

ISOTOPE FORENSICS

Dr. Lisette Kootker
Vrije Universiteit Amsterdam Faculty of Science

Physical and Forensic Anthropology
2023

 CO VAN LEDDEN HULSEBOSCH CENTRUM
AMSTERDAM CENTER FOR FORENSIC SCIENCE AND MEDICINE

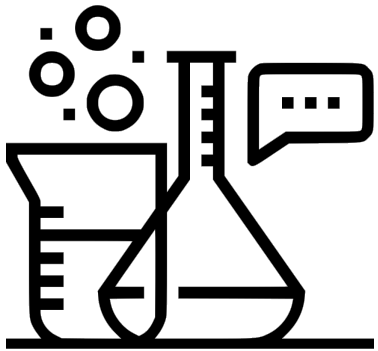
 VRIJE
UNIVERSITEIT
AMSTERDAM



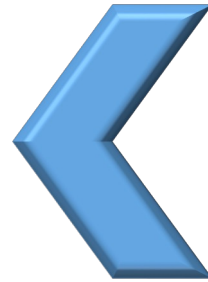
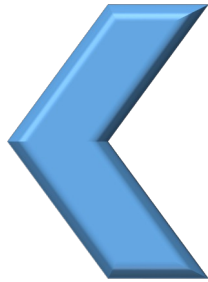
DNA

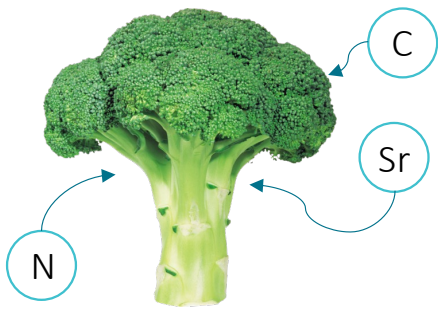
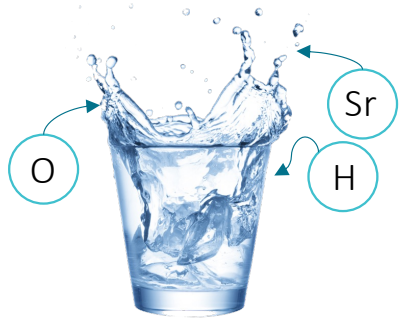
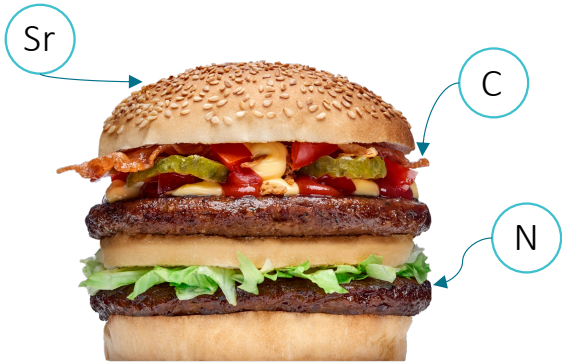


Evidence



Isotopes

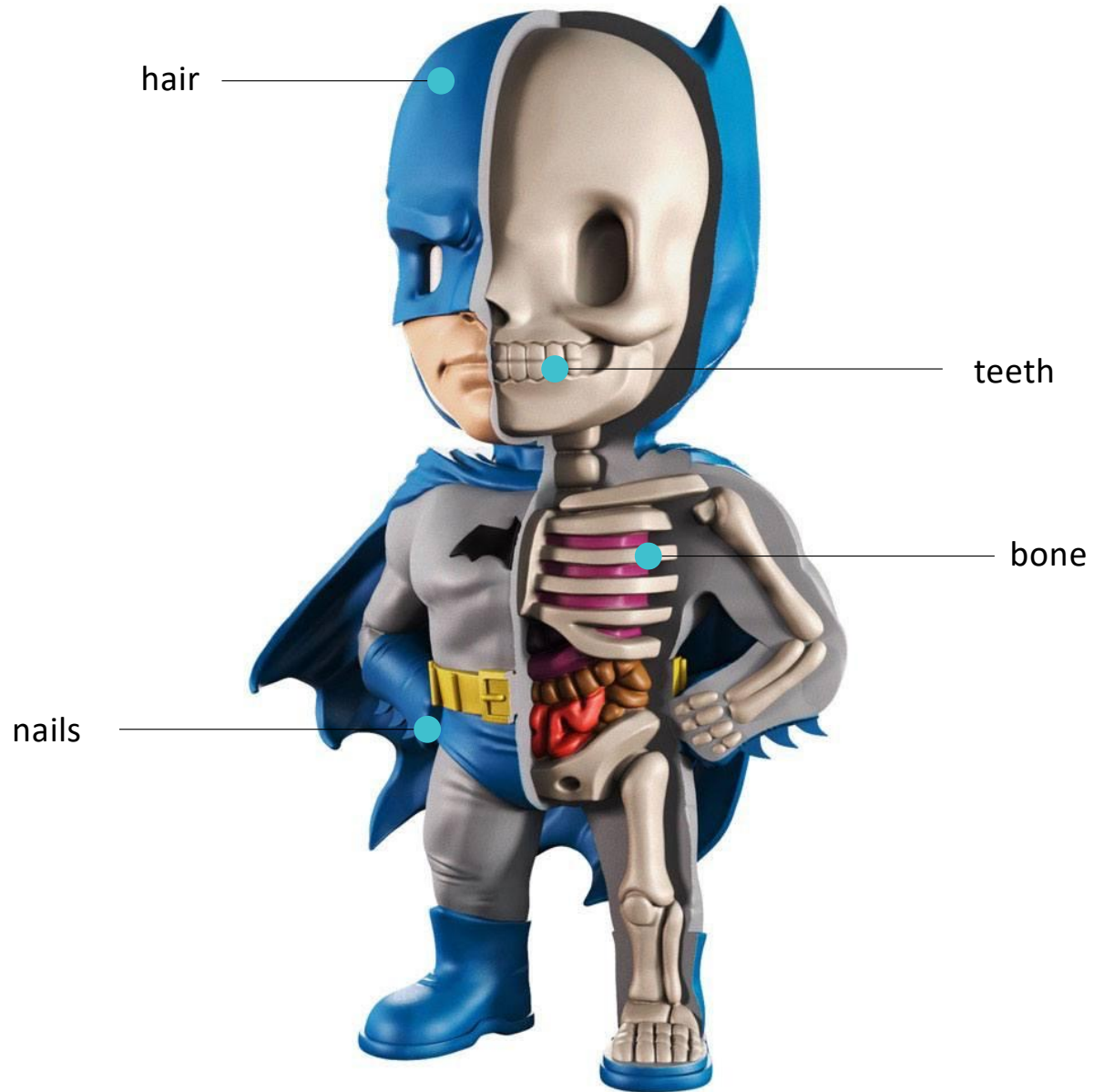
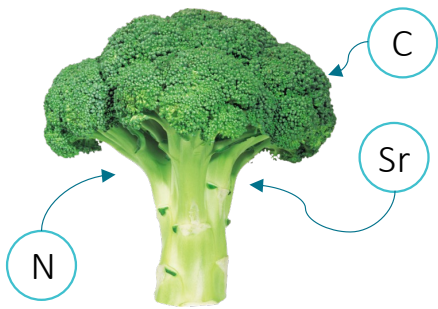
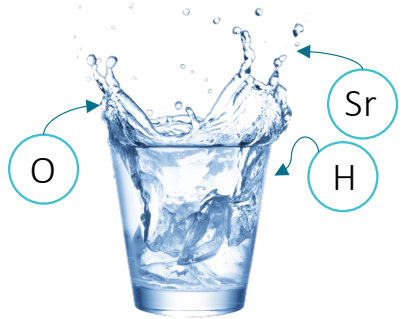
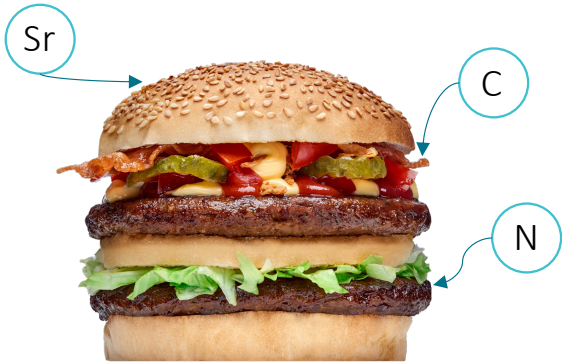


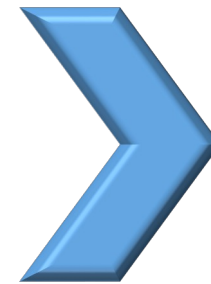
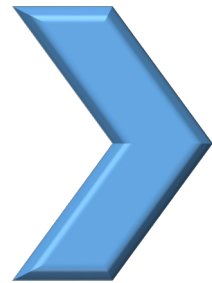
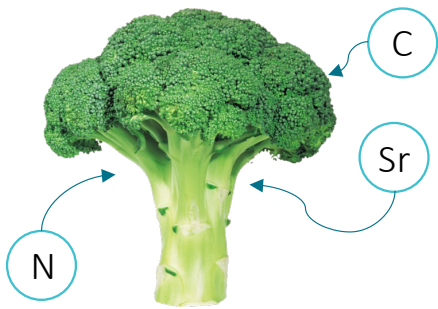
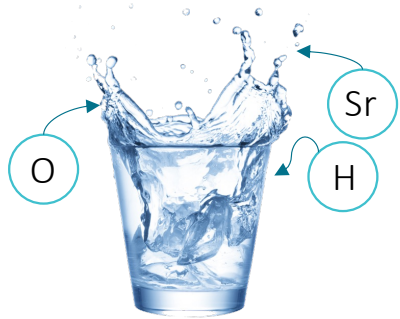
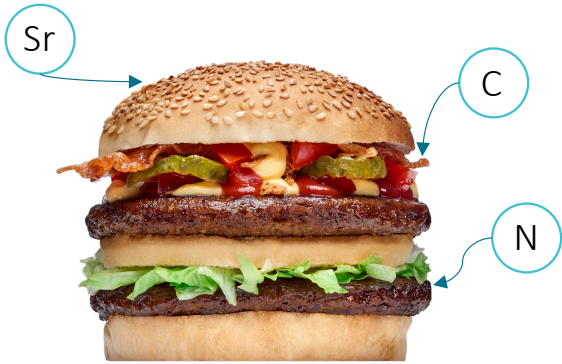




