



## **Stable isotope perspectives of cattle husbandry practices**

Iain Kendall, Rosalind Gillis, Marie Balasse, Richard P. Evershed

### **► To cite this version:**

Iain Kendall, Rosalind Gillis, Marie Balasse, Richard P. Evershed. Stable isotope perspectives of cattle husbandry practices. Joanna Pyzel. Ludwinowo, Site 7 Neolithic settlement in Kuyavia., University of Gdansk Publishing House, pp.277-288, 2019, 978-83-952339-5-1. <10.33547/ODA-SAH.08.Lud.07.3>. <hal-03029062>

**HAL Id: hal-03029062**

**<https://hal.science/hal-03029062v1>**

Submitted on 2 Dec 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

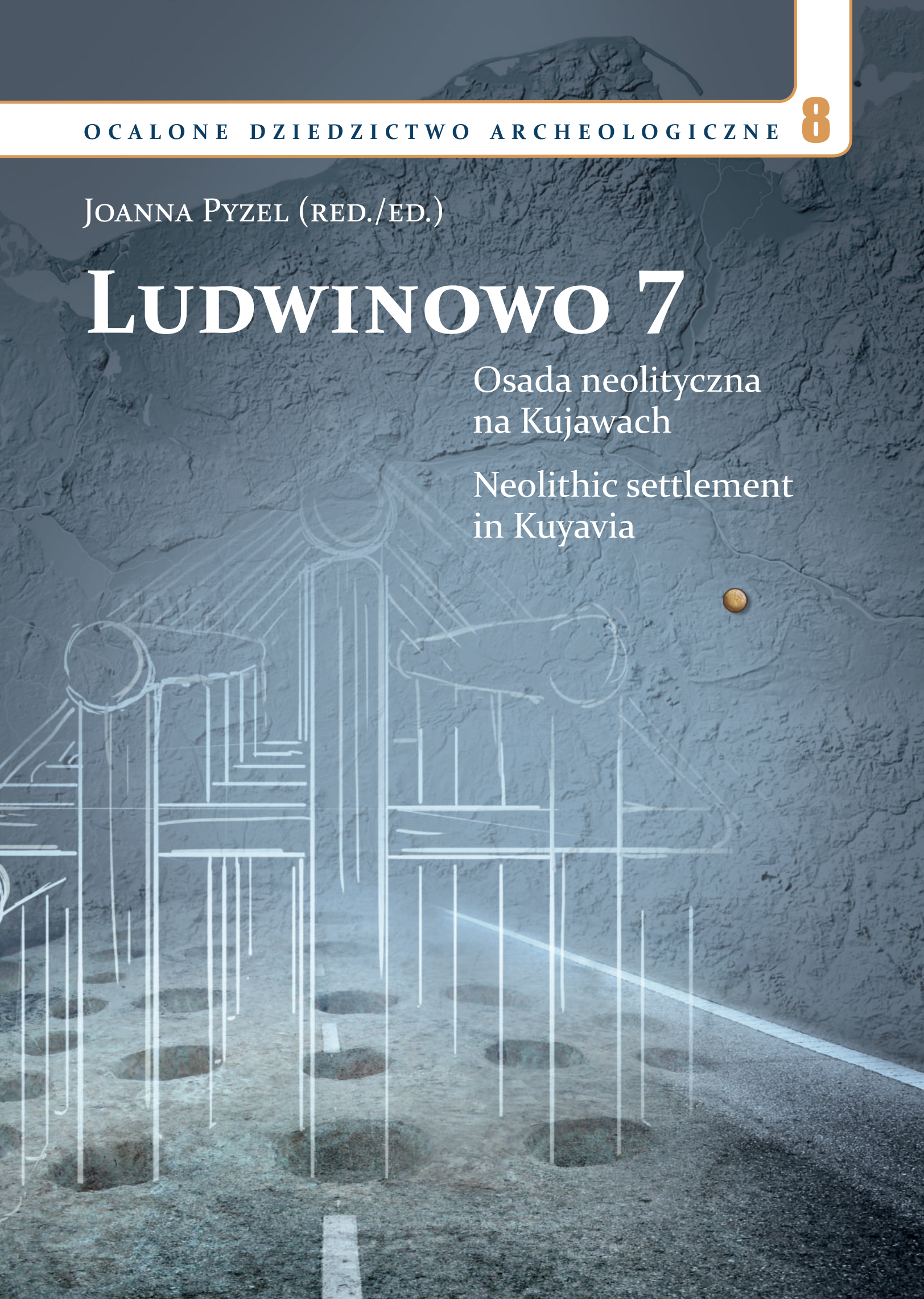


JOANNA PYZEL (RED./ED.)

# LUDWINOWO 7

Osada neolityczna  
na Kujawach

Neolithic settlement  
in Kuyavia





LUDWINOWO, STANOWISKO 7  
OSADA NEOLITYCZNA  
NA KUJAWACH

LUDWINOWO, SITE 7  
NEOLITHIC SETTLEMENT  
IN KUYAVIA

SAVED ARCHAEOLOGICAL HERITAGE 8

PROFIL-ARCHEO PUBLISHING HOUSE AND ARCHAEOLOGICAL STUDIO  
UNIVERSITY OF GDAŃSK PUBLISHING HOUSE

**LUDWINOWO, SITE 7  
NEOLITHIC SETTLEMENT  
IN KUYAVIA**

EDITED BY  
JOANNA PYZEL

PĘKOWICE – GDAŃSK 2019

O C A L O N E   D Z I E D Z I C T W O   A R C H E O L O G I C Z N E   8

WYDAWNICTWO I PRACOWNIA ARCHEOLOGICZNA PROFIL-ARCHEO  
WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU GDAŃSKIEGO

**LUDWINOWO, STANOWISKO 7**  
**OSADA NEOLITYCZNA**  
**NA KUJAWACH**

REDAKCJA  
JOANNA PYZEL

PĘKOWICE – GDAŃSK 2019

**Współwydawcy/Publishers:**

Wydawnictwo i Pracownia Archeologiczna PROFIL-ARCHEO Magdalena Dzięgielewska  
ul. Jurajska 23, 32-087 Pękowo  
www.profil-archeo.pl  
e-mail: wydawnictwo@profil-archeo.pl

Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego  
ul. Armii Krajowej 119/121, 81-824 Sopot  
www.wyd.ug.edu.pl  
e-mail: wydawnictwo@ug.edu.pl

OCAŁONE DZIEDZICTWO ARCHEOLOGICZNE, TOM 8

**Redakcja serii/Series editor:** Karol Dzięgielewski

**Komitety redakcyjny serii/Series editorial board:** prof. Anthony Harding (Exeter),  
prof. dr hab. Sławomir Kadrow (Rzeszów), dr Jutta Kneisel (Kilonia),  
prof. dr hab. Zbigniew Kobyliński (Warszawa), prof. dr hab. Jerzy Piekalski (Wrocław),  
dr hab. Marcin S. Przybyła, prof. UJ (Kraków)

**Redakcja tomu/Volume editor:** Joanna Pyzel

**Recenzenci/Reviewers:** prof. dr hab. Sławomir Kadrow, dr hab. Iwona Sobkowiak-Tabaka, prof. PAN

**Okładka/Cover:** artystyczna wizja długiego domu na tle reliktów domu 11 KCWR z Ludwinowa 7/  
artistic vision of a longhouse and the remains of LBK house 11 from Ludwinowo 7 in the background

**Projekt okładki/Cover design:** Studio Karandasz

**Tłumaczenia/Translations:** Piotr Godlewski, Alicja Skakuj (rozdział 8),  
Borys Banecki, Joanna Pyzel (rozdział 9)

**Layout:** Magdalena Dzięgielewska

**Skład i łamanie/Type-setting:** Aleksandra Słowińska, Magdalena Dzięgielewska

**Korekta/Corrections:** Karol Dzięgielewski, Keith Horechka

Nakład/Circulation: 300 egz./copies

ISSN 2084-0071

ISBN 978-83-952339-5-1 (Profil-Archeo)

ISBN 978-83-7865-920-4 (Wydawnictwo UG)

DOI: 10.33547/ODA-SAH.08.Lud

Dofinansowano ze środków Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego (w ramach programu  
Dziedzictwo kulturowe priorytet Ochrona zabytków archeologicznych, zadanie nr 3745/18/FPK/NID)  
oraz Wydziału Historycznego UG.



NARODOWY INSTYTUT  
DZIEDZICTWA  
NATIONAL HERITAGE BOARD OF POLAND

Ministerstwo  
**Kultury  
i Dziedzictwa  
Narodowego.**



# Spis treści

Przedmowa	7
1. Położenie stanowiska i historia badań archeologicznych (Joanna Pyzel, Wiesław Koszkuł, Małgorzata Wistuba)	11
2. Osadnictwo kultury ceramiki wstęgowej rytej	18
2.1. Obiekty nieruchome KCWR (Joanna Pyzel, Bogumił Pilarski, Paweł Cyganiewicz)	19
2.2. Zabytki ruchome KCWR. Ogólna charakterystyka (Joanna Pyzel, Bogumił Pilarski, Wiesław Koszkuł, Paweł Cyganiewicz)	43
2.3. Analiza technologiczno-stylistyczna ceramiki KCWR (Joanna Pyzel)	47
2.4. Analiza chronologiczna ceramiki. Rekonstrukcja historii zasiedlenia osady KCWR (Joanna Pyzel)	57
2.5. Organizacja przestrzenna osady KCWR (Joanna Pyzel)	77
3. Ślady osadnictwa kultur postlinearnych (Lech Czerniak)	147
4. Osadnictwo późnoneolityczne	174
4.1. Osadnictwo ludności kultury amfor kulistych (Marzena Szmyt)	175
4.2. Osadnictwo kultury ceramiki sznurowej (Łukasz Połczyński)	181
5. Wytwórczość krzemienna społeczności neolitycznych (Jacek Kabaciński, Małgorzata Winiarska-Kabacińska)	185
6. Analiza neolitycznych zabytków kamiennych (Marcin Szydłowski)	229
7. Materiały faunistyczne KCWR	238
7.1. Użytkowanie zwierząt i model konsumpcji mięsa. Analiza archeozoologiczna materiałów osteologicznych z osady KCWR (Marta Osypińska, Renata Abłamowicz)	239
7.2. Wykorzystanie tłuszczu kostnego a procesy tafonomiczne: archeozoologiczna analiza przełomów kostnych (Emily V. Johnson)	269
7.3. Hodowla bydła w świetle analizy izotopów trwałych (Iain P. Kendall, Rosalind E. Gillis, Marie Balasse, Richard P. Evershed)	277
8. Analiza antropologiczna pochówków szkieletowych z okresu neolitu (Paweł Dąbrowski, Beata Iwanek, Izabela Kadłucka)	289
9. Chronologiczne i przestrzenne trendy użytkowania ceramiki w świetle analiz pozostałości tłuszczów w naczyniach KCWR (Mélanie Roffet-Salque, Borys Banecki, Marta Krüger, Joanna Pyzel, Jessica Smyth, Richard P. Evershed)	301
10. Próba odtworzenia gospodarki roślinnej na podstawie badań archeobotanicznych (Aldona Mueller-Bieniek, Magdalena Moskal-del Hoyo, Magda Kapcia)	317
11. Datowanie radiowęglowe osadnictwa neolitycznego (Joanna Pyzel)	331
12. Stanowisko 7 w Ludwinowie na tle osadnictwa neolitycznego Kujaw (Joanna Pyzel)	337
13. Literatura	343
Wykaz załączników na płycie CD	361

