontroleerde medicijnafgifte, laser, microniveau	Informatieelectievraag
41	Gas uit licht en water	1410-7	5v	Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, stofkringloop, elementkringloop, energiebalans	CO ₂ , methaan, brandstof, milieue, kringloop, rendement	Informatiebewerkingsvraag
42	Doodzonde om op te stoken	1410-8	5,6v	Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, polymeren	Lignine, bio-BTX, aromaaf, fenol, bio-based, vanilline, sinapylalcohol, kraken, atomeconomie	Informatieelectievraag
43	Bioaromaten in opmars	1410-9	5,6v	Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, polycondensatie	Bio-aromaaf, lignine, PET, GDCA, PEF	Informatiebegripsvraag
44	Kat maakt etheen van methaan	1411-1	5,6v	Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; organische reacties	Methaan, etheen, katalysator, brandstof, milieue	Informatiebegripsvraag
45a	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie I	1411-2a	5v	Industriële processen en Groene Chemie	Natuurwetensch. instrumentarium	Blokschema, structuren, video proces	Spincoaten, duurzaam, accu, zonnecel	Informatiebewerkingsvraag
45b	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie II	1411-2b	5h	Industriële processen en Groene Chemie	Natuurwetensch. instrumentarium	Blokschema, structuren, video proces	Duurzaam, accu, zonnecel	Informatiebewerkingsvraag
46c	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie III	1411-2c	5hv	Processen en reacties	Informatie	Zuur-base; redox	lood, Pb, PbO ₂ , lood(II)jodide, salpeterzuuroplossing, ethaanzuuroplossing	Informatiebewerkingsvraag
47	Botten gemaakt van bier	1411-3	4hv	Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Oplossen, hydrofiel, toepassing zout	Botaangroei, bierborstel, verhoudingsformule, dubbelzout, zoutformule	Informatiebegripsvraag
48	Zonnepanelen produceren mierenzuur	1411-4	3hv	Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten	Koolstofdioxide, mierenzuur, reactievergelijking	Informatiebewerkingsvraag
49	Tidelijke tatoeage haalt stroom uit zweet	1411-5	5,6v	Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel	Pyruvaaf, lactaaf, chemisch rekenen	Informatiebewerkingsvraag
50	Naar 50km op zoetjes, kaarsvet en lachgas	1411-6	3hv	Processen en reacties	Informatie	Verbranding; beginstoffen en reactieproducten	Lachgas, raket	Informatieelectievraag
51	Krypton dateert eeuwig ijs	1411-7	4hv	Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel	Krypton, isotop, halfwaardetijd	Informatiebewerkingsvraag
52	Enzym duikt in furanen	1411-8	5,6v	Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; redoxreacties	Redox, HMF, FDCA	Informatiebegripsvraag
53	Te simpel	1411-9	5,6v	Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; redoxreacties	Redox, HMF, FDCA, paraxyleen, koelen	Informatiebegripsvraag
54	Tot het laatste kooltje	1411-10	4hv	Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten	Steenkoolvergassing, milieue, CO ₂	Informatiebegripsvraag

[illegible]

BANDJE OM MEMBRAANEIWIT

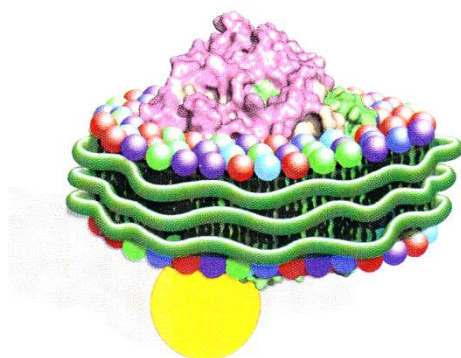
Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen en reactieproducten; polyadditie
Trefwoorden	Copolymeer, maleïnezuur, styreen, SMA, membraan
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W Life Sciences, 10 oktober 2014

BANDJE OM MEMBRAANEIWIT

Copolymeer maakt eiwit vrij met stukje membraan.

Met een copolymeer van styreen en maleïnezuur kun je eiwitten uit een celmembraan losweken. En omdat er een restje lipiden omheen blijft zitten blijft de functionaliteit behouden. Zo kun je ze voor het eerst goed in vitro uittesten, melden Stefan Scheidelaar en collega's van de UU, de UvA en de University of Bristol in *Angewandte Chemie*. Tot nu toe lukte dat niet: de detergents die de eiwitten moesten losweken poetsten daarbij elk restantje interactie met het membraan zorgvuldig weg.



In copolymeer (groen) ingepakt membraaneiwit, hier met een gouddeeltje (geel) om uit te proberen.

Het nu gebruikte polymeer bestaat uit telkens twee styreenmonomeren, afgewisseld door eenmaal maleïnezuur. Metingen suggereren dat het zich als een soort banderol om zo'n membraaneiwit met omringende lipiden heen draait. De moleculaire sushi (zelf spreken de auteurs van 'nanodiscs') laat de boven- en onderkant van het eiwit helemaal vrij, zodat niets het normale functioneren in de weg staat.

Het is uitgeprobeerd met het een eiwit dat dient als 'fotosynthetisch reactiecentrum' in *Rhodobacter sphaeroides*. Ingepakt in polymeer bleek het nog stabielere dan in die bacterie zelf. De onderzoekers spelen dan ook met de gedachte om er zonnepanelen van te gaan maken.

Inmiddels is de UU daartoe een samenwerking gestart met Polyscope in Geleen. Dat bedrijf produceert SMA, een copolymeer van styreen en maleïnezuuranhydride dat onder meer wordt verwerkt in autointerieurs, en heeft dus de juiste ingrediënten in huis. Het idee is dat het Polyscope-lab gaat experimenteren met verschillende kwaliteiten styreen-maleïnezuur, die dan in Utrecht kunnen worden uitgetest op membraaneiwitten. (ADIJ)

Om de werking van het membraaneiwit te kunnen onderzoeken moest het worden 'losgeweekt'. Dat lukt met een copolymeer van styreen en maleïnezuur.

- 1 Zoek in Binas de rationele namen op voor styreen en maleïnezuur. Noteer deze namen.
- 2 Teken de structuurformules van beide monomeren.
- 3 Verklaar de benaming 'copolymeer'.

Het copolymeer is opgebouwd uit de twee monomeren in de verhouding 2 : 1.

- 4 Teken een stukje uit het midden van de keten van het copolymeer met minimaal twee styreeneenheden en één maleïnezuureenheid.

Het copolymeer blijkt een speciale eigenschap te hebben ten opzichte van eiwitten.

- 5 Beschrijf de werking van het copolymeer ten opzichte van eiwitten.
6 Leg uit dat in dit verband het copolymeer flexibel moet zijn.
7 Waarom is dit een interessante ontwikkeling? Welke toepassing voorziet men?

De polymeerketens hebben een bepaalde interactie met de lipiden die om het eiwit zitten.

- 8 Welke interactie wordt er bedoeld? Dus welk type binding zal gevormd zijn? Licht je antwoord kort toe.

De onderzoekers wilden testen of een 'losgeweekt' eiwit zijn werking had behouden.

- 9 Beschrijf wat zij deden en wat zij vonden.

Het bedrijf Polyscope in Geleen produceert een soortgelijk polymeer: SMA, StyreenMaleïnezuurAnhydride. Het verschil met het hierboven beschreven copolymeer is dat er maleïnezuuranhydride (MA) wordt gebruikt. Anhydride in de naam betekent dat er water afgesplitst is. Uit één molecuul maleïnezuur ontstaat één molecuul maleïnezuuranhydride en één molecuul water

- 10 Laat in een vergelijking met structuurformules zien hoe maleïnezuuranhydride (MA) ontstaat uit maleïnezuur.

Fumaarzuur is een stereo-isomeer van maleïnezuur.

- 11 Zoek in Binas de rationele naam op van fumaarzuur en noteer de naam.
12 Laat met behulp van de structuurformules zien dat fumaarzuur een stereo-isomeer is van maleïnezuur.

Het bedrijf Polyscope kan echter niet fumaarzuur gebruiken in plaats van maleïnezuur. Fumaarzuuranhydride bestaat namelijk niet.

- 13 Leg aan de hand van structuurformule van fumaarzuur uit waarom fumaarzuuranhydride niet bestaat.

In het artikel staat in de laatste alinea "Het idee is dat het lab van Polyscope *verschillende kwaliteiten styreen-maleïnezuur* aanmaakt zodat die in Utrecht kunnen worden uitgetest op membraaneiwitten".

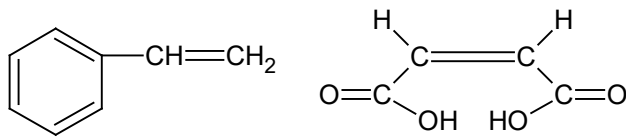
Navraag bij de onderzoeker Stefan Scheidelaar bracht verheldering wat de auteur van het artikel bedoelt met "verschillende kwaliteiten styreen-maleïnezuur": het gaat om "verschillende verhoudingen van styreen : maleïnezuur (waardoor de eigenschappen van het copolymeer veranderen) en verschillende massa's/lengten van de polymeermoleculen.

- 14 Leg uit dat een hoger gehalte aan styreen in het copolymeer invloed heeft op het hydrofiele/hydrofobe karakter van het copolymeer
15 Formuleer een onderzoeksvraag die de onderzoekers aan de Universiteit Utrecht bij "*de verschillende kwaliteiten styreen-maleïnezuur*" in gedachten kunnen hebben.

Bandje om membraaneiwit

1 Styreen: fenyletheen; maleïnezuur: cis-buteendizuur.

2

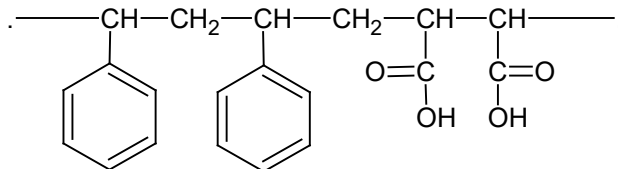


styreen

maleïnezuur

3 De polymeerketen is gevormd uit twee verschillende monomeren.

4



5 Het polymeer wikkelt zich om een membraaneiwit met de omringende lipiden waardoor het eiwit vrijgemaakt wordt uit een membraan en waarbij de functionaliteit van het eiwit behouden blijft.

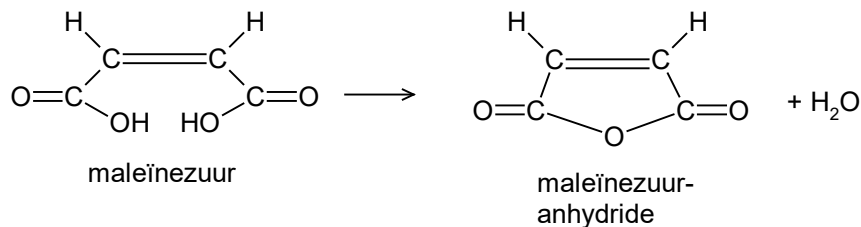
6 Het moet zich rondom het membraaneiwit kunnen vouwen, dus een ronde vorm kunnen aannemen.

