

## PET-fles

Rond 1975 werden bijna alle glazen flessen vervangen door de veel lichtere en bijna onbreekbare PET-flessen. Er worden momenteel verschillende soorten flessen gebruikt: dikke herbruikbare flessen en dunne flessen die gerecycled kunnen worden. In deze opgave wordt ingegaan op een aantal aspecten van PET en deze verschillende flessen, die bij een keuze voor één van beide typen een rol kunnen spelen.

### tekstfragment

#### De bereiding van PET

- 1 PET (polyethyleentereftalaat) is een polymeer dat in twee stappen wordt
- 2 gemaakt uit tereftaalzuur en ethyleenglycol. In een eerste reactor (reactor 1)
- 3 worden telkens twee moleculen ethyleenglycol door esterbindingen gebonden
- 4 aan één molecuul tereftaalzuur. Hierdoor ontstaan moleculen van stof A en
- 5 water. In een tweede reactor (reactor 2) polymeriseren de moleculen van stof A
- 6 tot lange ketens. Per molecuul van stof A wordt één molecuul ethyleenglycol
- 7 afgesplitst. In PET zijn de moleculen tereftaalzuur en ethyleenglycol om en om
- 8 aan elkaar gekoppeld.

#### PET-flessen niet luchtdicht

- 9 Als een gesloten PET-fles met frisdrank jarenlang wordt bewaard is de prik
- 10 (koolzuurgas) eruit verdwenen. De koolstofdioxide-moleculen zijn klein genoeg
- 11 om door de fleswand te gaan.
- 12 Bij een dikwandige anderhalve-liter fles verdwijnt in vier maanden tijd zo'n tien
- 13 procent van de prik. Bij dunne flessen voor eenmalig gebruik gaat dit sneller.

#### Hergebruik of eenmalig gebruik?

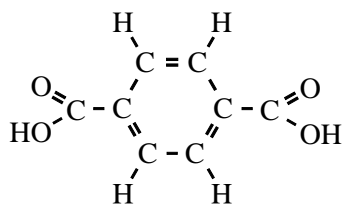
- 14 Een dikwandige fles gaat vier à vijf jaar mee en wordt in die tijd tot twintig keer
- 15 opnieuw gevuld. De flessen voor eenmalig gebruik zijn dunner en lichter. De
- 16 milieubeweging is echter geen voorstander van deze eenmalige PET-fles.

#### PET-recycling

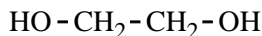
- 17 Wanneer PET-flessen niet meer worden gebruikt voor frisdrank kunnen deze
- 18 gerecycled worden. De PET-flessen worden eerst grondig gereinigd en daarna
- 19 omgesmolten. Na afkoelen wordt het PET fijngehakt tot kleine korrels. Van deze
- 20 korrels worden onder andere fleecetruien gemaakt.

*naar: Chemische Feitelijkheden*

De structuurformules van tereftaalzuur en ethyleenglycol zijn hieronder weergegeven:



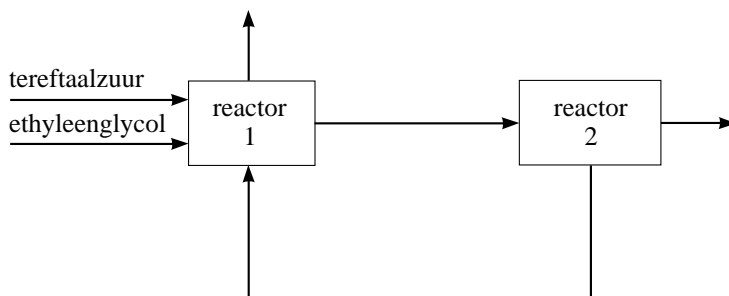
tereftaalzuur



ethyleenglycol

- 2p **1** Geef de structuurformule van stof A (regel 4).
- 2p **2** Is PET een thermoplast of een thermoharder? Licht je antwoord toe.

Hieronder staat een onvolledig blokschema voor de bereiding van PET. Een aantal namen van stoffen is weggelaten.



Op de uitwerkbijlage staat dit onvolledige blokschema nogmaals weergegeven.

