

# Reservoireffekter i kulstof-14 dateringen

- fra fejlkilde til informationskilde

Kulstof-14 datering af potteskår kan give store problemer, hvis der er tilberedt fisk i lerkarret, og de brændte madrester kan dateres mange hundrede år ældre, end de er. Denne effekt kaldes reservoireffekten.

Af Bente Philippsen, ph.d., fysiker og feltarkæolog, Aarhus AMS Center, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet og Femern projekt, Museum Lolland-Falster

Kulstof-14 dateringen har i mange årtier hjulpet arkæologer og andre faggrupper med at tidsbestemme deres prøver. Fra metodens opdagelse i 1940'erne indtil i dag blev der fundet en del fejlkilder – som bagefter dog viste sig at være kilder for endnu flere oplysninger om fortiden. Forskere verden over prøver kon-

stant at finde ud af alt, hvad der kunne gå galt med kulstof-14 dateringen. Så kan vi sikre, at metoden hele tiden udvikler sig. I sidste ende gør det ikke kun kulstof-14 dateringen mere pålidelig, men åbner helt nye forskningsområder.

## Arkæologisk sensation eller dateringsfejl?

På nogle fundpladser i Nordtyskland fandt arkæologerne potteskår, som havde været fremstillet af det sidste jæger-samler-folk i regionen. Kulstof-14 dateringen af potteskårene viste, at de var overraskende gamle. Nogle af dem, fundet ved nogle åer i indlandet, var op til 1.000 år ældre end dem fra kystbopladserne.



Fremstillingen af eksperimentelle madskorper i kopier af stenalderkeramik. Vi holder godt øje med temperatur og kogekarrets indhold. Foto: Sönke Hartz.



De brændte madrester på et keramikskår. Foto: Bente Philippsen.

Indlandsbefolkningen var så meget foran deres kammerater ved kysten – det måtte tyde på helt unikke kontakter til keramik-fremstillende bondestammer sydpå! Det var en arkæologisk sensation! - Eller var det? Var det måske en systematisk fejl i kulstof-14 dateringen?

### Den uheldige stenalderkok

For at forstå, hvordan man kan tidsfæste stenalder-keramik, skal vi på en rejse tilbage i tiden. For næsten 7.000 år siden er Danmark og Nordtyskland dækket af en frodig urskov. Klimaet ►

#### ■ Radioaktiviteten afslører tingenes alder

Kulstof-14 er den radioaktive udgave af kulstof (hvis normalvægtige isotop hedder kulstof-12). Den har en halveringstid af 5.730 år: Hvis du købte en 10 kg sæk grillkul, der udelukkende bestod af kulstof-14, og du lige glemte den i kælderen i knap 6.000 år, så ville der kun være 5 kg kul tilbage.

Alt levende indeholder kulstof-14. Alle planter, dyr og også dig, kære læser. Men, heldigvis for den glemsomme grillmester, kun en lille smule. Kun ét ud af  $10^{12}$  kulstof-atomer er et kulstof-14 atom.

Mens man lever, optager man hele tiden nyt kulstof-14 gennem den mad, man spiser. Det udligner den mængde af kulstof-14, der forsvinder ved radioaktivt henfald. I alt har man derfor en ligevægt og en konstant koncentration af kulstof-14 i kroppen. Når man dør, holder man op med at spise, mens det radioaktive henfald fortsætter ufortrødent. Derfor aftager kulstof-14 koncentrationen i knogler med tiden, efter henfaldsloven. Jo mindre kulstof-14 der er tilbage i en prøve, jo længere tid er der gået siden organismens død.