7 Men voorziet een toepassing in zonnepanelen uitgaande van een eiwit met een fotosynthetisch reactiecentrum.

8 Het copolymeer en de lipiden (vetten, hydrofoob) zullen vanderwaalsbindingen vormen.

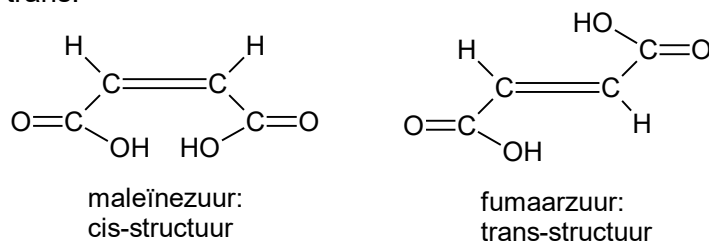
9 Een eiwit uit een bacterie testen. Ingepakt in polymeer bleek het nog stabielere dan in de bacterie zelf.

10



11 Fumaarzuur: trans-buteendizuur.

12 Het heeft dezelfde structuur alleen een andere ruimtelijke oriëntatie, namelijk cis en trans.



maleïnezuur:
cis-structuur

fumaarzuur:
trans-structuur

13 Je kunt de twee zuurgroepen niet meer dicht genoeg bij elkaar krijgen om met elkaar te reageren.

14 Het styreengedeelte in het copolymeer is hydrofoob, het maleïnezuurgedeelte hydrofiel. Hoe meer styreen aanwezig is in het copolymeer des te meer hydrofoob het copolymeer zal zijn.

15 Wat de invloed is van de verhouding van de monomeren in het copolymeer en de lengte van het copolymeer op de opzuivering van eiwitten? (Te denken valt aan: gaat het proces efficiënter, ontstaan er grotere nanodiscs en/of meer lipiden.)

Opmerkingen:

- De vragen 10 t/m 13 zijn een uitstapje buiten het artikel uit C2W Life Sciences.
- Met dank aan Stefan Scheidelaar, PhD student van het FOM in de groep van Membrane Biochemistry & Biophysics van Prof. Dr. Antoinette Killian, Universiteit Utrecht.

AFGEVANGEN CO₂ INPUT VOOR NIEUWE PRODUCTEN

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten, reactievergelijkingen, massabehoud
Trefwoorden	Kloppend maken, massaverhouding
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

www.duurzaambedrijfsleven.nl, 21 oktober 2014

Afgevangen CO₂ input voor nieuwe producten



Een cementfabriek in Texas zal dinsdag een installatie in gebruik nemen die tot maximaal 90 procent van de vrijgekomen CO₂-emissies afvangt en omzet in bruikbare producten als soda, bleek en zoutzuur.

Het project, Skyonic's Capitol Skymine, is de eerste in zijn soort zegt het bedrijf, en zal een totale CO₂-impact hebben van 300.000 ton per jaar door directe afvang en omvorming van 75.000 ton CO₂. Het bedrijf verwacht op jaarbasis ongeveer \$ 48 mln omzet te behalen uit broeikasgassen die anders in de atmosfeer waren vrijgekomen.

De technologie is onder andere inzetbaar bij het gebruik van industriële installaties en bij energiecentrales die op fossiele brandstoffen werken. In plaats van het afvangen en opslaan in de grond, kunnen bedrijven door deze technologie aan de richtlijnen voor uitstoot voldoen en tegelijkertijd omzet genereren door de verkoop van bruikbare producten.

Door redactie duurzaambedrijfsleven.nl
Bron: Environmentalleader | Foto: Janne Morren via Flickr.

Bron (vertaald): <http://www.theaggie.org/2013/10/31/construction-begins-on-skymine/>

De fabriek gebruikt de warmte van afvalgassen uit de schoorstenen om elektriciteit mee op te wekken. Vervolgens wordt koolstofdioxide, uit de afvalgassen gehaald. De CO₂ gaat naar reactoren waar het behandeld wordt met natriumhydroxide dat is gemaakt van zout en water. De chemische reactie die optreedt in de reactor is: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$.

De bijproducten van deze chemische reactie zijn bakpoeder (NaHCO₃), waterstofgas (H₂) and chloorgas (Cl₂), die allemaal gebruikt kunnen worden. Waterstof en chloor bijvoorbeeld kunnen worden opgelost in water om waterstofchloride te maken dat in de industrie vaak als oplosmiddel wordt gebruikt.

Uitstoot van CO₂ door bedrijven moet worden verminderd. Bij een cementfabriek in Texas gaat men dat doen.

In het eerste artikel staat dat “De technologie is onder andere inzetbaar bij het gebruik van industriële installaties en bij energiecentrales die op fossiele brandstoffen werken”.

- 1 Leg uit waardoor bij gebruik van fossiele brandstoffen CO₂ vrij komt.
- 2 Geef twee redenen waarom het goed is dat het bedrijf Skymine CO₂ uit de afvalgassen haalt.

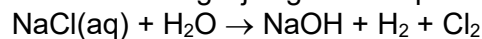
De reactievergelijking in het tweede artikel geeft het totale proces in de fabriek weer, maar is nog niet kloppend gemaakt.

- 3 Leg uit hoe je kunt zien dat de reactievergelijking niet kloppend is.
- 4 Neem de niet kloppende reactievergelijking over en maak hem kloppend. Geef tevens bij elke stof de fase aan.

In de beschrijving van het proces in de twee artikelen lijkt het wel erg makkelijk uitvoerbaar. In de praktijk moet er echter wel meer gebeuren. Het proces verloopt in meerdere stappen. In de eerste stap wordt er elektrische stroom geleid door een oplossing van keukenzout waardoor er waterstof, chloorgas en een oplossing van natriumhydroxide ontstaat.

- 5 Geef de naam van het proces als bij een reactie elektrische stroom wordt gebruikt.

De niet kloppende reactievergelijking van het proces is:



- 6 Neem de niet kloppende reactievergelijking over en maak hem kloppend. Vermeld ook de fasen.

In de laatste stap reageert NaOH met CO₂ tot NaHCO₃ (in het artikel “bakpoeder” genoemd), in reactievergelijking: $\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3$.

Er wordt in de fabriek 75.000 ton CO₂ (1 ton = 1000 kg) omgezet in “bakpoeder” (NaHCO₃). De massaverhouding CO₂ : NaHCO₃ = 11 : 21

- 7 Bereken hoeveel kg NaHCO₃ gemaakt kan worden uit 75.000 ton CO₂.

Op de site van Albert Heijn staat dat 1 kg bakpoeder € 5,50 kost. Je mag ervan uit gaan dat de helft van dat bedrag wordt bepaald door NaHCO₃.

- 8 Bereken met je antwoord van vraag 7 hoeveel euro de gevormde hoeveelheid NaHCO₃ bij Albert Heijn zou kosten.

De fabriek verwacht een jaarlijkse omzet van 48 miljoen Amerikaanse dollar, dit staat gelijk aan ongeveer 39 miljoen euro.

- 9 Leg uit waardoor het verschil in het bedrag van 39 miljoen euro en je bedrag uit je antwoord op vraag 8 wordt veroorzaakt.

De titel van het eerste artikel luidt “Afgevangen CO₂ input voor nieuwe producten”.

- 10 Leg uit of je het woord *nieuwe* toepasselijk vindt om te gebruiken in de titel.

De redactie van een site wil altijd aansprekende titels boven een artikel.

- 11 Formuleer een aansprekende titel voor het eerste artikel, waarmee je wél de boodschap van dat artikel overbrengt.

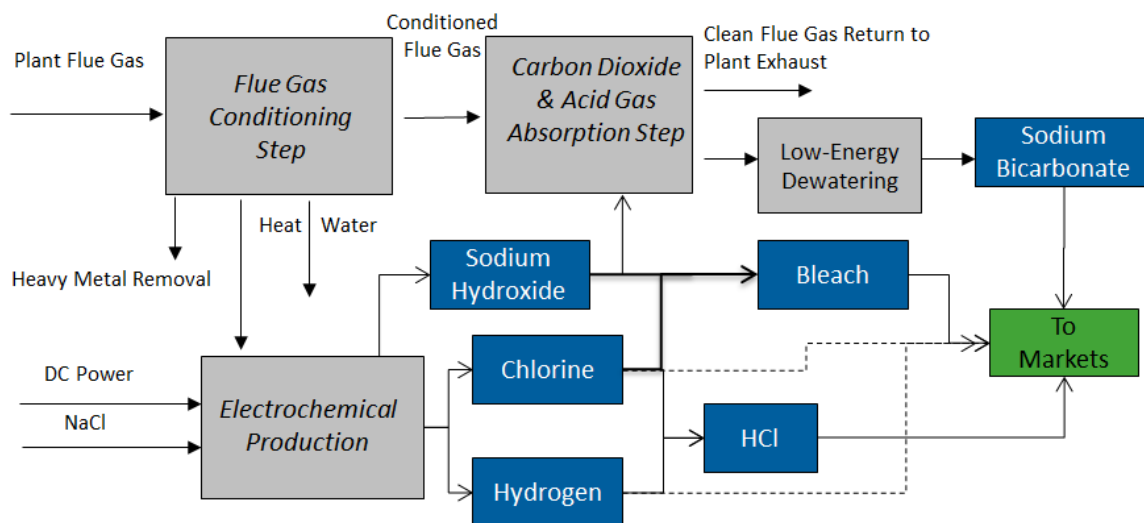
Afgevangen CO₂ input voor nieuwe producten

- 1 Fossiele brandstoffen bestaan uit verbindingen die het element koolstof bevatten. Als je die verbindingen verbrandt, ontstaat er koolstofdioxide.
- 2 Het is goed voor het milieu want CO₂ draagt bij aan het versterkt broeikaseffect. De CO₂ wordt omgezet in product dat gebruikt (en verkocht) kan worden.
- 3 Voor de pijl staat er één chlooratoom, na de pijl twee.
- 4 $2 \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{NaCl}(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
- 5 Elektrolyse.
- 6 $2 \text{NaCl}(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2 \text{NaOH}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
- 7 $75.000 \text{ ton CO}_2 \equiv 75.000 \times (21/11) = 1,43 \cdot 10^5 \text{ ton NaHCO}_3 = 1,43 \cdot 10^8 \text{ kg NaHCO}_3$.
- 8 $1,43 \cdot 10^8 \text{ kg NaHCO}_3 \equiv 1,43 \cdot 10^8 \times 2,75 = \text{€ } 3,94 \cdot 10^8 = \text{€ } 394.000.000$ (349 miljoen euro).
- 9 Nee, de firma moet investeren in machines en de werknemers betalen, wil winst maken, er zijn vervoerskosten en de tussenhandel en de winkeliers moeten er ook aan verdienen.
- 10 Nee, want alle producten die er ontstaan bij het proces werden voor het ontwikkelen van dit proces ook al gemaakt.
- 11 -

Artikel: <http://www.duurzaambedrijfsleven.nl/69550/afgevangen-co2-input-voor-nieuwe-producten/>

Opmerkingen:

- 1 De auteur van het eerste artikel heeft de naam “baking soda” uit het persbericht foutief “vertaald” naar soda.
- 2 Het processchema



Bron: <http://www.buryinc.com/blog/tag/mep-engineering/>

NATUURGETROUW MAGNETIET

Klas	4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen en reactieproducten
Trefwoorden	Magnetiet, ferrihydriet, nano, kristallen, pH, oplosbaarheidsproduct
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W Life Sciences, 10 oktober 2014

NATUURGETROUW MAGNETIET

Bacterieel kristallisatieproces in vitro nagebootst.