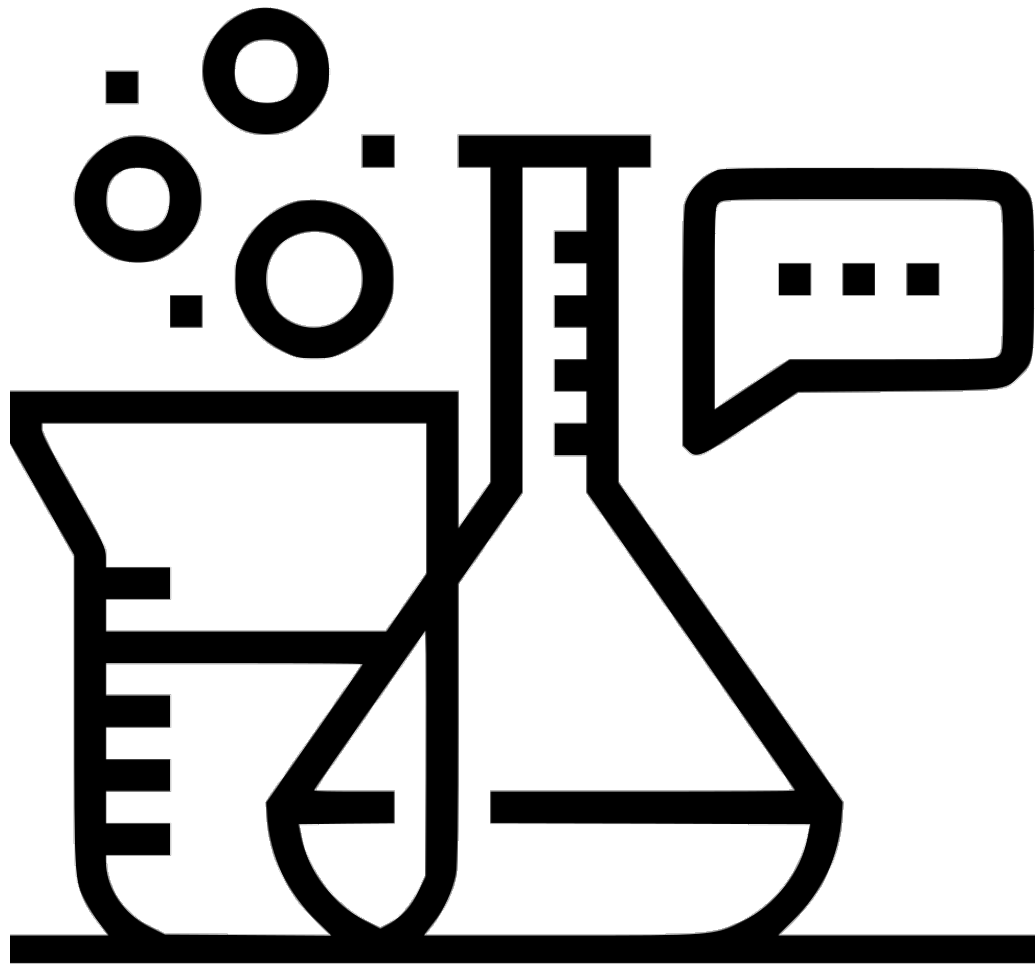
Exercise
THINK - PAIR - SHARE

**What tissues can we use
for forensic isotope
investigations?**

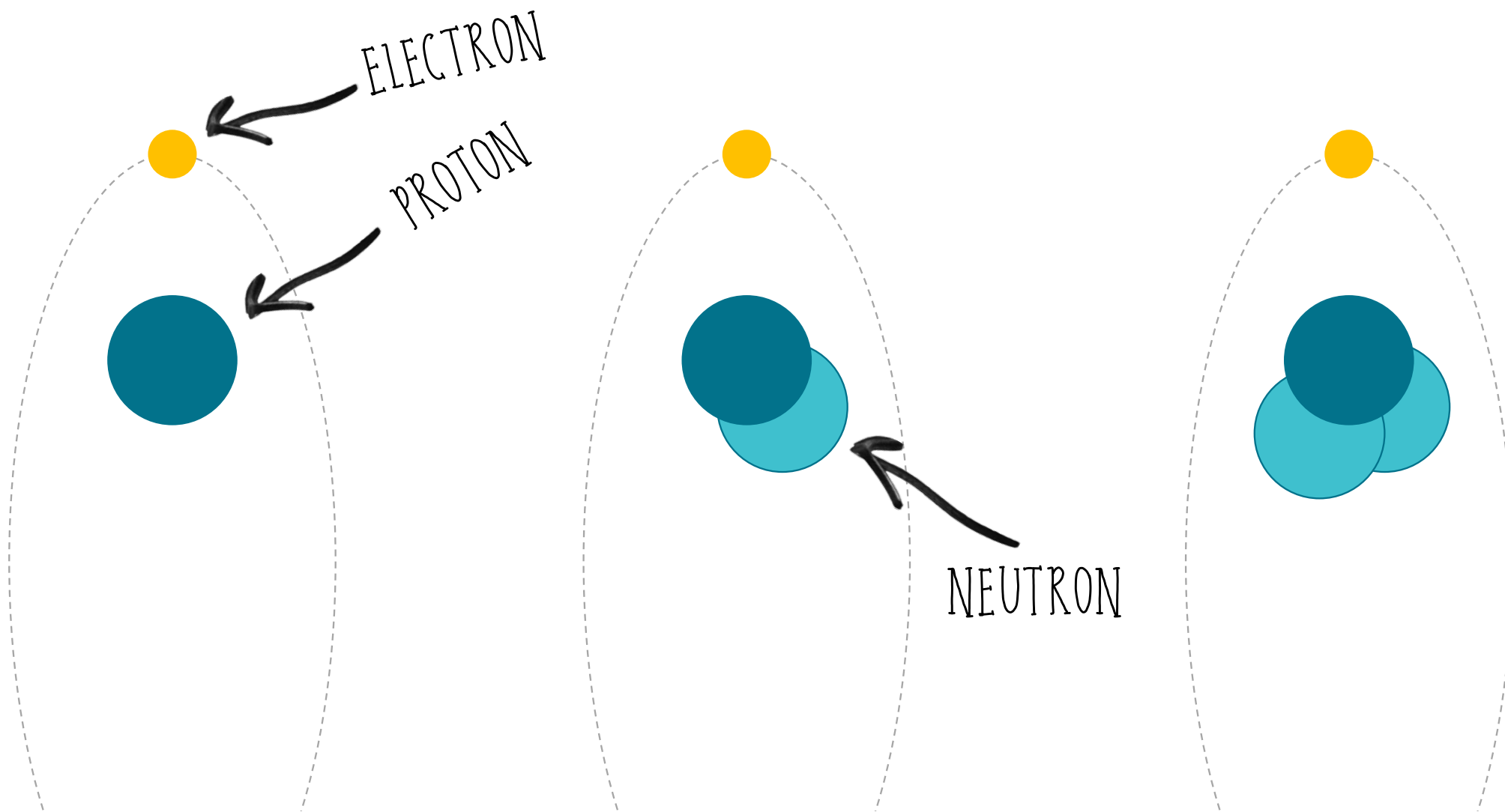


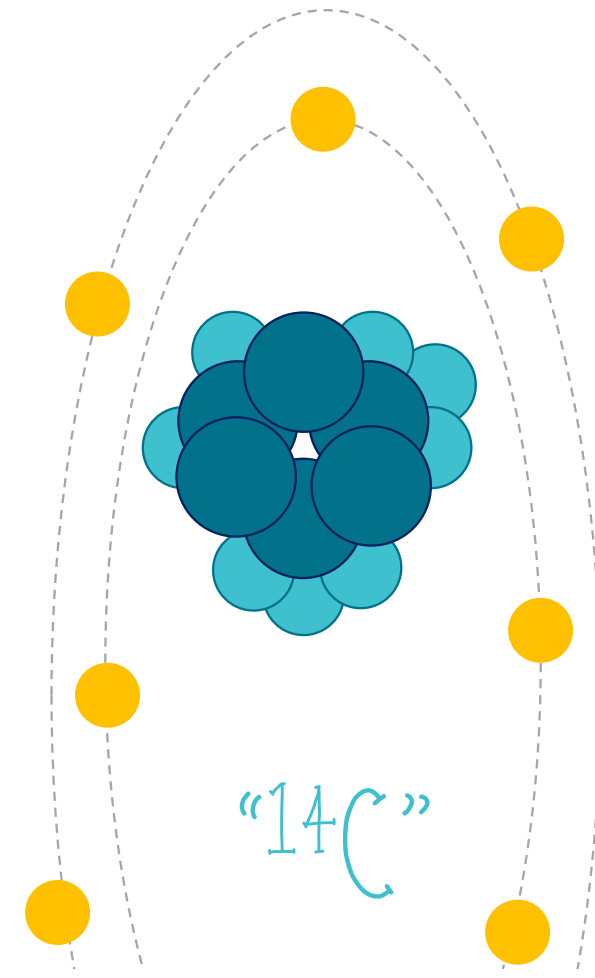
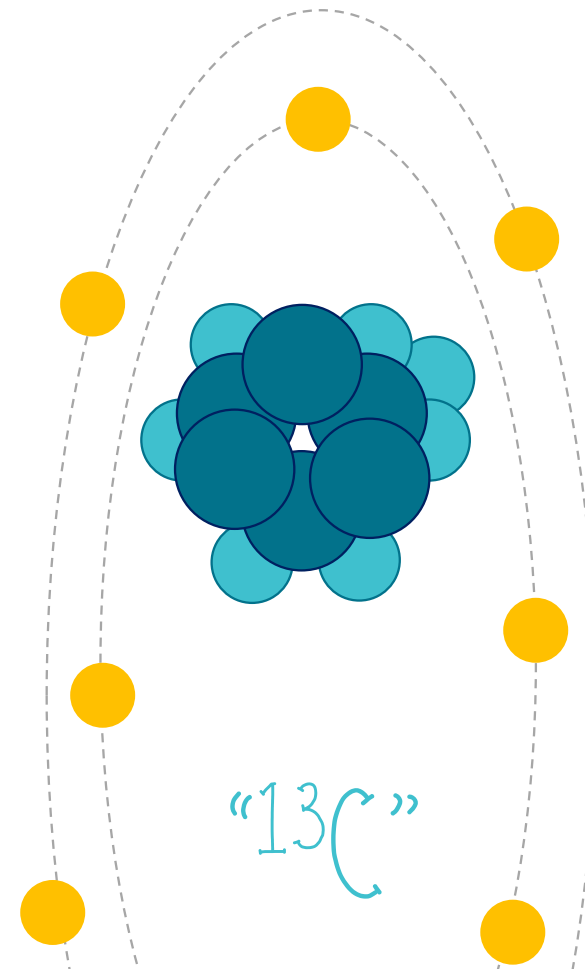
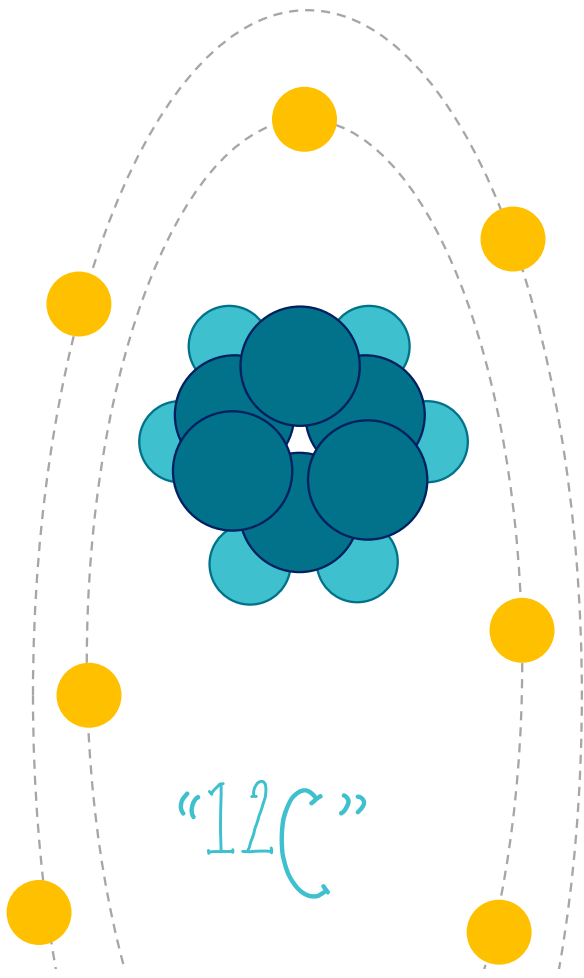


PALAEOMOBILITY
PALAEODIET



ISOTOPES





37 Rb Rubidium 85.4678 [Kr]5s	38 Sr Strontium 87.62 [Kr]5s ²
55 Cs	56 Ba

ISOTOPES

- Strontium
- Oxygen
- Lead
- Neodymium
- Carbon
- Nitrogen
- Hydrogen
- Calcium
- Zinc
- ...