- 3p **3** Vul het blokschema op de uitwerkbijlage aan door bij de pijlen de namen van de ontbrekende stoffen te noteren.

Wanneer “de prik” uit mineraalwater verdwijnt (regel 9 t/m 13), verandert de pH van het mineraalwater.

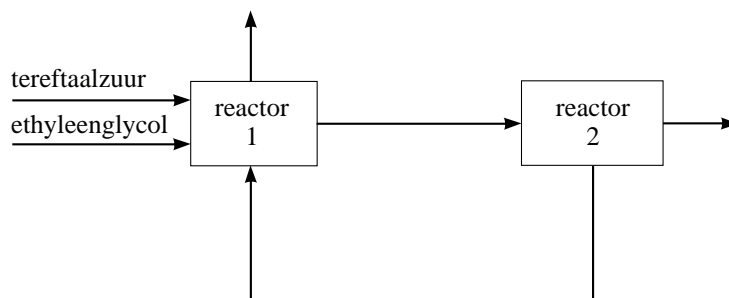
- 3p **4** Leg uit of de pH van mineraalwater zal stijgen of zal dalen als “de prik” eruit verdwijnt. Licht je antwoord toe met een reactievergelijking.

Bij een keuze tussen (dunne) PET-flessen voor eenmalig gebruik ten opzichte van (dikke) PET-flessen die meerdere keren gebruikt kunnen worden, kan bijvoorbeeld rekening worden gehouden met het milieu. Wanneer een fabrikant wil bepalen welk type PET-fles het minst belastend is voor het milieu, moeten verschillende vragen worden beantwoord.

- 3p **5** Formuleer drie relevante vragen die beantwoord moeten worden bij de keuze tussen deze typen PET-flessen in relatie tot de milieubelasting.

**uitwerkbijlage**

3



## Kater

### tekstfragment 1

#### DE GEEST IN DE FLES

**Bij gematigde consumptie is alcohol een sociaal smeermiddel, maar iemand die te diep in het glaasje kijkt, wordt dronken en wie pech heeft, houdt er ook nog een kater aan over.**

1 Alcohol (ethanol) is waarschijnlijk zo oud als het leven zelf. Terwijl alcohol voor  
2 de mens iets is om te drinken, is het voor gist een afvalproduct. Deze nietige  
3 micro-organismen katalyseren de omzetting van suikers in ethanol onder  
4 zuurstofloze omstandigheden. Bij dit proces komt ook koolstofdioxide vrij.  
5 In de zestiende eeuw werd al duidelijk dat overmatig alcoholgebruik ernstige  
6 schade aan lichaamsweefsels kan veroorzaken met name in de lever. Dat juist  
7 de lever wordt getroffen, is geen toeval. Alcohol lost goed in water en in vet op  
8 en wordt snel door het lichaam geabsorbeerd vanuit het maagdarmkanaal. Door  
9 middel van enzymen wordt ethanol in de lever omgezet in ethanal, dat  
10 vervolgens wordt omgezet in ethaanzuur. Bij de afbraak van ethaanzuur  
11 ontstaan uiteindelijk alleen koolstofdioxide en water.  
12 De lever kan maximaal 80 gram ethanol per dag verdragen. 70% van dit ethanol  
13 wordt in de lever omgezet in ethanal. Bij overmatig alcoholgebruik raakt de lever  
14 beschadigd door ophoping van giftig ethanal. Hierdoor functioneert de lever niet  
15 goed meer waardoor het lichaam tal van schadelijke stoffen niet kan verwerken.  
16 Voor matige drinkers is de beroemde “kater” het signaal dat drank „meer kapot  
17 maakt dan je lief is”. Het katergevoel is onder andere een gevolg van het  
18 vochtafdrijvende effect van alcohol. Ook de zogenoemde fozelalcoholen, die  
19 bijdragen aan kleur en smaak van een drank, spelen een rol bij het ontstaan van  
20 een kater. Fozelalcoholen zijn alkanolen waarvan de moleculen een of twee  
21 koolstofatomen meer bevatten dan ethanolmoleculen. Deze fozelalcoholen  
22 worden veel langzamer afgebroken dan ethanol en zijn daardoor langer in het  
23 bloed aanwezig.