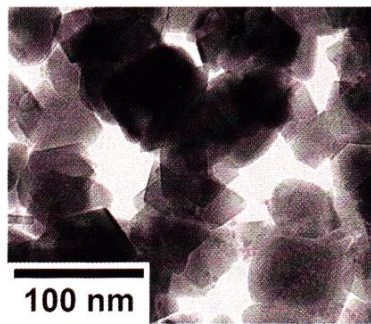
In Eindhoven is een recept ontwikkeld dat magnetiet in vitro bijna net zo gecontroleerd laat uitkristalliseren als in een bacterie. Het is al gelukt de gemiddelde diameter te variëren van 17 tot 60 nm. De kleinste kristallen zijn paramagnetisch, maar de grootste zitten ruim in het ferrimagnetische gebied. Giet je simpelweg wat ingrediënten bij elkaar, dan krijg je gewoonlijk alleen die kleintjes.

Magnetietkristallen (Fe_3O_4) bevatten zowel Fe^{2+} als Fe^{3+} . 'Magnetotactische' bacteriën maken er snoeren van, die werken als een kompasnaald. Mogelijk kunnen ze hierdoor gemakkelijker op constante diepte blijven, in water met een optimale zuurstofconcentratie.

Hoe de vorming in vivo verloopt is nog onduidelijk, maar het lijkt er op dat eerst $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ oftewel ferrihydriet ontstaat. Daarna zijn er twee mogelijkheden: of Fe^{3+} wordt deels gereduceerd tot Fe^{2+} , of er komt extra Fe^{2+} van buiten bij. Jos

Lenders, Nico Sommerdijk en collega's gokten op die laatste mogelijkheid en wisten haar inderdaad in vitro na te bootsen, melden ze in *Crystal Growth & Design*.

Hun proces is gebaseerd op de pH-afhankelijkheid van de oplosbaarheid van ijzerionen. Simpel gezegd laat je ammoniak diffunderen in een oplossing van



De grootste kristallen waren gemiddeld 60 nanometer.

FeCl_3 en FeCl_2 in de verhouding 2:1. Zodra de pH hierdoor boven de 3 uitkomt, zie je ferrihydrietkristallen ontstaan. Fe^{2+} gaat pas bij pH 8 meedoen: dan verandert het ferrihydriet in magnetiet, waarbij het water eruit wordt gewerkt. Hoe groot de magnetietkristallen worden, hangt van de ijzerconcentratie af en van het tempo waarin je de pH opvoert.

Voorlopig zit er nog te veel spreiding in de diameters, waarschijnlijk omdat niet alle kristallen tegelijk beginnen te groeien. De onderzoekers suggereren net zo lang oppervlakte-actieve stoffen, eiwitten en/of polymeren uit te proberen totdat duidelijk wordt hoe de bacterie dit heeft opgelost. Voor zo'n uitgebreide screening leent de in-vitro-kristallisatie zich prima. De onderzoekers probeerden het al uit met een peptide waarvan bekend is dat bacteriën het gebruiken. Dat leverde magnetietkristallen op met een afwijkende vorm, en je zag zelfs al iets dat op snoeren leek. (ADJ)

Er bestaan bacteriën die magnetietkristallen kunnen maken. Men zegt dat dit proces "in vivo" verloopt. Magnetiet *in vitro* laten uitkristalliseren is in Eindhoven gelukt.

1 Wat wordt bedoeld met "in vitro"?

De kristallen hadden een diameter van 17 – 60 nm.

2 Reken deze grootte om in mm.

Er blijkt een verschil in eigenschap te zijn tussen de kleinste en de grootste kristallen.

3 Welk verschil in eigenschap wordt er genoemd?

Magnetietkristallen bevatten zowel ijzer(II)- als ijzer(III)ionen.

4 Licht dit toe aan de hand van de formule voor magnetiet, Fe_3O_4 .

In vivo

De eerste stap *in vivo* lijkt te leiden tot de vorming van $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, ofwel ferrihydriet.

5 Geef de reactievergelijking van de vorming van ferrihydriet uit ijzer, zuurstof en water.

Voor de tweede stap, de vorming van Fe_3O_4 , worden twee mogelijkheden besproken.

6 Welke twee mogelijkheden zijn dat?

In vitro

In Eindhoven is het onderzoekers gelukt om het proces *in vitro* na te bootsen. Hun proces is gebaseerd op de pH-afhankelijkheid van de oplosbaarheid van ijzerionen.

7 Beschrijf hoe het proces verloopt dat zij uitgevoerd hebben.

De onderzoekers gingen uit van een oplossing van FeCl_2 en FeCl_3 . Om de pH te verhogen lieten zij ammoniak diffunderen in de oplossing.

8 Leg met behulp van een reactievergelijking uit dat de pH van de oplossing door het inbrengen van ammoniak hoger zal worden.

De gevormde hydroxide-ionen reageren met ijzer(II)- en ijzer(III)-ionen. Zodra de pH boven de 3 komt ontstaan ferrihydrietkristallen. Ferrihydriet kun je ook weergeven als $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

9 Laat zien dat in dit proces ijzer(III)hydroxide eerder neerslaat dan ijzer(II)hydroxide. Gebruik daarbij tabel 46 in Binas.

10 Bereken $[\text{Fe}^{3+}(\text{aq})]$ bij pH = 3 met behulp van het oplosbaarheidsproduct.

11 Laat zien dat de formule $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ook geschreven kan worden als $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$.

Pas bij pH = 8 gaan ijzer(II)ionen ook meedoen en ontstaat er magnetiet.

12 Geef deze vorming van magnetiet in een reactievergelijking weer.

De grootte van de kristallen die ontstaan, kan beïnvloed worden.

13 Hoe kan de grootte van de kristallen beïnvloed worden?

Natuurgetrouw magnetiet

- 1 Buiten een organisme.
- 2 $17 \text{ tot } 60 \text{ nm} = 17 \cdot 10^{-6} \text{ tot } 60 \cdot 10^{-6} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ tot } 6 \cdot 10^{-5} \text{ mm}$.
- 3 De kleinste kristallen zijn paramagnetisch, de grootste "zitten ruim in het ferrimagnetische gebied".
- 4 Er zitten 4 oxide-ionen in dus totaal 8-. Dus dan moeten er 2 Fe^{3+} -ionen en 1 Fe^{2+} -ion aanwezig zijn om samen 8+ te vormen.
- 5 $4 \text{ Fe} + 2x \text{ H}_2\text{O} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$.
- 6 Of Fe^{3+} wordt deels omgezet in Fe^{2+} , of er komt extra Fe^{2+} van buitenaf bij.
- 7 Men laat ammonia diffunderen in een oplossing van FeCl_3 en FeCl_2 in de verhouding 2:1. Bij pH = 3 ontstaat dan ferrihydriet, bij pH = 8 magnetiet.
- 8 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$.
- 9 K_s van $\text{Fe}(\text{OH})_2$ is $4,9 \cdot 10^{-17}$; K_s van $\text{Fe}(\text{OH})_3$ is $2,8 \cdot 10^{-39}$. De K_s van $\text{Fe}(\text{OH})_2$ is zoveel groter dan de K_s van $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dat $\text{Fe}(\text{OH})_3$ als eerste zal neerslaan want tevens is gegeven dat $[\text{Fe}^{2+}]$ de helft is van $[\text{Fe}^{3+}]$.
- 10 Bij pH₃ $K_s = [\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{OH}^-]_3$: $2,8 \cdot 10^{-39} = [\text{Fe}^{3+}] \cdot [10^{-11}]_3$, dus $[\text{Fe}^{3+}] = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$.
- 11 pH = 3: 2 maal $\text{Fe}(\text{OH})_3$ aanwezig: $2 \text{ Fe} + 6 \text{ O} + 6 \text{ H}$ ofwel $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.
- 12 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.
- 13 Dit hangt af van de ijzerconcentratie en hoe snel je de pH opvoert.

HET TERROIR ZIT VOL GELE EN BLAUWE POEDERS

Klas:	4 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Toepassing zout, oplosbaarheid zout
Trefwoorden	Druiven, schimmels, grondverontreiniging
Vaardigheidsvraag	Begripsvraag, bewerkingsvraag

NRC Handelsblad, 1 november 2014

ALLEDAAGSE WETENSCHAP

HET TERROIR ZIT VOL GELE EN BLAUWE POEDERS

Karel Knip

Waarom sommige zaden of vruchten al in het voorjaar kunnen worden geoogst en andere op de herfst moeten wachten, dat kan een mens niet zomaar begrijpen. Aardbeien al in mei, kersen in juni en zonnebloemen, zoals we op de foto's uit Oekraïne gezien hebben, pas eind oktober? Er zit geen zichtbaar systeem in.

Wijndruiven worden altijd geoogst in oktober, zeggen de seizoenskalenders maar rond de vermaledijde Mont Ventoux begonnen ze dit jaar al eind augustus met de druivenpluk. Het sufgefietste AW-team vertrok vlak voor het zo ver was en vraagt zich nog steeds af hoe het afliep met de grauwege en knalblauwe poeders waarmee de struiken eerder die maand waren ondergespoten. Zaten die nog op de druiven toen die naar de fabriek gingen? En zo niet, waar zaten ze dan?

Zwavel en kopersulfaat, het geel en het blauw, daar moeten de beroemde Franse wijnstreken van doordrenkt zijn. Al anderhalve eeuw gaat men er mee tekeer, al die tijd om er de groei van meeldauw en andere schimmels mee te onderdrukken, en zo zoetjesaan wil je wel eens weten waar dat zwavel en koper blijft. Dat de pitloze consumptiedruiven die Albert Heijn verkoopt ook al naar zwavel ruiken geeft te denken.

Of niet? Het eerste misverstand dat google uit de weg ruimde was dat de zwavellucht van



eetdruiven een soort nageur is van de zwavelbesproeiing in het veld. Dat is het waarschijnlijk niet. De geur zou komen van het zwaveldioxide, SO₂, dat pas achteraf als 'beschermende atmosfeer' rond de druiven is aangebracht om die langer houdbaar te maken. Het gas SO₂ ruikt indringend naar zwavel, wat je van zwavel zelf niet zeggen kunt. Zuivere zwavel ruikt naar niets, zwavel ruikt pas naar zwavel als het heet wordt of brandt.

Daaruit leiden we af dat de zwavel die 's zomers over druivenstruiken gaat geen zuivere zwavel is, want de bespuitingen laten een kenmerkende zwavelgeur achter. Het goedje wordt tegenwoordig hoofdzakelijk geleverd door de olie-industrie, die het overhoudt bij het ontzwavelen van aardolie. Misschien dat er langs deze weg een luchtje aan komt. Het kan ook zijn dat je vooral de bacteriële omzetting van de zwavel ruikt. Want dát blijkt het onontkoombaar lot van poederzwavel in de natuur: het wordt vroeg of laat geoxideerd tot sulfaat dat, in de bodem, weer door planten kan worden opgenomen. Hier en daar wordt een zwaveltekort in de bodem zelfs wel met elementaire zwavel aangezuiverd. In ieder geval blijken de meeste druivenstruiken zo'n drie weken na de laatste bespuiting alweer zwavelvrij zijn, daar is veel onderzoek naar gedaan. Een teveel aan zwavel rijdt de wijnbereiding in de wielen.

Het is een geruststellende gedachte dat er ook in de biologische landbouw onbekommerd op los wordt gezwaveld. Het helpt tegen meeldauw maar berokkent weinig *collateral damage* in de natuur. 't Is eigenlijk een mirakel.

