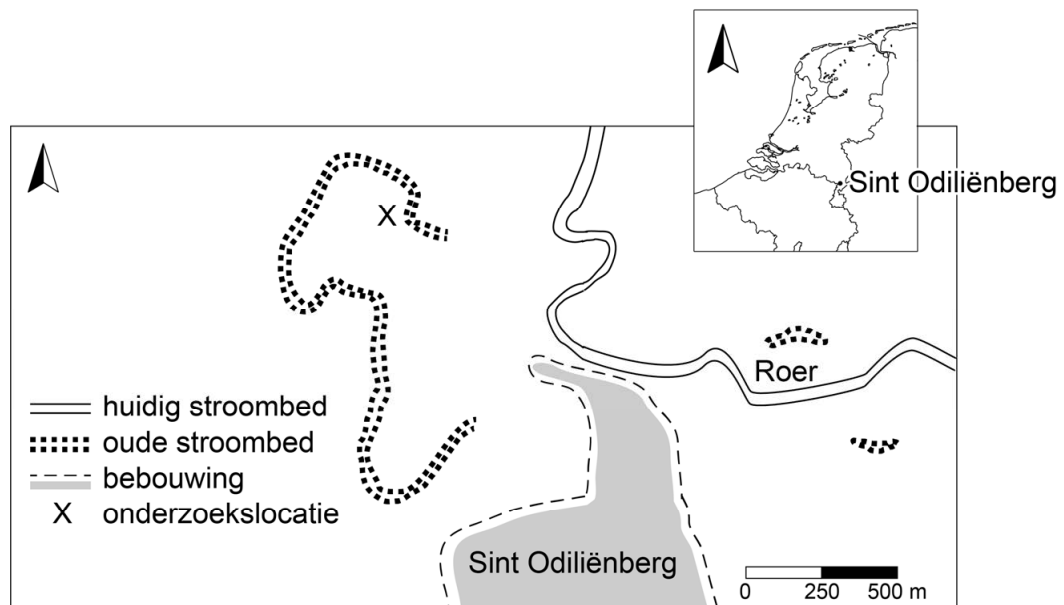


## Huidmondjes in de middeleeuwen

Paleo-ecoloog Thomas van Hoof van Universiteit Utrecht vermoedt dat er een link is tussen de pestepidemie die heerste in de veertiende eeuw en de tijdelijke verlaging van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer in die tijd. Plantaardige resten uit een oude riviertak geven hiervoor aanwijzingen.

Van Hoof onderzocht de bodem van een verlande riviertak van de Roer (afbeelding 1). Met behulp van een grondboor nam hij bodemmonsters tot een diepte van vier meter. De bodem bleek voor een groot deel te bestaan uit organische resten uit de periode 1000-1500 na Chr.

afbeelding 1



Het aangetroffen organisch materiaal is zo goed bewaard gebleven, dat aan de hand van bladvormen en pollen (stuifmeelkorrels) de samenstelling van de vegetatie vastgesteld kon worden. Daarmee geven de bodemmonsters inzicht in de verandering van de vegetatie in de loop van de geschiedenis.

Van de bladresten van de zomereik (*Quercus robur*) kon Van Hoof de dichtheid van de huidmondjes bepalen. De huidmondjesdichtheid is gerelateerd aan de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer.

In de bodemmonsters waren eeuwenoude, maar nog steeds determineerbare plantenresten aanwezig.