# Table of contents

Foreword	7
1. Location of the site and history of archaeological research (Joanna Pyzel, Wiesław Koszkuł, Małgorzata Wistuba)	11
2. Settlement of the Linear Pottery Culture	18
2.1. LBK non-portable features (Joanna Pyzel, Bogumił Pilarski, Paweł Cyganiewicz)	19
2.2. LBK artefacts. General characteristics (Joanna Pyzel, Bogumił Pilarski, Wiesław Koszkuł, Paweł Cyganiewicz)	43
2.3. Technological-stylistic analysis of LBK pottery (Joanna Pyzel)	47
2.4. Chronological analysis of pottery. Reconstruction of the history of the LBK settlement's occupation (Joanna Pyzel)	57
2.5. Spatial organisation of the LBK settlement (Joanna Pyzel)	77
3. Traces of post-LBK occupation (Lech Czerniak)	147
4. Late Neolithic settlement	174
4.1. Globular Amphora Culture occupation (Marzena Szmyt)	175
4.2. Corded Ware Culture occupation (Łukasz Połczyński)	181
5. Lithic production of Neolithic communities (Jacek Kabaciński, Małgorzata Winiarska-Kabacińska)	185
6. The analysis of Neolithic stone artefacts (Marcin Szydlowski)	229
7. LBK faunal material	238
7.1. Animal exploitation and meat consumption model. Archaeozoological analysis of osteological materials from the LBK settlement (Marta Osypińska, Renata Abłamowicz)	239
7.2. Bone fat exploitation and site formation processes: archaeozoological analysis of bone fracture freshness (Emily V. Johnson)	269
7.3. Stable isotope perspectives of cattle husbandry practices (Iain P. Kendall, Rosalind E. Gillis, Marie Balasse, Richard P. Evershed)	277
8. An anthropological analysis of the Neolithic skeletal burials (Paweł Dąbrowski, Beata Iwanek, Izabela Kadłucka)	289
9. Chronological and spatial trends in pottery use revealed through lipid residue analyses of LBK pottery vessels (Mélanie Roffet-Salque, Borys Banecki, Marta Krüger, Joanna Pyzel, Jessica Smyth, Richard P. Evershed)	301
10. An attempt at reconstruction of plant economy based on archaeobotanical research (Aldona Mueller-Bieniek, Magdalena Moskal-del Hoyo, Magda Kapcia)	317
11. Radiocarbon dating of the Neolithic occupation (Joanna Pyzel)	331
12. Ludwinowo 7 against the background of the Neolithic settlement in Kuyavia (Joanna Pyzel)	337
13. References	343
List of CD attachments	361



## **7. Materiały faunistyczne KCWR**

### **7. LBK faunal material**

## 7.3. Hodowla bydła w świetle analizy izotopów trwałych

### 7.3. Stable isotope perspectives of cattle husbandry practices

Iain P. Kendall, Rosalind E. Gillis, Marie Balasse, Richard P. Evershed

#### 7.3.1. Wprowadzenie

W okresie wczesnego neolitu obszary Europy Środkowej i Północnej zdominowane były przez lasy liściaste (Kreuz 2007; Mäckel *et al.* 2009; Bogucki *et al.* 2012; Salavert *et al.* 2014; Sudhaus, Friedmann 2015). W tym zadrzewionym krajobrazie istniały naturalne prześwietlenia, spowodowane uderzeniami piorunów, ciekami wodnymi (Kreuz 2007), a niekiedy działalnością dzikich przeżuwaczy (Vera 2000), które zapewniały naturalne pastwiska oraz miejsca do uprawy roli. Miejsca takie mogły być wykorzystywane przez rolników i hodowców KCWR, umożliwiając rozprzestrzenienie rolnictwa na te obszary (Saqalli *et al.* 2014). Jak wykazały badania archeobotaniczne, ludność KCWR praktykowała intensywne rolnictwo, używając stałych pól, przy czym analiza zbiorowisk zielnych sugeruje, że na obszarach zalesionych uprawy wysiewano na wiosnę (Bogaard 2002; Kreuz 2007; Jones *et al.* 2010; Saqalli *et al.* 2014).

Bydło było ważnym składnikiem kultury w KCWR i mogło przyczynić się do sukcesu i gwałtownej ekspansji tych społeczności (Bogucki 1988; Lüning 2000; Knipper 2011; Arbogast, Jeunesse 2013). Zakrojone na szeroką skalę analizy wymieralności bydła pokazały, że zwierzęta ubijane były przeważnie jako dojrzałe osobniki dorosłe (Gillis *et al.* 2017), tak więc utrzymywanie tych względnie wolno rosnących i wolno dojrzewających zwierząt musiało wymagać znaczących nakładów związanych z zapewnieniem pastwisk i paszy, zwłaszcza w okresie zimowym (Gregg 1988; Saqalli *et al.* 2014). Bydło wymaga dużych ilości zarówno pożywienia, jak i wody, a więc musi mieć zapewniony dostęp do obfitego pożywienia, czy to na pastwisku, czy jako paszy, a także do źródeł wody takich jak strumienie bądź rzeki. Jako że bydło dominowało w inwentarzu faunistycznym z Ludwinowa (Osypińska, Abłamowicz, w tym tomie), jego hodowla musiała być jednym z podstawowych zajęć tamtejszej społeczności KCWR.

#### 7.3.1. Introduction

Deciduous forests dominated Central and Northern European environments during the Early Neolithic (Kreuz 2007; Mäckel *et al.* 2009; Bogucki *et al.* 2012; Salavert *et al.* 2014; Sudhaus, Friedmann 2015). Within this wooded landscape, natural openings in the canopy, caused by lightning strikes, river courses (Kreuz 2007) and in some cases wild ruminant activities (Vera 2000) and would have provided natural pastures or areas for agriculture. These could have been exploited by LBK farmers and stockherders, enabling the spread of farming within these environments (Saqalli *et al.* 2014). Archaeobotanical studies have demonstrated LBK farmers practiced intensive agriculture with permanent fields, and weed assemblages suggesting crops were planted in the spring within a woodland context (Bogaard 2002; Kreuz 2007; Jones *et al.* 2010; Saqalli *et al.* 2014).

Cattle were an important component of the LBK culture and may have contributed to the success and rapid expansion of LBK communities (Bogucki 1988; Lüning 2000; Knipper 2011; Arbogast, Jeunesse 2013). Large-scale analysis of cattle mortality data has shown that animals were mainly slaughtered as mature adults (Gillis *et al.* 2017), so keeping these relatively slow-growing and slow-maturing animals would have required a significant investment in terms of pasture and fodder resource management, particularly during winter (Gregg 1988; Saqalli *et al.* 2014). Cattle require substantial supplies of both food and water, and would therefore need access to plentiful pasture, browse or fodder, as well as water sources such as streams or rivers. As cattle dominate the faunal assemblage at Ludwinowo (Osypińska, Abłamowicz in this volume), cattle husbandry would have been a primary focus of the LBK community here.

Local environments play a critical role in determining the type of pasture and fodder used by farmers.

Środowisko lokalne ma kluczowy wpływ na rodzaj pastwisk i paszy wykorzystywanych przez rolników. Z perspektywy archeozoologicznej, hodowla zwierząt jawiła się jako bardzo jednorodna na całym obszarze KCWR, pomimo iż obejmował on wiele różnych nisz ekologicznych. Zaskakująco niewiele wiadomo na temat tego, jak rolnicze społeczności KCWR przystosowywały się do różnych środowisk lokalnych.

Zasięg i struktura okapu drzewostanu determinują skład podszycia leśnego, a tym samym ilość paszy dostępnej zarówno dla dzikich, jak i udomowionych zwierząt (Kreuz 2007). Stąd też proporcje otwartych obszarów trawiastych w stosunku do obszarów zwartego lasu w otoczeniu osad wpływały na metody hodowli w KCWR, a utrzymywanie przez ludzi pastwisk i zapasów paszy na zimę dla bydła i innych zwierząt hodowlanych prawdopodobnie nie pozostawało bez wpływu na otaczający krajobraz (Gregg 1988; Saqalli *et al.* 2014). W sytuacjach, gdy dostępne obszary pastwiskowe nie były wystarczające dla całorocznego wypasu, niezbędne było wykorzystanie obszarów zalesionych dla pozyskiwania paszy liściastej.

Analizy pyłkowe z Kujaw, gdzie znajduje się stanowisko w Ludwinowie, sugerują, że obszar ten zdominowany był przez lasy mieszane składające się z dębu, lipy, wiązu i jesionu. Obecność gatunków heliofilnych, takich jak leszczyna i olcha wskazuje na obecność prześwieleń w pokrywie leśnej (Bogucki *et al.* 2012), tak więc bydło w Ludwinowie mogło być wypasane na obszarach leśnych oraz/lub karmione suszem liściastym uzupełniającym pożywienie w miesiącach zimowych. Wiedza o dostępności naturalnych obszarów pastwiskowych i zasobów paszy jest więc istotna dla zrozumienia nie tylko gospodarki hodowlanej, ale również sposobu zarządzania zasobami i wpływem, jaki wywierał on na organizację codziennego życia społeczności KCWR zamieszkującej osadę w Ludwinowie.

W odniesieniu do izotopów trwałych istnieją dwa podejścia do badań nad praktykami dotyczącymi wypasu i paszy: połączona analiza izotopów trwałych węgla i tlenu w sekwencyjnie pobieranych próbkach szkliwa zębowego oraz nowa metoda wykorzystująca analizę sekwencyjną izotopów azotu w aminokwasach zębiny. Analiza składu izotopowego węgla i azotu dostarcza informacji o źródłach pożywienia zwierząt, analiza izotopowa tlenu zaś, w połączeniu z izotopami węgla, w sekwencyjnie próbkowanym szkliwie może ujawnić sezonowe wahania w dostępności paszy. Analiza izotopów stałych tlenu może ponadto dostarczyć danych na temat długości okresu rozrodczego u zwierząt hodowlanych. Aminokwasy zawarte w zębnie mogą natomiast dostarczyć informacji dotyczących typu roślin spożywanych przez zwierzęta, np. umożliwiając rozróżnienie między wypasem opartym na ziołach/trawach, a paszą pochodzącą z drzew/liści.

From an archaeozoological perspective stockherding appeared to be very homogenous across the LBK region, despite crossing several types of ecological niches. Surprisingly little is understood about how LBK farmers adapted to different local environments.

The extent of woodland canopy and its structure determine the undergrowth of woodland plants, and consequently the amount of fodder available to both wild and domestic animals (Kreuz 2007). The relative proportions of open grasslands and closed-canopy forest in the vicinity of settlement sites would therefore have affected animal husbandry methods in the LBK, and the maintenance of pasture and winter fodder stocks by humans for cattle and other livestock would likely have had an impact on the surrounding landscape (Gregg 1988; Saqalli *et al.* 2014). If insufficient pasturelands were available for year-round grazing of livestock, exploitation of woodlands for leaf-fodder would be required.

Pollen analysis from the Kuyavia region, in which Ludwinowo is situated, suggest that it was dominated by mixed deciduous forests of oak, lime and elm and ash. The presence of heliophilic species, such as hazel and alder, suggest that open areas existed within the canopy (Bogucki *et al.* 2012). Consequently, Ludwinowo cattle may have been pastured within the woodland and/or foddered with leafy hay to supplement their food supply during winter months. Understanding the availability of natural pasture and fodder resources is therefore important for understanding not only animal husbandry but also resource management, and effect it would have had on the organization of the daily lives of the LBK community at Ludwinowo.