Met het blauw staat het anders. Het blauw is 'Bordeauxse pap' dat de Fransen *bouillie bordelaise* noemen en de Engelsen 'Bordeaux mixture'. Het is een mengsel van kopersulfaat en gebluste kalk, met het koper als actief bestanddeel. De blauwe pap werd rond 1880 toegepast door wijnboeren die er druivendieven mee wilden afschrikken. In 1882 viel het de Bordeauxse hoogleraar Millardet op dat het preparaat ook beschermde tegen valse meeldauw. Van het een kwam het ander. Nu gaan er tonnen kopersulfaat over de wijnakkers.

Koper is een onmisbaar element voor plant en dier, dat is waar, maar in hoge concentraties is kopersulfaat giftig, daarover bestaat ook geen twijfel. De Hollandse biologische landbouw heeft het preparaat ten langen leste uitgebannen, de buitenlandse bioboeren wachten nog even. Het risico voor de mens valt wel mee omdat het middel sterk braakverwekkend is. Maar mocht na inname van een hoge dosis geen braak verwekt worden dan kunnen de gevolgen onaangenaam zijn – lees het na bij Wikipedia. Uitgesproken vies schijnt kopersulfaat trouwens niet te zijn, de literatuur vermeldt een *metaalsmaak*, wat dat ook moge zijn.

Een overzichtelijke koperbalans voor wijngaarden kwam afgelopen week niet boven water. Uit de omvangrijke literatuur over het voorkomen van koper (en andere zware metalen) in klare wijn spreekt onmiskenbaar bezorgdheid over de eindbestemming van de *bordo mix*. Toch worden maar zelden idioot hoge kopergehalten gevonden. Uit een enkele bijzin blijkt dat het koper geadsorbeerd blijft aan de druivenschillen of wordt opgenomen door de gistcellen (die uiteindelijk buiten de wijn blijven). Maar veel koper gaat dus wel degelijk mee de fabriek in.

De bulk van de blauwe mix zal wel in de bodem terecht komen. Daar hoopt het koper zich op, er valt niet omheen te draaien. Tenzij de bodem een zandbodem is, dan slaat het door naar het grondwater. Je weet niet wat je liever hebt.

Maar hoe haalt een negentiende-eeuwse wijnboer het in zijn botte kop om druiven onder het vergif te spuiten om er potentiële dieven mee af te schrikken? Dat is ook een interessante vraag. Waarschijnlijk was over de giftigheid rond 1880 nog niet veel bekend. En vies was het kopersulfaat niet, de druiven werden niet oneetbaar. Het ging louter om de kleur, want de druiven werden ook wel met het felgroene *verdigris* bespoten. Spaans groen. Koperacetaat. Wie aan de druiven had gezeten liep met groene of blauwe vingers rond.

Het Alledaagse Wetenschap (AW) -Team fietste in Frankrijk en zag dat de wijngaarden waren ondergespoten met grauwege en knalblauwe poeders. Het gele poeder is zwavel en het blauwe poeder een hydraat van koper(II)sulfaat.

Zwavel

1 Geef het chemische symbool voor zwavel.

Volgens het artikel hebben de pitloze witte druiven in de winkel een zwavelluchtje door het zwaveldioxide dat als beschermende atmosfeer wordt aangebracht rond de druiven om ze langer houdbaar te maken. Er wordt aangeraden om druiven te wassen vóór consumptie.

2 Leg uit waarom het wassen van de druiven aangeraden wordt en ook helpt.

Volgens het artikel kun je op een aantal manieren een zwavelluchtje ruiken.

3 Geef namen van de stoffen die "zwavel" bevatten en volgens het artikel een luchtje hebben.

In het artikel staan omtrent de zwavellucht van druiven een aantal (zichzelf tegensprekende)

beweringen. Bovendien blijkt uit nader onderzoek dat de zwavelverbindingen door het besproeien kunnen adsorberen aan de druivenschil.

- 4 Schrijf in maximaal 80 woorden een begrijpelijker stukje over het luchtje dat om witte druiven in de winkel hangt.

Er wordt veel zwavelpoeder over de struiken gespoten. Toch levert die zwavel volgens het artikel geen problemen op voor eventuele bodemverontreiniging.

- 5 Leg uit hoe dat komt.

Bordeauxse pap

Al sinds 1880 wordt 'Bordeauxse pap' toegepast. Deze bestaat uit een mengsel van koper(II)sulfaatpentahydraat en gebluste kalk.

- 6 Noteer de formules van koper(II)sulfaatpentahydraat en gebluste kalk.

Wanneer je de 'Bordeauxse pap' mengt met water, lossen de beide stoffen eerst op, waarbij ze splitsen in ionen. Vervolgens treedt een neerslagreactie op.

- 7 Geef de reactievergelijkingen voor het oplossen van koper(II)sulfaatpentahydraat en gebluste kalk.
8 Geef de reactievergelijking van de neerslagreactie die optreedt.

In het artikel staat: "Uit de omvangrijke literatuur over het voorkomen van koper (en andere zware metalen) ...". Op meerdere plaatsen in het artikel is ook sprake van 'koper'.

- 9 Heb je in die situaties te maken met het element koper of het metaal koper?

Men vindt maar zelden hoge concentraties aan koper in de grond.

- 10 Geef drie redenen die dit volgens het artikel kunnen verklaren.

Verdigris wordt ook wel toegevoegd in plaats van koper(II)sulfaatpentahydraat.

- 11 Geef de rationele naam en de formule van verdigris.
12 Beredeneer of koper(II)sulfaatpentahydraat de voorkeur verdient boven verdigris of dat er geen verschil is tussen het gebruik van beide stoffen.

In de biologische druiventeelt gebruikt men ook zwavel en koper(II)sulfaat. In het artikel vindt men dit een geruststellend idee.

- 13 Leg uit waarom de auteur van dit artikel dit een geruststellend idee vindt.

Toch zouden biologische druiventelers het wel willen veranderen.

- 14 Bedenk een reden waarom ze dat toch niet doen.

Het terroir zit vol met gele en blauwe poeders

- 1 S(s) of S₈(s)
- 2 De SO₂ die eventueel geadsorbeerd zit aan de druiven lost op in water en kan dus verwijderd worden.
- 3 - Verhit zwavel
- verbrand zwavel, zwaveldioxide
- het goedje dat afkomstig is uit de aardolie-industrie
- de producten van de bacteriële omzetting.
- 4 Belangrijk zijn de volgende gegevens:
- de druivenstruiken worden waarschijnlijk niet besproeid met zuiver zwavel (dat heeft namelijk geen luchtje) maar behandeld met een zwavelverbinding met een luchtje
- onderweg naar de consument worden de druiven onder een beschermende atmosfeer van zwaveldioxide gehouden. Deze heeft ook een luchtje
- beide verbindingen kunnen het luchtje om de druiven heen verklaren.
- 5 Zwavel wordt omgezet in sulfaat, dat geen probleem geeft voor verontreiniging. Planten hebben sulfaationen nodig en de sulfaationen worden opgenomen door hun wortels.
- 6 CuSO₄·5H₂O(s) en gebluste kalk is calciumhydroxide: Ca(OH)₂(s)
- 7 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 5 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^{-}(\text{aq})$ (Opmerking: gezien het feit dat deze opgave voor klas 4 hv is gebruiken we hier geen evenwichtspijl)
- 8 $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$
- 9 - Koperionen blijven geadsorbeerd aan de druivenschillen
- ze worden opgenomen door de gistcellen die ook van de wijn worden gescheiden
- ze verdwijnen in de bodem, waar ze gedeeltelijk weer opgenomen worden door de plantwortels of oplossen in het grondwater.
- 10 Het element koper (het is als ion aanwezig).
- 11 Koperacetaat = koper(II)ethanoaat: Cu(CH₃COO)₂
- 12 Beide bevatten het giftige koper(II)ion. Er is dus geen voorkeur.
- 13 Als het grote milieuverontreiniging zou veroorzaken, zou de idealistische biologische wijnbouw ze niet gebruiken.
- 14 Er is tegen de meeldauw en de schimmels nog geen ander middel dan koper(II)ionen.

AKZONOBEL EN PHOTANOL GAAN UIT ZONLICHT EN CO₂ CHEMICALIËN MAKEN

Klas	3hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen en reactieproducten
Trefwoorden	Fotosynthese, azijnzuur, butanol, exo- of endotherm
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Klas	4hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen en reactieproducten
Trefwoorden	Fotosynthese, azijnzuur, butanol, exo- of endotherm
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie Magazine, oktober 2014



De technologie werkt op dezelfde wijze als fotosynthese bij planten.

AKZONOBEL EN PHOTANOL GAAN UIT ZONLICHT EN CO₂ CHEMICALIËN MAKEN

AkzoNobel en cleantechbedrijf Photanol slaan de handen ineen om een proces te ontwikkelen waarbij de kracht van de zon wordt benut om uit CO₂ chemicaliën te maken. Dat moet leiden tot de productie van 'groene' chemische bouwstenen, die uiteindelijk de fossiele grondstoffen zullen vervangen.

De samenwerking draait om Photanols bestaande eigen technologie waarbij zonne-energie wordt gebruikt om CO₂ uit de lucht rechtstreeks om te zetten in vooraf bepaalde grondstoffen zoals azijnzuur en butanol. Het enige bijproduct is zuurstof. Deze

duurzame technologie werkt op dezelfde wijze als fotosynthese bij planten.

De twee bedrijven beginnen met het ontwikkelen van een aantal specifieke chemicaliën die momenteel door het AkzoNobel-bedrijfsonderdeel *Specialty Chemicals* worden gebruikt. Het is de bedoeling dat de samenwerking een opstap wordt voor de commerciële productie van organische chemicaliën van de vierde generatie.

De chemicaliën van AkzoNobel worden veelvuldig ingezet in de schoonmaakmiddelen-, voedings-, papier- en kunststofindustrie, de chemische industrie en in de bouw. ■

Versie 3hv

De bedrijven Akzo Nobel en Photanol willen uit CO₂ planten maken.

- 1 Welke 'kracht' willen ze daarbij benutten?

Het proces van AkzoNobel en Photanol baseert zich op de fotosynthese bij planten.

- 2 Geef de reactievergelijking van de fotosynthese in planten.

Bij het bedrijf Photanol is al lang de technologie aanwezig om CO₂ uit de lucht rechtstreeks om te zetten in bijvoorbeeld azijnzuur, C₂H₄O₂, en butanol, C₄H₁₀O.

- 3 Licht toe waarom koolstofdioxide niet de enige stof is die nodig is om de genoemde stoffen te produceren.
- 4 Zijn de reacties voor de vorming van azijnzuur en butanol exo- of endotherm? Licht je antwoord toe.
- 5 Geef de vorming van azijnzuur in een reactie met molecuulformules weer.
- 6 Geef de vorming van butanol in een reactie met molecuulformules weer.

CO₂ uit de lucht wordt dus als grondstof voor chemicaliën gebruikt.

7 Voor welke grondstoffen komt CO₂ in de plaats?

Versie 4 hv

Het proces van AkzoNobel en Photanol baseert zich op de fotosynthese bij planten.

1 Geef de reactievergelijking van de fotosynthese in planten.

Bij het bedrijf Photanol is al lang de technologie aanwezig om CO₂ uit de lucht rechtstreeks om te zetten in bijvoorbeeld azijnzuur en butanol.

2 Geef de molecuulformule en structuurformule van azijnzuur.

3 Geef de molecuulformule van butanol.

4 Waarom kan niet naar de structuurformule voor butanol gevraagd worden?

5 Licht toe waarom koolstofdioxide niet de enige stof is die nodig is om de genoemde stoffen te produceren.

6 Zijn de reacties voor de vorming van azijnzuur en butanol exo- of endotherm? Licht je antwoord toe.

7 Geef de vorming van azijnzuur in een reactie met molecuulformules weer.

8 Geef de vorming van butanol in een reactie met molecuulformules weer.

De omzettingen moeten zo gestuurd worden zodat de juiste reactieproducten ontstaan.