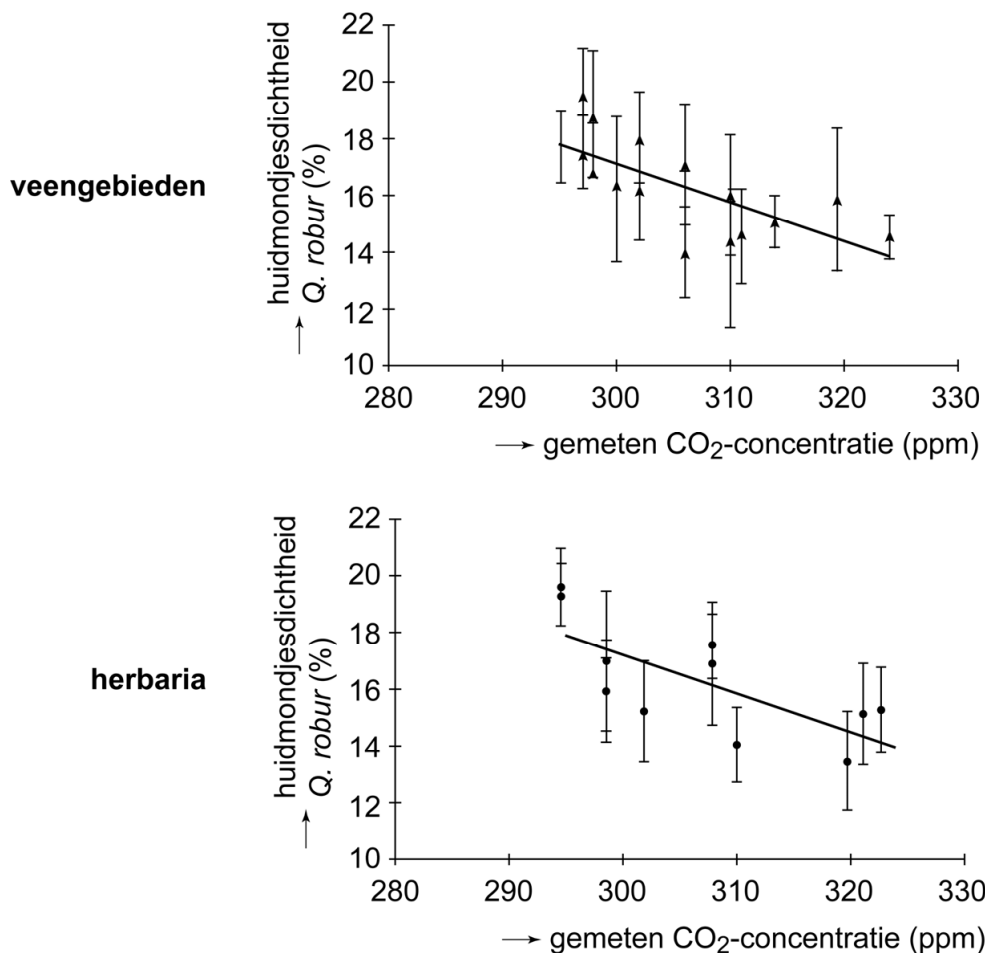
- 2p **20** Leg uit waardoor deze plantenresten in de bodem eeuwenlang bewaard zijn gebleven zonder afgebroken te worden.

Een afname van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer leidt tot een toename van de huidmondjesdichtheid. Dit kan een epigenetische of een evolutionaire oorzaak hebben.

- 1p 21 Beschrijf wat wordt bedoeld met een epigenetische oorzaak van de toename van de huidmondjesdichtheid.
- 2p 22 Leg uit op welke manier evolutie de toename van de huidmondjesdichtheid kan veroorzaken.

Van Hoof wilde met de gegevens over de huidmondjesdichtheid van de middeleeuwse bladresten de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer in die periode afleiden. Daarom heeft hij een 'huidmondjesindex' vastgesteld met materiaal van recentere zomereiken uit de twintigste eeuw. Hiervoor heeft hij gebruikgemaakt van bladresten uit veengebieden en van bladeren uit herbaria (verzamelingen van gedroogde planten). De precieze ouderdom van dit bladmateriaal is bekend, zodat de huidmondjesdichtheid vergeleken kon worden met metingen van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer in die jaren (afbeelding 2).

afbeelding 2



Van elk geanalyseerd blad is op verschillende plaatsen van een bepaalde oppervlakte het aantal huidmondjes en het aantal epidermiscellen geteld. Om de gemeten huidmondjesdichtheid van het herbariummateriaal te vergelijken met die van de ‘verse’ bladeren van de zomereik, moet gecorrigeerd worden vanwege krimp van de gedroogde herbariumbladeren.