*naar: Chemisch Magazine*

- 2p **6** Geef de reactievergelijking in molecuulformules van de vorming van ethanol ( $C_2H_6O$ ), zoals beschreven in de regels 3 en 4 van tekstfragment 1. Neem als beginstof de suiker glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ).

In regel 7 staat dat alcohol (= ethanol) goed oplost in water en in vet.

- 3p **7** Leg uit dat alcohol zowel in water als in vet goed oplost aan de hand van de bouw van het ethanolmolecuul.

De afbraak van ethaanzuur (regels 10 en 11) is geen ontledingsreactie. Uit de molecuulformules van de stoffen die in de regels 10 en 11 worden genoemd, kan worden afgeleid dat ethaanzuur niet de enige beginstof is bij deze reactie.

- 2p **8** Geef de molecuulformules van de stoffen die in de regels 10 en 11 worden genoemd en leid daaruit af dat ethaanzuur niet de enige beginstof is bij deze reactie.

Een bepaalde soort rode wijn bevat 12 volumeprocent ethanol.  
De dichtheid van ethanol is  $0,80 \text{ g mL}^{-1}$ .

- 3p **9** Laat door berekening zien of de lever een dagelijkse consumptie van twee flessen van 0,75 L van deze wijn kan verdragen. Gebruik hierbij een gegeven uit tekstfragment 1.

Aan het eind van het tekstfragment is sprake van fozelalcoholen.

- 1p **10** Geef de structuurformule van zo'n fozelalcohol.

## Luchtzuiverende stenen

Uitlaatgassen van auto's die op diesel rijden, bevatten stikstofoxiden. Stikstofoxiden veroorzaken zure regen en dragen bij aan smogvorming. In onderstaand krantenartikel wordt bericht over een proef die betrekking heeft op deze stikstofoxiden.

### krantenartikel

De Castorweg in Hengelo zal gedeeltelijk worden voorzien van zogeheten luchtzuiverende stenen, waarvan de werking is onderzocht in een testlaboratorium van de Universiteit Twente. De te gebruiken straatstenen zijn voorzien van een toplaag van titaandioxide dat de stikstofoxiden uit auto's met behulp van zonlicht omzet tot het nagenoeg onschadelijke nitraat. Na een regenbui zal de straat vervolgens schoonspoelen. Om de werking van de stenen in de praktijk te kunnen aantonen wordt de Castorweg voor 150 meter bestraat met stenen met de milieuzuiverende toplaag en 150 meter met gewone straatstenen. In beide vakken wordt de luchtkwaliteit gemeten. Het Hengelose experiment past in het streven de uitstoot van stikstofoxiden te beperken.

*naar: Tubantia*

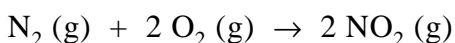
De stof die in het krantenartikel titaandioxide wordt genoemd, heeft als formule  $\text{TiO}_2$  en bestaat uit titaanionen en oxide-ionen.

- 1p 11 Geef de systematische naam voor  $\text{TiO}_2$ . Gebruik hierbij een Romeins cijfer.

Uit het krantenartikel kan worden afgeleid welke functie  $\text{TiO}_2$  zeer waarschijnlijk heeft bij de omzetting van stikstofoxiden.

- 2p 12 Welke functie heeft  $\text{TiO}_2$  zeer waarschijnlijk bij de omzetting van stikstofoxiden? Motiveer je antwoord.

De Europese grenswaarde voor het jaargemiddelde van de concentratie van stikstofdioxide in de lucht is  $40 \mu\text{g m}^{-3}$  ( $1 \mu\text{g} = 1 \cdot 10^{-6} \text{g}$ ). De grenswaarde voor het uurgemiddelde van de concentratie van stikstofdioxide bedraagt  $200 \mu\text{g m}^{-3}$ . Stikstofdioxide ontstaat in een automotor door de volgende reactie:



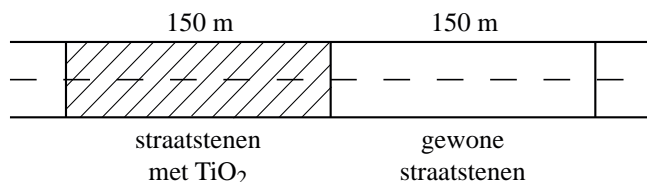
In een straat met een luchtkolom van  $3,0 \cdot 10^4 \text{m}^3$  wordt op een bepaald tijdstip een stikstofdioxideconcentratie gemeten van  $150 \mu\text{g m}^{-3}$ .