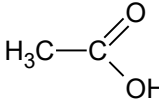
9 Hoe kan een dergelijke omzetting gestuurd worden? Leg je antwoord duidelijk uit.

AkzoNobel en Photanol gaan uit zonlicht en CO₂ chemicaliën maken

Versie 3hv

- 1 De 'kracht' van de zon.
- 2 $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$.
- 3 In de reactieproducten zit ook waterstof, dus heb je een stof nodig die waterstof bevat: water dus.
- 4 Endotherm want je hebt zonlicht nodig.
- 5 $2 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + 2 \text{ O}_2$.
- 6 $4 \text{ CO}_2 + 5 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} + 6 \text{ O}_2$.
- 7 Fossiele grondstoffen.

Versie 4 hv

- 1 $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$.
- 2 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ (of CH_3COOH) en

- 3 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ (of $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$).
- 4 Butanol kan meerdere structuren hebben: butaan-1-ol en butaan-2-ol.
- 5 In de reactieproducten zit ook waterstof, dus heb je een stof nodig die waterstof bevat: water dus.
- 6 Endotherm want je hebt zonlicht nodig.
- 7 $2 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2 \text{ O}_2$.
- 8 $4 \text{ CO}_2 + 5 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} + 6 \text{ O}_2$.
- 9 Sturing door gebruik te maken van specifieke katalysatoren die slechts één reactie laten plaatsvinden.

SCHALIEGASWINNING STINKT

Klas	5v
Subdomein	Vakmethodes en veiligheid; Industriële processen en Groene chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Gaschromatografie, kennis van risico's, waarborging kwaliteit water en lucht
Trefwoorden	Schaliegaswinning, fracken, gezondheid
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 4 november 2014

SCHALIEGASWINNING STINKT

Lekkages leiden tot hoofdpijn, misselijkheid en misschien zelfs kanker

Arjen Dijkgraaf

Uit sommige schaliegasputten lekt zo veel benzeen, formaldehyde en waterstofsulfide dat het haast wel een verhoogd risico op kanker moet opleveren. Nu merk je het nog niet maar over tien jaar heb je spijt, stellen Amerikaanse onderzoekers in het tijdschrift *Environmental Health*.



En u dacht dat het alleen waterdamp was?

De publicatie kwam twee dagen nadat Britse media meldden dat iemand vergunning heeft aangevraagd om onder het centrum van Londen te mogen fracken.

Hoe algemeen het probleem is, wordt uit de publicatie niet duidelijk. David Carpenter en collega's hebben namelijk 'getrainde' vrijwilligers luchtmonsters laten nemen rond schaliegasputten die merkbaar stonken of leidden tot geïrriteerde ogen, hoofdpijn en/of misselijkheid. Maar daarbij wordt aangetekend dat omwonenden hier in de VS héél vaak over klagen.

De luchtmonsters werden door een gaschromatograaf gestuurd, en gecheckt op 75 vluchtige organische verbindingen. Ongeveer de helft bleek daarbij boven de wettelijke normen te zitten. Met name de concentraties van benzeen, formaldehyde en H₂S lagen soms ver boven het achtergrondniveau; voor benzeen was dat in één geval een factor 770.000.

Volgens Carpenter heb je het dan al haast niet meer over gezondheidsrisico's maar eerder over acuut explosiegevaar. Of het inderdaad een statistisch significante verhoging van het risico op kanker oplevert, staat wetenschappelijk nog niet helemaal vast. Maar dat het stinkt, kan niet worden ontkend.

Uiteraard is het technisch gezien ook mogelijk om te boren naar schaliegas zonder dat de boel lekt. Maar ja.

bron: grist.org, Environmental Health

Schaliegas

Schalie is een gesteente in de aardkorst dat uit lagen is opgebouwd. Er kan methaangas in voorkomen. Door horizontaal te boren kan het schaliegas vrijkomen.

Fracken

Zonder fracken komt er te weinig schaliegas vrij. Fracken is de methode waarbij millimeter-grote scheurtjes worden gemaakt in het schaliegesteente om er meer gas uit te laten ontsnappen. Fracken gebeurt door water, zand en chemicaliën onder een druk van 400 tot 1000 bar in een boorput te pompen. Er ontstaan kleine explosies. Het zand gaat in de scheurtjes zitten en houdt deze open. De chemicaliën die gebruikt worden zijn onder andere benzeen en formaldehyde. Andere chemicaliën moeten corrosie voorkomen en de groei van bacteriën verhinderen. Een deel van deze stoffen blijft in de diepte achter, maar de rest komt naar de oppervlakte samen met andere stoffen als dimethylbenzenen, zware metalen en radioactieve verbindingen.

- 1 Teken de structuurformules van benzeen en formaldehyde.
- 2 Zoek van beide stoffen het meest opmerkelijke gevaaraspect op met behulp van Binas. Noteer dit aspect.
- 3 Geef de namen van de drie verschillende dimethylbenzenen.
- 4 Teken bij elke naam van de drie verschillende dimethylbenzenen de juiste structuurformule.

In het artikel wordt ook H_2S , (di)waterstofsulfide, genoemd.

- 5 Wat is het meest opmerkelijke gevaaraspect van H_2S ?
- 6 Noteer twee voordelen van het winnen van aardgas door middel van fracken.
- 7 Noteer twee nadelen van het winnen van aardgas door middel van fracken.

Volgens het artikel weten de onderzoekers niet precies hoe algemeen het probleem is. Maar in de volgende alinea blijkt dat er metingen verricht worden aan de luchtmonsters rond schalieputten met behulp van een gaschromatograaf.

Het gaschromatogram geeft zowel de verschillende stoffen als de hoeveelheden ervan aan.

- 8 Leg uit hoe een gaschromatograaf werkt.
- 9 Leg uit hoe je uit het gaschromatogram opmaakt of een bepaalde stof aanwezig is in het gasmengsel.
- 10 Leg uit hoe je uit het gaschromatogram opmaakt hoeveel van een bepaalde stof aanwezig is in een gasmengsel.

De stationaire fase in de kolom van de gebruikte gaschromatograaf is *apolair*. Hierdoor worden veel koolstofverbindingen goed van elkaar gescheiden.

- 11 Leg uit op grond van welke eigenschap het benzeen en de dimethylbenzenen van elkaar gescheiden worden in een gaschromatograaf.

De drie dimethylbenzenen die vrijkomen geven volgens de gevarenkaarten van deze stoffen precies dezelfde ziekteverschijnselen.

- 12 Leg uit of het nodig is om van ieder van de drie verschillende dimethylbenzenen de concentratie te weten.

Met de gaschromatograaf is gecontroleerd op 75 vluchtige koolstofverbindingen.

- 13 Leg uit waarom je misschien kunt twijfelen aan óf de aanwezigheid van een stof óf de hoeveelheid van die stof.

De samenstelling van de luchtmonsters blijkt op verschillende plaatsen zeer verschillend te zijn. Op één plaats werd zelfs een concentratie van $110.000 \mu\text{g m}^{-3}$ benzeen gevonden.

- 14 Bereken met welke factor de grenswaarde op deze plek is overschreden.

De stoffen die zich bevinden in de luchtmonsters kunnen van verschillende bronnen afkomstig zijn.

- 15 Noem drie bronnen die verantwoordelijk kunnen zijn voor de aanwezige stoffen.

Tot nu toe is er vooral onderzoek geweest aan het grondwater. Er werd meer schade verwacht van stoffen in het grondwater dan in de lucht. In sommige streken van Amerika konden bewoners het water dat uit de kraan kwam laten branden.

- 16 Leg uit hoe het mogelijk is, dat het water brandde.

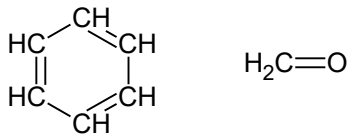
- 17 Leg uit waarom men minder schade verwachtte aan de kwaliteit van de lucht dan aan de kwaliteit van het water.

In Londen is een vergunning aangevraagd om onder de stad schaliegas te winnen. Stel dat jij in een commissie zit die daarover moet beslissen.

- 18 Geef jouw mening over het wel of niet toestaan. Onderbouw je mening met argumenten.

Schaliegaswinning stinkt

1

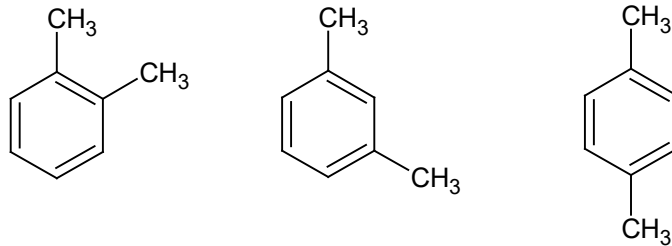


2 Benzeen: kankerverwekkend

Formaldehyde: bijtend

3 1,2-dimethylbenzeen; 1,3-dimethylbenzeen en 1,4-dimethylbenzeen

4



1,2-dimethylbenzeen 1,3-dimethylbenzeen 1,4-dimethylbenzeen

5 Zeer vergiftig. TGG-waarde is $1,4 \text{ mg m}^{-3}$.

6 Voordelen: Minder afhankelijk van invoer van gas uit 'minder stabiele' landen. Goed voor de economie van het land.

7 Nadelen: Gevaar voor de volksgezondheid door uitstoot van risicovolle stoffen. Gevaar voor verstoren van de bodem → bevingen

8 Bij een gaschromatograaf berust de scheiding op een verdeling van de stoffen over een mobiele en een stationaire fase. Je spuit een kleine hoeveelheid van een gasmengsel in de gaschromatograaf. Dit gasmengsel stroomt, opgenomen in een dragergas, door een kolom. In die kolom worden de stoffen in het gasmengsel gescheiden door een verschil in aanhechtingsvermogen aan de stationaire fase. Aan het eind van de kolom zit de detector die de diverse bestanddelen detecteert en dit als gaschromatogram registreert.

9 Door het vergelijken van de retentietijden (met elkaar en met standaardretentietijden) bepaal je welke stoffen in het mengsel zitten.

10 Door het meten van het oppervlak onder de pieken en dat te vergelijken met standaardwaarden bepaal je de hoeveelheden van de stoffen.

11 Benzeen en 1,4-dimethylbenzeen zijn apolaire stoffen. 1,3-dimethylbenzeen is zwak polair, 1,2-dimethylbenzeen is iets meer polair. De wisselwerking met de apolaire stationaire fase berust alleen op vanderwaalskrachten. 1,3-dimethylbenzeen en 1,2-dimethylbenzeen zullen dus in de genoemde volgorde slechter hechten aan de apolaire fase. Ook hechten ze slechter dan benzeen en 1,4-dimethylbenzeen. Bij benzeen en 1,4-dimethylbenzeen bepalen de verschillen in molecuulmassa (grootte vanderwaalskrachten) de scheiding.

12 Dat is alleen nuttig als de grenswaarden van de drie verbindingen verschillend zijn. Volgens Binas 97 A is deze voor alle drie hetzelfde. Dus is het niet nodig.

13 De aanwezigheid van de stoffen is zeker. Misschien is door het onjuist nemen van de monsters de hoeveelheid niet goed.

14 De grenswaarde is $3,25 \text{ mg m}^{-3}$. Er is gemeten $110.000 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$. Dat is $110/3,25 = 33,8 \times$ zoveel.