^{87}Rb



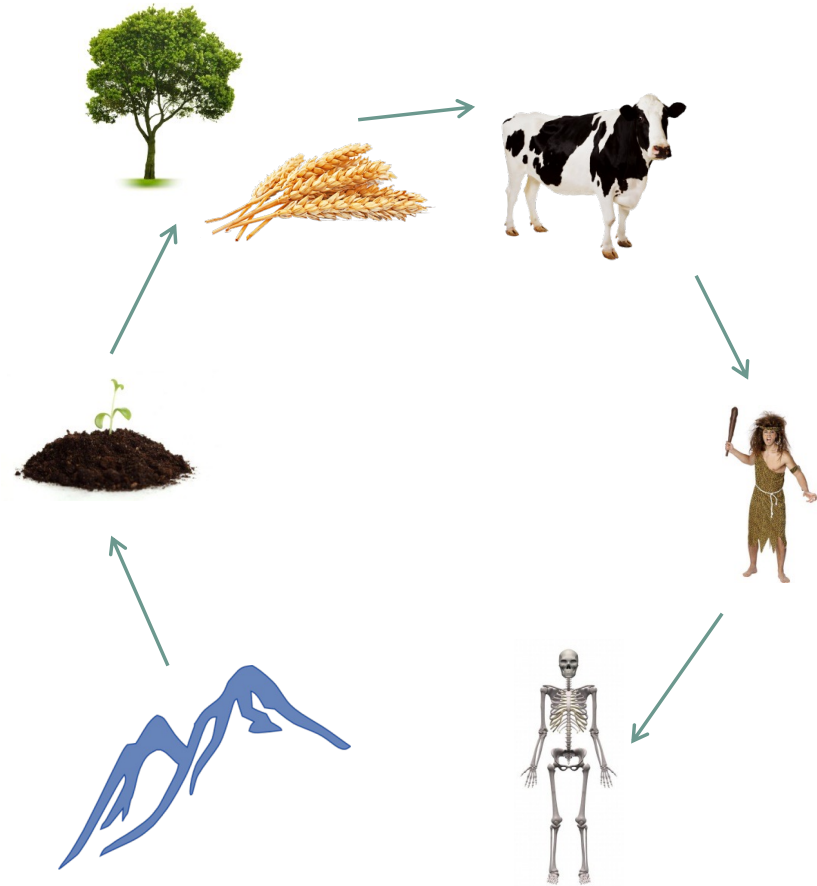
^{87}Sr

$$T_{1/2} = 4,88 \times 10^{10}$$

488000000000 years

48.8 billion years

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$



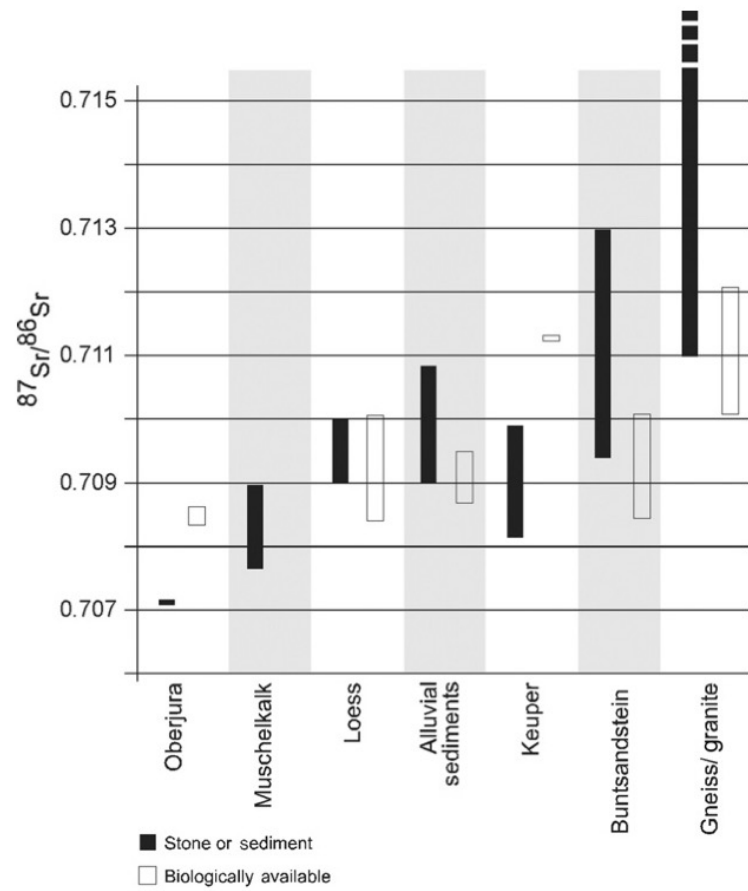
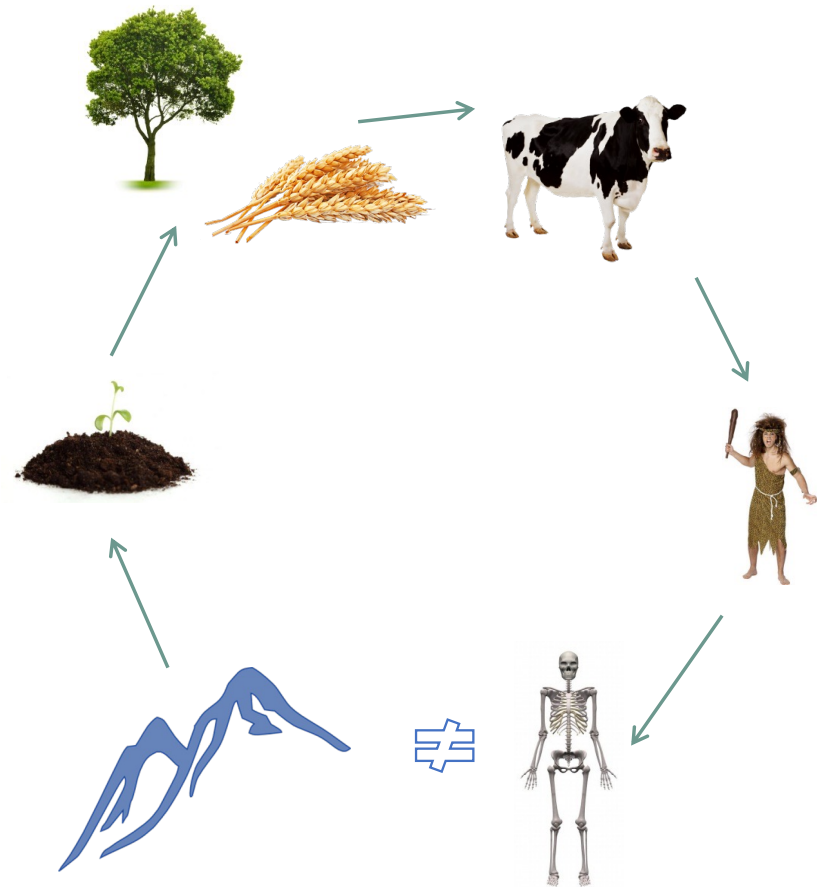
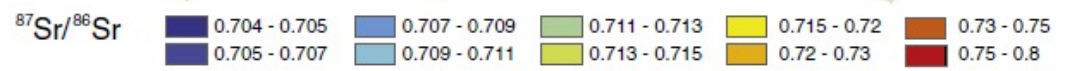
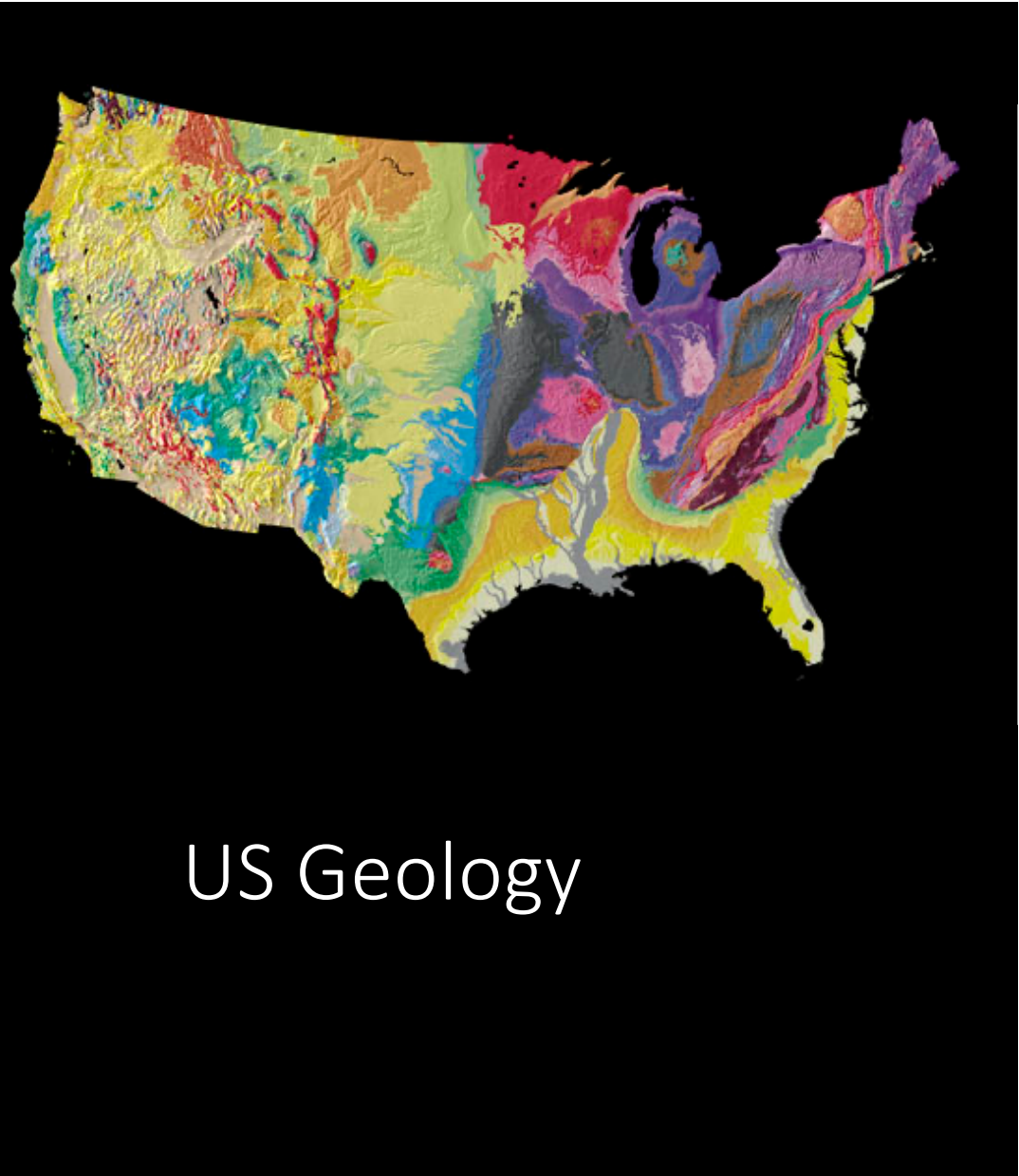
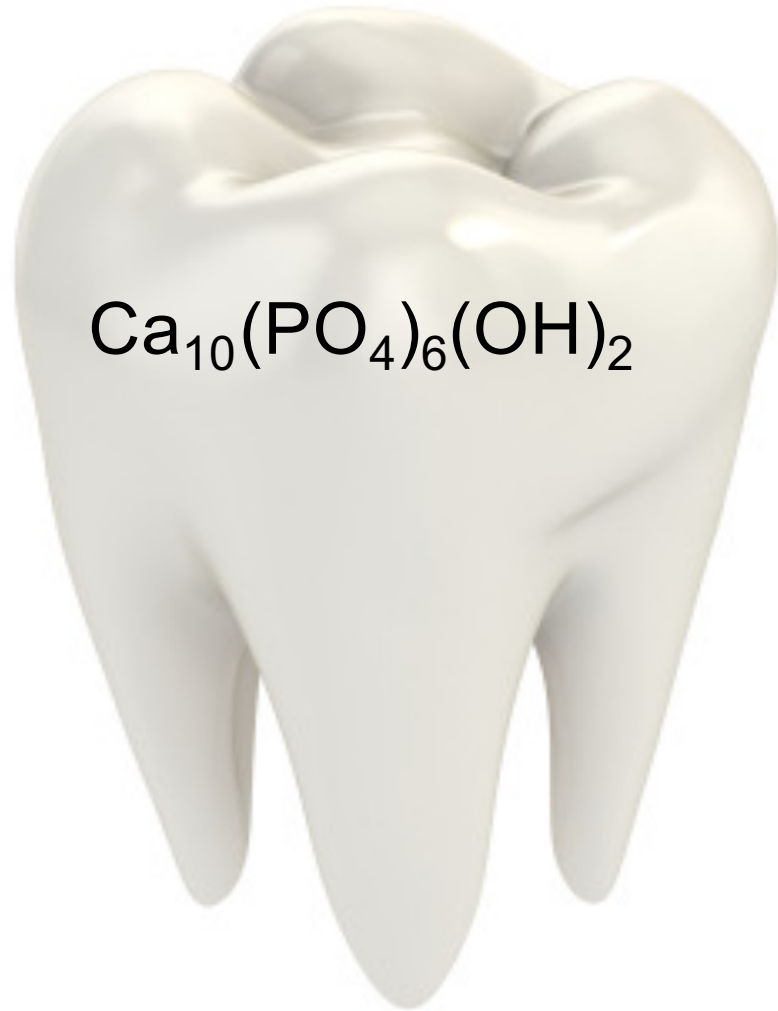


Figure 6. Measured strontium isotope ratios from geological and biological sources in southwestern Germany (Price et al. 2003).