# LabDays 2015

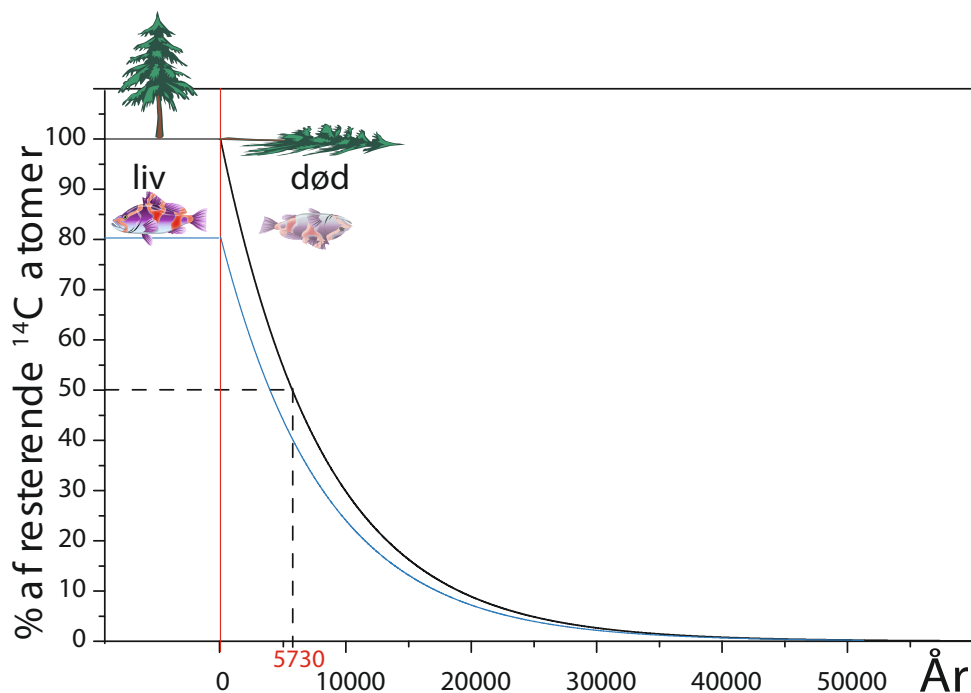
- ny fagmesse for laboratorieteknik



- Diagnostik
- Forskning
- Bioteknologi
- Kvalitetskontrol
- Laborarieudstyr
- Fagkonferencer

labdays.dk

Århus 23. - 24. september



Den sorte kurve betegner kulstof-14's henfaldslov med en halveringstid på 5.730 år. Man måler, hvor mange procent af den oprindelige kulstof-14 koncentration, der er tilbage og kan aflæse prøvens alder fra kurven. Men når prøven fra starten af indeholder mindre kulstof-14 (blå kurve), ville man på den måde aflæse en for høj alder – medmindre man ved, at der er tale om en reservoir-effekt, og at man skal bruge den blå kurve. Tegnet af Bente Philippsen.

er varmere end i dag, der vokser vild vin i skovene, jagtbart vildt og spiselige planter findes i overflod, søer, åer og havet byder på fisk, skaldyr eller havpattedyr. Det meste af denne herlighed er dog svært fordøjeligt til decideret giftigt, medmindre man tilbereder maden.

Så er det heldigt, at en af civilisationens fremmeste opfindelser allerede er gjort – kogepotten.

I jægerstenalderen fremstillet af ler og brændt i åbent bål.



Jeg har indsamlet moderne prøver som referencemateriale: Vand, vandplanter, fisk og skaldyr. Foto: Sönke Hartz.

Den gør det muligt at tilberede mad uden alt for stort besvær og brændselsbehov, selv den mindste strandsnegl kan udkoges, og dens næringsstoffer slubres op af lerkarret. Det lyder næsten for godt til at være sandt – og så vidner arkæologernes fund da også om stenalderkøkkens uheld. Det skete nemlig ret ofte, at maden brændte på i de uglaserede lerpotter. Men stenalderkøkkens uheld er vores held! De forkullede madrester er ofte bevaret på potteskårene, selv efter tusindvis af år i jorden. Når man kulstof-14 daterer dem, tidsfæster man lerkarrets sidste anvendelsesdag.

## Du er så gammel, som det du spiser

Nogle gange kan det gå helt galt med dateringen, og de brændte madrester bliver dateret mange hundrede år ældre end den sande alder. Det skyldes, at der blev tilberedt fisk i lerkarret. Fisk kan nemlig indeholde "gammelt kulstof": I havet transporterer havstrømme vandet ned til bunden, hvortil der ikke kan komme nye forsyninger af kulstof-14 fra

atmosfæren. Derfor bliver kulstof-14 koncentrationen mindre i havvandet – og en mindre kulstof-14 koncentration betyder en højere kulstof-14 alder. Når vandet kommer til overfladen igen, optager vandplanter kulstoffet i fotosyntesen og ser derfor også for gamle ud. Det samme sker for fiskene, som lever af disse vandplanter. Denne effekt kalder man "reservoir-effekt", fordi den skyldes, at prøvens kulstof kommer fra et andet "reservoir" end atmosfæren. I havet omkring Danmark er der en reservoir-effekt på cirka 400 år.



Som det næste vil vi undersøge, hvordan 14C-alderen og isotopværdierne ændrer sig, når madskorpen ligger begravet i jorden. Foto: Bente Philippsen.

Endnu værre bliver det, hvis fiskene er vokset op i ferskvand. Der kan opløsning af gammelt kalk fra undergrunden føre til reservoir-effekter på flere tusinde år. Nogle fisk og planter, som jeg havde samlet fra nordtyske åer, havde en kulstof-14 alder på op til 3.000 år – selvom de var helt friskfanget/friskplukket.

Mennesker eller dyr, der lever af disse fisk, har den samme reservoir-effekt, fordi de får alt deres kulstof fra maden.