- 15 Stoffen die opgeslagen zijn in de bodem en meekomen met het aardgas. Bijvoorbeeld waterstofsulfide, zware metalen en radioactieve elementen. Stoffen die als chemicaliën bij het fracken worden gebruikt en weer terugkomen naar het oppervlak, zoals benzeen en formaldehyde.
- Stoffen die ontstaan bij de werkzaamheden van het boren, b.v. bij het verbranden van diesel in dieselmotoren. Daar kunnen benzeen en dimethylbenzenen ontstaan.
- 16 Blijkbaar zat er methaan in het water en dat brandde.
- 17 In lucht wordt de concentratie van de verontreinigingen door diffusie sneller minder dan in water.
- 18

IETS LAGER SUIKERGEHALTE IN VIJFDE CAMPAGNEWEEK

<i>Klas</i>	3 hv
<i>Subdomein</i>	Bindingen, structuren en eigenschappen
<i>Vaardigheid</i>	Informatie
<i>Specificaties</i>	Stofeigenschappen; mengsels; oplosbaarheid
<i>Trefwoorden</i>	Suikerbiet, fotosynthese, tarra, winbaarheid
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Informatiebegripsvraag

Boerderij, 17 oktober 2014

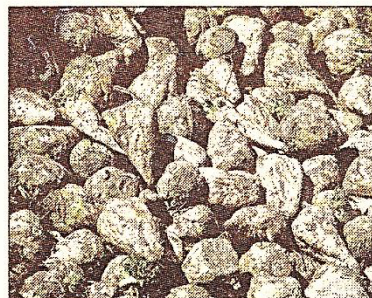
Iets lager suikergehalte in vijfde campagneweek

Dinteloord – Het suikerpercentage is in de vijfde campagneweek opnieuw iets gezakt en komt op gemiddeld 16,5 procent. Dat is gelijk aan het campagnegemiddelde. De suikerbieten van Texel bevatten met 17,3 procent tot op heden het hoogste suikerpercentage.

Het percentage tarra is licht gestegen van 6,9 naar 7 procent. Het campagnegemiddelde is 6,3 procent. De winbaarheid is 91 punten, iets boven het campagnegemiddelde van 90,9 punten.

“Het suikergehalte is niet heel bijzonder”, licht Gert Sikken, directeur agrarische zaken van Suiker Unie, toe. “Het stijgt niet zoals we hadden verwacht. In september scheen de zon veel, maar het was ook warm en warmte is niet gunstig voor de suikerontwikkeling.”

Daar komt bij dat het gewas op zijn retour is. “Als het blad min-



De prognose voor deze bietencampagne blijft hetzelfde. Foto ANP

der gezond wordt, produceert de plant minder suiker.”

Aan de prognose voor deze bietencampagne verandert niet veel. De suikerproductie per hectare blijft naar verwachting 15,1 ton. Het suikergehalte komt uit tegen de 17 procent en de wortelopbrengst wordt bijna 90 ton per hectare. Hiermee wordt voor 2014 een recordproductie verwacht.

Suikerbieten worden geteeld voor de suikerindustrie. Het suikergehalte in de suikerbieten varieert in de tijd.

1 Licht toe wat daarvan de oorzaak is aan de hand van gegevens in het artikel.

Suiker in suikerbieten wordt gevormd via het fotosyntheseprocess.

2 Geef de reactievergelijking van het fotosyntheseprocess.

3 Leg uit dat meer zonlicht positief werkt op het suikergehalte.

Als de bieten bij de fabriek afgeleverd worden zit er natuurlijk ook nog aarde aan de buitenkant van de biet.

4 Uit welke woord in het artikel kun je afleiden dat er suikerbieten met aarde worden afgeleverd?

In het artikel worden nog meer termen genoemd die met een hoeveelheid te maken hebben.

5 Welke termen kom je zoal tegen in het artikel? Geef bij elke term een korte beschrijving.

- 6 Laat met behulp van een berekening zien of suikergehalte, suikerproductie en wortelopbrengst per hectare met elkaar in overeenstemming zijn.
- 7 Bereken aan de hand van gegevens in het artikel hoeveel suiker er gevormd wordt in een perceel van 8,5 hectare.

Gemiddeld kun je uitgaan van een suikerbiet met een massa van 2,0 kg.

- 8 Laat met behulp van een berekening zien hoeveel suiker er gewonnen kan worden uit een suikerbiet van 2,0 kg die zo van het land afkomt. Gebruik gegevens uit het artikel.
- 9 Bereken het percentage van de winbare hoeveelheid suiker voor de suikerbiet uit vraag 8.

Iets lager suikergehalte in vijfde campagneweek

- 1 Zonlicht is belangrijk maar als het weer te warm is dan is dat niet gunstig voor de suikerontwikkeling. En als het blad begint af te sterven produceert de plant ook minder suiker.
- 2 $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$.
- 3 Meer zonlicht betekent dat het fotosyntheseproces beter verloopt.
- 4 Het percentage tarra.
- 5 Suikerpercentage; tarra; winbaarheid; suikergehalte; suikerproductie per hectare; wortelopbrengst. Suikerpercentage: hoeveel procent suiker er in bieten zit; tarra: de hoeveelheid aarde aan de biet; winbaarheid: hoeveel suiker er maximaal gewonnen kan worden; suikergehalte: het percentage suiker in de biet; suikeropbrengst per hectare: hoeveel suiker er maximaal per hectare landbouwgebied gewonnen wordt; wortelopbrengst: hoeveel ton bieten er per hectare gewonnen wordt.
- 6 Wortelopbrengst bijna 90 ton per hectare met suikergehalte van 17% levert aan suikerproductie op $17/100 \times 90 = 15,3$ ton. Het artikel vermeldt 15,1 ton, dit komt goed met elkaar overeen.
- 7 Per hectare 15,1 ton suiker, dus $8,5 \times 15,1 \text{ ton} = 128 \text{ ton suiker}$.
- 8 Een biet van 2 kg bevat 6,3% tarra = 126 g aarde. Over blijft 1,874 kg suikerbiet met 16,5% suiker = $16,5/100 \times 1,874 = 0,309$ kg suiker met winbaarheid van 90,9 punten dus $90,9/100 \times 0,309 = 0,281$ kg suiker.
- 9 Dus percentage = $0,281/2000 \times 100\% = 14\%$.

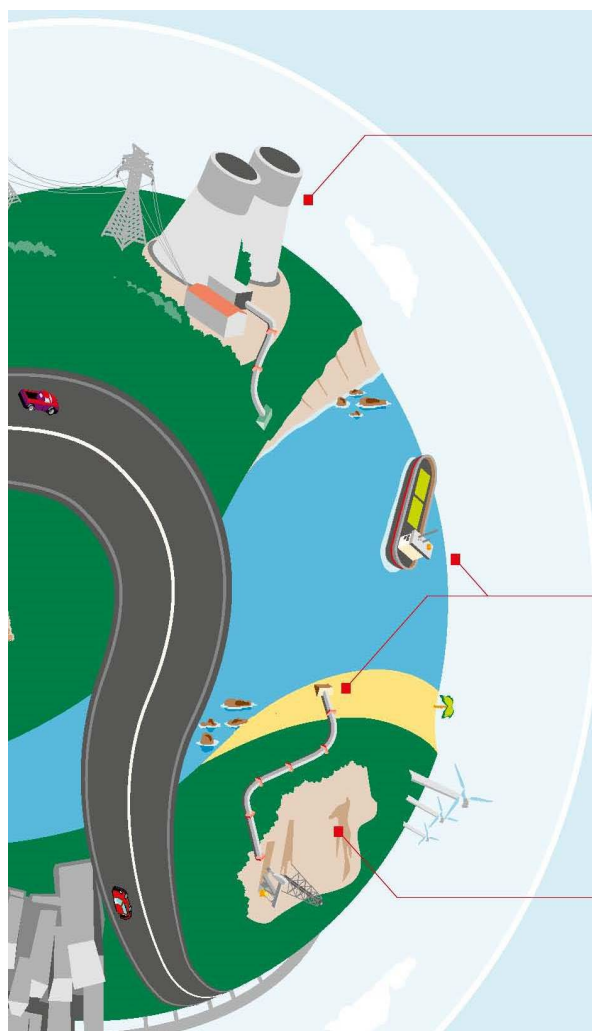
WAT IS CCS?

Klas	4hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Zuur-base; verbrandingen; beginstoffen en reactieproducten
Trefwoorden	Koolstofdioxide, CCS, broeikaseffect, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Shell Venster, 4^e kwartaal 2014

WAT IS CCS?

De drie letters in de afkorting CCS staan voor Carbon Capture and Storage - en voor heel veel discussie. Voor de één is het een truc om fossiele brandstoffen te blijven verkopen. Voor de ander is het een onmisbaar instrument om de uitsloot van CO₂, en daarmee de opwarming van de aarde, te beperken. Waarover praten zij? Wat is de stand van zaken?



AFVANGEN

Het afvangen van CO₂ gebeurt in de chemische industrie al sinds de jaren dertig van de vorige eeuw. In de elektriciteitswereld is het relatief nieuw. Er zijn drie manieren om de CO₂ af te scheiden. De meest gebruikte techniek is het afvangen van CO₂ na de verbranding, bij de uitlaat of bij de schoorsteen. Een speciaal oplosmiddel absorbeert daarbij het gas. Naast deze zogeheten *post-combustion* is er ook de *pre-combustion*-techniek. Kolen of gas ondergaan voor verbranding een speciale behandeling met een mix van CO₂ en waterstof. Hierdoor is alle CO₂ er voortijdig uit te halen. De derde techniek heet *oxyfuel combustion*. De methode gebruikt pure zuurstof bij de verbranding in plaats van gewone lucht. Het resultaat is dat de CO₂ veel gemakkelijker af te scheiden is.

TRANSPORT

Het transport van CO₂ verschilt weinig van dat van aardgas. In de Verenigde Staten ligt al een netwerk van 6.000 kilometer aan pijpleidingen voor CO₂-transport. In Europa is er ervaring met een offshorepijpleiding naar het Noorse Snøhvit.

OPSLAG

Het injecteren van CO₂ kent al meerdere decennia toepassing bij de winning van olie en gas uit oudere velden. Met het opslaan van CO₂ voor CCS is ook ervaring, maar veel beperkter. Gewoonlijk vindt opslag plaats in afgesloten lagen – vaak oude olie- of gasvelden – één tot drie kilometer onder de aardoppervlakte. Iedere geologische formatie verschilt. Demonstratieprojecten kunnen uitwijzen wat de meest aantrekkelijke formaties zijn en een leidraad bieden voor de ontwikkeling van een geaccepteerd industrieel kwaliteitskeurmerk waaraan ieder CCS- project moet voldoen

CCS is een afkorting die te maken heeft met de uitstoot van koolstofdioxide.

1 Waar staat de afkorting CCS voor? Geef ook een Nederlandse omschrijving.

Er worden drie manieren beschreven om koolstofdioxide af te vangen.

2 Waarom wil men koolstofdioxide afvangen?

3 Beschrijf elk van de drie manieren kort.

Men spreekt van post-combustion, pre-combustion en oxyfuel combustion.

4 Leg het verschil uit tussen post-combustion en pre-combustion.

Bij post-combustion maakt men gebruik van het feit dat opgeloste koolstofdioxide zich als een zuur gedraagt.