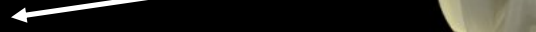
HYDROXYAPATIT



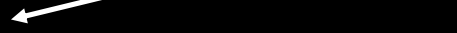
8 – 16 yr



2.5 – 8 yr



0 – 3 yr





DECIDUOUS DENTITION

14 WEEKS I.U – 11 MONTHS

PERMANENT DENTITION

0 – 16 YEARS

hair
1 cm/month

nails
1 mm/week



bone
Turnover rate element/health/
Physical stress/nutritional stress dependent
Rib: 5-7 years
Mid femur: 30 years



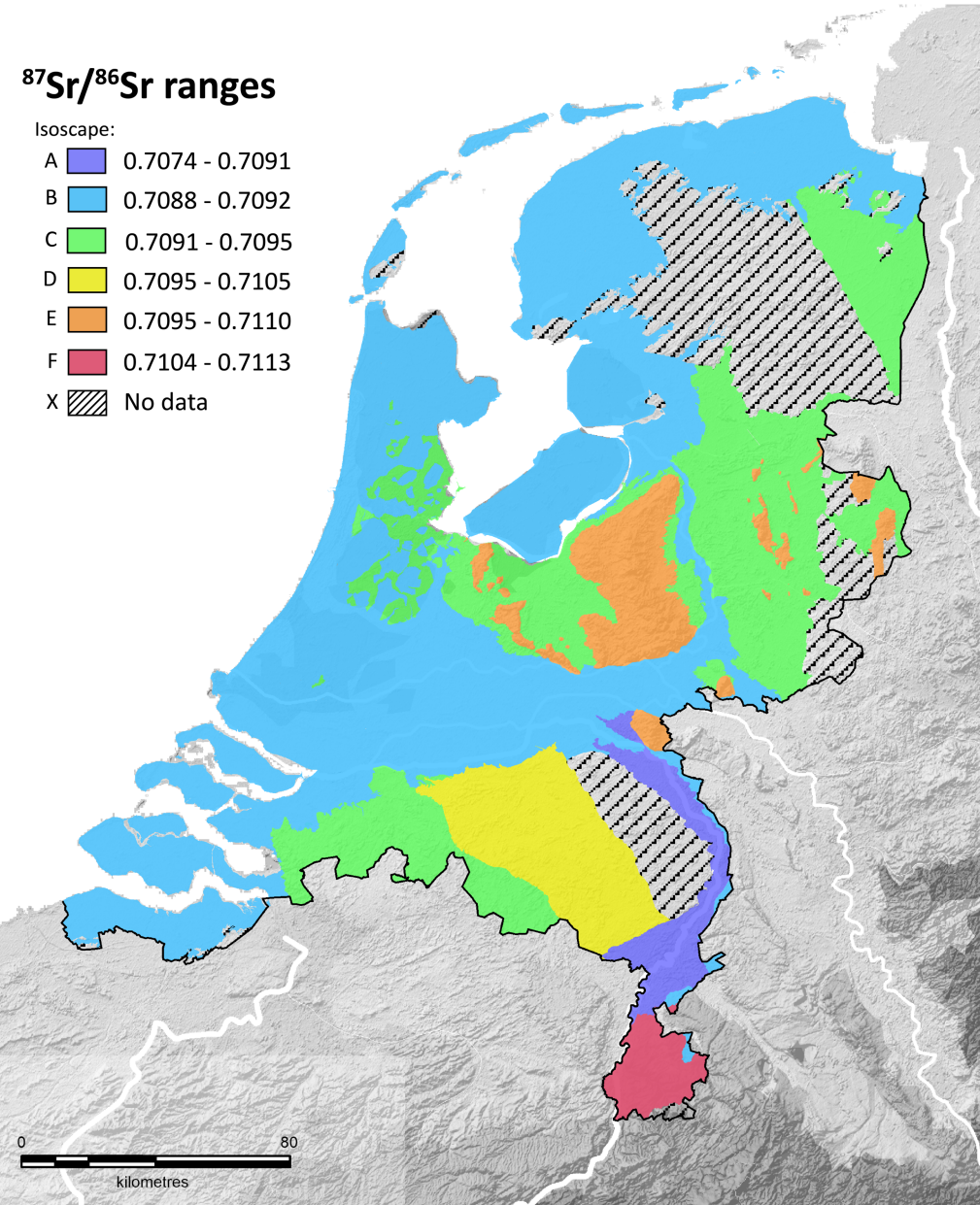
BASELINE



$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ranges

Isoscape:


- A 0.7074 - 0.7091
- B 0.7088 - 0.7092
- C 0.7091 - 0.7095
- D 0.7095 - 0.7105
- E 0.7095 - 0.7110
- F 0.7104 - 0.7113
- X No data



STRONTIUM ISOSCAPE

Portmanteau van "isotope" en "landscape"

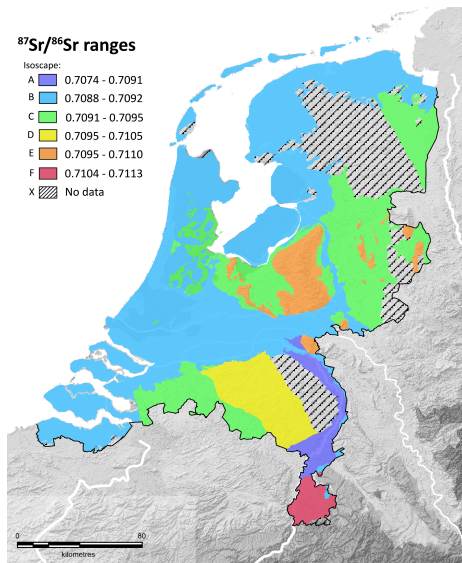
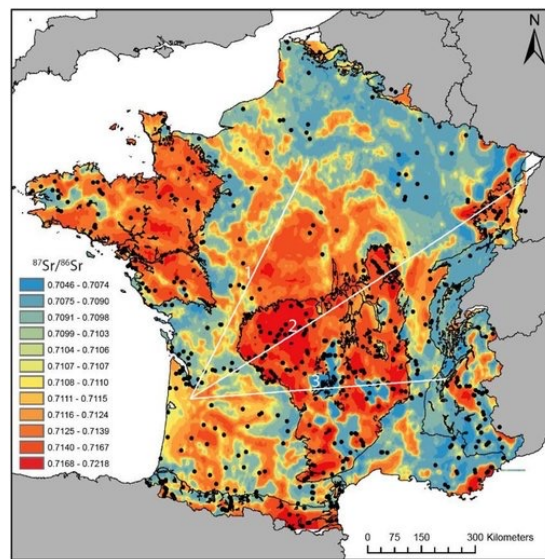
Kootker et al. 2016



Exercise

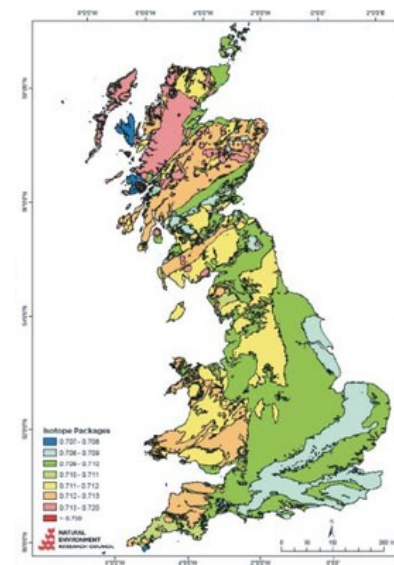
**Find available isoscapes
and note the region/country
and the range of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$**