There are now two stable isotopic approaches to studying past pasturing and foddering practices: combined carbon and oxygen stable isotope analysis of sequentially sampled enamel, and a new approach involving sequential analysis of nitrogen isotopes of dentine amino acids. The carbon and nitrogen isotope analyses provide information on the source of animal fodder, and when combined with carbon isotopes in sequentially sampled enamel, oxygen isotope analysis can inform us on the seasonal variation in fodder supply. Oxygen stable isotope analysis can also provide information about the length of livestock birthing periods. The dentine amino acids have the potential to provide information relating to type of plants consumed by the animals, i.e. grazed herbs/grasses versus tree/shrub fodder.

#### 7.3.1.1. Carbon stable isotopes

Carbon isotope composition can be used to inform us about pasturing and foddering practices as the  $\delta^{13}\text{C}$  values of ruminants reflect the carbon isotope ratios of the plants consumed. These are in turn influenced by the plants' photosynthetic pathways, water and nutrient availability, light intensity, and the isotopic

### 7.3.1.1. Izotopy trwałe węgla

Skład izotopowy węgla można dostarczyć informacji na temat praktyk związanych z wypasem i zaopatrzeniem w paszę, jako że wartości  $\delta^{13}\text{C}$  u przeżuwaczy odzwierciedlają stosunki izotopowe w spożywanych przez nie roślinach. Te z kolei zależne są od ścieżki fotosyntezy, dostępności wody i substancji odżywczych, intensywności naświetlenia, oraz składu izotopowego atmosferycznego  $\text{CO}_2$  (Tieszen 1991). Zjawisko określane jako „efekt okapu” (ang. *canopy effect*) oznacza zaniżone wartości  $\delta^{13}\text{C}$  w sieciach pokarmowych w zwartych lasach (van der Merwe, Medina 1991). Można go powiązać z kombinacją następujących czynników: 1)  $\text{CO}_2$  pod gęstą pokrywą leśną jest zubożony w  $\delta^{13}\text{C}$  w stosunku do średniej atmosferycznej ze względu na ponowne wykorzystywanie  $\text{CO}_2$  uwalnianego z rozkładających się w ściółce liści; 2) zawartość  $\delta^{13}\text{C}$  w roślinach podszycia leśnego jest obniżona ze względu na niższą intensywność naświetlenia, a co za tym idzie niższą wydajność fotosyntezy, co skutkuje zwiększonym frakcjonowaniem i z tego względu także niższymi wartościami  $\delta^{13}\text{C}$  (Farquhar *et al.* 1989; van der Merwe, Medina 1991). W efekcie zwierzęta spożywające rośliny i drzewa w gęsto zalesionym środowisku wykazywać będą niskie wartości  $\delta^{13}\text{C}$ , podczas gdy u zwierząt pasących się na otwartych obszarach trawiastych lub na pograniczu lasu wartości te będą wyższe. Ze względu na efekt okapu, fakt wykorzystania pastwisk śródleśnych czy zasobów leśnych na paszę (jak np. liściarki) może zostać wykazany w tkankach zwierzęcych. Zubożone wartości  $\delta^{13}\text{C}$  w bioapatycie ze szkliwa zębowego, wskazujące na efekt okapu i co za tym idzie wykorzystanie zasobów leśnych w okresie zimowym, zarejestrowane zostały na stanowisku z IV tysiąclecia BC w Bercy we Francji (Balasse *et al.* 2012a), stanowiska KCWR w Alzacji, Bawarii i Górnej Austrii dostarczyły zaś kości bydła z kolagenem o obniżonej zawartości  $\delta^{13}\text{C}$ , co także wskazuje na wykorzystanie środowiska leśnego do wypasu lub jako źródła paszy dla tych zwierząt (Bickle, Whittle 2013, 361). Efekt okapu jest najsilniejszy w lasach o zwartym okapie, tak więc zwierzęta wypasane bądź karmione sianem liściastym zebranym w lesie o luźniejszym okapie mogą nie wykazywać obniżonych wartości izotopu  $\delta^{13}\text{C}$  (Bonafini *et al.* 2013).

### 7.3.1.2. Izotopy trwałe azotu

Specyficzna dla związków analiza izotopowa (CSIA) azotu w aminokwasach jest metodą pozwalającą na określenie, niezależnie od efektu okapu wpływającego na wartości  $\delta^{13}\text{C}$ , czy zwierzęta były wypasane w lesie bądź karmione paszą pochodzenia leśnego. Metoda ta wykorzystuje różnice w biosyntezie i metabolizmie różnych aminokwasów i umożliwia bezpośrednie badanie źródeł pokarmu (Lynch *et al.* 2016; Kendall *et al.* 2017), ponieważ pozwala na wykazanie konsumpcji roślin leśnych, bazując na różnicach w izotopowym

composition of atmospheric  $\text{CO}_2$  (Tieszen 1991). The “canopy effect” is the occurrence of low  $\delta^{13}\text{C}$  values in the food webs of dense forests (van der Merwe, Medina 1991). This may be linked to a combination of factors: 1)  $\text{CO}_2$  under the closed canopy is  $^{13}\text{C}$  depleted relative to the general atmosphere due to recycling of  $\text{CO}_2$  from leaf litter decomposition; 2)  $^{13}\text{C}$  abundance is depleted in under-story plants due to reduction of light intensity leading to reduced efficiency of photosynthesis, creating more fractionation and therefore lower  $\delta^{13}\text{C}$  values (Farquhar *et al.* 1989; van der Merwe, Medina 1991). Animals consuming plants and trees within dense forest environments consequently exhibit low  $\delta^{13}\text{C}$  values, while animals grazing on open grassland or forest margins will exhibit higher  $\delta^{13}\text{C}$  values. The use of forest for pastures or forest resources for fodder, such as leafy hay, can be determined due to this canopy effect in animal tissues. Depleted  $\delta^{13}\text{C}$  values have been identified in enamel bioapatite, indicating a canopy effect, and therefore use of woodland resources in winter at the 4<sup>th</sup> millennium BCE site of Bercy, France (Balasse *et al.* 2012a), while LBK sites in Alsace, Bavaria and Upper Austria have shown cattle with  $^{13}\text{C}$  depleted bone collagen, again indicating use of woodland for fodder or herding of these animals (Bickle, Whittle 2013, 361). The canopy effect is greatest under dense canopy woodlands, and consequently animals pastured or foddered from leafy hay collected within an open canopy may not exhibit  $^{13}\text{C}$  depleted carbon isotope values (Bonafini *et al.* 2013).

### 7.3.1.2. Nitrogen stable isotopes

Compound specific nitrogen isotope analysis (CSIA) of amino acids provides a method independent of the canopy effect on  $\delta^{13}\text{C}$  values to determine whether animals were pastured, and/or fodder collected from, within forests. This method takes advantage of the differences in biosynthesis and metabolism of different amino acids, and has the potential to directly examine animal dietary sources (Lynch *et al.* 2016; Kendall *et al.* 2017) as it enables the consumption of woody plants, due to browsing or foddering, to be detected due to amino acid nitrogen isotopic differences between woody and herbaceous plant types (Kendall *et al.* 2019).

The nitrogen isotopic composition of animal tissue amino acids, specifically the difference between the  $\delta^{15}\text{N}$  values of glutamate and phenylalanine ( $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$ ), can be used to estimate the values of the plants constituting the animals’ diet, based upon the difference in enrichment of each amino acid between dietary plants and the animals consuming them, using Equation 1:

$$\beta = \Delta^{15}\text{N}_{\text{(Glx-Phe)}} - \text{TEF}(\text{TP-1}) \quad (\text{Eq. 1})$$

where  $\beta$  is the  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  value of the plants at the base of the food web, TEF (trophic enrichment factor) is the difference in the enrichments of Glx and Phe  $\delta^{15}\text{N}$

składzie azotu zawartego w aminokwasach roślin zielnych i drzewiastych (Kendall *et al.* 2019).

Skład izotopowy azotu w aminokwasach w tkankach zwierzęcych, a zwłaszcza różnica pomiędzy wartościami  $\delta^{15}\text{N}$  dla glutaminianu i fenyloalaniny ( $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$ ), pozwala na oszacowanie tychże wartości w roślinach wchodzących w skład diety zwierzęcia na podstawie różnicy we wzbogaceniu w każdy z aminokwasów pomiędzy roślinami wchodzącymi w skład diety a zwierzętami konsumującymi te rośliny, używając w tym celu Równania 1:

$$\beta = \Delta^{15}\text{N}_{\text{(Glx-Phe)}} - \text{TEF}(\text{TP}-1) \quad (\text{Równanie 1})$$

gdzie  $\beta$  jest wartością  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  dla roślin u podstawy sieci pokarmowej, TEF (współczynnik wzbogacenia troficznego) oznacza różnicę we wzbogaceniu w  $\delta^{15}\text{N}$  pomiędzy GLx i Phe wraz ze wzrostem poziomu troficznego (np.  $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{Glu}} - \Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ ), która, jak wykazano, wynosi 4‰ pomiędzy bydlęm a jego dietą (Kendall *et al.* 2017), TP zaś oznacza pozycję troficzną, której wartość dla dorosłych zwierząt roślinożernych przyjmuje się jako 2.

Zazwyczaj zakłada się, że wartość  $\beta$  jest stała dla danej sieci pokarmowej, np. dla roślin lądowych typu C3 wynosi ona -8.4‰ (Chikaraishi *et al.* 2011). Jak jednak wykazano, wartości  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  u roślin różnią się w zależności od typu rośliny, nawet w obrębie jednej sieci pokarmowej. Zaobserwowano na przykład różnice izotopowe pomiędzy drzewami a roślinami zielnymi, przy czym omawiane wartości były silniej ujemne dla drzew niż dla roślin zielnych (Kendall *et al.* 2019). Tak więc konsumpcja roślin spaszanych lub zgryzanych będzie widoczna w wartościach  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  rejestrowanych u zwierząt będących konsumentami tych roślin. Można oczekiwać, że wartości  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  a przez to również  $\beta$ , u zwierząt spożywających rośliny leśne – czy to jako paszę w okresie niższej dostępności trawy czy też poprzez zgryzanie w lesie – będą niższe niż u zwierząt konsumujących rośliny zielne. Tak więc silniej ujemne wartości  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  obserwowane dla części mniej więcej jednorocznego okresu rejestrowanego wzdłuż osi przyrostu zębów takich zwierząt mogą wynikać z sezonowego stosowania wypasu w lesie lub paszy pochodzenia leśnego. Wskazuje to na wykorzystywanie obszarów leśnych do wyżywienia stad, niezależnie od przesłanek wynikających z obserwacji efektu okapu w analizie izotopowej węgla.

### 7.3.1.3. Izotopy trwałe tlenu

W połączeniu z wartościami  $\delta^{13}\text{C}$  bioapatytowe wartości  $\delta^{18}\text{O}$  mogą dostarczać wskazówek na temat ewentualnej sezonowej zmienności w dostępności paszy. Na wysokich i umiarkowanych szerokościach geograficznych zawartość  $\delta^{18}\text{O}$  w opadach atmosferycznych skorelowana jest silnie z temperaturą otoczenia: w zimnych porach roku obserwuje się niskie wartości  $\delta^{18}\text{O}$ , podczas gdy w porach ciepłych wartości te są



**Ryc. 7.17.** Ludwinowo 7. Trzeci ząb trzonowy bydła (Bos 1) z którego sekwencja próbek pobrana została zarówno do analizy izotopowej bioapatytu ze szkliwa jak i analizy aminokwasów zębiny

**Fig. 7.17.** Ludwinowo 7. A cattle third molar (Bos 1) sequentially sampled for both enamel bioapatite isotope analysis and dentine amino acid CSIA

values with increased trophic level (i.e.  $\Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{Glu}} - \Delta \delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ ), which has been shown to be 4.0‰ between cattle and their diet (Kendall *et al.* 2017), and TP is the trophic position, which is assumed to be 2 for adult herbivores.