5 Hoe heet opgeloste koolstofdioxide als zuur ook wel?

Een oplosmiddel dat gebruikt kan worden om rookgassen te reinigen van koolstofdioxide is bijvoorbeeld kalkwater.

6 Geef de optredende reactie tussen koolstofdioxide en kalkwater in een vergelijking weer.

7 Leg uit dat dit een zuur-base-reactie is.

Bij de oxyfuel combustion wordt gebruik gemaakt van zuivere zuurstof.

8 Geef de reactie tussen methaan en zuurstof in een vergelijking weer.

Op deze manier kan de gevormde koolstofdioxide veel makkelijker afgescheiden worden.

9 Licht dit toe.

Het verhaal is dan nog niet af. De koolstofdioxide moet ook nog ergens opgeslagen worden.

10 Welke optie is daarvoor in beeld?

Wat is CCS?

- 1 CCS staat voor Carbon Capture and Storage. Koolstof opvangen en opslaan.
- 2 Koolstofdioxide die vrijkomt bij verbranding van fossiele brandstoffen veroorzaakt een versterkt broeikaseffect en zorgt dus voor opwarming van de aarde.
- 3 Post-combustion: na de verbranding de rookgassen ontdoen van koolstofdioxide. Pre-combustion: voor de verbranding de koolstof in de vorm van koolstofdioxide verwijderen. Oxyfuel combustion: zuivere zuurstof gebruiken waardoor de gevormde koolstofdioxide makkelijk af te scheiden is.
- 4 Pre is vooraf, post is na afloop. Combustion betekent verbranding.
- 5 Koolzuur.
- 6 $\text{CO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 7 Je kunt de reactievergelijking uit vraag 6 ook noteren als:
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$. Waarin je $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ kunt lezen als " H_2CO_3 ". Dit staat H^+ af aan OH^- .
- 8 $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 9 Nadat het water vloeibaar is geworden blijft alleen koolstofdioxide als gas over. Er is dus geen stikstof aanwezig (wat het geval is als je lucht gebruikt).
- 10 Het opslaan in oude olie- of gasvelden, één tot drie kilometer onder de aardoppervlakte.

NIEUWE WET HAALT STREEP DOOR VEEL KOUEMIDDELEN

Klas	4hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Stofeigenschappen; bouw stof
Trefwoorden	Koudemiddel; broeikas-effect; koolstofdioxide; freonen, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Boerderij, 3 oktober 2014

'Nieuwe wet haalt streep door veel koudemiddelen'

ACHTERGROND

DOOR PETRA VOS

Koudemiddelen horen in een koelinstallatie", zegt Johan Nijssen van adviesbureau Agro Focus deze week in het vakblad Groenten & fruit. "Maar als ze om wat voor reden in het milieu terechtkomen, kan dat flinke consequenties hebben. Een erg vervelende is de directe bijdrage aan het broeikas-effect."

De sterkte van het broeikas-effect van een middel wordt uitgedrukt in CWP (global warming potential). Dit getal geeft aan hoeveel krachtiger het middel bijdraagt aan de opwarming van de aarde ten opzichte van koolzuurgas (CO₂), legt Nijssen uit.

"Voor koelmiddel R404A bijvoorbeeld is dat 3780. Dat wil zeggen dat 1 kilo R404A een net zo groot broeikas-effect heeft als 3.780 kilo CO₂. Dat is aanzienlijk."

Koudemiddelen hebben daarnaast een indirect milieueffect: door de CO₂ uitstoot bij de opwekking van elektriciteit voor de koelinstallatie. De grootte daarvan hangt af van het type koelmiddel en van het ontwerp en gebruik

van de koelinstallatie. Nijssen: "Kijk je naar het aandeel van de beide bijdragen aan het broeikas-probleem dan blijkt die van de elektriciteits-productie veruit het grootst: het directe effect van het koudemiddel is vaak minder dan 10 procent van het totaal van beide bijdragen. Niettemin is de wetgeving toch aangepast, en vanaf komend jaar van kracht in alle 28 EU-lidstaten."

Bepaalde koudemiddelen worden verboden en de beschikbaarheid van de fluorkoolwaterstoffen wordt beperkt door een quotasysteem voor



Propaan-koelinstallatie op een akkerbouwbedrijf. Foto RB

fabrikanten. Vanaf 1 januari 2020 mogen in nieuwe installaties geen koelmiddelen meer worden gebruikt met een GWP boven 2500. Het bijvullen van bestaande

installaties met deze middelen mag nog tot 1 januari 2030, maar alleen met gerecyclede koudemiddelen. Bekende middelen uit deze groep zijn R404A en R507A.

Per 1 januari 2022 geldt een verbod op nieuwbouw van installaties met een GWP boven de 150. Daar vallen bijna alle beschikbare synthetische koudemiddelen - dus ook het nu veel gekozen R134a - onder. Voor Agrofocus reden om sinds de tweede helft van 2013 de middelen R404A en R507A niet meer te kiezen bij het ontwerp van nieuwe installaties.

Vooralsnog kan R_{134a} worden ingezet, omdat een verbod daarop later komt en omdat de GWP met 1300 een stuk lager ligt dan die van R404A en R507A. Dat heeft ook invloed op de beschikbare quota. Nijssen: "Het is verstandig nu al voor natuurlijke koudemiddelen te kiezen als ammoniak, propaan en CO₂. Die zijn vaak duurder, maar vallen nog onder de energie investeringsaftrek. Tel daar het betere rendement bij op en het voorkomen van ombouwkosten tijdens de levensduur, dan worden deze installaties economisch eerder haalbaar."

In koelinstallaties worden koudemiddelen gebruikt. Die koudemiddelen werken op basis van warmteuitwisseling.

- 1 Licht dit kort toe.

Als koudemiddelen in het milieu terecht komen, levert dat een bijdrage aan het broeikaseffect. Het GWP-getal geeft aan hoe sterk een stof bijdraagt aan het versterkte broeikaseffect vergeleken met de standaard.

- 2 Welke standaard wordt hiermee bedoeld?
- 3 Wat versta je onder het versterkte broeikaseffect?

Koudemiddelen hebben daarnaast ook nog een indirect milieueffect.

- 4 Welk indirect milieueffect wordt hierbij bedoeld?
- 5 Welk effect, direct of indirect, heeft de grootste invloed op het versterkte broeikaseffect? Leid dit uit het artikel af.

In het artikel wordt voor het gas CO_2 een verouderde naam gebruikt.

- 6 Welke naam geeft men aan het gas CO_2 ?
- 7 Welke naam had men moeten gebruiken voor het gas CO_2 ?
- 8 Wanneer kan de genoemde naam voor CO_2 (het gedeelte vóór het woord gas) wel gebruikt worden?

Koudemiddelen zijn vaak freonen, (CFK's, chloorfluorkoolwaterstoffen). Zo is het koudemiddel R404A een mengsel van de freonen met code R143a, R125 en R134a. En R507A een mengsel van de freonen R143a en R125. In Binas tabel 66A kun je bij voetnoot 2 lezen hoe je vanuit de code tot een molecuulformule komt.

- 9 Leid de molecuulformules van de genoemde freonen af.

Uit molecuulformules kunnen structuurformules afgeleid worden.

- 10 Teken alle structuurformules van elk van de genoemde freonen.
- 11 Geef bij elk van de structuurformules de systematische naam.

In het artikel worden ook alternatieve koudemiddelen genoemd.

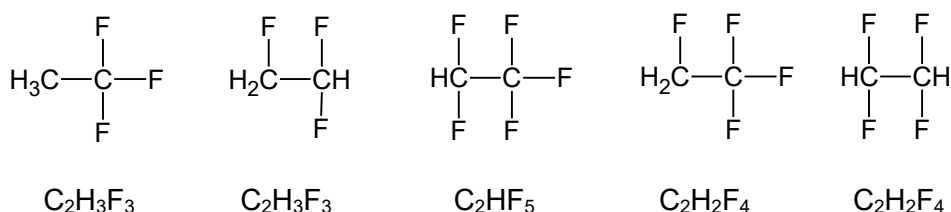
- 12 Geef de naam en formule van elk van de alternatieve koudemiddelen.

Het GWP-getal van het koudemiddel R404A is 3780.

- 13 Wat geeft dit aan?
- 14 Is het GWP-getal als de molverhouding aangehouden wordt hoger, lager of even hoog als wanneer het GWP-getal met behulp van de massaverhouding wordt berekend? Licht je antwoord toe. Gebruik voor R404A de gemiddelde formule $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$.

Nieuwe wet haalt streep door veel koudemiddelen

- 1 Een koudemiddel onttrekt warmte aan een ruimte waardoor het in die ruimte koeler wordt. Die warmte wordt door het koudemiddel weer afgegeven aan de omgevingslucht.
- 2 De standaard is koolstofdioxide want daarmee wordt het effect van een stof vergeleken (men heeft voor CO₂ de waarde 1 genomen).
- 3 Doordat het percentage koolstofdioxide in de atmosfeer is toegenomen wordt er meer uitgaande warmtestraling van de aarde tegengehouden waardoor de gemiddelde temperatuur op aarde langzaam stijgt.
- 4 De elektriciteit die door de koelinstallatie wordt gebruikt heeft ook een uitstoot van koolstofdioxide bij de centrale tot gevolg.
- 5 Het indirecte want er staat dat het directe effect vaak minder dan 10% bedraagt van het totale effect.
- 6 Koolzuurgas.
- 7 Koolstofdioxide.
- 8 Koolzuur gebruik je voor een oplossing van koolstofdioxide in water.
- 9 R143a: C₂H₃F₃. R125: C₂HF₅. R134a: C₂H₂F₄.
- 10



- 11 1,1,1-trifluorethaan; 1,1,2-trifluorethaan; 1,1,1,2,2-pentafluorethaan; 1,1,1,2-tetrafluorethaan; 1,1,2,2-tetrafluorethaan.
- 12 Ammoniak, NH₃, propaan, C₃H₈, en koolstofdioxide, CO₂.
- 13 Dat 1 kg van het koudemiddel R404A 3780 maal zoveel effect heeft op het versterkte broeikaseffect dan 1 kg koolstofdioxide.
- 14 De molmassa van R404A is groter dan de molmassa van koolstofdioxide dus zal het GWP-getal bij gebruik van de molverhouding een kleinere waarde opleveren.

VISIE DUURZAME BRANDSTOFFENMIX

<i>Klas</i>	5v
<i>Subdomein</i>	Processen en reacties
<i>Vaardigheid</i>	Informatie
<i>Specificaties</i>	Batterijen/brandstofcel; milieu; verbrandingen
<i>Trefwoorden</i>	Biobrandstof, duurzaam, brandstofcel, grafische weergave
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Informatiebegripsvraag

Shell Venster, 4^e kwartaal 2014

VISIE DUURZAME BRANDSTOFFENMIX

Biobrandstoffen kunnen een flinke bijdrage leveren aan het verminderen van de CO₂-uitstoot van het wegvervoer, vooral in de eerstkomende twintig tot dertig jaar. Maar een halvering van de uitstoot in 2050 is alleen haalbaar als de meeste personenauto's elektrisch rijden met behulp van accu's of brandstofcellen. Dit komt naar voren uit de Visie Duurzame Brandstoffenmix voor transport opgesteld door 130 partijen uit de mobiliteits- en transportsector die begin juli is aangeboden aan staatssecretaris Mansveld van Infrastructuur en Milieu en dit najaar naar de Tweede Kamer zal gaan. De visie is een uitwerking van het SER-Energieakkoord voor de mobiliteits- en transportsector. Het geeft invulling aan de klimaat- en energiedoelen die voor 2030 en 2050 zijn afgesproken. Afgelopen voorjaar hebben vertegenwoordigers van onder meer autofabrikanten, scheepsbouwers, brandstofproducenten, milieuorganisaties, consumentenorganisaties en onderzoeksinstituten in zes maandelijkse sessies een gezamenlijke visie ontwikkeld over het energie-efficiënter maken van alle vervoer, inclusief treinen, schepen en vliegtuigen en over welke duurzame alternatieve brandstoffen zich het beste lenen voor gebruik in een iedere vervoerssector.