FRANKRIJK

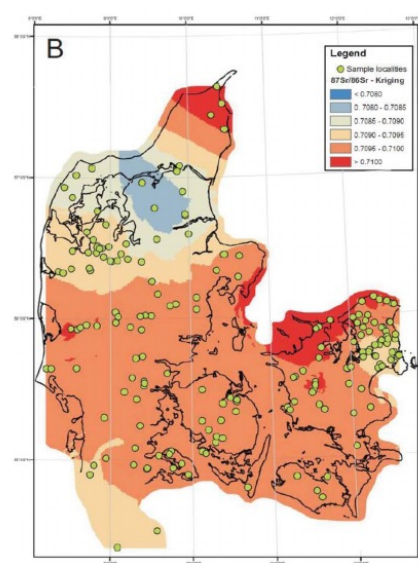


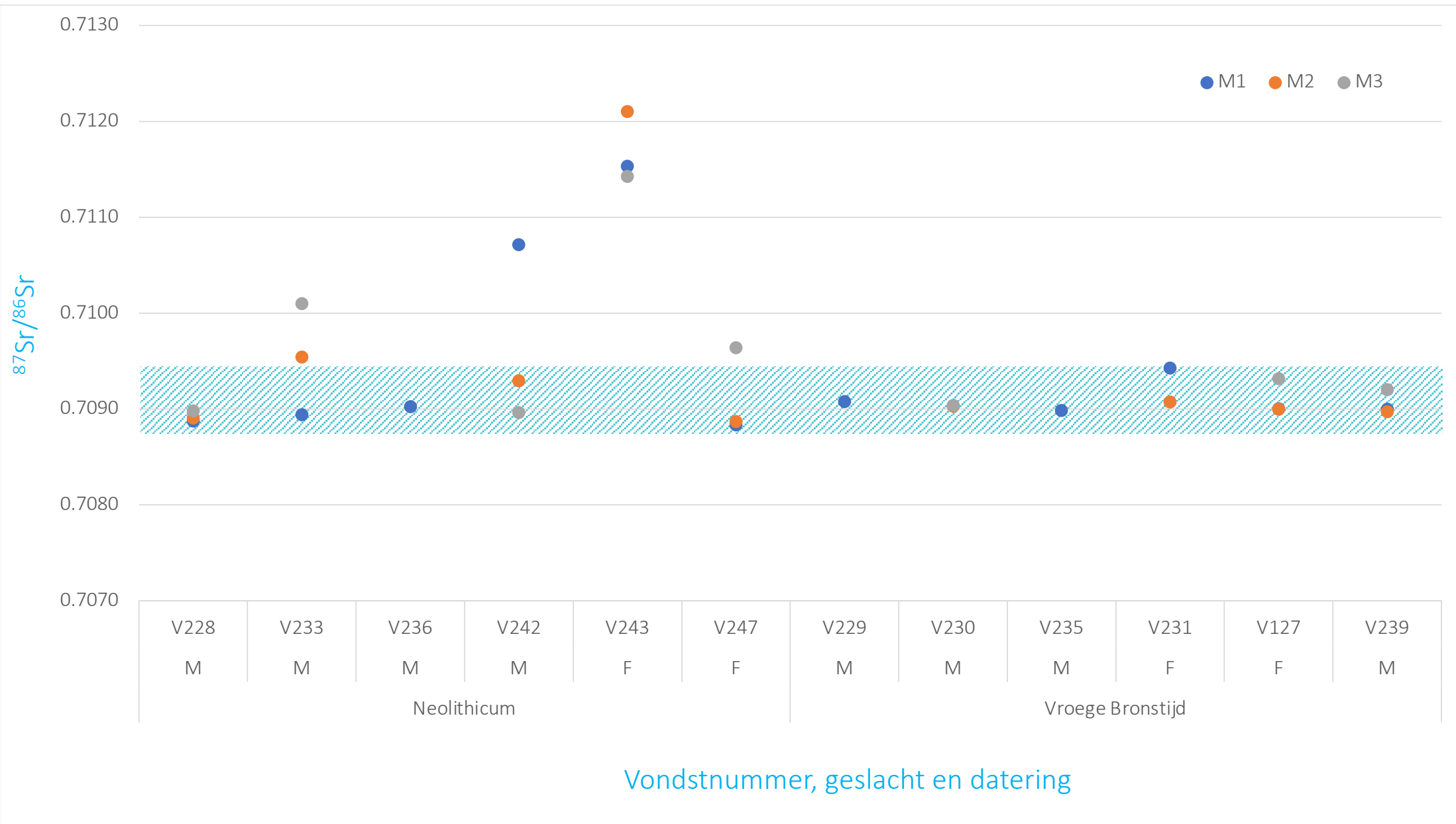
NEDERLAND

VERENIGD KONINKRIJK



DENEMARKEN





0.7130

0.7120

0.7110

0.7100

0.7090

0.7080

0.7070

V228

V233

V236

V242

V243

V247

V229

V230

V235

V231

V127

V239

M

M

M

M

F

F

M

M

M

F

F

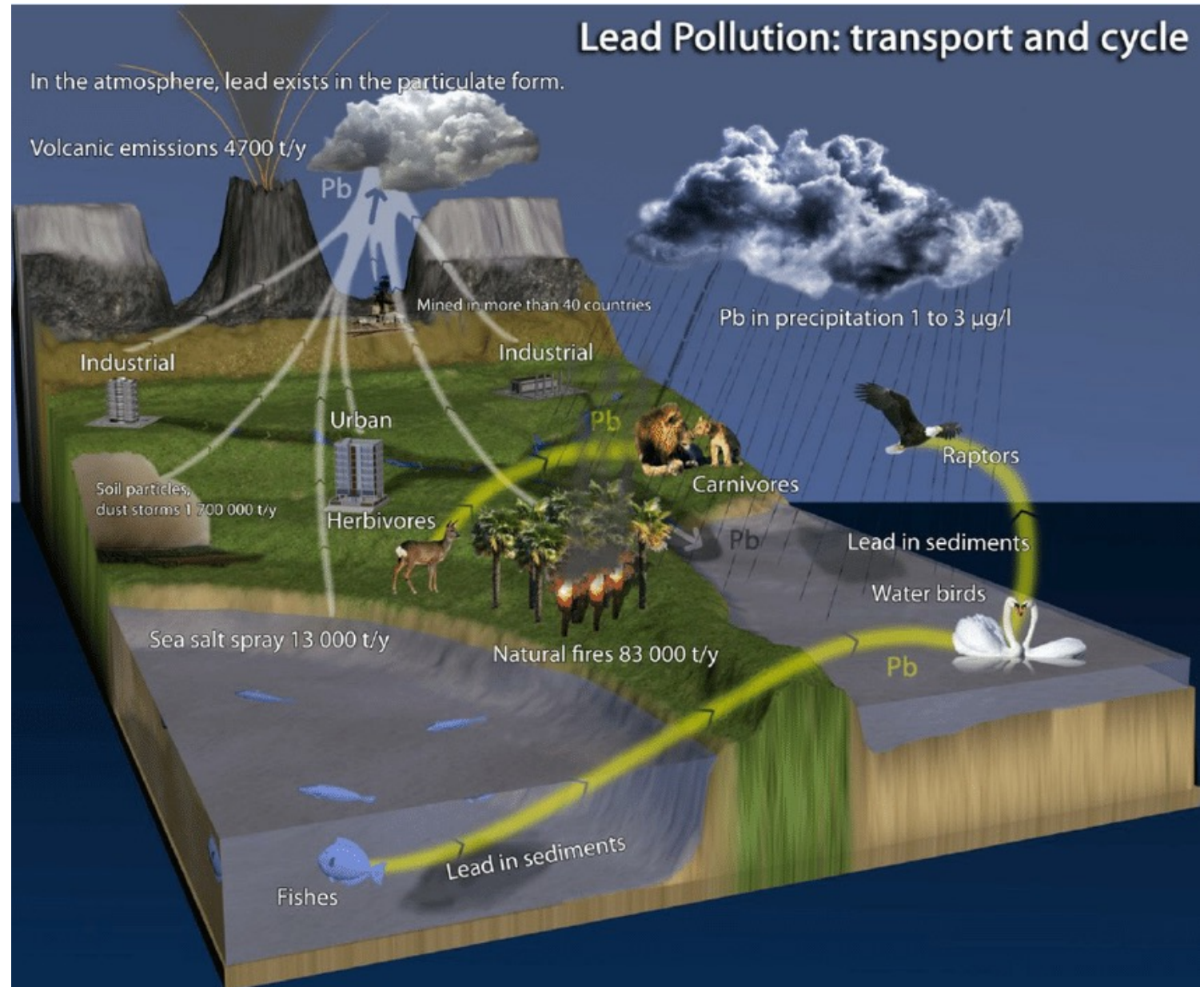
M

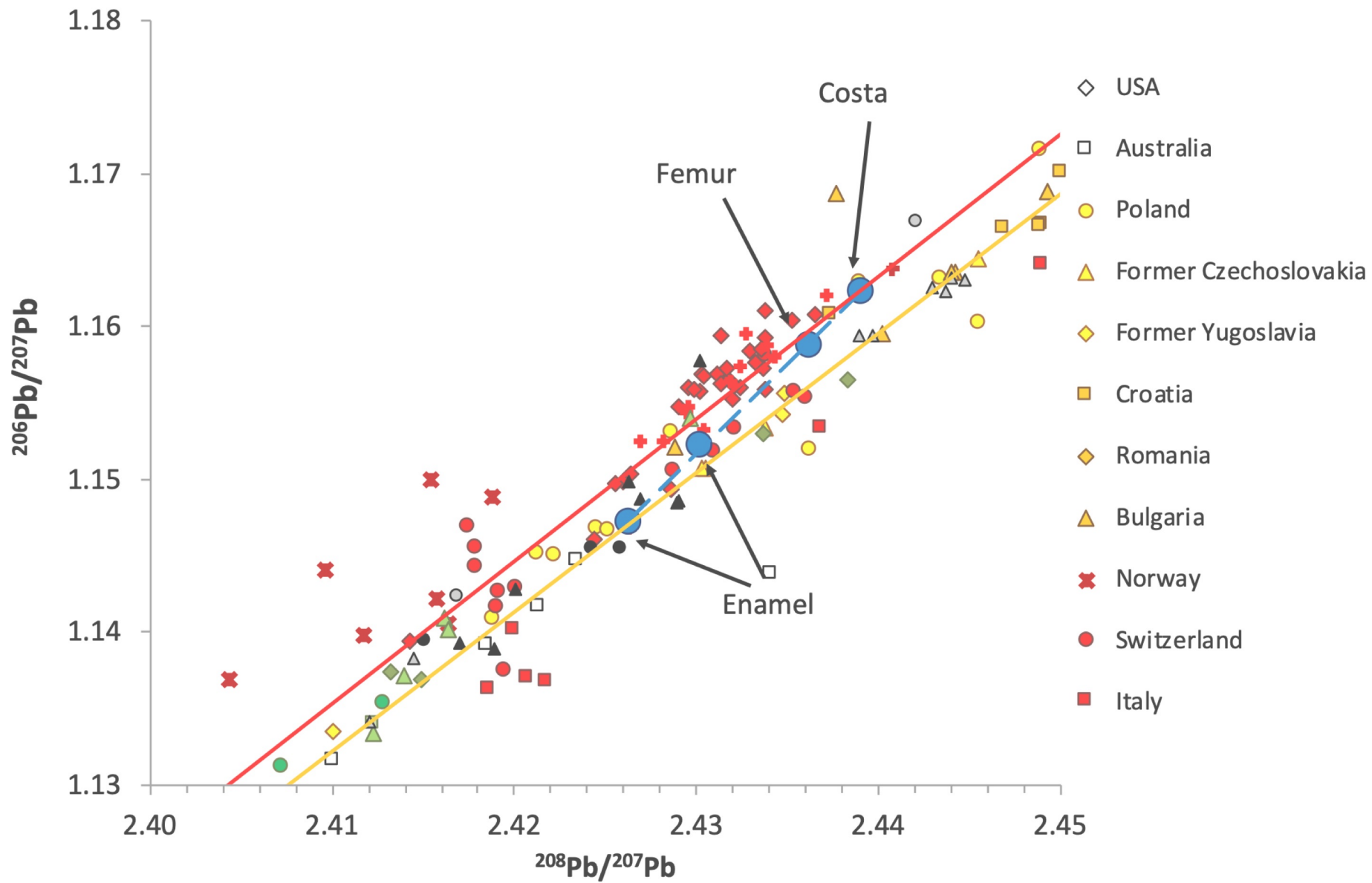
Neolithicum

Vroege Bronstijd

Vondstnummer, geslacht en datering

Pb isotopes
in the
environment





Oxygen isotopes

- Oxygen ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$)
- Standard O: Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW)

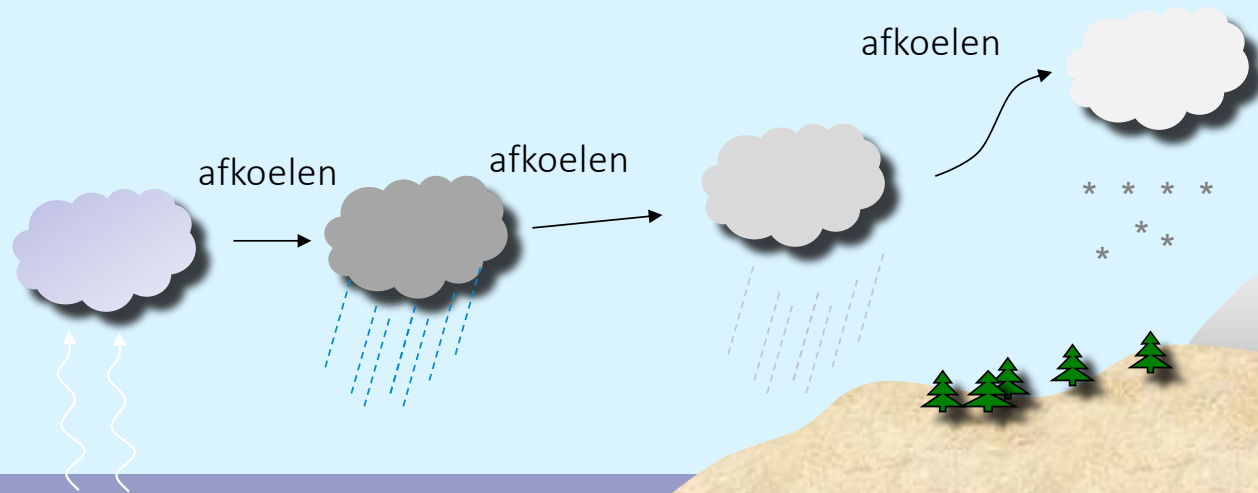
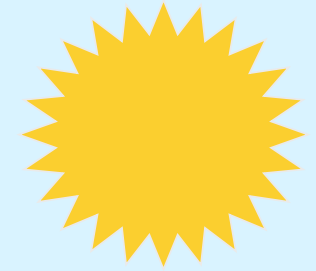


$$\delta^{18}\text{O} (\text{‰}) = \left(\frac{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{monster}}}{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{VSMOW}}} \right) - 1 * 1000$$

Oxygen isotopes

- Distance to the coast (Rayleigh distillation)
- Altitude
- Latitude
- Temperature → climate

Rayleigh fractionation



-5 ‰

-6 ‰

-7 ‰

-8 ‰

-9 ‰

etc.....