- 4p **13** Bereken hoeveel gram  $N_2$  minstens nodig is voor de vorming van de hoeveelheid stikstofdioxide die aanwezig is in de luchtkolom op het tijdstip van de meting.
- 2p **14** Kan uit de meting de conclusie worden getrokken dat de stikstofdioxideconcentratie voldoet aan de norm voor het uurgemiddelde? Licht je antwoord toe.

In het Hengelose experiment wordt in beide weggedeeltes (zie figuur 1) de stikstofdioxideconcentratie gemeten en worden de metingen met elkaar vergeleken. Om betrouwbare resultaten te verkrijgen uit het experiment moet aan een aantal voorwaarden zijn voldaan. De Castorweg is over het gedeelte dat bij de proef is betrokken, een rechte weg voor doorgaand verkeer. Hij is over dit gedeelte overal even breed en heeft geen zijwegen.

### figuur 1

bovenaanzicht Castorweg



- 4p **15** Noem twee andere voorwaarden waaraan het weggedeelte van 300 meter moet voldoen om betrouwbare resultaten te verkrijgen. Geef bij elke voorwaarde een motivering.

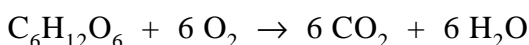
De slotzin van het krantenartikel is feitelijk onjuist.

- 1p **16** Geef aan waarom bij het Hengelose experiment de uitstoot van stikstofoxiden niet wordt beperkt.
- 1p **17** Noem een argument waarom het Hengelose experiment toch zinvol is.

## Suikerbatterij

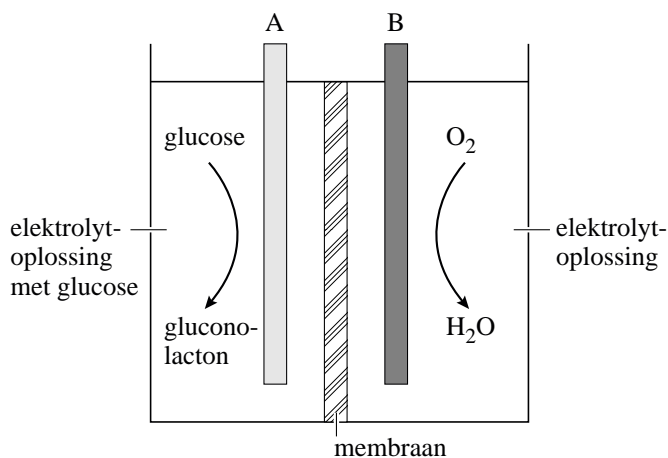
Suikers zijn biobrandstoffen. Planten produceren glucose via een proces dat 'fotosynthese' heet. Bij de fotosynthese worden koolstofdioxide en water onder invloed van zonlicht omgezet tot glucose. Glucose is vervolgens een bouwstof voor allerlei organische verbindingen, zoals cellulose. Ook is het een brandstof: wanneer planten 's nachts glucose verbranden, komt energie vrij. Ook menselijke lichaamscellen gebruiken glucose als energiebron.

De verbranding van glucose kan worden weergegeven met de volgende reactievergelijking:

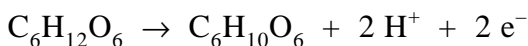


- 2p **18** Leg uit op microniveau waardoor bij de verbranding van glucose energie kan vrijkomen.

In 2007 hebben onderzoekers van Sony een prototype ontwikkeld van een elektrochemische cel (batterij) die zijn energie haalt uit een reactie van glucose met zuurstof. Hieronder is deze suikerbatterij schematisch weergegeven.



