

# En solstorm forbedrer dateringen af Vikingetiden

Bente Philippsen, Museum Lolland-Falster, og Jesper Olsen, Aarhus AMS Center

En arkæologisk udgravning på en lille bygrund i Ribe har frembragt flere end 100.000 artefakter fra vikingetidens begyndelse. Mange råmaterialer, værktøjer og smykker blev importeret fra fjerne egne – fra det nordlige Norge, fra Vesteuropa og fra Mellemøsten. En solstorm i 775 e.Kr. har sat sine spor i Ribe, og blev til et fikspunkt i vores serie af 140 kulstof-14 dateringer. Det hjalp os til at opnå en præcision som aldrig før for arkæologiske jordlag – og en ny forståelse for årsagen til vikingetiden.

## Gåden om Vikingetidens begyndelse

Gennem alle tider har mennesker rejst og handlet med hinanden. En stor udvidelse af handelsstrømmene sker dog i årene 750-1000 e.Kr. Her udløste det nye islamiske imperium i Mellemøsten et fænomen, nogle forskere kalder for "proto-globalisering". Et handelsnetværk omfattende næsten hele Afro-Eurasien blev dannet. Heller ikke i Danmark gik det upåagtet hen. Man kunne tænke sig, at strømmen af østens rigdomme i form sølvmonter og glasperler udløste ønsker om at være med på moden i Danmarks tidlige byer. Måske var det endda grunden til Vikingetidens begyndelse? Denne periode er præget af fjernhandel – nogle gange mere, andre gange mindre fredeligt – med sødygtige skibe. Nye stilarter opstår i det lokale håndværk, der bliver importeret varer fra fjerne egne, og fra ca. år 790 hører vi om de berygtede plyndringstogter.



Figur 1. Udgravningen i Ribe. Foto: Sydvestjyske Museer.

I den vestjyske by Ribe kan man følge hele denne udvikling. Under gaderne gemmer sig et arkiv af jordlag med rester af handel og håndværk. I byens centrum, i området nordøst for Ribe Å, har der været en handelsplads i den tidlige vikingetid. På begge sider af en vej lå parceller med huse, værksteder og sikkert også handelsboder ud til vejen. Husene havde lergulve. Når et hus blev renoveret eller revet ned, blev et nyt gulv lagt ovenpå det gamle. Imellem gulvene finder man smudslag og spor efter menneskenes aktiviteter: dråber af smeltet glas fra perlefremstillingen eller rester af rensdyrtak, som blev tilovers efter man havde snittet en kam. Også måltidsaffald og dagligdags ting er gemt

i jordlagenes arkiv, fx brændte kornkerner, dyreknogeter eller keramikskår.



Figur 2. I udgravningens kant kan man se lagfølgen. Foto: Sydvestjyske Museer.

Ved hjælp af finansiering fra Carlsbergfondet havde vi en enestående mulighed for at lave en forskningsudgravning på en lille bygrund midt på vikingetidens handelsplads. Vi var et tværfagligt hold af arkæologer og fysikere fra Sydvestjyske Museer, Aarhus Universitetets grundforskningscenter UrbNet (Centre for Urban Network Evolutions) og Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet. I over et år kunne vi udgrave arealet meget detaljeret. Hver eneste skovlfuld jord fra udgravningen blev ved hjælp af museets gode frivillige kræfter skyllet igennem sigter, så selv de mindste fund blev opsamlet.



Figur 3. Fund fra udgravningen, bl.a. kam af tak, smeltedigel, tenvægt og en miniature-økse af rav. Foto: Sydvestjyske Museer.

På denne måde blev der fundet ca. 3900 glasperler, der kan fortælle om datidens økonomi: først blev der produceret lokale perler, hvortil man havde importeret råmaterialet fra Vesteuropa. Senere blev de lokale perlemagere dog udkonkurreret af billigere perler fra Mellemøsten. Også fragmenter af andre råmaterialer fra forskellige dele af Europa blev fundet: Rensdyrtak, klæbersten og hvassesten af skifer fra Norge, keramikkar og kværnsten af en vulkansk bjergart fra Rhin-området. Der er altså rigelige indikationer på fjernhandel. Men hvorfor begyndte handelen i Ribe at blomstre lige i denne periode?