$\delta^{18}\text{O}$



CHALLENGES

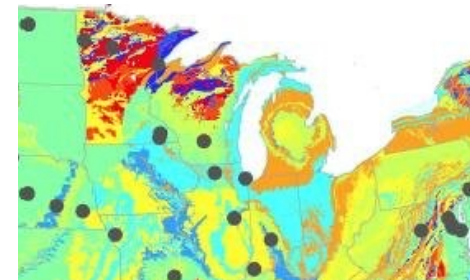


SUPERMARKETDIET

Brazil/Bolivia



United States (!!!)



Belgium

>0.711

Chesson et al., 2012

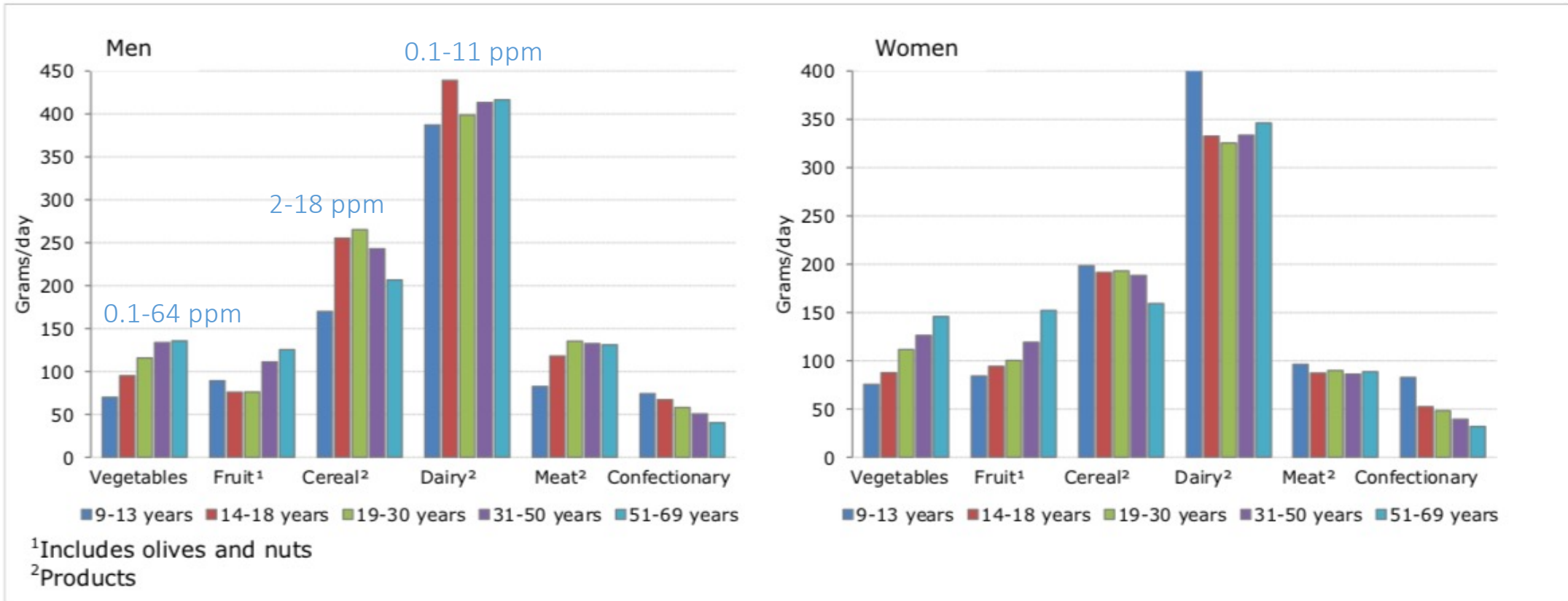


Figure 4.1 Average food consumption (grams/day) of vegetables, fruit, cereal, dairy, meat and confectionary within different age groups, separately for men and women (DNFCS 2007-2010; n=3,819).

Grain – leafy vegetables – dairy products contribute the greatest percentage of dietary Sr



Required for all Dutch people: 3 * the Netherlands



Required for 1 person: 1,48 ac:
A little less than one UEFA soccer field

Import!



Dairy and eggs
5,683,423 ac
needed



Vegetable food
production
4,447,896 ac
needed

■ 50,000 ha or 123,555 ac



Western Europe

South America

North America

the Netherlands

Central Europe

Asia

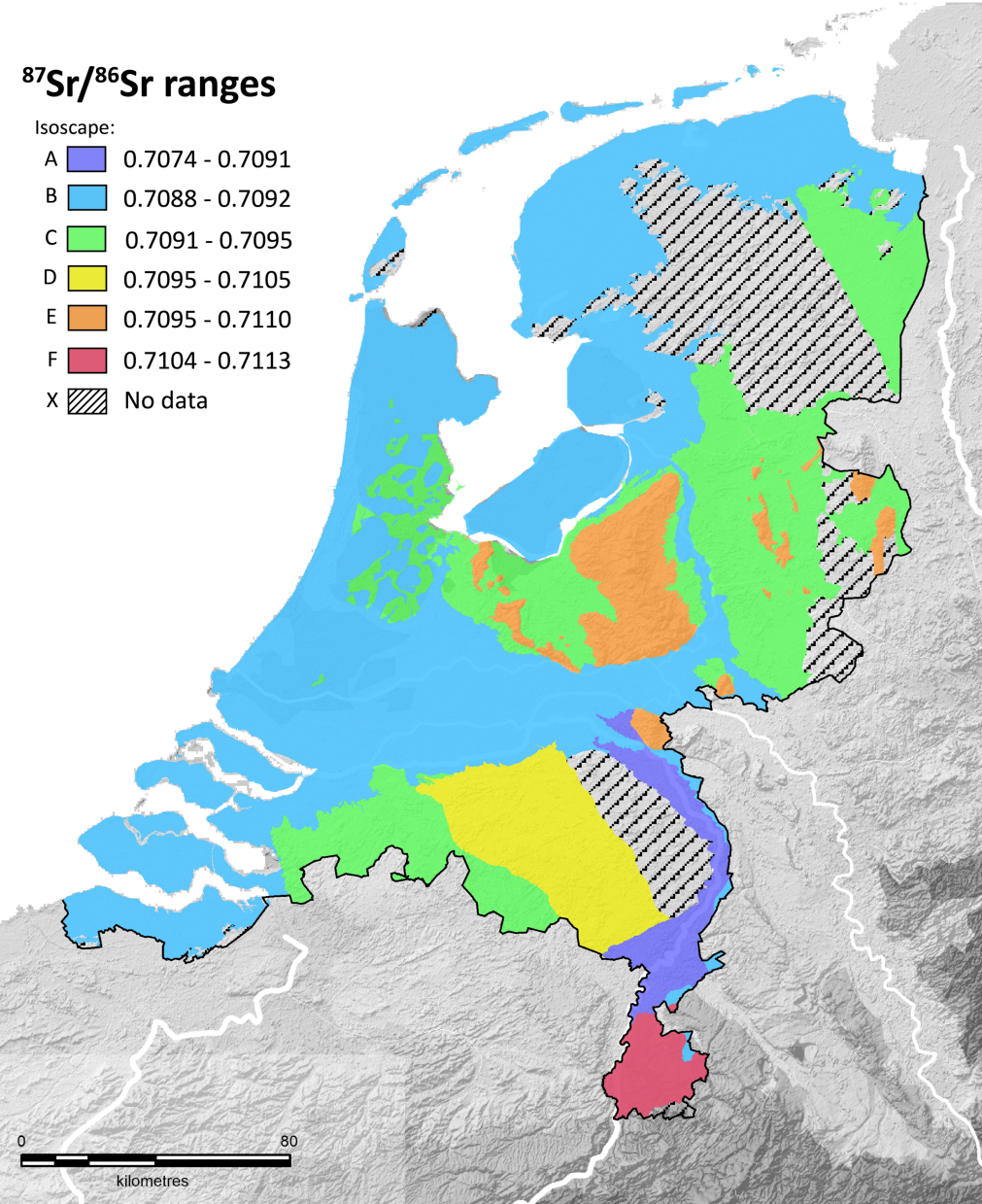
Africa

Russia

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ranges

Isoscape:








- A 0.7074 - 0.7091
- B 0.7088 - 0.7092
- C 0.7091 - 0.7095
- D 0.7095 - 0.7105
- E 0.7095 - 0.7110
- F 0.7104 - 0.7113
- X No data

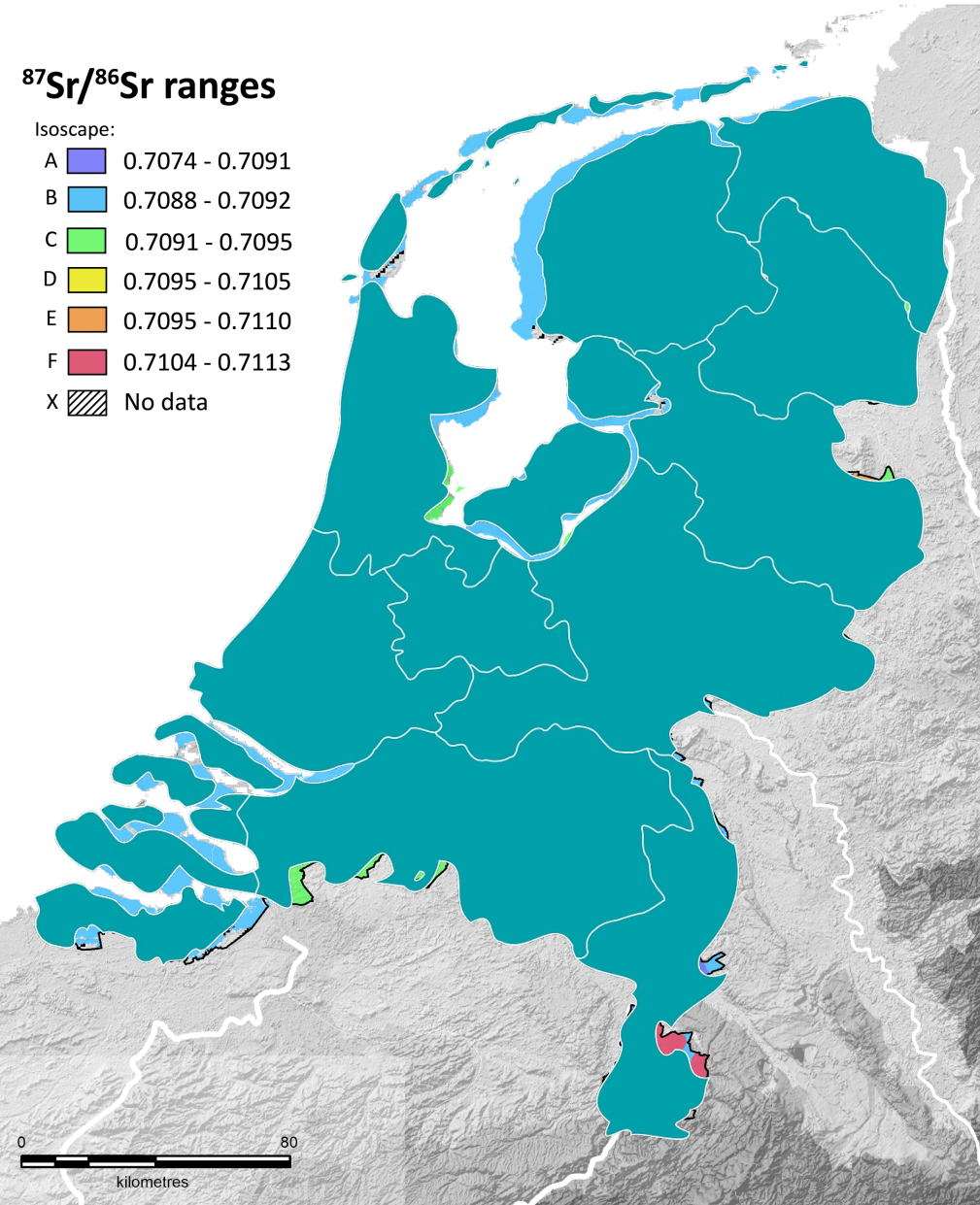


Kootker et al. 2016,

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ranges

Isoscape:

- A  0.7074 - 0.7091
- B  0.7088 - 0.7092
- C  0.7091 - 0.7095
- D  0.7095 - 0.7105
- E  0.7095 - 0.7110
- F  0.7104 - 0.7113
- X  No data



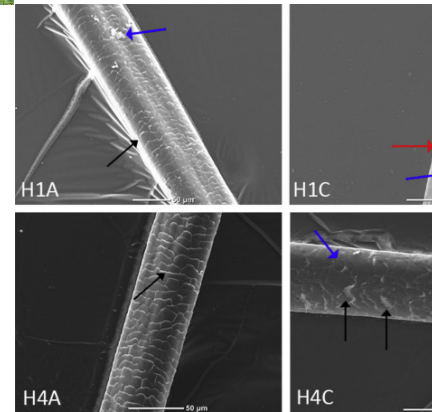
The range of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in modern Dutch humans that can be used for anthropological forensic investigations is between 0.7085 and 0.7100 ($n = 153$), with 98.0% of individuals between 0.7088 and 0.7099

Kootker et al. 2016, 2020

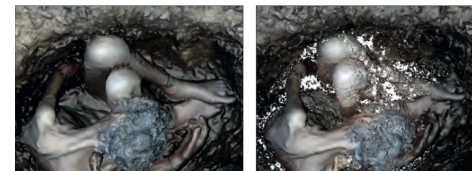
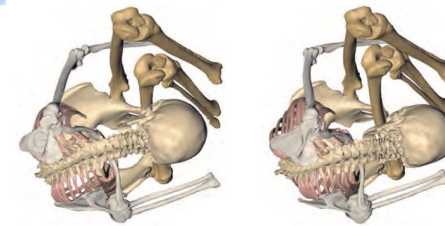
FARF



5 donors



Isotopic integrity

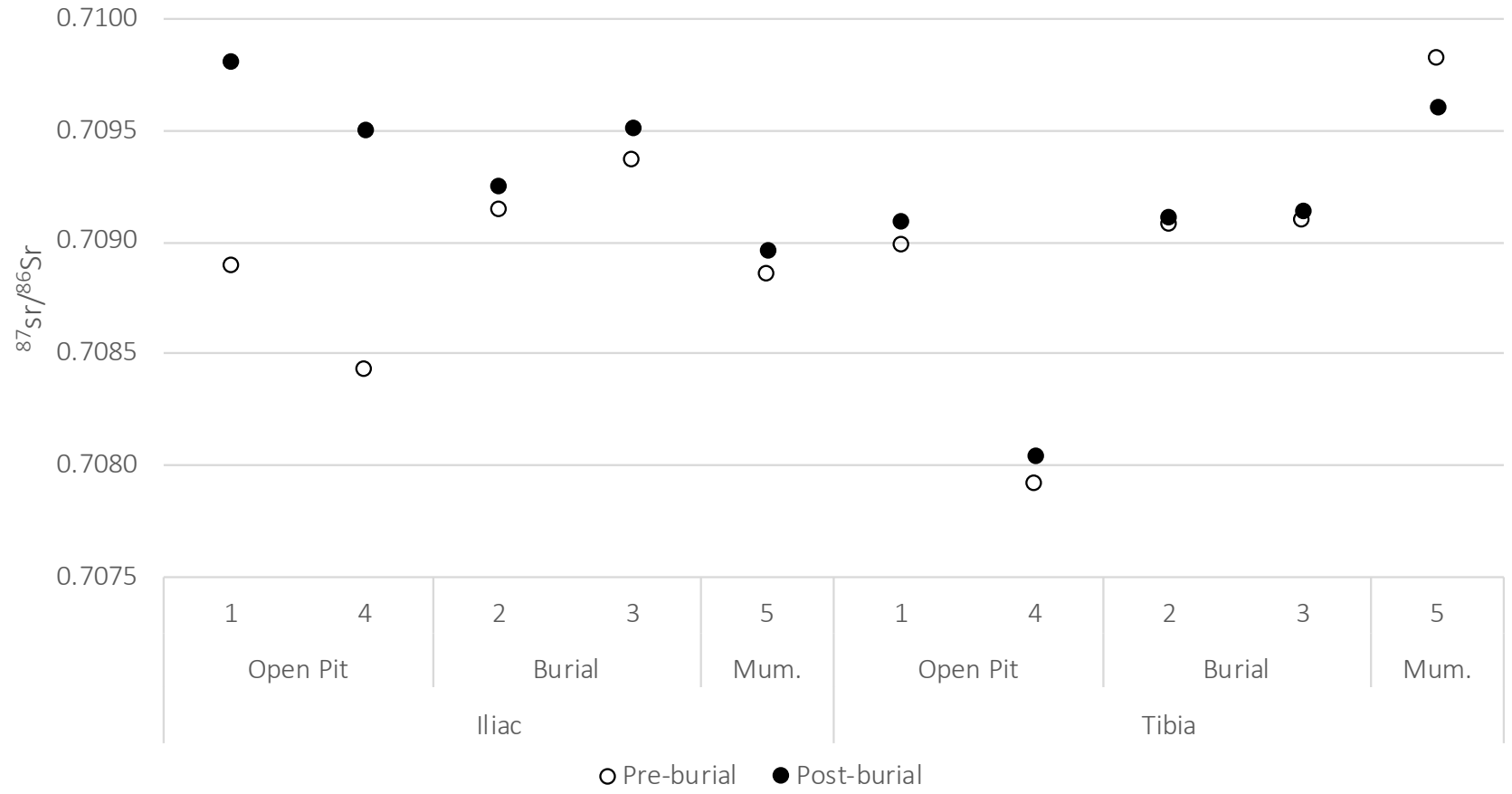


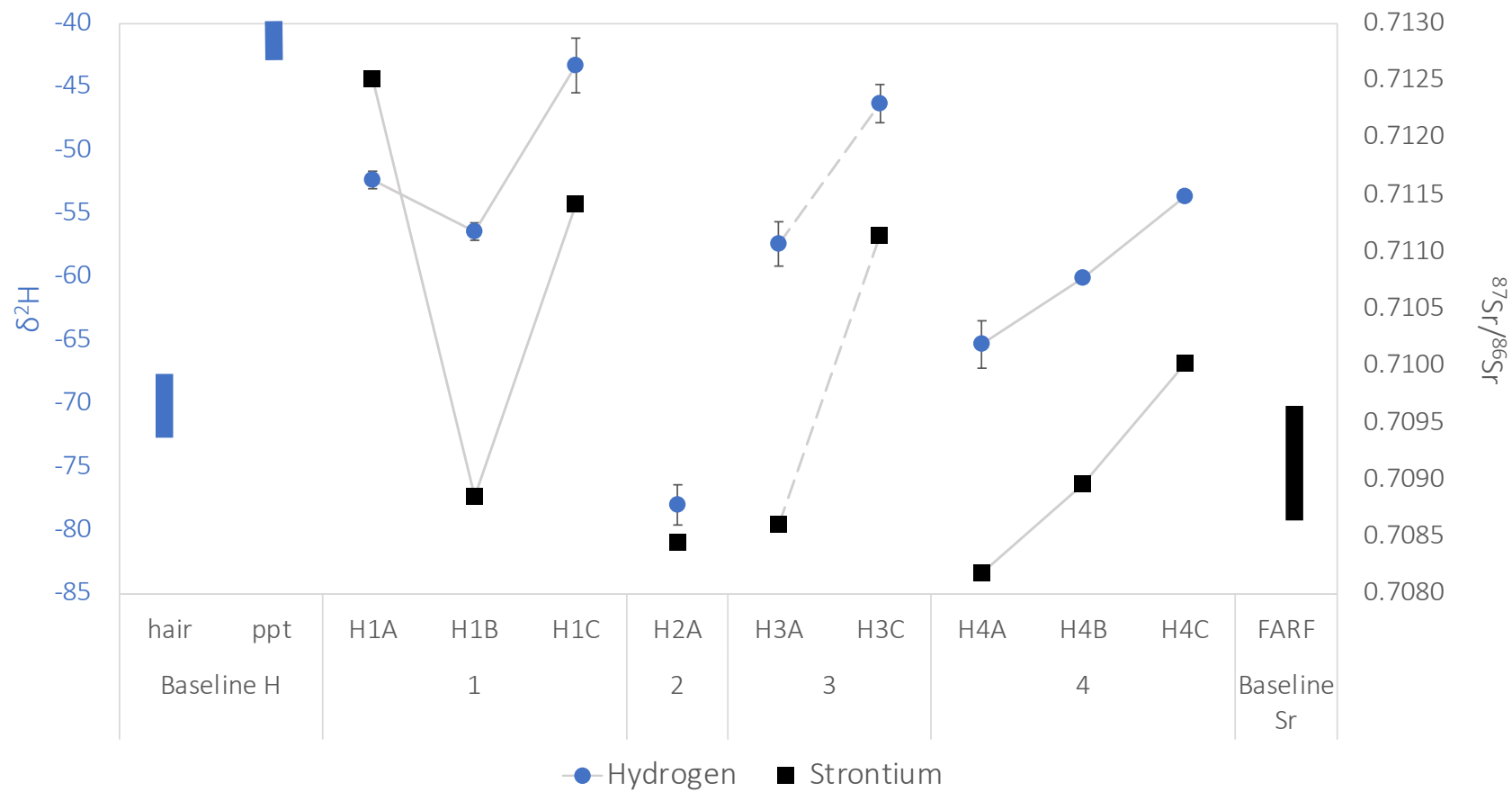


Forensic Anthropology Research Facility (FARF)

- ☠️ Dr. Hayley Mickleburgh (PI)
- ☠️ Actualistic experiment (isotopes, proteomics, 3D modelling)
- ☠️ 5 donations: all female
- ☠️ 3 burial types: open pit/shallow grave/mummification
- ☠️ 2015 – 2017 (– 2021)

Donation	Age of death in years	Sex	Sample ID	Deposition context	Collection date (dd-mm-yy)	T in days	Remark
1	91	F	H1A	Open pit	28-04-2015	-1	Intake sample prior to placement
			H1B	Open pit	04-05-2015	6	Second sample during active decomposition
			H1C	Open pit	03-12-2015	219	Final sample upon retrieval of skeletal remains
2	67	F	H2A	Burial	07-05-2015	0	Intake sample prior to placement
			H2C	Burial	-	-	No hair was found preserved upon excavation of the remains
3	61	F	H3A	Burial	24-06-2015	0	Intake sample prior to placement. Hair was dyed, the first 10 cm showed the natural hair colour (grey-brown)
			H3C	Burial	21-08-2017	790	Final sample upon retrieval of skeletal remains
4	77	F	H4A	Open pit	19-10-2015	-1	Intake sample prior to placement
			H4B	Open pit	26-10-2015	7	Second sample during active decomposition
			H4C	Open pit	15-11-2015	28	Final sample during skeletonization of the head (not of the body)







Sr–Pb isotope differences in pre- and post-burial human bone, teeth, and hair keratin: implications for isotope forensics

Lisette M. Kootker^{1,2} · Saskia T. M. Ammer^{1,2} · Daniel J. Wescott³ · Gareth R. Davies^{1,2} · Hayley L. Mickleburgh^{3,4}

Received: 10 October 2022 / Accepted: 12 February 2023
© The Author(s) 2023

Abstract

The isotopic signatures of human tissues can provide valuable information on geographic origin for medicolegal investigations involving unidentified persons. It is important to understand the impact of diagenetic processes on isotopic signatures, as alterations could result in incorrect estimation of geographic origin. This study examines alterations in isotope signatures of different tissues of five human body donors studied throughout decomposition at the Forensic Anthropology Research Facility (FARF), San Marcos, TX. Two body donors were buried, two were placed in open pits, and one was first allowed to naturally mummify and then buried. Remains were recovered after a period of 7–34 months. The preplacement and post-recovery Sr–Pb isotope data of scalp hair, bone (iliac and tibia), and tooth enamel and dentine were compared. The hair samples record significant shifts in Sr–Pb isotope compositions, with hair keratin Pb isotope composition shifting towards the Pb signature of local soil samples. Hair keratin Sr isotope compositions were altered by the burial environment and possibly also by the lab sample cleaning method. The spongy iliac bone samples show inconsistencies in the recoverability of the preplacement Sr–Pb isotope signatures. The post-placement signatures of the buried donors show slight elevation over preplacement signatures. The post-placement signatures of donors placed in open pits are significantly elevated. The tibia and dental samples record the most consistent isotopic data with the least alteration. These more densely mineralised elements show good recoverability of the preplacement isotope signatures in burials and open pits and are thus deemed better targets for forensic investigative purposes.