The  $\beta$  value has typically been assumed to be constant for any given food web, e.g. 8.4‰ for terrestrial C<sub>3</sub> plants (Chikaraishi *et al.* 2011). However, the  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  values of plants have been shown to vary depending upon plant type, even within a single food web, i.e. isotopic differences between tree species and herbaceous plants have been observed, showing more negative values in trees than herbaceous plants (Kendall *et al.* 2019). The consumption of graze or browse plants will therefore be detectable in the  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  values of animals consuming these diets. It would be expected that for cattle consuming woody plants, either as fodder during periods of the year when grasses are limited, or through browsing in the forest,  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  values, and therefore  $\beta$  values, will be lower than for animals consuming herbaceous plants. Therefore, the more negative  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  values observed for part of the approximately one-year period recorded along the growth axis of these teeth may be a result of seasonal use of forest browsing or foddering. This provides a proxy for woodland use for the feeding of domestic livestock independent of the carbon isotope canopy effect proxy.

### 7.3.1.3. Oxygen stable isotopes

Bioapatite  $\delta^{18}\text{O}$  values, in combination with  $\delta^{13}\text{C}$  values, can provide an indication of whether there was seasonal variation in fodder supply. At mid and high latitudes, the  $\delta^{18}\text{O}$  value of precipitation is strongly correlated to ambient temperature. Low  $\delta^{18}\text{O}$  values are found during cold seasons and higher values during warm seasons (Gat 1980; Koch *et al.* 1989). The  $\delta^{18}\text{O}$  values from sequential bioapatite samples therefore provide a seasonal reference for the  $\delta^{13}\text{C}$  values.

Oxygen isotope ratios from incremental analysis can also be used to calculate the length of animal birthing period or birth seasonality (Balasse *et al.* 2012a).



Tabela 7.4. Ludwinowo 7. Lista trzecich zębów trzonowych bydła wybranych do próbkowania na potrzeby analizy izotopów trwałych. Próbkę oznaczoną \* były również wybrane na potrzeby CSIA

Table 7.4. Ludwinowo 7. List of cattle third molars selected for incremental samples for bulk stable isotope analysis. Samples marked with \* were also selected for CSIA

nr próbki/ sample name	stan zużycia/ wear stage	nr inw./ inventory no.	nr ob./ feature no.	faza KCWR/ LBK phase	dom nr./ house no.	typ kontekstu/ context type
Bos 1*	g	C313	C156	III	8	jama przydomowa/ household pit
Bos 2	f/g	F374	F196	IIB		glinianka/ clay pit
Bos 3*	g	F121	F60	IIB	21	jama przydomowa/ household pit
Bos 4	g	H47	H42	IIB	15	jama przydomowa/ household pit
Bos 5*	g	A606	A440	III	2	jama przydomowa/ household pit
Bos 6	g	C306	C156	III	8	jama przydomowa/ household pit
Bos 7	g	D146	D96	III	20	jama przydomowa/ household pit
Bos 8	b	D140	D96	III	20	jama przydomowa/ household pit
Bos 9	e	C305	C156	III	8	jama przydomowa/ household pit
Bos 10*	f	A473	A49	IIB	18	jama przydomowa/ household pit

wyższe (Gat 1980; Koch *et al.* 1989). Z tego względu wartości  $\delta^{18}\text{O}$  w sekwencyjnie pobieranych próbkach bioapatytu stanowić mogą punkt odniesienia dla danych  $\delta^{13}\text{C}$  odnośnie do pory roku.

Proporcje izotopowe tlenu z analizy przyrostowej mogą również posłużyć do wyliczenia długości okresu rozrodczego zwierząt bądź sezonowości urodzeń (Balasse *et al.* 2012a). Taka informacja może pomóc zrozumieć, w jaki sposób rozród zwierząt kontrolowany był przez hodowców, co jest istotną kwestią przy studiach nad ewolucją i rozwojem praktyk hodowlanych. Bydło może rozmnażać się przez cały rok, a długość sezonu rozrodczego może mieć bezpośredni wpływ na długość okresu laktacji. Pozostałości produktów nabiałowych zostały zidentyfikowane na naczyniach ceramicznych w Ludwinowie, wskazując na przetwarzanie i konsumpcję mleka (Roffet-Salque *et al.*, w tym tomie). To ostatnie było ważnym zasobem żywieniowym i najprawdopodobniej pochodziło od bydła, jako że bydło dominowało w inwentarzu faunistycznym (Osypińska, Ablańowicz, w tym tomie). Ustalenie długości sezonu rozrodczego może przyczynić się do wyjaśnienia kwestii dostępności mleka w cyklu rocznym (Balasse *et al.* 2012a; 2014; Berthon *et al.* 2018).

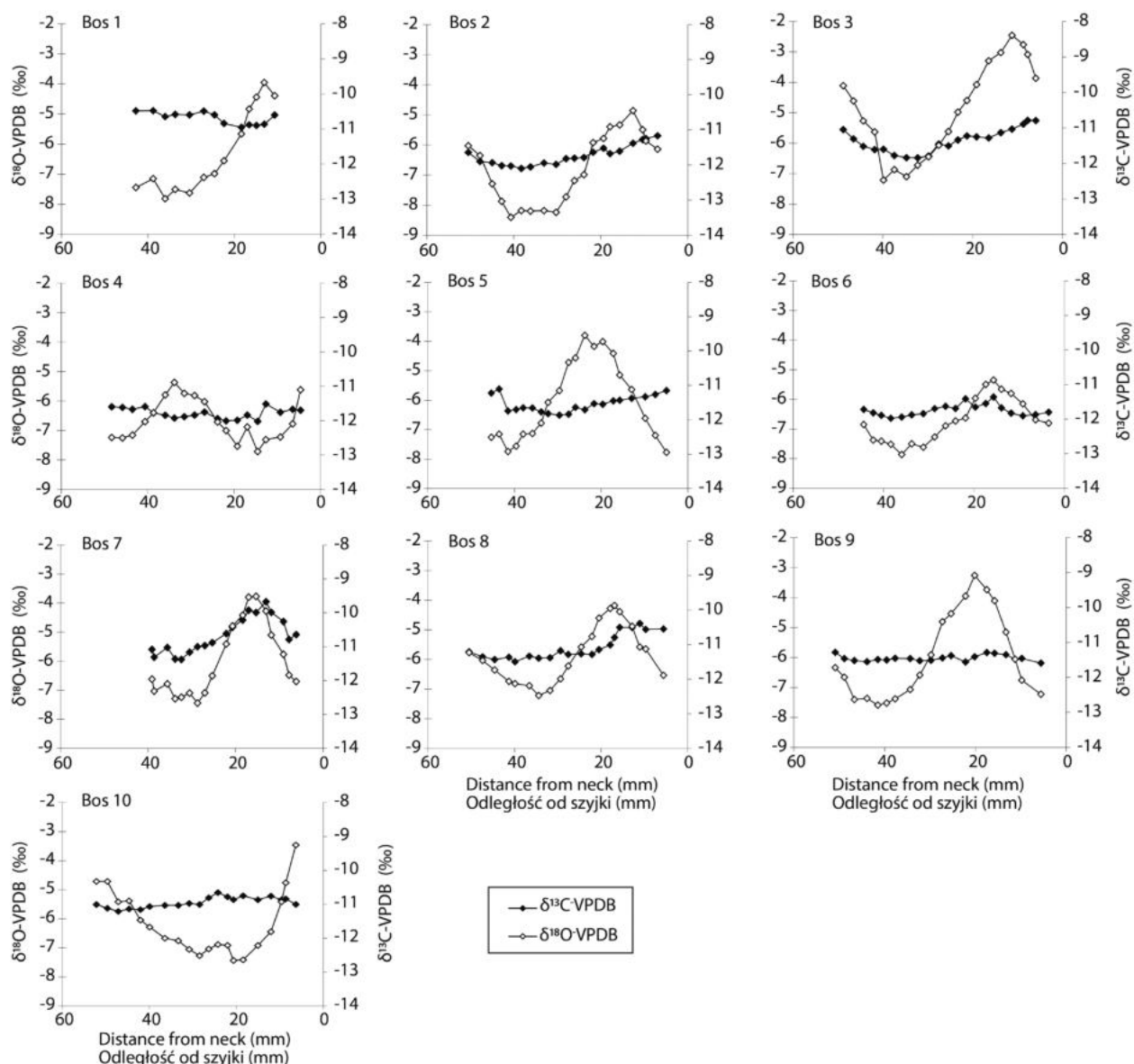
W niniejszym rozdziale metody  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  oraz specyficzna dla związków analiza  $\delta^{15}\text{N}$  zastosowane są do sekwencyjnie pobranych prób szkliwa i dentyny zębów bydła z Ludwinowa, przy użyciu dwóch niezależnych estymatorów dla przeanalizowania diety zwierząt i praktyk paszowych w skali roku, w celu

This information can help us understand how animal breeding was controlled by stockherders, and this manipulation of breeding by humans is an important point to consider when investigating the evolution and development of animal husbandry practices. Cattle can breed throughout the year, and length of the breeding season can have a direct impact on the duration of the lactation period. Dairy residues have been recovered from pottery vessels at Ludwinowo, indicating the processing and consumption of milk, an important dietary resource for humans (Roffet-Salque, in this volume), with cattle as the probable source given that they dominate the faunal assemblage (Osypińska, Ablańowicz, in this volume). Understanding the length of the birth season can help to elucidate the availability of milk during the annual season (Balasse *et al.* 2012a; 2014; Berthon *et al.* 2018).

In this chapter we apply  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ , and compound-specific amino acid  $\delta^{15}\text{N}$  methods to sequential samples of tooth enamel and dentine of cattle teeth from Ludwinowo, using two independent proxies to investigate animal diet and foddering practices on a seasonal scale, with the aim to provide further information on the pasturing and foddering management practices and the environmental context of Ludwinowo.

### 7.3.2. Materials and methods

The third molar (M3) was selected for stable isotopic analysis because: (a) the archaeozoological material



**Ryc. 7.18.** Ludwinowo 7. Wartości  $\delta^{13}\text{C}$  (punkty pełne) i  $\delta^{18}\text{O}$  (punkty puste) uzyskane z przyrostowej analizy bioapatytu ze szkliwa zębów bydłych

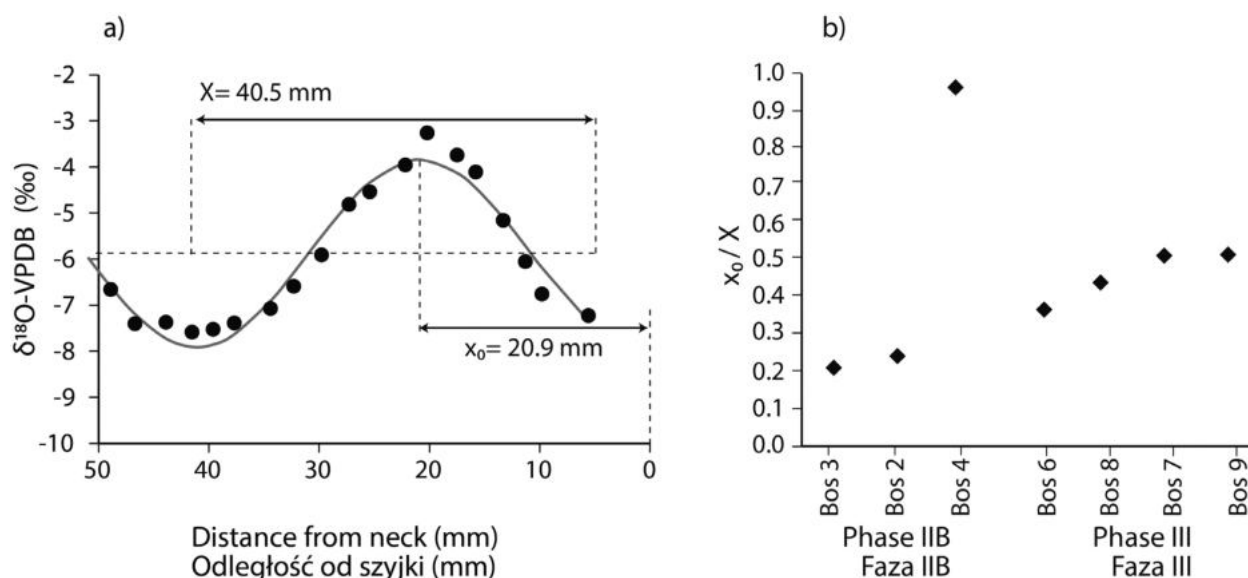
**Fig. 7.18.** Ludwinowo 7.  $\delta^{13}\text{C}$  (filled points) and  $\delta^{18}\text{O}$  values (open points) from incremental analysis of cattle tooth enamel bioapatite

pozyskania dalszych informacji na temat praktyk związanych z zarządzaniem wypasem i karmieniem zwierząt hodowlanych oraz dotyczących kontekstu środowiskowego stanowiska w Ludwinowie.