**Figur 4.** Glasperler fra udgravningen, sorteret i stratigrafisk rækkefølge (de ældste nederst). Foto: Sydvestjyske Museer.

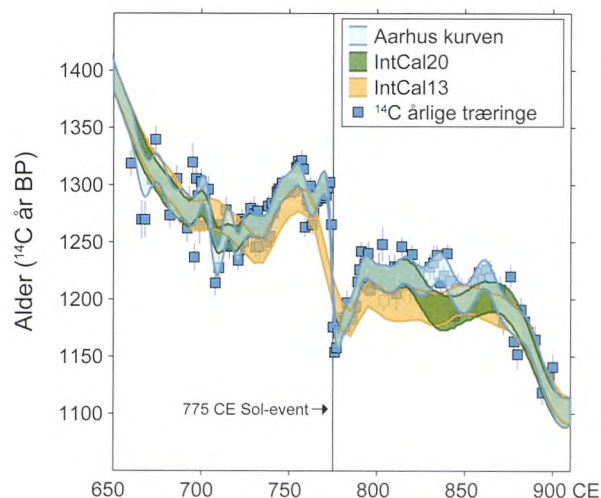
For at forstå, hvad der er årsag, og hvad der er virkning, er man nødt til at have en god forståelse af rækkefølgen af hændelser i tid – en god kronologi. Arkæologer bruger ofte kulstof-14 ( $^{14}\text{C}$ ) dateringen til deres fund (se fx [1]). Frem til i dag var brugen af metoden dog meget begrænset, når det gjaldt yngre perioder som Vikingetiden, fordi den ikke var præcis nok. Med dateringsusikkerheder på flere årtier var  $^{14}\text{C}$ -datering ikke så god som dateringer på baggrund af fx mønter eller artefakt-typer. Det er dog ved at ændre sig, og i de seneste år er der kommet en sand  $^{14}\text{C}$ -revolution [2].

### Kosmisk stråling, solaktivitet og træringe

Selvom vi daterer meget jordnære ting, skal vi ud på en tur til den øvre del af atmosfæren for at forstå baggrunden for den nye  $^{14}\text{C}$ -revolution.

Her dannes  $^{14}\text{C}$ -atomet ved, at en neutron kolliderer med et kvælstofatom. Neutroner dannes som sekundære partikler ved kernereaktioner mellem kosmisk stråling og atmosfærens atomer. Fluxen af kosmisk stråling afhænger af blandt andet Solens styrke, da størrelsen af Solens og Jordens magnetfelter skærmer mod den kosmiske stråling. Et svagt samlet magnetfelt vil øge  $^{14}\text{C}$ -produktionen, hvorimod et stærkt magnetfelt vil mindske den. Så snart et  $^{14}\text{C}$ -atom er dannet, oxideres det til  $\text{CO}_2$ , hvorefter det via fotosyntese optages i træer og planter, og derfra videre til alle levende organismer. Ved en organismes død ophører vekselvirkningen med atmosfærens  $^{14}\text{C}$ . Eftersom  $^{14}\text{C}$  er radioaktivt vil  $^{14}\text{C}$ -koncentrationen mindskes over tid. Da halveringstiden er kendt ( $T_{1/2} = 5730$  år), kan man benytte henfaldsloven til at tidsbestemme dødstidspunktet for en organisme, såfremt man også kender begyndelses aktiviteten,  $A_0$ .

Eftersom både Solens og Jordens magnetfelter varierer i tid og dermed produktionsraten af  $^{14}\text{C}$ , så er det ikke ligetil at bestemme begyndelsesaktiviteten,  $A_0$ , for et givent tidspunkt tilbage i tiden. Derfor defineres  $A_0$  til at være den atmosfæriske  $^{14}\text{C}$ -aktivitet i 1950. Man kan så ved at måle  $^{14}\text{C}$ -aktivitet i en prøve udregne  $^{14}\text{C}$ -alderen via henfaldsloven. Henfaldsloven giver altså prøvens alder i  $^{14}\text{C}$ -år før 1950. For efterfølgende at omsætte et  $^{14}\text{C}$ -år til kalender år har vi brug for en kalibreringskurve.