De batterij bevat twee koolstofelektroden (A en B) die elk zijn bedekt met een laagje van een verschillend enzym. De elektroderuimtes worden gescheiden door een membraan. Aan elektrode A wordt glucose omgezet tot gluconolacton ( $C_6H_{10}O_6$ ) volgens de halfreactie:



- 2p **19** Is elektrode A de positieve of de negatieve pool van de suikerbatterij? Motiveer je antwoord.



Bij elektrode B wordt zuurstof omgezet tot water. Bij deze omzetting reageren ook  $H^+$  ionen. De vergelijking van de halfreactie van zuurstof die plaatsvindt bij elektrode B, staat in Binas-tabel 48.

- 3p **20** Leid met behulp van de vergelijking van de halfreactie van zuurstof en de vergelijking van de halfreactie bij elektrode A, de vergelijking af van de totale redoxreactie die plaatsvindt in de suikerbatterij.

De  $H^+$  ionen kunnen zich door het membraan verplaatsen.

- 2p **21** Leg uit of de  $H^+$  ionen zich van elektrode A naar elektrode B verplaatsen of van elektrode B naar elektrode A.

De suikerbatterij kan worden gebruikt om een MP3-speler te voorzien van elektrische stroom. Om een bepaalde MP3-speler een uur te laten spelen is  $2,3 \cdot 10^{-3}$  mol elektronen nodig.

- 3p **22** Bereken hoeveel uur de MP3-speler kan spelen op de glucose die aanwezig is in 20 mL 0,40 M glucose-oplossing. Neem aan dat alle glucose wordt omgezet.

Het prototype van de suikerbatterij is veel groter dan het oplaadbare accuutje dat in de MP3-speler zit. De suikerbatterij wordt gezien als een zeer milieuvriendelijke batterij: een zogenaamde biobrandstofcel. Ook het oplaadbare accuutje kun je zien als milieuvriendelijk.

- 2p **23** Geef voor beide typen batterijen, de suikerbatterij en het oplaadbare accuutje, een argument dat duidelijk maakt waarom het gezien kan worden als milieuvriendelijk.

## Kaas

De eerste kaas is waarschijnlijk omstreeks 5000 voor Christus per toeval gemaakt doordat melk werd bewaard in magen van geslachte kalveren. In die magen zitten enzymen die er voor zorgen dat melk gaat samenklonteren en uiteindelijk kaas wordt. Het volgende tekstfragment gaat over het maken van kaas.

### tekstfragment

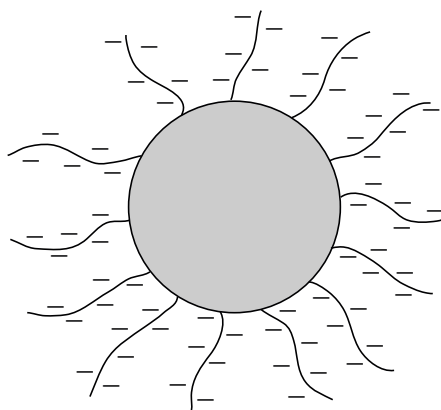
- 1 Melk is een emulsie van eiwitten, vetten, koolhydraten, vitamines en mineralen  
2 in water. Om kaas te maken voegt de kaasmaker zuursel en stremsel toe aan  
3 melk. Zuursel bevat melkzuurbacteriën die lactose (melksuiker) omzetten tot  
4 melkzuur. Hierdoor wordt de melk zuur en gaan de melkeiwitten  
5 samenklonteren. Als alleen zuursel wordt toegevoegd aan melk, lijkt de ontstane  
6 substantie op yoghurt en is er geen kaas van te maken. Daarom voegen  
7 kaasmakers ook stremsel toe. Dit stremsel bevat het enzym chymosine. Dit  
8 enzym “knipt” een gedeelte van de eiwitmoleculen af. Hierdoor klonteren de  
9 eiwitten steviger samen. Het gevolg is een dikker mengsel, de wrongel, waarvan  
10 wel kaas te maken is. Er is maar een klein beetje stremsel nodig om er voor te  
11 zorgen dat wrongel ontstaat.  
12 De wrongel wordt vervolgens samengeperst in de vorm die de kaas moet  
13 krijgen. Het overtollige vocht, de wei, wordt afgevoerd. De kaas gaat daarna een  
14 tijd in een bad met pekelsel om zout op te nemen, waardoor de kaas langer  
15 houdbaar blijft. Tot slot moet kaas nog een paar weken rijpen. Tijdens het rijpen  
16 zorgen enzymen in de kaas voor de hydrolyse van vetten en eiwitten. De  
17 hydrolyseproducten dragen bij aan de smaak van de kaas.