### 7.3.2. Materiały i metody

Wybór trzeciego zęba trzonowego (M3) do analizy izotopów trwałych wynikał z następujących powodów: (a) ze względu na dużą fragmentację materiału archeozoologicznego rozróżnienie między M1 a M2 napotykało trudności oraz (b), aby uniknąć konsekwencji wpływu karmienia mlekiem i efektu odstawienia od piersi. Wyselekcjonowano 10 zębów M3 prezentujących stopień zużycia d-g w skali Granta (Grant 1982), pochodzących od 10 różnych osobników (tabela 7.4). Powierzchnie zębów oczyszczono

was very fragmented leading to difficulty distinguishing between M1 and M2, and (b) to avoid effects from suckling and weaning. Ten M3s with Grant wear stage d-g (Grant 1982) were selected, with each tooth sampled representing an individual (Table 7.4). Tooth surfaces were cleaned using an abrasive tungsten drill bit to remove dental calculus, cement, and dirt. Enamel samples were removed by drilling with a diamond bit on the buccal side of proximal lobe perpendicular to the crown growth axis (Fig. 7.17). The samples weighed  $8.1 \pm 1.2$  mg and were on average  $2.2 \pm 0.6$  mm (range: 0.5–4.2 mm) apart with an average of 19 samples taken for each tooth. The purification protocol for stable isotopic analysis followed Tornero *et al.* (2013). Chemical induced weight loss was  $29.5 \pm 6.9\%$  ( $1\sigma$ ). Purified enamel samples weighed between 551–650  $\mu\text{g}$  were analysed on a Kiel IV device interfaced to a Delta V Advantage



Ryc. 7.19. Ludwinowo 7. Przykładowe obliczenia sezonowości urodzeń z użyciem wartości  $\delta^{18}\text{O}$  z sekwencji próbek bioapatytu (a) oraz stosunek  $x_0/X$  dla każdego zębów (b)

Fig. 7.19. Ludwinowo 7. An example calculation of birth seasonality using  $\delta^{18}\text{O}$  values from sequentially sampled bioapatite (a), and the  $x_0/X$  ratio for each tooth (b)

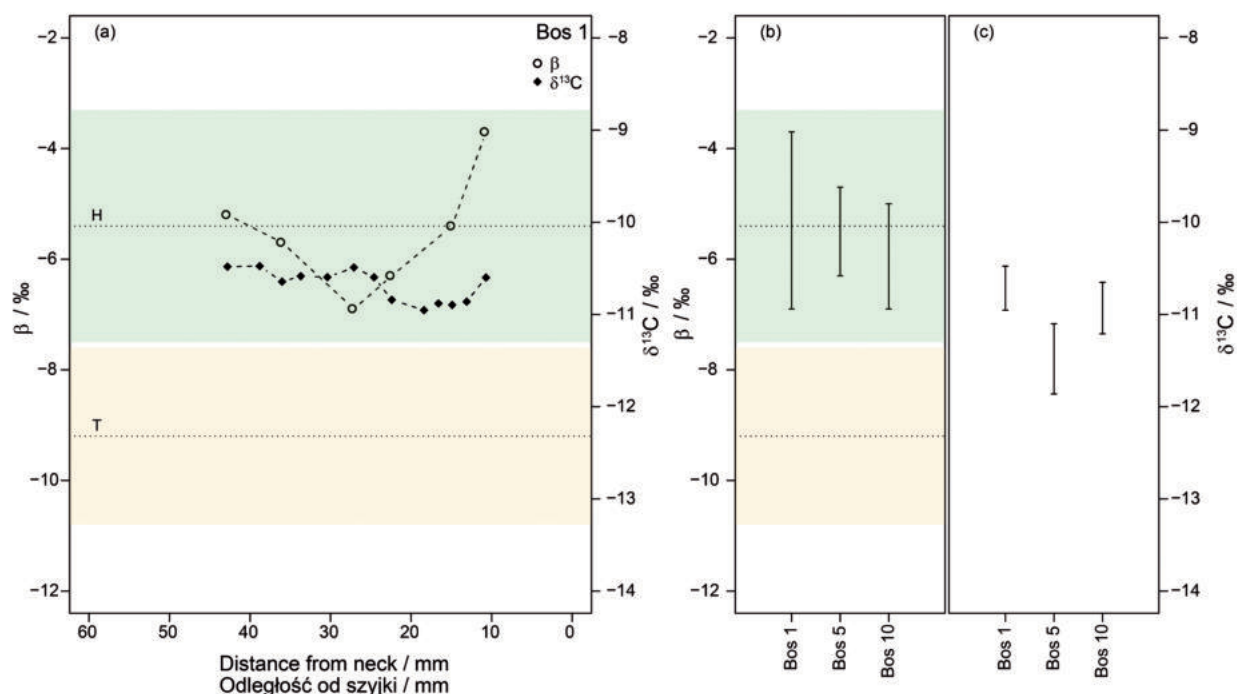
z użyciem wolframowego wiertła szlifierskiego, aby usunąć kamień zębowy, kostniwo i zabrudzenia. Próbkę szklia pobrano za pomocą diamentowego wiertła z policzkowej strony guzka proksymalnego, prostopadle do osi przyrostu korony (ryc. 7.17). Waga próbki wynosiła  $8,1 \pm 1,2$  mg, zaś średnia odległość pomiędzy kolejnymi próbkami wynosiła  $2,2 \pm 0,6$  mm (zakres: 0,5–4,2 mm), przy średnio 19 próbkach pobranych z każdego zęba. Próbkę oczyszczono, stosując protokół zgodny z Tornero *et al.* (2013). Utrata wagi próbki na skutek czynników chemicznych wynosiła  $29,5 \pm 6,9\%$  ( $1\sigma$ ). Oczyszczone próbki szklia ważące pomiędzy 551 a 650  $\mu\text{g}$  przeanalizowano, używając urządzenia Kiel IV sprzężonego ze spektrometrem Delta V Advantage IRMS. Próbkę umieszczoną w pojedynczych naczyniach zostały poddane w warunkach próżniowych oddziaływaniu 100% kwasu fosforowego ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) w temperaturze  $70^\circ\text{C}$  i oczyszczone z zastosowaniem zautomatyzowanego systemu do destylacji kriogenicznej. Dokładność i precyzję pomiarów sprawdzono przy użyciu węglanu wapnia jako wewnętrznego standardu laboratoryjnego (Marbre LM znormalizowany dla NBS 19). Średnia liczba próbek LM w każdej turze wynosiła 6. W ciągu całej analizy dało to średnią wartość  $\delta^{13}\text{C}$  wynoszącą  $2,13 \pm 0,02\text{‰}$  ( $1\sigma$ ; teoretyczna wartość znormalizowana dla NBS 19 =  $2,13\text{‰}$ ) i średnią wartość  $\delta^{18}\text{O}$  wynoszącą  $-1,61 \pm 0,05\text{‰}$  ( $1\sigma$ ; wartość teoretyczna =  $-1,83\text{‰}$ ).

Długość okresu rozrodczego może być oszacowana na podstawie zmierzonych proporcji izotopów trwałych tlenu. Próbkowanie sekwencyjne pozwala ujawnić cykliczne wariacje wartości  $\delta^{18}\text{O}$  odzwierciedlające cykl pór roku. Jako że czas wzrostu zębów jest stały w obrębie gatunku, pora roku, w jakiej zwierzę

IRMS. Samples were reacted under vacuum with 100% phosphoric acid ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) at  $70^\circ\text{C}$  in individual vessels and purified in an automated cryogenic distillation system. Accuracy and precision of the measurements were checked using an internal laboratory calcium carbonate standard (Marbre LM normalized to NBS 19). There was an average of six LM samples per run. Over the period of analysis, these gave a mean  $\delta^{13}\text{C}$  value of  $2.13 \pm 0.02\text{‰}$  ( $1\sigma$ ; theoretical value normalized to NBS 19 =  $2.13\text{‰}$ ) and a mean  $\delta^{18}\text{O}$  value of  $-1.61 \pm 0.05\text{‰}$  ( $1\sigma$ ; theoretical value =  $-1.83\text{‰}$ ).

Information about the length of birthing period can be estimated from measured stable oxygen isotope ratios. The sequential sampling procedure detects cyclical variations in  $\delta^{18}\text{O}$  values, reflecting the seasonal cycle. As the timing of tooth growth is fixed within a species, the season of birth determines the sequence of the annual cycle recorded in a given tooth (Bryant *et al.* 1996; Fricke, O'Neil 1996). Variability in the birth season may be described through the comparison of the position of the maximum value of the  $\delta^{18}\text{O}$  cycle in the tooth crown ( $x_0$  in Fig. 7.19). A quantitative estimation of inter-individual variability involves modelling the  $\delta^{18}\text{O}$  sequences and normalizing the distances using the period of the cycle ( $X$  in Fig. 7.19) in order to eliminate the tooth size factor (Balasse *et al.* 2012b). By plotting the ratio between  $X$  and  $x_0$  (the position on the tooth when the  $\delta^{18}\text{O}$  values reach its maximum) over an annual period providing an approximate range for cattle birthing period, the duration of the birthing period can be estimated.