**Figur 5.** Kalibreringskurver til  $^{14}\text{C}$ -datering. Den nyeste (IntCal20) er allerede mere detaljeret end den fra 2013 (IntCal13). Vi har suppleret med endnu flere træringmålinger (blå firkanter) og beregnet Aarhuskurven, som vi anvender i Ribe.

Over de sidste 30 år har forskere arbejdet på at udvikle og forfine  $^{14}\text{C}$ -kalibreringskurver og ca. hvert femte år udkommer en ny kalibreringskurve (den seneste i 2020). For de sidste 14.000 år er kalibreringskurven udarbejdet på træstykker. Træ har den fordel, at man kan tælle og måle tykkelsen af årringene. Gode år giver brede årringe, og dårlige år giver smalle; kombinationen af smalle og brede årringe giver enhver tidsperiode et unikt mønster, som kan bruges til at overlappende forskellige træstykker i tid. Denne metode kaldes dendrokronologi og anvendes til at datere årringene i kalenderår. Når man efterfølgende måler  $^{14}\text{C}$ -i årringene, kan man

plotte kalenderår mod  $^{14}\text{C}$  og dermed har man en kalibreringskurve (se figur 6).

Når en ukendt prøve er målt i  $^{14}\text{C}$ -år kan de tilsvarende kalenderår findes ved skæringen med kalibreringskurven. Netop fordi  $^{14}\text{C}$ -produktionsraten varierer i tid, er der ikke nødvendigvis en unik oversættelse mellem  $^{14}\text{C}$ -år og kalenderår – ofte svarer et  $^{14}\text{C}$ -år til mange kalenderårsintervaller. Eksempelvis udviser hele perioden fra cirka 800 til 870 omtrentligt den samme  $^{14}\text{C}$ -alder. Det er blandt andet derfor at  $^{14}\text{C}$ -metoden har haft ringe udbredelse for vikingetidens arkæologi.



**Figur 6.** Ribes handelsforbindelser og lagfølgen fra udgravningen.

I 2012 publicerede den japanske forsker Fusa Miyake et studie som revolutionerede vores syn på  $^{14}\text{C}$  ved at vise en forøgelse af  $^{14}\text{C}$ -produktionen på 20‰ i 775, altså indenfor ét år – et såkaldt Miyake-begivenhed. Hidtil havde vi anset en så stor ændring i  $^{14}\text{C}$ -produktionsraten på så kort tid som noget nær en umulighed. Da klimaet og dermed Jordens kulstofkredsløb ikke udviser abrupte eller meget store udsving omkring 775 stod det hurtigt klart, at der måtte være en ekstraterrestrisk årsag til det påfaldende store og hurtige udsving – var det en

nærliggende supernova, en kvasar, et gamma burst eller noget andet?

Jagten gik ind på at forstå dette fænomen og mange  $^{14}\text{C}$ -laboratorier verden over begyndte at måle  $^{14}\text{C}$  med årlig opløsning. Hidtil havde man målt hvert tiende år, og derfor var disse Miyakebegivenheder blevet overset. I dag er 775 solbegivenheden fundet i træningsarkiver verdenen over på begge halvkugler. Ligeledes er den fundet som udslag i  $^{10}\text{Be}$  og  $^{36}\text{Cl}$  i iskerner på Antarktis. Konsensus i dag er, at 775-begivenheden skyldes en ekstraordinær solstorm som sendte en storm af protoner mod Jorden, som derved har givet anledning til en  $^{14}\text{C}$ -produktionsrate forøgelse på 20‰. Adskillige andre solbegivenheder er efterfølgende fundet, men ingen er så ekstreme som 775-begivenheden. Til sammenligning kan en af de mest intense solstorme, nemlig Carringtonbegivenheden i 1859, ikke detekteres med  $^{14}\text{C}$ . Carringtonbegivenheden gav anledning til nordlys på Cuba og Hawaii, og det kan derfor undre at der ikke findes historiske optegnelser af ekstraordinære himmelbegivenheder omkring 775. Men det er netop på grund af Fusa Miyakes opdagelse, at vi i dag har højopløselige kalibreringskurver, som kan hjælpe os med at datere Vikingetiden med  $^{14}\text{C}$ -metoden.

