

$\delta^{18}\text{O}$: Fortidens termometer

Alle vandmolekyler består af et iltatom O og to brintatomer H, men disse atomer findes i naturen i varianter med forskelligt antal neutroner:

^{16}O	^{17}O	^{18}O
99,759%	0,037%	0,204%
^1H	^2H	^3H
99,985%	0,015%	radioaktiv – indholdet varierer

^2H kaldes også D for Deuterium og ^3H kaldes Tritium.

Blandt vandmolekyler i naturen er der langt flest molekyler af varianten H_2^{16}O , mens der er ca. 0,2% af varianten H_2^{18}O og ca. 0,015% af varianten DH^{16}O , dvs. molekyler med en enkelt tungere ^{18}O - eller deuterium-isotop. De andre varianter findes naturligvis også, men anvendes ikke særlig ofte til klimaanalyser.

Man måler indholdet af de tunge isotoper i et såkaldt massespektrometer, og i praksis måles forholdet mellem antallet af de tunge og lette isotoper, dvs. $R = (\text{antal } ^{18}\text{O})/(\text{antal } ^{16}\text{O})$ for oxygen. Dette forhold er et ret lille tal, og man har derfor vedtaget at opgive resultater af isotopmålinger som såkaldte δ -værdier, der er den målte R -værdis afvigelse (i promille) fra R -værdien for en standard. For oxygen er definitionen således:

$$R = \frac{\text{antal } ^{18}\text{O}}{\text{antal } ^{16}\text{O}}, \quad \delta^{18}\text{O} = \frac{R_{\text{prøve}} - R_{\text{standard}}}{R_{\text{standard}}} \cdot 1000 \text{ ‰}$$

og tilsvarende for hydrogen:

$$R = \frac{\text{antal D}}{\text{antal H}}, \quad \delta\text{D} = \frac{R_{\text{prøve}} - R_{\text{standard}}}{R_{\text{standard}}} \cdot 1000 \text{ ‰}$$

Som standard anvendes oftest det såkaldte *Vienna Standard Mean Ocean*

Water, der er en internationalt accepteret vandstandard.

De vandmolekyler, der indeholder en ^{18}O - eller deuterium-isotop, har lidt sværere ved at fordampe på grund af deres lidt højere masse. Tilsvarende vil de have lidt nemmere ved at kondensere, fx når der dannes skyer. I praksis betyder det, at der er lidt færre tunge isotoper i damp end i havvand, og at denne forskel forstærkes når dampen bliver til nedbør fx undervejs til Grønlands Indlandsis. Det var Willi Dansgaards opdagelse, at den mængde tunge isotoper, der mangler i forhold til indholdet i havvand, afhænger af temperaturen på nedbørstidspunktet, og at $\delta^{18}\text{O}$ og δD fra isprøver derfor kan bruges til at bestemme fortidens klima.

I store træk viser målinger af $\delta^{18}\text{O}$ og δD det samme, blot er variationerne i δD otte gange større end de tilsvarende variationer i $\delta^{18}\text{O}$, da den relative masseforskel for brint er otte gange større end for ilt. Men forskerne har opdaget, at der er en lille forskel, der kan give endnu flere informationer om klimaet.

Når man kender både δD og $\delta^{18}\text{O}$, kan man beregne det såkaldte deuteriumoverskud, $d = \delta\text{D} - 8 \cdot \delta^{18}\text{O}$. Forskerne har opdaget, at deuteriumoverskuddet i en isprøve giver oplysninger om temperaturen i de områder, hvor vanddampen, der senere faldt som sne i Grønland, stammede fra. På den måde kan isotoperne både fortælle om de lokale temperaturer og klimaforholdene i egne længere fra Grønland.

Læs mere

Case 1 på isarkiv.dk fortæller historien om Willi Dansgaards opdagelse og går i dybden med, hvorfor $\delta^{18}\text{O}$ viser fortidens temperaturer.

På isogklima.dk/nfa-isotoper er det beskrevet, hvordan $\delta^{18}\text{O}$ måles.