Four teeth sequentially sampled for enamel bioapatite analysis were selected for incremental compound-specific nitrogen isotope analysis of dentine amino



**Ryc. 7.20.** Ludwinowo 7. (a) Wartości  $\beta$  (kółka) i wartości  $\delta^{13}\text{C}$  w bioapatycie (romby) dla sekwencji próbek z Bos 1. Wartości  $\beta$  dla ziół (H) i drzew (T), za Kendall *et al.* (2019), pokazane są jako linie przerywane, z odchyleniami standardowymi zaznaczonymi cieniowaniem. Zakresy wartości  $\beta$  (b) i  $\delta^{13}\text{C}$  w bioapatycie (c) dla zębów M3 analizowanych izotopowo zarówno pod względem aminokwasów w zębinie, jak i bioapatytu ze szkliwa

**Fig. 7.20.** Ludwinowo 7. (a)  $\beta$  values (dots) and bioapatite  $\delta^{13}\text{C}$  values (diamonds) from incremental sampling of Bos 1. The  $\beta$  values for herbs (H) and trees (T), determined by Kendall *et al.* (2019), are displayed as dotted lines with their standard deviations shaded. Ranges of (b)  $\beta$  values and (c) bioapatite  $\delta^{13}\text{C}$  values of M3 teeth sampled for both dentine amino acid and enamel bioapatite stable isotope analysis

się urodziło, determinuje cykl roczny rejestrowany w danym zębie (Bryant *et al.* 1996; Fricke, O'Neil 1996). Zmienność pór narodzin można opisać przez porównanie pozycji maksymalnej wartości cyklu  $\delta^{18}\text{O}$  w obrębie korony zęba ( $x_0$  na ryc. 7.19). Ilościowe szacunki zmienności międzysobniczej można uzyskać poprzez modelowanie sekwencji  $\delta^{18}\text{O}$  i normalizowanie odległości, używając okresu cyklu (X na ryc. 7.19) w celu wyeliminowania wpływu wielkości zęba (Balasse *et al.* 2012b). Nanosząc następnie na wykres stosunek X do  $x_0$  (miejsce w obrębie zęba gdzie wartość  $\delta^{18}\text{O}$  osiąga maksimum) w obrębie całego roku (który jest przybliżonym zakresem dla okresu rozrodczego u bydła), można oszacować długość okresu rozrodczego.

Cztery spośród zębów, z których pobrano sekwencje próbek szkliwa do analizy bioapatytu, zostały również poddane specyficznej dla związków przyrostowej analizie izotopowej azotu z aminokwasów zębin (tabela 7.4). Z każdego z nich pobrano sześć próbek zębiny o wadze ok. 15 mg, używając w tym celu wiertarki (ryc. 7.17). Pochodne estrów aminokwasu N-acetylo izopropylowego (NAIP) zostały uzyskane ze sproszkowanej zębiny zgodnie z obowiązującym protokołem (Corr *et al.* 2007; Styring *et al.* 2012; Kendall *et al.* 2017). Podczas hydrolizy, asparagina

acids (Table 7.4). Six dentine samples were collected per tooth, of ca. 15 mg, using a drill (Fig. 7.17). Amino acid *N*-acetyl isopropyl (NAIP) ester derivatives were prepared from powdered dentine according to established protocols (Corr *et al.* 2007; Styring *et al.* 2012; Kendall *et al.* 2017). Asparagine and glutamine are converted into aspartic acid and glutamic acid, respectively, during hydrolysis so the  $\delta^{15}\text{N}$  value of Asx therefore combines the N of aspartate and the amino N of asparagine, while the  $\delta^{15}\text{N}$  value of Glx is a mean of the N of glutamate and the amino N of glutamine. Amino acids were identified by GC-FID by comparison with amino acid standards and quantified by comparison with a known amount of internal standard. Their  $\delta^{15}\text{N}$  values were determined by GC-C-IRMS as described in Kendall *et al.* (2017). Each reported  $\delta^{15}\text{N}$  value is the mean of triplicate determinations. A reference mixture of amino acids of known  $\delta^{15}\text{N}$  values was analysed every three runs to ensure acceptable instrument performance.

### 7.3.3. Results

The  $\delta^{13}\text{C}$  values from the Ludwinowo enamel ranged between  $-12.1\text{‰}$  and  $-9.7\text{‰}$  and, with an average amplitude of  $0.8 \pm 0.4\text{‰}$  (range:  $0.3\text{‰}$  to  $1.7\text{‰}$ ). The  $\delta^{18}\text{O}$  values measured show an undulating pattern



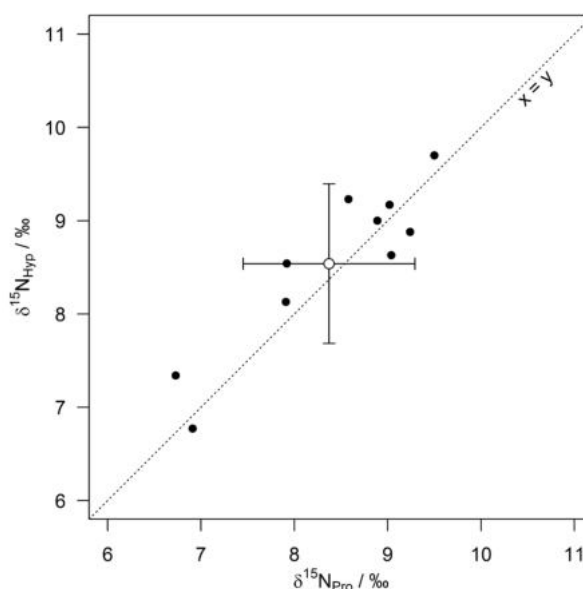
i glutamina przekształcają się odpowiednio w kwas asparaginowy i kwas glutaminowy, tak więc wartość  $\delta^{15}\text{N}$  dla Asx odzwierciedla azot z asparagianu łącznie z azotem z końca aminowego asparaginy, wartość  $\delta^{15}\text{N}$  zaś dla Glx jest średnią azotu z glutaminianu oraz końca aminowego glutaminy. Aminokwasy zostały zidentyfikowane przy użyciu GC-FID poprzez porównanie ze standardami aminokwasowymi i określone ilościowo poprzez porównanie ze znaną ilością standardu wewnętrznego. Ich wartości  $\delta^{15}\text{N}$  określono przy użyciu GC-C-IRMS za Kendall *et al.* (2017). Każda podana wartość  $\delta^{15}\text{N}$  jest średnią z trzech oznaczeń. Aby kontrolować zadowalające działanie urządzenia pomiarowego, co trzy tury przeprowadzano analizę referencyjnej mieszanki aminokwasów o znanych wartościach  $\delta^{15}\text{N}$ .

### 7.3.3. Wyniki

Wartości  $\delta^{13}\text{C}$  w szkliwie z Ludwinowa wahały się od  $-12,1\text{‰}$  do  $-9,7\text{‰}$  przy średniej amplitudzie  $0,8 \pm 0,4\text{‰}$  (zakres: od  $0,3\text{‰}$  do  $1,7\text{‰}$ ). Pomiary wartości  $\delta^{18}\text{O}$  układają się w falujące krzywe zbliżone do sinusoidalnych dla wszystkich zębów z wyjątkiem Bos 10, dla którego krzywa miała kształt litery U. Wartości  $\delta^{18}\text{O}$  wahały się pomiędzy  $-2,5\text{‰}$  a  $-8,4\text{‰}$  ze średnią amplitudą  $3,6 \pm 0,8\text{‰}$  (zakres: od  $2,3\text{‰}$  do  $4,8\text{‰}$ ).

Sezonowość urodzeń badano z użyciem wartości  $\delta^{18}\text{O}$  dla bioapatytu według metody opisanej w Balasse *et al.* (2012b). Osobniki Bos 1, Bos 5, oraz Bos 10 nie zostały uwzględnione, gdyż ich sekwencje  $\delta^{18}\text{O}$  nie reprezentowały pełnych cykli rocznych i w związku z tym nie mogły być modelowane. Z wyjątkiem Bos 4 uznanego za obserwację odstającą, zakres obliczonych stosunków  $x_0/X$  wynosił  $0,31$  (od  $0,20$  do  $0,51$ ), sugerując okres rozrodczy długości  $0,31$  roku, czyli do czterech miesięcy. Wynika stąd, że Bos 4 był najprawdopodobniej urodzony poza głównym sezonem rozrodczym (Ryc. 7.19).

U osobnika Bos 1, próbki zębiny pobrane ze wszystkich sześciu miejsc dostarczyły wystarczającej ilości aminokwasów dla określenia wartości  $\delta^{15}\text{N}$ , podczas gdy u osobników Bos 5 i Bos 10 wystarczające stężenia aminokwasów zarejestrowano odpowiednio w trzech i dwóch miejscach pomiaru. Pozostałe miejsca próbkowania na tych zębach, a także wszystkie u osobnika Bos 3, zawierały aminokwasy w stężeniach zbyt niskich dla analiz izotopowych azotu. W celu określenia diety bydła na podstawie wartości  $\delta^{15}\text{N}$  w aminokwasach, dla wszystkich próbek zębiny wyliczone zostały wartości  $\beta$  (ryc. 7.20) przy użyciu Równania 1, i porównane z wartościami oczekiwanymi dla roślin zielnych i drzewiastych (Kendall *et al.* 2019). Maksymalna rozpiętość wartości  $\beta$  dla sekwencji próbek z jednego zęba wynosiła  $3,2\text{‰}$  u Bos 1, przy wartościach wahających się od  $-3,7\text{‰}$  do  $-6,9\text{‰}$ , podczas gdy najmniejsza różnica, wynosząca  $1,6\text{‰}$ , zarejestrowana została u osobnika Bos 5.



**Ryc. 7.21.** Ludwinowo 7. Porównanie wartości  $\delta^{15}\text{N}$  dla proliny (Pro) i hydroxyproliny (Hyp) w poszczególnych próbkach zębiny z zębów z kontekstów archeologicznych (pełne kółka), ze średnią dla wszystkich próbek (puste kółko) oraz zakresy błędów reprezentujące odchylenie standardowe  $\pm 1$ . Linia przerywana oznacza linię  $x = y$ , wzdłuż której wartości powinny się układać ze względu na wspólne, biosyntetyczne pochodzenie

**Fig. 7.21.** Ludwinowo 7. Comparison of the  $\delta^{15}\text{N}$  values of proline (Pro) and hydroxyproline (Hyp) in individual dentine samples of archaeological teeth (filled circles), with the mean of all samples (open circle) and error bars representing  $\pm 1$  standard deviation. The dotted line is the  $x = y$  line values are expected to fall on due to their common biosynthetic origin

close to a sinusoidal variation for all teeth except for Bos 10, which was U-shaped. The  $\delta^{18}\text{O}$  values ranged between  $-2.5\text{‰}$  and  $-8.4\text{‰}$  with an average amplitude of  $3.6 \pm 0.8\text{‰}$  (range:  $2.3\text{‰}$  to  $4.8\text{‰}$ ).

Birth seasonality was investigated using bioapatite  $\delta^{18}\text{O}$  values, using the method described in Balasse *et al.* (2012b). Individuals Bos 1, Bos 5 and Bos 10 were excluded as the  $\delta^{18}\text{O}$  sequences produced did not represent a complete annual signal and consequently could not be modelled. Excluding Bos 4 as an outlier, the range of calculated  $x_0/X$  ratios range was  $0.31$  (between  $0.20$  and  $0.51$ ), indicating a birthing period of  $0.31$  years, or within 4 months. Bos 4 was therefore possibly born outside the main birthing season (Fig. 7.19).

Amino acids were recovered in sufficient quantity for  $\delta^{15}\text{N}$  value determination from all six dentine sampling points from Bos 1. Bos 5 and Bos 10 yielded sufficient concentrations of amino acids from three and two sampling points, respectively. The remaining sampling points from these teeth and all from Bos 3 had dentine amino acid concentrations insufficient for N isotopic analysis. In order



Wartości Hyp i Pro  $\delta^{15}\text{N}$  były bardzo podobne we wszystkich próbkach zębiny, przy maksymalnej różnicy wynoszącej 0,7‰ (ryc. 7.21). Ze względu na ich ścieżki biosyntetyczne, wartości  $\delta^{15}\text{N}$  powinny być takie same dla Hyp i Pro, tak więc uzyskany wynik wskazuje, że analizowany tu kolagen zębinowy jest w stopniu minimalnym zmieniony izotopowo przez diagenезę i/lub obróbkę próbki i że błąd instrumentu pomiarowego jest niewielki. Dlatego też można uznać, że uzyskane wartości  $\delta^{15}\text{N}$  w aminokwasach precyzyjnie odzwierciedlają sygnaturę izotopową kolagenu powstałego w wyniku biosyntezy, nawet przy względnie niskich stężeniach pozyskanych aminokwasów.