Reservoir-effekter af ingredienserne afspejler sig i kulstof-14 dateringen af brændte madrester. Det har vi afprøvet eksperimentelt, da vi lod maden brænde på i kopier af stenalderlerkar.

## ■ Du er, hvad du spiser, plus et par promille

Kulstof forekommer i naturen i tre udgaver: Det almindelige kulstof-12 (ca. 99% af al kulstof), det lidt tungere kulstof-13 (ca. 1%), og det endnu tungere, ekstremt sjældne og radioaktive kulstof-14. Om brugen af kulstof-14, det indbyggede ur i alt levende, kan du læse i faktaboksen på side 13. Men også kulstof-13 leverer ganske nyttige oplysninger: Koncentrationen af kulstof-13 er lidt højere i havet end på landjorden. Havplanter og -fisk indeholder også denne højere kulstof-13 koncentration. Når man spiser mange fisk, vil man derfor have en højere kulstof-13 koncentration i knoglerne. Det kan hjælpe til at forudsige reservoireffekter.

Variationerne i kulstof-13 koncentrationen er dog ganske små. For at få nogle håndterbare tal, måler man derfor  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -forholdet af prøven og  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -forholdet af et standardmateriale, som forskere verden over er blevet enige om. Forskellen mellem prøvens og standardmaterialets  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -forhold måler man i promille. Mennesker har typisk værdier omkring -20‰, hvis de udelukkende spiser mad fra landjorden og op til -13‰, hvis ernæringen er udelukkende marin.

Også andre grundstoffer findes i flere forskellige isotoper. Nyttigt til vores formål er kvælstof i dens naturlige udgaver kvælstof-14 og kvælstof-15.  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ -forholdet måles også i promille. Her er det interessante, at  $^{15}\text{N}$ -koncentrationen stiger med 2 til 5‰, for hvert trin i fødekæden. Rovdyr har derfor højere  $^{15}\text{N}$ -koncentrationer end planteædere. Fødekæderne i havet, søer og åer er længere end dem på landet. Derfor har de fisk, mennesker godt kan lide at spise, højere  $^{15}\text{N}$ -koncentrationer end landdyr. Høje kvælstof-15 koncentrationer i knogler afslører derfor "akvatisk" ernæring – og dermed igen risikoen for reservoireffekter.

Hver gang, der blev tilberedt mad i stenalderlerkarret, opstod en mulighed for dateringsfejl. Og så har den uheldige stenalderkok ikke bare ødelagt et måltid mad, men også opstillet en fælde for dateringsfolket.

## Dateringsfejl afslører sandheden om stenaldermad

Nu, hvor vi kender til muligheden for reservoireffekter i keramik-dateringen, kan vi advare arkæologerne, råde dem til andre dateringsmaterialer, eller hjælpe dem med at finde ud af, om der blev kogt fisk i lerkarret. Så kan vi sikre os, at vi på trods af reservoireffekter kan finde frem til keramikens korrekte alder.

Vi kan dog også bruge reservoireffekter som informationskilde: Når vi har aldersbestemt keramikken med andre metoder, og kulstof-14 dateringen er for gammel, afslører den, at der blev tilberedt fisk i lerkarret. Det samme gælder også for kulstof-14 dateringen af menneskeknogler: Når en person bliver dateret "for gammel", er det beviset for, at vedkommende spiste meget fisk. Faktisk var akvatiske ressourcer så vigtige i den ældre stenalder, at vi burde overveje, om jægerstenalderen ikke skulle tage navneforandring til fiskerstenalderen.

Hvad så med den arkæologiske sensation fra artiklens begyndelse? Det var kun en fiskesuppe, der var brændt på – og startskud på et forskningseventyr, der besvarede spørgsmål, vi oprindeligt ikke havde stillet.

E-mail:

Bente Philippsen: bphilipp@phys.au.dk

## Sikrer analyserent laboratorieudstyr med intelligent og effektiv rengøringsproces

**NYHED** laboratorieopvaskemaskine PG 8536

- ▶ **Grundig og effektiv teknik** kan rengøre meget kraftigt tilsmudset glasapparatur
- ▶ **Intelligent måling** sikrer at det ønskede niveau for renhed opnås
- ▶ **Effektivt flow** af udstyr ved hjælp af hurtig og effektiv tørring (op til 115°C)
- ▶ **Kompakt** og kan placeres direkte i laboratoriet
- ▶ **Brugervenlig og doseringsanlæg** med plads til 4 stk. beholdere

Lad vores dygtige specialister hjælpe med at finde den optimale løsning på, hvordan I sikrer rengøringsprocessen af laboratorieudstyret – sikkert og økonomisk fordelagtigt.



Miele Professional A/S · Erhvervsvej 2 · 2600 Glostrup  
Tlf. 43 27 15 00 · www.miele-professional.dk

**Miele**  
PROFESSIONAL