### Nye tider for Ribes vikinger

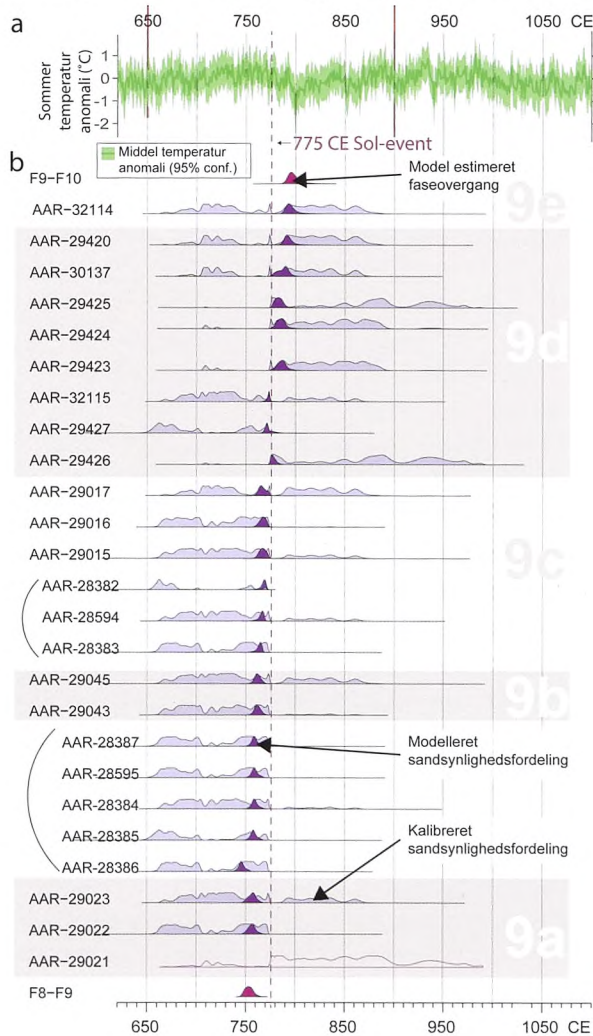
Der er allerede fundet Miyakebegivenheder i træringe fra forskellige udgravninger. Metoden blev fx brugt til at fastslå, hvornår der var vikinger i Nordamerika: forskere fandt en Miyakebegivenhed fra 993 e.Kr. i et stykke træ, og kunne tælle sig frem til, at træet blev fældet i 1021 e.Kr. [3].

Vi ville gerne have brugt samme metode for at datere forskellige hændelser i Ribe. Men desværre var der kun velbevaret træ i de allerdybeste lag. I de øvrige lag var der kun små rester af trækul, knogler eller trækul at datere – i hvert fald ikke noget, hvor man kunne tælle årringene. Til gengæld kunne vi tælle jordlagene næsten på samme måde som træringe (med den forskel, at lergulvene ikke blev fornyet årligt). Fra hvert lag daterede vi en eller flere prøver med  $^{14}\text{C}$ -metoden. Resultaterne kunne vi så sammenligne med dem fra vores træningsmålinger. Dermed blev vores studie det første, der bruger en Miyakehændelse i en arkæologisk lagserrie. Vi fandt frem til det lergulv, folk gik rundt på i året 775, mens Solen sendte en stor mængde ladede partikler mod Jorden.

Miyakehændelsen kan derfor forankre hele vores serie af dateringer i tid. Nu kender vi alderen på de forskellige lag, og kan derfor sætte en alder på de artefakter, vi finder i lagene.

I de tidligste tider er der en lokal produktion af glasperler. Selve glasset bliver dog ikke lokalt fremstillet. I stedet for importerer perlemageren genbrugsglas fra de romersk prægede dele af vesteuropa. Det kunne være skår af drikkeglas eller også mosaiksten af glas. Hvilken rute genbrugsglasset har taget, kan vi se af andre handelsvarer. Vi finder nemlig også kværnsten lavet af en særlig type basalt, en vulkansk bjergart, der findes i Rhin-området. Også specielle typer af keramik kommer fra egnene omkring Rhinen. Handelen foregik

altså langs med denne flod, og så op igennem Nordsøen.



