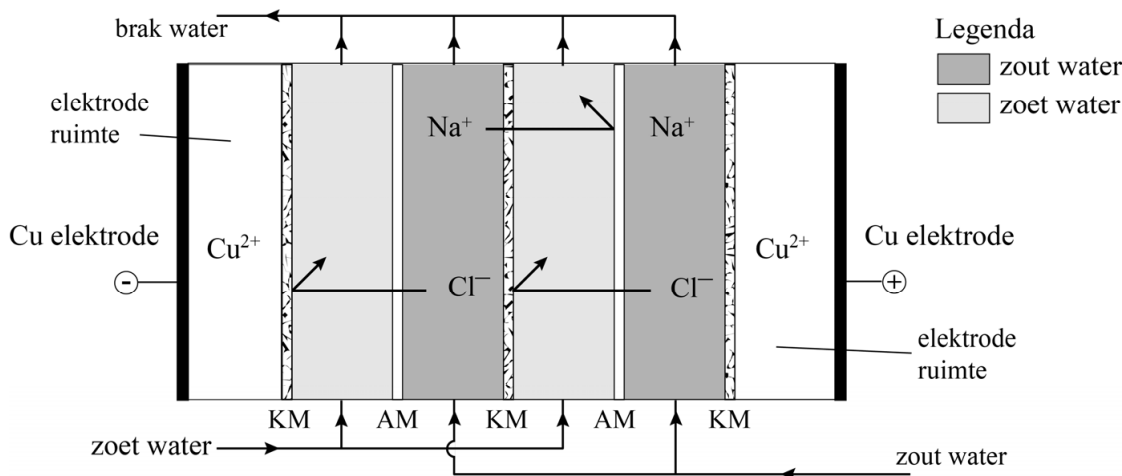


## RED: stroom uit zout water en zoet water

Het bedrijf REDStack uit Harlingen is sinds 2005 bezig een techniek te ontwikkelen om grootschalig energie op te wekken uit zout water en zoet water. Zij gebruiken hiervoor een bijzondere techniek: reverse electro-dialysis (RED). In het vooronderzoek naar deze techniek is een RED-opstelling gebruikt zoals die in de figuur vereenvoudigd is weergegeven.

figuur



De opstelling bevat door membranen gescheiden compartimenten waar zout water of zoet water wordt ingevoerd. De membranen zijn in de figuur aangegeven met AM en KM.

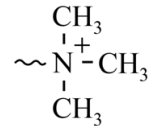
Omdat de concentraties van  $\text{Na}^+$  en  $\text{Cl}^-$  in zout water veel hoger zijn dan in zoet water, zullen de ionen uit het zoute water door de membranen naar het zoete water bewegen. Omdat in de figuur een membraan AM alleen negatieve ionen doorlaat en KM alleen positieve ionen, bewegen de  $\text{Cl}^-$  ionen naar links en de  $\text{Na}^+$  ionen naar rechts. Door de beweging van de ionen ontstaat een ladingsverschil. Om de opstelling neutraal te houden, treden reacties op aan de elektrodes en ontstaat een elektronenstroom van de linker elektrode naar de rechter elektrode. Op deze wijze wordt stroom opgewekt, die elders nuttig kan worden gebruikt. De membranen zijn gemaakt van het polymeer van X-fenyletheen.

In de structuurformule van X-fenyletheen bevindt zich op C atoom 4 van de benzeengroep een functionele groep X.

Het X-fenyletheen wordt gepolymeriseerd in aanwezigheid van een kleine hoeveelheid 1,3-diëthnylbenzeen. In de stof 1,3-diëthnylbenzeen zijn aan de benzeenring op plaats 1 en 3 etheengroepen gebonden.

- 3p 12 Geef een gedeelte van een molecuul van het gevormde polymeer in structuurformule weer. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en moet bestaan uit één eenheid X-fenyletheen en één eenheid 1,3-diëthnylbenzeen.
- 2p 13 Leg uit of het ontstane materiaal een netwerkpolymeer is.

Door de groep X in X-fenyletheen te variëren, kunnen de eigenschappen van het materiaal worden aangepast aan de eisen. In één van de twee membranen AM en KM zijn monomeereenheden aanwezig waarin de groep aanwezig is die hiernaast is weergegeven.



Een AM laat alleen negatieve ionen door, een KM alleen positieve ionen.

- 2p **14** Leg uit of de weergegeven monomeereenheid aanwezig is in het AM of in het KM.

Door de afwisseling van beide membranen ontstaat in de RED-opstelling een ionenstroom van  $\text{Na}^+$  naar de positieve elektrode en  $\text{Cl}^-$  naar de negatieve elektrode. Aan de elektroden verlopen dan halfreacties, zodat de stroomkring wordt gesloten.

In het onderzoek was in beide elektrode-compartimenten een oplossing van  $\text{NaCl}$  en  $\text{CuSO}_4$  aanwezig met elektroden van koper, zie de figuur. De vergelijkingen van de reacties die aan de elektroden verlopen zijn hieronder gegeven.



In het onderzoek werd onder andere gemeten hoeveel lading werd overgedragen per  $\text{m}^2$ .

Bij gebruik van deze opstelling werd gemiddeld per seconde 50 C per  $\text{m}^2$  overgedragen. De gebruikte koperelektrode werd hierbij in een week meer dan een millimeter dikker.

Een mol elektronen heeft een lading van  $9,65 \cdot 10^4$  C.

- 5p **15** Bereken de toename van de dikte van de koperelektrode in mm gedurende deze week.  
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

Omdat de koperen elektroden meedoen in de reacties moeten deze zo nu en dan worden vervangen. Hierdoor is het niet mogelijk om continu stroom op te wekken. Het bedrijf REDStack gebruikt een vergelijkbare opstelling, maar dan met onaantastbare elektroden en een andere oplossing in de elektroderuimtes. Gekozen is om in beide elektroderuimtes een oplossing te gebruiken waarin de ionen  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Na}^+$  en  $\text{Cl}^-$  aanwezig zijn. De oplossingen in de elektroderuimtes worden continu rondgepompt tussen beide elektroderuimtes. Hierdoor is het mogelijk om continu stroom op te wekken.

- 2p **16** Leg uit dat het rondpompen van de beide oplossingen tussen beide elektroderuimtes ervoor zorgt dat er continu stroom kan worden opgewekt.