De cellen van verse bladeren die in een herbarium worden opgenomen, doorlopen als gevolg van uitdroging achtereenvolgens: verlies van turgor, grensplasmolyse, plasmolyse, celdood.

- 2p **23** Krimpt het blad als gevolg van verlies aan turgor? En krimpt het blad als gevolg van voortschrijdende plasmolyse?

krimpt blad door verlies van turgor?	krimpt blad door voortschrijdende plasmolyse?
A ja	ja
B ja	nee
C nee	ja
D nee	nee

- 2p **24** Zal de gemeten huidmondjesdichtheid bij het herbariummateriaal hoger of lager zijn dan toen de bladeren vers waren? En op welke wijze wordt de huidmondjesdichtheid uitgedrukt zodat hiervoor gecorrigeerd wordt?

huidmondjesdichtheid herbariummateriaal	correctie door uitdrukken huidmondjesdichtheid als
A hoger	$\frac{\text{aantal huidmondjes}}{\text{aantal epidermiscellen} + \text{aantal huidmondjes}}$
B hoger	$\frac{\text{aantal huidmondjes}}{\text{aantal epidermiscellen} - \text{aantal huidmondjes}}$
C lager	$\frac{\text{aantal huidmondjes}}{\text{aantal epidermiscellen} + \text{aantal huidmondjes}}$
D lager	$\frac{\text{aantal huidmondjes}}{\text{aantal epidermiscellen} - \text{aantal huidmondjes}}$

De resultaten in afbeelding 2 tonen een lineair verband tussen de huidmondjesdichtheid en de CO<sub>2</sub>-concentratie. Het is onmogelijk dat hetzelfde lineaire verband ook zou gelden bij de huidige CO<sub>2</sub>-concentratie van 400 ppm. Er blijft immers een minimumaantal huidmondjes nodig.

- 2p **25** Geef twee redenen waarom het aantal huidmondjes niet nul kan zijn.

Aan het eind van de middeleeuwen, vanaf ongeveer het midden van de vijftiende eeuw, was het klimaat gedurende enkele decennia koeler. De frequentie van strenge winters op het noordelijk halfrond nam toe. Deze periode wordt de kleine ijstijd genoemd.

De lage temperaturen gedurende de kleine ijstijd gingen gepaard met een lichte daling van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer. Uit analyses van de huidmondjesdichtheid in de bladresten uit de bodemmonsters blijkt de CO<sub>2</sub>-concentratie echter al af te nemen vanaf de tweede helft van de veertiende eeuw.

De lagere CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer in de kleine ijstijd kan bijgedragen hebben aan de daling van de temperatuur.

- 1p **26** Verklaar dat een lagere CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer een lagere temperatuur tot gevolg kan hebben.

Volgens Van Hoof is het aannemelijk dat de daling van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer vanaf 1350 is veroorzaakt door de pestepidemie die West-Europa toen teisterde. Door deze epidemie stierf een derde van de bevolking van Europa. Uit de pollenanalyses van de bodemmonsters blijkt dat er veranderingen in de vegetatie optraden tijdens de pestepidemie: er wordt steeds minder stuifmeel van granen en grassen aangetroffen, terwijl het aandeel stuifmeel van bomen en struiken toeneemt.

Deze veranderingen in vegetatie zouden geleid hebben tot een afname van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer.

- 3p **27** Beredeneer hoe door de pestepidemie de veranderingen in de vegetatie en de afname van de CO<sub>2</sub>-concentratie tot stand kunnen zijn gekomen.