naar: *Chemische Feitelijkheden*

- 2p **24** Geef de reactievergelijking in molecuulformules van de vorming van melkzuur ( $C_3H_6O_3$ ) uit lactose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ). In deze reactievergelijking is melkzuur het enige reactieproduct en komt nog één andere stof voor.

Het samenklonteren van de melkeiwitten is een bijzonder proces. In melk zweven de melkeiwitten als zogeheten micellen in de melkvloeistof. Zie figuur 1.

figuur 1



De micel bestaat uit eiwitmoleculen waarvan sommige met negatief geladen “staartjes” aan de buitenkant van de micel zitten. Ook deze “staartjes” bestaan uit aminozuren. In de “staartjes” komt een aantal eenheden van het aminozuur glutaminezuur voor.

Deze glutaminezuureenheden zorgen voor de negatieve ladingen. Melk heeft een pH van ongeveer 6,7 en bij deze pH bevatten de glutaminezuureenheden  $\text{COO}^-$  groepen. Deze  $\text{COO}^-$  groepen zijn zwakke basen. Door de negatieve ladingen stoten de micellen elkaar af en blijven ze zweven. Wanneer tijdens het kaasmaken de pH onder 4,9 daalt, worden de “staartjes” elektrisch neutraal en klonteren de micellen samen.

- 2p **25** Verklaar waarom de “staartjes” elektrisch neutraal worden als gevolg van de pH-daling.

Het “afknippen” (regel 8) door het enzym chymosine is een hydrolyse reactie en vindt plaats tussen de aminozuureenheden van fenylalanine en methionine in de “staartjes” van de eiwitmoleculen.

- 1p **26** Geef aan waarom het enzym chymosine slechts in relatief geringe hoeveelheid hoeft te worden toegevoegd.

Op de uitwerkbijlage staat de structuurformule van het deel van het eiwitmolecuul waarin de “knip” plaatsvindt.

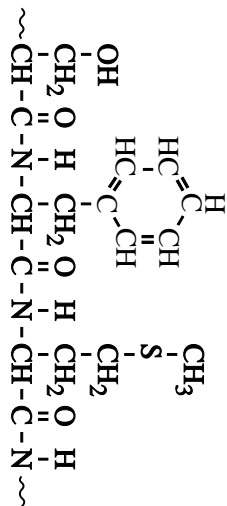
- 3p **27** Geef op de uitwerkbijlage de reactievergelijking van de hydrolyse, die plaatsvindt onder invloed van het enzym chymosine. Gebruik daarbij structuurformules.

De kaas die uiteindelijk in de winkel komt, bevat (ongeveer) 40 massaprocent vocht. De rest van de kaas, de zogenoemde droge stof, bestaat voornamelijk uit vet en eiwit. Het vetgehalte van kaas wordt aangegeven met een getal dat wordt gevolgd door een + teken, bijvoorbeeld “40+”. In deze notatie duidt het getal het massapercentage vet in de droge stof aan.

- 2p **28** Bereken hoeveel gram vet een plak van 20 gram “40+” kaas bevat.