**Figur 7.**  $^{14}\text{C}$ -dateringen af vikingetidens begyndelse (fase 9e). De lyse fordelinger er kalibreringer af enkelte dateringer. De mørke er resultater af en model, hvor man inddrager prøvernes placering i lagfølgen.

Allerede i 750 e.Kr. finder vi dog tegn på en ny dristighed i sejladsen. Ud over sejlads på floder og langs med kysten begynder folk at krydse det åbne hav. Importerede varer fra Norge viser, at ikke engang det farlige Skagerrak var en handelsbarriere. Der bliver importeret skifer til hvæssesten fra Norge, og rensdyrtak til kamfremstilling fra de nordligste egne. I Ribe har vi fundet spor efter kammagerens værksted, så vi er sikre på, at det var råmaterialerne, og ikke de færdige produkter, der kom med skibene fra Norge. Ved siden af kamfremstilling bliver der også støbt bronze og som allerede nævnt lavet glasperler. I de tidligste tider er Ribe altså lige så meget værksteds- som handelsplads. Nogle årtier senere, ansporet af den voksende handel, kommer der til at ske store ændringer for nogle erhverv, og ét håndværk bliver udkonkurreret af udenlandske billigvarer. Solstormen i år 775 e.Kr. er der, så vidt vi ved, ingen, der lægger mærke til.

Takket være den meget detaljerede udgravningsteknik kan vi se, at der sker afgørende forandringer i tiden kort efter solstormen. I perioden 785-810 e.Kr. begynder folk i Ribe at importere glasperler fra Mellemøsten, og samtidigt ophører den lokale perlefremstilling. I denne tid ændrer moden sig også i bronzeværkstedet.

Lokalt producerede metalsmykker i en særlig stil, der kaldes Berdal-stilen, bliver eksporteret til andre egne. Berdalstilen bliver set som en markør af vikingetidens begyndelse.

Som nævnt i indledningen var en af forklaringerne på vikingetidens begyndelse, at det nye islamiske rige i Mellemøsten lokkede med store mængder sølv og handelsperler. Vores nøjagtige  $^{14}\text{C}$ -målinger kan tilbagevise denne hypotese. Sølv og perler fra det islamiske rige udløste ikke vikingetidens handelseventyr, men var en forstærkende faktor og en impuls til at vende blikket mod endnu fjernere horisonter. I Ribes lergulve kan vi følge en lang række oversøiske eventyr mod vest og nord, inden handelsnetværkene udbygges yderligere med kontakter til Mellemøsten, indtil store dele af Europa, Asien og Afrika er forbundet gennem vikingetidens handelsrejser.

Den nye metode gør det muligt at sammenligne udviklingen i forskellige regioner, uafhængigt af skriftsprog og historieskrivning. Også udviklinger i miljø og klima kan vi datere med  $^{14}\text{C}$  og på denne måde sætte på samme tidsakse som den kulturelle udvikling. Forude venter mange nye opdagelser om relationerne mellem folk og omverdenen.

## Litteratur

- [1] B. Philippsen (2008) Kulstof-14 datering af stenalderens keramik, *Kvant*, bind 19, nr. 4, side 13–16.
- [2] J.H. Barrett (2022). A radiocarbon revolution sheds light on the Vikings, *Nature*, bind 601, side 326–327.
- [3] M. Kuitens m.fl. (2021) Evidence for European presence in the Americas in AD 1021, *Nature*, bind 601, side 388–391.
- [4] B. Philippsen, C. Feveile, J. Olsen og S.M. Sindbæk (2021). Single-year radiocarbon dating anchors Viking Age trade cycles in time, *Nature*, bind 601, side 392–396.



Bente Philippsen er akademisk medarbejder på Museum Lolland-Falster i Nykøbing F.



Jesper Olsen er leder af Aarhus AMS Center (AARAMS), som primært arbejder med kulstof-14 dateringer. Jesper Olsen forsker blandt andet i at rekonstruere Solens variabilitet tilbage i tiden med højpræcisions kulstof-14 målinger på træringe.