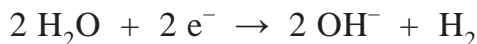
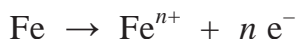


## Betonrot

Beton is een veelgebruikt bouw materiaal. De basis voor beton is een mengsel van cement, zand en grind. Wanneer water aan dit mengsel wordt toegevoegd, treedt een reactie op tussen cement en water. Hierdoor ontstaat een hard materiaal. Voor stevige constructies gebruikt men 'gewapend beton'. Dit is beton dat met stalen staven of matten inwendig is versterkt.

Beton bevat altijd een kleine hoeveelheid water. Dit water is aanwezig in de poriën in het beton: het zogeheten poriewater. Het ijzer (uit de stalen wapening) kan met het poriewater reageren. Hierbij treden de volgende halfreacties op:



Wanneer zuurstof aanwezig is in het poriewater, treedt een andere halfreactie op waarbij uitsluitend hydroxide-ionen ontstaan.

- 1p **8** Geef de vergelijking van deze halfreactie. Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 48.

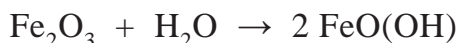
De gevormde ionen reageren met elkaar tot verschillende ijzerzouten. Eén van deze ijzerzouten is ijzer(III)oxide. De ijzeroxides vormen een vaste laag rondom de wapening, waardoor de reactie van ijzer met water wordt vertraagd.

- 2p **9** Geef de vergelijking van de reactie van ijzer(III)ionen met hydroxide-ionen tot ijzer(III)oxide en water.

Bepaalde stoffen in het cement waarmee beton is gemaakt, zoals calciumhydroxide, zorgen ervoor dat het poriewater een pH-waarde heeft die hoger is dan 12,5. In dit sterk basische milieu is de laag ijzeroxides stabiel, waardoor de wapening niet verder reageert.

- 2p **10** Bereken de  $[\text{OH}^{-}]$  in mol per liter in poriewater met pH 12,5.

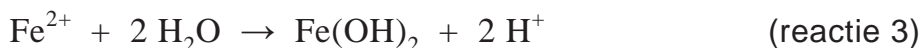
Koolstofdioxide uit de lucht kan het beton binnendringen en oplossen in het poriewater. Hierdoor daalt de pH en kan water met de gevormde laag ijzeroxides reageren. Hierbij treedt onder andere de volgende reactie op:



- 2p **11** Leg uit dat deze reactie een zuur-basereactie is. Geef hierbij aan welk deeltje als zuur en welk deeltje als base reageert.

- 2p 12 Leid af welke lading de ijzerionen hebben in FeO(OH).

Doordat de wapening bij deze reacties uitzet, kunnen scheuren in het beton ontstaan. Dit proces wordt daarom 'betonrot' genoemd. Betonrot wordt versneld wanneer er veel chloride-ionen in het beton aanwezig zijn. Chloride-ionen werken als katalysator bij de corrosie van ijzer. Het proces dat dan optreedt, verloopt via een aantal (half)reacties:



- 2p 13 Leg uit met behulp van bovenstaande (half)reacties dat chloride-ionen in dit corrosieproces als katalysator dienst zouden kunnen doen.

In de jaren zeventig van de vorige eeuw was er zo veel behoefte aan beton dat fabrikanten nauwelijks aan de vraag konden voldoen. Om het beton sneller te laten uitharden, werd calciumchloride toegevoegd. Zo kon sneller worden geproduceerd.

- 2p 14 Leg uit welk nadeel deze toevoeging heeft in gewapend beton.

De eisen die aan beton gesteld worden, zijn onder meer afhankelijk van het milieu waarin het betonnen bouwwerk wordt geplaatst. Droog beton is toegankelijker voor lucht dan nat beton.

Grofweg kan de volgende indeling worden gemaakt:

klasse I blijvend nat of blijvend droog

klasse II nat en zelden droog

klasse III matig vochtig

klasse IV afwisselend nat en droog

- 2p 15 Geef aan welke klasse de meeste kans op betonrot heeft. Licht je antwoord toe met gegevens uit deze opgave.