### 7.3.4. Dyskusja

Wcześniejsze analizy  $\delta^{13}\text{C}$  w kolagenie kości niediagnostycznych w skali całego zasięgu LBK wykazały wyraźną zmianę w wartościach  $\delta^{13}\text{C}$  dla bydła wraz z przesuwaniem się z zachodu na wschód (w zakresie od -23,5‰ do -17‰), z uboższymi wartościami na zachodzie, zwłaszcza na obszarach Nadrenii. Te obniżone zawartości  $\delta^{13}\text{C}$  interpretuje się jako bezpośrednie odzwierciedlenie praktyk wypasu, przy czym większość autorów uznaje je za odbicie wykorzystywania obszarów leśnych jako pastwisk oraz/lub użycie produktów pochodzenia leśnego na paszę (Fraser *et al.* 2013; Hedges *et al.* 2013; Berthon *et al.* 2018; Gillis *et al.*, w druku). Niska zmienność wartości bioapatytowych  $\delta^{13}\text{C}$  w obrębie zęba zarejestrowana dla analizowanych tu zębów z Ludwinowa sugeruje niewielką zmienność sezonową pod względem pastwisk i źródeł paszy, przy braku korelacji pomiędzy wartościami  $\delta^{13}\text{C}$  i  $\delta^{18}\text{O}$ . Wartości  $\delta^{13}\text{C}$  w diecie obliczono przez skorygowanie bioapatytowych wartości  $\delta^{13}\text{C}$  z użyciem współczynnika wzbogacenia wynoszącego 14,1‰ (Cerling, Harris 1999). Otrzymane wartości dla diety wahają się pomiędzy -26,2 a -23,8‰, co mieści się w granicach zmienności  $\delta^{13}\text{C}$  u współcześnie rosnących roślin typu  $\text{C}_3$  z otwartych środowisk strefy umiarkowanej (-31,5‰ do -23‰; Kohn 2010), skorygowanych o +1,5‰ dla uwzględnienia różnicy składu izotopowego atmosferycznego  $\text{CO}_2$  w okresie przedindustrialnym (Friedli *et al.* 1986). Zarejestrowana zmienność wartości  $\delta^{13}\text{C}$  jest niska w porównaniu z analizami przeprowadzonymi na stanowisku KCWR w Bischoffsheim (Gillis *et al.*, w druku), datowanym na VI tysiąclecie BC, gdzie wyniki wskazywały na sezonowe wykorzystanie paszy liściastej w zimie. Wręcz przeciwnie, wskazuje ona, że dieta analizowanych zwierząt nie była uzupełniana w okresie zimowym paszą liściastą, co byłoby widoczne jako sezonowe spadki wartości  $\delta^{13}\text{C}$  skorelowane ze spadkami wartości  $\delta^{18}\text{O}$ .

Dla każdej próbki, wartości  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  dla kolagenu użyto do obliczenia odpowiadających im wartości  $\beta$ , tzn. wartości w diecie. W przypadku każdego z badanych zębów mieszczą się one w zakresie oczekiwanym dla roślin zielnych (-7,9‰ do -3,7‰; Kendall *et al.* 2019). Oznacza to, że bydło z Ludwinowa miało zapewnioną całoroczną dietę opartą na wypasie

to determine the diet of cattle from amino acid  $\delta^{15}\text{N}$  values, the  $\beta$  values were calculated for all dentine samples (Fig. 7.20), using Equation 1, and compared to the values expected from herbaceous and woody plants (Kendall *et al.* 2019). Intra-tooth variation for sequentially sampled teeth displayed maximum  $\beta$  value differences of 3.2‰ for Bos 1, ranging from -3.7‰ to -6.9‰, while the smallest difference was 1.6‰ for Bos 5.

Hyp and Pro  $\delta^{15}\text{N}$  values are very similar for each dentine sample, with a maximum difference of 0.7‰ (Fig. 7.21). Due to their biosynthetic pathways the  $\delta^{15}\text{N}$  values of Pro and Hyp should be the same, so this indicates that the dentine collagen studied herein is minimally isotopically altered by diagenesis and/or sample treatment, and that there is little instrument error. As such the amino acid  $\delta^{15}\text{N}$  values determined can be considered to accurately reflect the isotopic signature of the dentine collagen as it was biosynthesised, even with relatively low amino acid concentrations recovered.

### 7.3.4. Discussion

Previous analyses of bulk bone collagen  $\delta^{13}\text{C}$  values from across the LBK region have found a strong west to east gradient in cattle  $\delta^{13}\text{C}$  values (range: -23.5‰ to -17‰) with more depleted values in the west, particularly in northern Rhine regions. This depletion of  $\delta^{13}\text{C}$  values has been interpreted as a direct reflection of pasturing practices, with most authors proposing these values are reflection of forests being used for pasture and/or use of forest products for fodder (Fraser *et al.* 2013b; Hedges *et al.* 2013; Berthon *et al.* 2018; Gillis *et al.*, in press). The low intra-tooth variation of bioapatite  $\delta^{13}\text{C}$  values seen for the teeth studied here from Ludwinowo suggests little seasonal variation in pasture and fodder sources, with no correlation between  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values. Diet  $\delta^{13}\text{C}$  values were calculated by correcting the  $\delta^{13}\text{C}$  bioapatite values using a 14.1‰ enrichment factor (Cerling, Harris 1999). This produced values for the diet that lie between -26.2 and -23.8‰, which fall within the global range of variation of  $\delta^{13}\text{C}$  values for  $\text{C}_3$  plants from open, temperate environments (-31.5‰ to -23‰) in modern plants (Kohn 2010); corrected by +1.5‰ for pre-industrial atmospheric carbon dioxide carbon isotope composition (Friedli *et al.* 1986). The variation in  $\delta^{13}\text{C}$  values is low compared to analyses carried out on cattle teeth from the 6<sup>th</sup> millennium BCE LBK site of Bischoffsheim (Gillis *et al.*, in press), where the results indicate a seasonal use of leaf fodder during winter. In contrast, these results suggest that no leafy fodder was provided to these animals over winter to supplement their graze supply, which would show as seasonal decreases in  $\delta^{13}\text{C}$  values, corresponding with decreases in  $\delta^{18}\text{O}$  values.

Dentine collagen  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  values were used to calculate their corresponding  $\beta$  values, i.e. the value of

na roślinach zielnych, i nie było sezonowych ruchów pomiędzy pastwiskami leśnymi i otwartymi. To ponownie stoi w opozycji do podobnej analizy Bischoffsheim, gdzie wartości  $\beta$  rejestrowane w zębach były przez część roku charakterystyczne dla roślin drzewiastych, wskazując na wykorzystanie paszy leśnej do karmienia bydła na tym stanowisku.

Badania palinologiczne i studia makroszczątków przeprowadzone na stanowiskach w pobliżu Ludwinowa wskazują na dominację lasów mieszanych i niewielki wpływ rolniczych społeczności KCWR na krajobraz (Bogucki *et al.* 2012). Jednak, jako że w lasach o zwartym okapie, a nawet w przypadku niewielkich polan śródleśnych, efekt okapu oddziałuje zarówno na drzewa, jak i na rośliny zielne podszycia leśnego (van der Merwe, Medina 1991; Bonafini *et al.* 2013), uzyskane wyniki sugerują, że w Ludwinowie musiało być wystarczająco dużo obszarów łąkowych lub obszarów leśnych o pokrywie wystarczająco rzadkiej, aby umożliwić wzrost odpowiednich roślin podszycia, mogących zapewnić całoroczny wypas stad. Specyficzna dla związków analiza  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  w aminokwasach, pozwalająca odróżnić rośliny drzewiaste od zielnych niezależnie od efektu okapu, potwierdza, że pasza liściasta nie była stosowana, nawet taka pochodząca z lasów o luźnym okapie bądź ze skraju lasu, dla której wartości  $\delta^{13}\text{C}$  mogłyby nie wykazywać efektu okapu.

Czteromiesięczny sezon rozrodowy sugerowany dla Ludwinowa przez bioapatytowy  $\delta^{18}\text{O}$  jest zbliżony do wyników wcześniejszych analiz sezonowości rozrodu u bydła z Bischoffsheim (Gillis *et al.*, w druku) i ze stanowiska KCWR Chotěbudice w Czechach (Berthon *et al.* 2018). Sezonowość urodzeń ma bezpośredni wpływ na dostępność mleka (Balasse *et al.* 2012a). Choć nie znamy długości okresu laktacji u wczesnych udomowionych, jako punkt odniesienia można wykorzystać 4–6-miesięczny okres laktacji dla niepoprawionych gatunków bydła, ponieważ współczesne mleczne gatunki hodowane były tak, by wydłużyć okres laktacji (Gillis 2017). Okres rozrodowy długości czterech miesięcy oznaczałby więc, że jeśli mleko pozyskiwane było od krów w okresie laktacji, to było dostępne jedynie przez 7 do 9 miesięcy. Jednak przetwarzanie mleka na ser, na co dowody znaleziono w Ludwinowie (Salque *et al.* 2013), pozwalałoby na przechowywanie go do wykorzystania w okresach, gdy świeże mleko było niedostępne.

#### 7.3.5. Wnioski

Analizy izotopów trwałych węgla i tlenu w zębach bydlęcych z Ludwinowa nie wykazały różnic sezonowych w stosowanych przez tamtejszych hodowców praktykach dotyczących wypasu i karmienia zwierząt. Zastosowanie nowego podejścia, wykorzystującego sekwencyjną analizę  $\delta^{15}\text{N}$  w aminokwasach kolagenu z zębiny, pozwoliło na określenie typu roślin wchodzących w skład diety w sposób niezależny od efektu okapu, i wykazało dominację roślin zielnych w diecie bydła. Połączone wyniki obu analiz nie dostarczyły żadnego

the diet, for each sample. These fall within the range expected for herbaceous plants (-7.9‰ to -3.7‰; Kendall *et al.* 2019) for each of the teeth analysed. This indicates that the cattle from Ludwinowo had a year-round herbaceous, graze-based diet, and therefore that there was no seasonal movement between forest and open landscapes. This again contrasts to a similar study of teeth from Bischoffsheim, which showed  $\beta$  values expected for woody plants for part of the year, indicating the use of tree fodder for cattle at the site.

Palynology and plant macrofossil studies of sites near Ludwinowo indicate a dominance of mixed forest, with LBK farmers having little impact on the landscape (Bogucki *et al.* 2012). However, as the canopy effect applies to both trees and understorey herbaceous plants in closed-canopy woodland, and even those growing in small forest clearings (van der Merwe, Medina 1991; Bonafini *et al.* 2013), these results suggest that there must have been either enough open grassland, or open-canopy woodland areas sufficiently sparse to permit the growth of adequate understorey plants for the year-round grazing of livestock at Ludwinowo. The compound-specific amino acid  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Glx-Phe}}$  proxy, which distinguishes between woody and herbaceous plant types independently of the canopy effect, confirms that leaf fodder was not used, even from trees in open-canopy woodland or forest margins, which may not show a canopy effect in  $\delta^{13}\text{C}$  values.