**uitwerkbijlage**

27



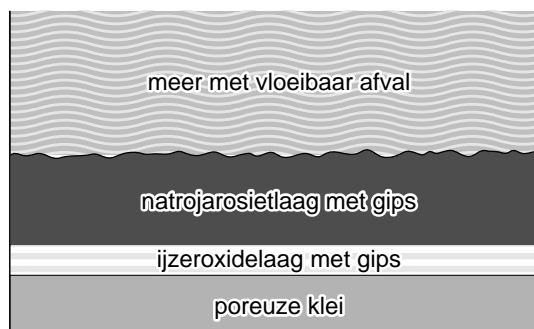
## Zwavelzuurmeer

In sommige industriële processen ontstaat gevaarlijk zuur afval. Wanneer verwerking van het afval niet mogelijk is, kan het soms worden opgeslagen. Uit onderstaande samenvatting van een artikel over afvalopslag in de Oekraïne blijkt, dat hierbij het klimaat en de samenstelling van de bodem een rol kunnen spelen. De vraag is of in Nederland een dergelijke vorm van afvalopslag mogelijk is.

### tekstfragment

- 1 De  $\text{TiO}_2$ -fabriek 'Titan' in Armyansk (Oekraïne) loost haar vloeibaar afval, dat
- 2 onder andere zwavelzuur bevat, in een afgedamd deel van een ondiep meer.
- 3 Het afgedamde deel heeft een oppervlakte van ongeveer  $42 \text{ km}^2$  en een
- 4 gemiddelde diepte van 1,3 m. Per jaar wordt  $1,1 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  vloeibaar afval geloosd.
- 5 Het volume van het meer blijft gelijk doordat de lozingen, de neerslag en de
- 6 verdamping met elkaar in evenwicht zijn. Het afgedamde deel van het meer
- 7 heeft inmiddels een pH van 0,85.
- 8 De bodem van het meer bestaat uit poreuze klei, dat veel calciëet ( $\text{CaCO}_3$ ) bevat.
- 9 Het bodemvocht in de poriën van de klei heeft een pH van rond de 6,2. Dit pH-
- 10 verschil is mogelijk doordat het calciëet reageert met het vloeibare afval, dat ook
- 11 ijzerionen bevat, tot natrojarosiet en gips. Tussen de natrojarosiet en de klei is
- 12 bovendien een harde laag van ijzeroxide en gips ontstaan, die het natrojarosiet
- 13 afsluit van de onderliggende klei. Hierdoor kan het afvalzuur niet doorsijpelen
- 14 naar het grondwater.

Hieronder worden het meer en de daaronder liggende bodemlagen schematisch weergegeven.



De pH in het meer wordt vooral door de lozingen, maar ook door het klimaat beïnvloed (regel 5 en 6).

- 2p **29** Leg uit dat de pH in het meer meer blijft dalen zolang de fabriek haar afval erin loost. Verwerk in je antwoord de invloed van de neerslag, verdamping, lozing en het volume op de pH.

In het afgedamde deel van het meer is geen leven mogelijk. In de rest van het meer (het niet-afgedamde deel) is nog wel leven mogelijk. Kennelijk is de dam die als afscheiding is gebouwd (regel 2), bestand tegen de zure inhoud van het meer. Het totale meer heeft een oppervlakte van  $2,6 \cdot 10^3 \text{ km}^2$ .

- 4p **30** Bereken de pH in het totale meer wanneer de dam zou doorbreken. Ga er bij de berekening vanuit dat:
- de gemiddelde diepte van het hele meer 1,3 m is;
  - het meer achter de dam uit zuiver water bestaat;
  - de inhoud van het meer volledig mengt;
  - en het zuur niet reageert (met bijvoorbeeld de klei) achter de dam.

Het hoofdbestanddeel van gips (regel 11) is calciumsulfaat.

- 3p **31** Geef de vergelijking van de vorming van calciumsulfaat uit calcië en een oplossing van zwavelzuur. Hierbij ontstaan nog twee andere stoffen.

De formule van natrojarosiet (regel 11) is  $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ .

De lading van de ijzerionen in natrojarosiet is gelijk aan de lading van de ijzerionen in het gevormde ijzeroxide in de ijzeroxidelaag.

- 2p **32** Leid de lading af van de ijzerionen in  $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ .  
1p **33** Geef de formule van het ijzeroxide.

In de Nederlandse industrie ontstaat ook afvalzuur. Toch is het ondenkbaar dat dit wordt opgeslagen in een Nederlands afvalzuurmeer.

- 2p **34** Geef twee redenen die duidelijk maken dat in Nederland afvalzuur niet in een meer zal worden opgeslagen.