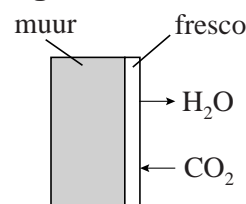


## Restauratie van fresco's

Fresco's zijn muurschilderingen waarbij op een vochtige ondergrond een afbeelding is geschilderd. De vochtige laag die men als ondergrond voor het schilderwerk gebruikt, bestaat uit een suspensie van gebluste kalk (calciumhydroxide) met een afgestemde hoeveelheid water en zand. Tijdens het droogproces zuigt de vochtige ondergrond de verfpigmenten op. Tegelijkertijd reageert koolstofdioxide uit de lucht met de gebluste kalk. Zo wordt een laag van zand, kalksteen (calciumcarbonaat) en verfpigmenten gevormd. De componenten zijn in deze laag niet meer van elkaar te scheiden.

In figuur 1 is de interactie van de frescolaan met de omgeving tijdens het drogen (uitharden) weergegeven.

figuur 1



- 2p 1 Geef de reactievergelijking voor de vorming van kalksteen, zoals die tijdens het uitharden van een fresco plaatsvindt.

Van veel eeuwenoude buitenmuurschilderingen die met de frescotechniek zijn gemaakt, dreigt de beeltenis langzaam verloren te gaan. Dit gebeurt met name wanneer de concentratie van zwaveldioxide in de lucht hoog is. Omdat zwaveldioxide in vochtige lucht kan worden omgezet tot opgelost zwavelzuur, kan het kalksteen worden omgezet tot het veel zachtere gips (calciumsulfaatdihydraat):



Het gevormde zachte gips brokkelt langzaam af en kan vervolgens wegspoelen bij contact met water. Ook kunnen door dit proces barsten in het fresco ontstaan, omdat het volume dat door het gevormde gips wordt ingenomen groter is dan dat van het kalksteen waaruit het is ontstaan.

- 3p 2 Laat door middel van een berekening zien dat het volume van het gips groter is dan het volume van het kalksteen waaruit het is ontstaan. Gebruik Binas-tabel 10. Neem aan dat calcië voor kalksteen staat.

Zwaveldioxide in de lucht kan de fresco's ook aantasten via een redoxreactie met sommige verfpigmenten, zoals het rode pigment hematiet ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Hematiet wordt door een reactie met zwaveldioxide langzaam omgezet tot het zwarte magnetiet ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

- 4p 3 Geef van deze redoxreactie de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daarmee de totale reactievergelijking af. In de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van hematiet tot magnetiet komen ook  $\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{H}^+$  voor.
- 2p 4 Verklaar aan de hand van deze reactievergelijking dat de vorming van magnetiet het afbrokkelen van een fresco nog verergert.

In de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw heeft men geprobeerd om fresco's te beschermen door een doorzichtige beschermende polymeerlaag op het fresco aan te brengen. Een van de polymeren die werd gebruikt, is het copolymeer acryloid B72.

Dit polymeer is ontstaan uit de volgende twee monomeren:

- de ester van ethanol en 2-methylpropeenzuur
- de ester van methanol en 2-methylpropeenzuur.

De vorming van dit copolymeer vindt plaats via additiepolymerisatie.

- 3p 5 Teken de structuurformule van een deel uit het midden van de keten van het copolymeer acryloid B72. Verwerk in deze structuurformule van beide monomeren twee eenheden.

Na verloop van tijd bleek dat het aanbrengen van een acryloidlaag toch niet afdoende was en zelfs schade kon aanrichten omdat de vocht- en luchtdoorlaatbaarheid sterk beïnvloed werden.

Een nieuwe benadering om beschadigde fresco's te redden, is het van binnenuit repareren van ontstane gaten met behulp van nanodeeltjes van calciumhydroxide en bariumhydroxide. Nanodeeltjes zijn korreltjes met een diameter van minder dan 300 nm; deze deeltjes zijn kleiner dan de poriën van het fresco en kunnen daarin binnendringen en nieuw kalksteen vormen. Het calciumhydroxide zorgt ervoor dat nieuw kalksteen kan ontstaan, maar kan met nog aanwezige sulfaten ook weer gips vormen. Het bariumhydroxide is nodig om dat gips om te zetten en het zorgt ook voor enige toename van de hoeveelheid kalksteen.

Met deze methode wordt niet alleen verder verval van het fresco voorkomen, maar kunnen vervaagde afbeeldingen ook weer helder tevoorschijn komen.

- 3p 6 Geef, aan de hand van een reactievergelijking, een mogelijke verklaring voor het feit dat bariumhydroxide de hoeveelheid gips kan doen verminderen en verklaar aan de hand van deze reactievergelijking dat de hoeveelheid kalksteen kan toenemen. Gebruik in je verklaring ook gegevens uit Binas.