Zo is bijvoorbeeld elektrische aandrijving voor vliegtuigen geen optie, maar biokerosine wel. Dit betekent dat de luchtvaart flink wat biobrandstoffen nodig zal hebben, waardoor er voor andere sectoren minder overblijft.

Dit najaar zetten de betrokken partijen hun visie om in een actieplan met voorstellen voor



publieke en private maatregelen om de SER-doelstellingen te realiseren.

Eind dit jaar gaat dit plan naar het kabinet en de Tweede Kamer.

Momenteel stoot de mobiliteits- en transportsector 38 megaton CO₂-equivalenten per jaar uit. De komende jaren zal de mobiliteit nog verder toenemen, maar de uitstoot afnemen door bijmenging van biobrandstoffen, de komst van steeds zuiniger auto's en de opkomst van elektrische auto's. Uitgaande van het huidige regeringsbeleid zal de uitstoot van het wegverkeer in 2030 rond de 33 megaton zijn en in 2050 ongeveer 35 megaton. Het SER-Energieakkoord gaat een stap verder en mikt op een maximale uitstoot van 25 megaton CO₂ in 2030, ongeveer een kwart minder. Dit betekent dat in 2030 de CO₂-uitstoot 17 procent lager zal zijn dan in 1990. Voor 2050 ligt het doel op maximaal 12 megaton CO₂. Hiertoe dienen alle nieuwe auto's vanaf 2035 CO₂-emissievrij te zijn.

Volgens de duurzame brandstofvisie voor transport is het ambitieuze doel voor 2030 haalbaar als er in dat jaar in Nederland drie miljoen voertuigen zonder CO₂-emissie rondrijden, dat is tegen die tijd ruwweg een derde van het wagenpark. Deze zogenoemde nul-emissievoertuigen rijden dan voornamelijk op elektriciteit of waterstof.

De 'mobiliteits- en transportsector' heeft nagedacht over het verminderen van de CO₂-uitstoot.

- 1 Welke brandstoffen kunnen een flinke bijdrage leveren aan het verminderen van de CO₂- uitstoot?

Door 130 betrokken partijen is de "Visie Duurzame Brandstoffenmix" voor transport opgesteld.

- 2 Wat wordt bedoeld met duurzame brandstoffen?

Met duurzaam opgewekte elektriciteit zou vaker de toepassing van elektrische aandrijving mogelijk zijn. Helaas is dat niet overal mogelijk.

- 3 Geef een voorbeeld waaruit dit blijkt.

Momenteel stoot de 'mobiliteits- en transportsector' 38 ton megaton CO₂-equivalenten per jaar uit. De komende jaren zal de mobiliteit nog toenemen maar zal de uitstoot van CO₂ afnemen door gebruik van onder andere biobrandstoffen.

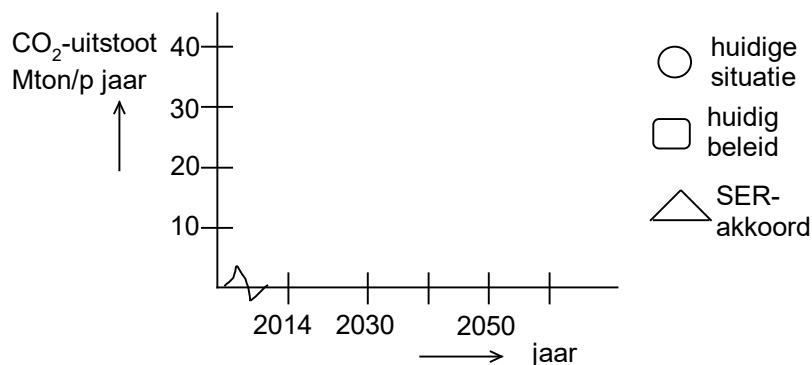
- 4 Welke andere veranderingen zullen ook zorgen voor een lagere CO₂-uitstoot?

Het lijkt vreemd: de mobiliteit neemt toe maar de uitstoot van CO₂ neemt af.

- 5 Leg uit waarom bij gebruik van biobrandstoffen de CO₂-uitstoot niet toeneemt.

Voor de vermindering van de CO₂- uitstoot door het wegverkeer worden het huidige overheidsbeleid en het SER-energieakkoord met elkaar vergeleken.

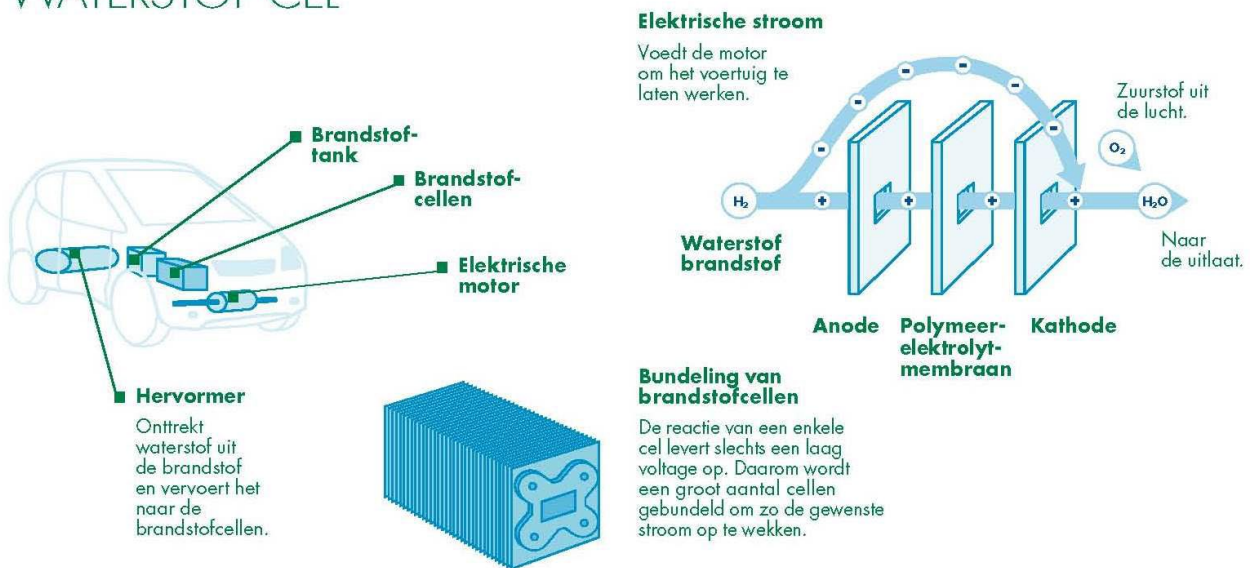
- 6 Neem onderstaande grafiek over en teken daarin de huidige uitstoot en die in 2030 en 2050 voor beide visies.



Elektrische auto

De opkomst van elektrische auto's kan de CO₂-uitstoot verminderen. Een dergelijke auto kan bijvoorbeeld worden aangedreven door een brandstofcel, bijvoorbeeld een waterstofcel.

HOE WERKT EEN WATERSTOF CEL



Bron: Shell Venster, 4^e kwartaal 2014

In een elektrische auto kan een brandstofcel voor de energietoevoer zorgen. In de figuur kun je zien hoe een brandstofcel werkt. Waterstof is de brandstof die in de tank, bijvoorbeeld in de vorm van magnesiumhydride, MgH_2 , wordt opgeslagen. Een 'hervormer' maakt daaruit dan de waterstof weer vrij voor gebruik.

- 7 Waarom wordt waterstof niet als gas opgeslagen in de auto?
- 8 Geef de vergelijking van de reactie die de hervormer laat plaatsvinden.
- 9 Is dit een exotherme of endotherme reactie? Licht je antwoord toe.
- 10 Leg uit waarom het vrijmaken van de waterstof niet te veel energie mag kosten.

De vrijgemaakte waterstof reageert in de brandstofcel 'op afstand' met zuurstof uit de lucht.

- 11 Noteer de vergelijkingen van de halfreacties die aan kathode en anode plaatsvinden.
- 12 Is de anode positief of negatief? Licht je antwoord toe.

In de brandstofcel is een 'polymeer elektrolyt membraan' aanwezig.

- 13 Waarom moet er een elektrolyt aanwezig zijn?
- 14 Wat is de functie van het membraan?

Waterstof is alleen een duurzame brandstof als het ook duurzaam wordt geproduceerd.

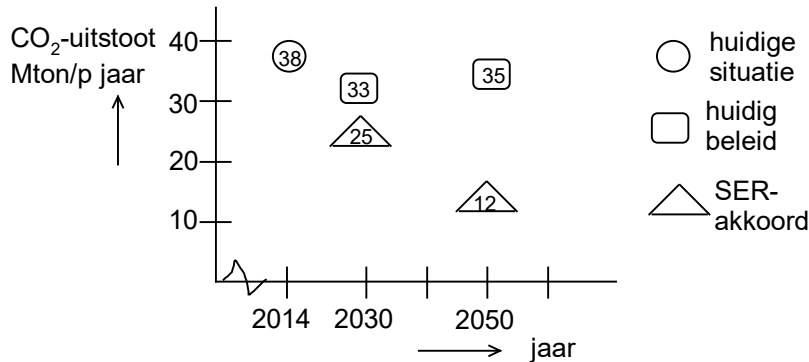
- 15 Leg uit wat daarmee bedoeld wordt.

In de tekening kun je zien dat meerdere brandstofcellen in serie worden geschakeld. In de tekst bij de tekening heeft men het in dit verband over voltage en stroom.

- 16 Wat is belangrijker: een hoger voltage of een hogere stroomsterkte? Licht je antwoord toe.

Visie Duurzame Brandstoffenmix

- 1 Biobrandstoffen.
- 2 Duurzame brandstoffen zijn brandstoffen die steeds bijgemaakt kunnen worden zoals bioethanol en biokerosine.
- 3 Een vliegtuig kan wel vliegen op biokerosine maar niet op een elektrische aandrijving.
- 4 Steeds zuinigere auto's en de opkomst van elektrische auto's.
- 5 De CO₂ die vrijkomt bij de verbranding van biobrandstoffen zat al in de koolstofkringloop en keert daarin terug.
- 6



- 7 Daar heb je een veel te grote of veel te zware opslagtank voor nodig.
- 8 $\text{MgH}_2 \rightarrow \text{Mg} + \text{H}_2$.
- 9 Er moet een binding verbroken worden dus is het een endotherm proces.
- 10 Anders blijft er te weinig energie over voor de aandrijving van de auto.
- 11 Anode: $\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$. Kathode: $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 11 Anode is negatief want hier reageert de reductor.
- 13 Er moet een gesloten ladingstransport kunnen plaatsvinden: elektronen door de draad, ionen door het elektrolyt.
- 14 Het membraan laat selectief alleen H⁺ ionen door.
- 15 Duurzaam betekent dat bij het produceren energie wordt gebruikt van een hernieuwbare brandstof of een niet-oprakende bron.
- 16 Vooral een hoge stroomsterkte is van belang want daarmee wordt de motor aangedreven.