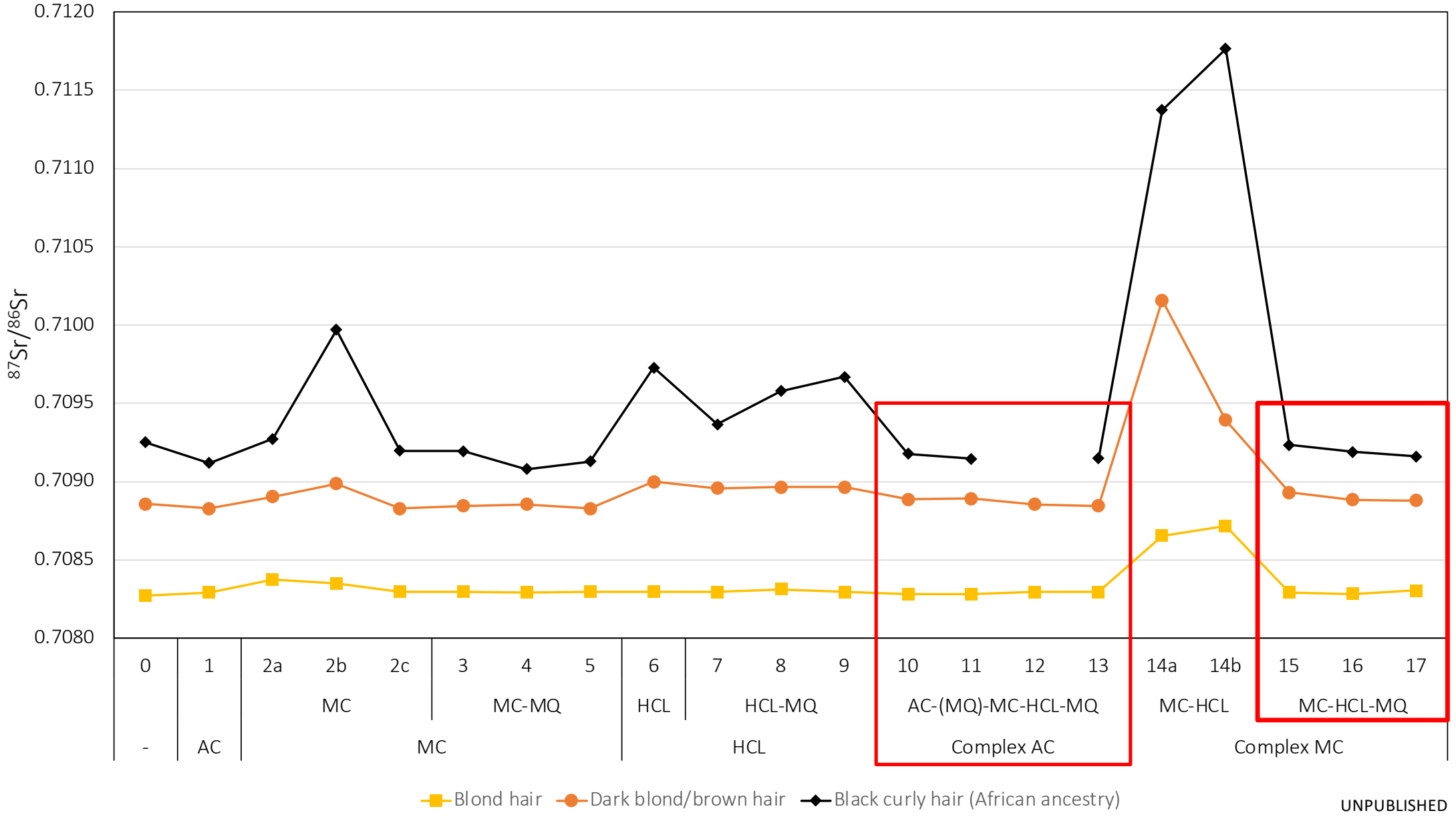
Keywords Isotope forensics · Diagenesis · Geographic origin · Human decomposition · Forensic taphonomy · Human tissues

Introduction

While related fields, such as archaeology, have been using

Diagenesis or pretreatment?





UNPUBLISHED

To sum up.....

- Reference datasets absence
- Reference datasets may not be representative for a modern human population
- Geolocating/provenancing challenging: multiple lines of evidence needed
- Diagenesis after burial compromises isotopic integrity
- Pretreatment effects on isotope composition
- More research needed for human provenancing



BUT... successful applications in e.g.:

- Human forensic identification

Science and Justice 55 (2015) 34–42



Contents lists available at ScienceDirect

Science and Justice

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scijus



Identification of the geographical place of origin of an unidentified individual by multi-isotope analysis



Laura Font ^{a,*}, Gerard van der Peijl ^b, Carina van Leuwen ^c, Isis van Wetten ^a, Gareth R. Davies ^a

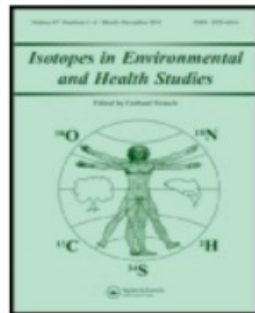
^a Deep Earth Cluster, Faculty of Earth and Life Science (FALW), Vrije Universiteit Amsterdam, 1085 De Boelelaan, 1081 HV Amsterdam, The Netherlands

^b Netherlands Forensic Institute, Laan van Ypenburg 6, 2497 GB The Hague, The Netherlands

^c Bureau Bijzondere Recherche Expertise, Jan van den Oevergebouw, Kabelweg 25, Amsterdam, The Netherlands

BUT... successful applications in e.g.:

- Human forensic identification
- Illegal tobacco trade



Isotopes in Environmental and Health Studies



ISSN: 1025-6016 (Print) 1477-2639 (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/gieh20>

ICP-MS determination of lead isotope ratios in legal and counterfeit cigarette tobacco samples

Christopher D. Judd & Kamal Swami

BUT... successful applications in e.g.:

- Human forensic identification
- Illegal tobacco trade
- Cocaine production

SCIENTIFIC REPORTS



OPEN

Geographically Sourcing Cocaine's Origin – Delineation of the Nineteen Major Coca Growing Regions in South America

Received: 09 October 2015

Accepted: 26 February 2016

Published: 23 March 2016

Jennifer R. Mallette¹, John F. Casale¹, James Jordan², David R. Morello³ & Paul M. Beyer³



Isotopen van het element strontium in tanden kunnen vertellen waar iemand vandaan komt. Onderzoeker Lisette Kootker freest van elke tand een minieme hoeveelheid tandglazuur af. Het strontium wordt uit het glazuur geïsoleerd en in een thermal ionisation mass spectrometer (onder) verdampt. Het apparaat kan de verhouding meten tussen de verschillende isotopen, die elk een specifieke massa hebben. Deze verhouding is voor elk geologisch gebied weer anders en verradt iemands geologische herkomst.



De oude wapens blijken niet erg betrouwbaar in de bediening. Regelmatig weigeren ze dienst en loopt het vuren letterlijk met een sisser af.

vrij jeugdig, die in drie lagen werden begraven. Het kleine massagraf (spoor 403) bevatte zeven mannen, onder wie een kind, en twee vrouwen. In beide graven kon bij twee personen worden vastgesteld dat ze door een schotwond in het hoofd waren omgekomen. Bij de twee slachtoffers in spoor 403 werd de kogel nog in de schedel aangetroffen.

De aanwezigheid van louter jonge mannen in spoor 404 – van wie bovendien een flink percentage verwondingen had met een waarschijnlijk gewelddadige oorzaak – leek een duidelijke aanwijzing dat het hier een groep militairen betrof, maar van welke partij, Spaans of Nederlands, was niet direct duidelijk. De afkomst van de 22 doden werd het onderwerp van een polemieek. Volgens sommigen moesten het Spanjaarden zijn geweest, Alkmaarse slachtoffers zouden immers wel een normale begrafenis hebben gekregen van hun familie. Anderen meenden dat Spaanse slachtoffers nooit zo 'netjes' zouden zijn begraven, en zeker niet binnen de stadsmuren. Uiteindelijk leek dat laatste argument het meeste gewicht in de waag te leggen.

Maar dan bleef nog de vraag, waren het Geuzen die de stad verdedigden, of een Alkmaarse milittie? En wie waren de mensen in het kleine massagraf? Misschien waren het mensen van buiten de stad die hier geen familie hadden en daarom geen individuele begrafenis hadden gekregen? En waren deze negen personen verwant aan elkaar? De Leidse archeologen besloten het vraagstuk met alle mogelijke onderzoeksmethoden aan te pakken.

Eén daarvan vindt plaats in een laboratorium van de Vrije Universiteit Amsterdam. Daar werkt bio-archeoloog Lisette Kootker aan de strontiumisotopenanalyse van tanden. "Aan tanden kun je aflezen in welk geologisch gebied een individu, mens of dier, is opgegroeid," vertelt Kootker. "Voor elk geologisch gebied is er een andere verhouding tussen de strontiumisotopen in de bodem. Planten nemen het strontium uit de bodem op, en via de consumptie van plant-

aardig materiaal en vlees wordt het in onze botten en in het tandglazuur opgenomen. Het glazuur wordt aangelegd tijdens de kinderjaren en door het strontium hierin te analyseren kan worden onderzocht waar iemand de eerste jaren van zijn leven heeft doorgebracht. Je kunt het zien als iemands 'paspoort' uit zijn verleden."

Uit een kast haalt Kootker een vakjesdoos tevoorschijn die is gevuld met menselijke tanden. Van alle doden uit de massagraven is één tand aanwezig, gemerkt met een briefje. Er zitten ook enkele tanden in van wilde dieren als ratten, muizen en hazen die zijn gevonden in Alkmaar. Deze worden gebruikt om referentiewaarden te bepalen voor het gebied.

Het meten van de verhouding tussen de strontiumisotopen is een langdurig en bewerkelijk procedé dat met uiterste zorgvuldigheid moet worden uitgevoerd. "Eerst ben ik letterlijk uren bezig om de monsters en de apparatuur te wassen en te spoelen om besmetting ervan te voorkomen. Maar als ik dan na twee dagen de eerste data uit de machine zie komen, word ik telkens weer enthousiast," vertelt Kootker.

Door de gevonden verhouding te vergelijken met eerder door haar vastgestelde waarden voor geologische gebieden in Nederland, kan grofweg worden bepaald waar een individu is opgegroeid. Bijna alle doden uit het grote massagraf bleken afkomstig uit (de omgeving van) Alkmaar. Daarmee werd definitief vastgesteld dat het hier geen Spaanse soldaten betrof, en waarschijnlijk ook geen Geuzen, die van elders zouden zijn gekomen. Het lijkt toch te gaan om een plaatselijke milittie of misschien leden van de Alkmaarse schutterij.

De personen in het kleine massagraf waren waarschijnlijk burgerslachtoffers. Drie van hen, onder wie een ongeveer twaalfjarig kind, zijn zeker niet in Alkmaar opgegroeid. Schats denkt dat het misschien oorlogsvluchtelingen zijn uit andere delen van Nederland, maar mogelijk trokken zij om een heel andere reden naar Alkmaar.

DANK!