The 4-month birth season indicated by the bioapatite  $\delta^{18}\text{O}$  values here is similar to previous analyses of birth seasonality for cattle from Bischoffsheim (Gillis *et al.*, in press), and from the LBK site at Chotěbudice in Bohemia (Berthon *et al.* 2018). Birth seasonality has a direct impact on the availability of milk (Balasse *et al.* 2012a). While the length of lactation for early domesticates is not known, lengths of 4–6 months of lactation in unimproved cattle breeds can be used as a reference, as modern single purpose dairy animals have been bred to have long lactation periods (Gillis 2017). Therefore, a birthing season of four months would imply that if milk was collected from lactating females it would have only been available for 7–9 months. However, processing of milk into cheese, which has been shown to have occurred at Ludwinowo (Salque *et al.* 2013), would allow for storage for times when fresh milk was unavailable.

#### 7.3.5. Conclusions

Stable carbon and oxygen isotopic analyses of cattle teeth from Ludwinowo show no seasonal variation in pasturing or foddering practices by stockherders at this site. Application of a new approach, using sequential  $\delta^{15}\text{N}$  analysis of the dentine collagen amino acids, allowed the determination of the type of plants constituting the animals' diet, independent of the  $^{13}\text{C}$  canopy effect, and indicated that herbaceous plants

dowodu na wykorzystanie paszy drzewiastej bądź wypas bydła w lasach o zwartej pokrywie. To z kolei dostarcza wskazówek na temat lokalnego środowiska w okolicy Ludwinowa, które musiało być na tyle otwarte, by dostarczyć wystarczającej ilości roślin zielnych dla całorocznego wypasu stad. Długość okresu rozrodczego bydła oszacowana została przy użyciu analizy izotopów trwałych tlenu, której wyniki wskazują, że mleko mogło być dostępne przez 7 do 9 miesięcy w roku. Nie wiemy, czy mleko wykorzystywane było przez cały okres laktacji, czy jedynie w pewnym okresie do produkcji produktów mlecznych o długiej trwałości, takich jak ser, choć obecność pozostałości lipidowych nabiału na ceramice przemawia za tą drugą możliwością.

Niniejsza analiza poszerza naszą wiedzę na temat sposobów, w jakie wczesne społeczności rolnicze wykorzystywały środowisko w celu wypasania i karmienia zwierząt hodowlanych, na temat zakresu ich kontroli nad procesem rozrodu i jego wpływem na dostępność produktów odzwierzęcych, oraz dostarcza nowych informacji o typie krajobrazu i o praktykach hodowlanych w neolitycznej Europie.

#### Podziękowania

Badania sfinansowano z projektu ERC Advanced Grant „NeoMilk” (RPE, FP7-IDEAS-ERC / 324202, [www.neomilk-erc.eu](http://www.neomilk-erc.eu)). RG był również sfinansowany przez ASIL (kierownik: C.A. Makarewicz) w Kilonii w Niemczech. Analizy izotopowe  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  w bioapatycie), przeprowadzono w SSMIM (MNHN, Paryż) przy pomocy technicznej Denisa Fiorillo. Pragniemy podziękować Natural Environment Research Council (NERC) za częściowe sfinansowanie infrastruktury do spektrometrii masowej w Bristolu (R8/H10/63), gdzie przeprowadzono analizy aminokwasowego  $\delta^{15}\text{N}$ .

dominated the cattle's diet. The combined results of these approaches provide no evidence of tree foddering or pasturing of cattle in closed canopy forests. This in turn provides evidence about the local environment around Ludwinowo, which must have been open enough to provide sufficient herbaceous pasture for year-round livestock grazing.

Stable oxygen isotope analysis was used to estimate the birthing period length of cattle, which suggests that milk would have been available for 7-9 months of the year. We do not know whether it was exploited for the entire lactation period or a specific period for the production of long-life dairy products, such as cheese, although the occurrence of dairy lipid residues in pottery suggest the latter.

This study extends our understanding of how early farmers used the environment for pasturing and foddering their livestock, as well as the extent of control they had on breeding and the potential impact of that on animal product availability and new information about landscape character and herd management practices in Neolithic Europe.

#### Acknowledgements

This research was funded by the ERC Advanced Grant program “NeoMilk” (RPE, FP7-IDEAS-ERC / 324202, [www.neomilk-erc.eu](http://www.neomilk-erc.eu)). RG was also funded by ASIL (director C.A. Makarewicz) in Kiel, Germany. Isotopic analyses ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  of bioapatite), were conducted at SSMIM (MNHN, Paris) with the technical assistance of Denis Fiorillo. We thank the Natural Environment Research Council (NERC) for partial funding of the mass spectrometry facilities at Bristol (R8/H10/63), where amino acid  $\delta^{15}\text{N}$  analyses were conducted.

## 13. Literatura

## 13. References

- Acsádi G., Nemeskéri J.** 1970 *History of human life span and mortality*, Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Arbogast R.M., Jeunesse C.** 2013 Early Neolithic pastoral traditions and cultural groups in northern France, [w/in:] S. Colledge, J. Connolly, K. Dobney, K. Manning, S. Shennan (red./eds), *The origins and spread of domestic animals in southwest Asia and Europe*, Oxford: Left Coast Press, Inc., 271–282.
- Asouti E., Austin P.** 2005 Reconstructing woodland vegetation and its exploitation by past societies, base on the analysis and interpretation of archaeological wood charcoal macro-remains, *Environmental Archaeology* 10, 11–18.
- Aufderheide A.C., Rodriguez-Martin C.** 1998 *The Cambridge encyclopedia of human paleopathology*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Badal E.** 1992 L'anthracologie préhistorique: à propos de certains problèmes méthodologiques, *Bulletin de la Société botanique de France*, 139, *Actualités Botaniques* 2/3/4, 167–189.
- Bailey J.F., Richards M.B., Macaulay V.A., Colson I.B., James I.T., Bradley D.G., Hedges R.E.M., Sykes B.C.** 1996 Ancient DNA suggests a recent expansion of European cattle from a diverse wild progenitor species, *Proceedings of the Royal Society B* 263, 1467–1473.
- Balasse M.** 2003 Keeping the young alive to stimulate milk production? Differences between cattle and small stock, *Anthropozoologica* 37, 3–37.
- Balasse M., Boury L., Ughetto-Monfrin J., Tresset A.** 2012a Stable isotope insights ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) into cattle and sheep husbandry at Bercy (Paris, France, 4<sup>th</sup> millennium BC): birth seasonality and winter leaf foddering, *Environmental Archaeology* 17/1, 29–44.
- Balasse M., Obein G., Ughetto-Monfrin J., Mainland I.** 2012b Investigating seasonality and season of birth in past herds: A reference set of sheep enamel stable oxygen isotope ratios, *Archaeometry* 54/2, 349–368.
- Balasse M., Tornero C., Bréhard S., Ughetto-Monfrin J., Voinea V., Bălăşescu A.** 2014 Cattle and sheep herding at Cheia, Romania, at the turn of the fifth millennium cal BC: a view from stable isotope analysis, [w/in:] A. Whittle, P. Bickle (red./eds), *Early Farmers: a view from archaeology and science*, Oxford: Oxford University Press, 115–142.
- Banach B.** 2011a Ślady osadnictwa późnośredniowiecznego (?) [w/in:] I. Sobkowiak-Tabaka (red./ed.), *Osadnictwo pradziejowe i nowożytnie na stanowisku nr 7 (AUT. 112) w Ludwinowie, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie*, Poznań, 364–365 (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- 2011b Ślady osadnictwa z okresu nowożytnego, [w/in:] I. Sobkowiak-Tabaka (red./ed.), *Osadnictwo pradziejowe i nowożytnie na stanowisku nr 7 (AUT. 112) w Ludwinowie, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie*, Poznań, 366–375 (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- 2011c Wczesne średniowiecze [w/in:] I. Sobkowiak-Tabaka (red.), *Osadnictwo pradziejowe i nowożytnie na stanowisku nr 7 (AUT. 112) w Ludwinowie, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie*, Poznań, 363 (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- Bánffy E.** 1997 *Cult objects of the Neolithic Lengyel culture. Connections and interpretation*, Budapest Archaeolingua.
- Bánffy E., Bayliss A., Denaire A., Gaydarska B., Hofmann D., Lefranc P., Jakucs J., Marić M., Oross K., Tasić N., Whittle A.** 2018 Seeking the Holy Grail:



- Robust chronologies from archaeology and radiocarbon dating combined, *Documenta Praehistorica* 45, 120–136.
- Becker V.** 2007 Rinder, Schweine, Mischwesen. Zoomorphe Funde der westlichen Linearbandkeramik, [w/in:] R. Gleser (red./ed.), *Zwischen Mosel und Morava – Neue Grabungen und Forschungen zur Vor- und Frühgeschichte Mitteleuropas* (Saarbrücker Studien und Materialien zur Altertumskunde 11), Bonn: Habelt, 9–95.
- 2011a *Anthropomorphe Plastik der westlichen Linearbandkeramik* (Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde 83), Bonn: Habelt.
- 2011b Plastische Darstellungen, [w/in:] R. Gleser, M. Thomas (red./ed.), *Merdzumekja-Südosthang. Späte Kupferzeit und früheste Bronzezeit: Ergebnisse siedlungsarchäologischer Forschungen* (Drama. Forschungen in einer Mikroregion 1), Bonn: Habelt, 218–232.
- Behre K.-E.** 2008 Collected seeds and fruits from herbs as prehistoric food, *Vegetation History and Archaeobotany* 17, 65–73.
- Berthon R., Kovačiková L., Tresset A., Balasse M.** 2018 Integration of Linearbandkeramik cattle husbandry in the forested landscape of the mid-Holocene climate optimum: Seasonal-scale investigations in Bohemia, *Journal of Anthropological Archaeology* 51, 16–27.
- Bickle P., Whittle A.** 2013 *The first farmers of Central Europe: Diversity in LBK lifeways*, Oxford: Oxbow Books.
- Bieniek A.** 2002 Archaeobotanical analysis of some early Neolithic settlements in the Kujawy region, central Poland, with potential plant gathering activities emphasised, *Vegetation History and Archaeobotany* 11, 33–40.
- 2005 „Nowy” typ pszenicy oplewionej w materiałach archeobotanicznych, [w/in:] K. Wasylkowa, M. Lityńska-Zajac, A. Bieniek (red./eds), *Roślinne ślady człowieka*, Kraków: Instytut Botaniki PAN im. W. Szafera, 265–280.
- 2007 Neolithic plant husbandry in the Kujawy region of central Poland, [w/in:] S. Colledge, J. Conolly (red./eds), *The origins and spread of domestic plants in southwest Asia and Europe*, New York – London: UCL Institute of Archaeology Publications, 327–342.
- Bocheński Z., Lasota-Moskalewska A., Tomek T.** 2000 *Podstawy archeozoologii. Ptaki*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Boelicke U.** 1982 Gruben und Häuser: Untersuchungen zur Struktur bandkeramischer Hofplätze, [w/in:] J. Pavúk (red./ed.), *Siedlungen der Kultur mit Linearkeramik in Europa. Internationales Kolloquium, Nové Vozokany, 17.–20. November 1981*, Nitra: Archäologisches Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, 17–28.
- Bogaard A.** 2002 Questioning the relevance of shifting cultivation to Neolithic farming in the loess belt of Europe: evidence from the Hambach Forest experiment, *Vegetation History and Archaeobotany* 11/1–2, 155–168.
- 2011 *Plant use and crop husbandry in an early Neolithic village: Vaihingen an der Enz, Baden-Württemberg*, Bonn: Habelt.
- Bogaard A., Fraser R., Heaton T.H.E., Wallace M., Vaiglova P., Charles M., Jones G., Evershed R.P., Styring A.K., Andersen N.H., Arbogast R.-M., Bartosiewicz L., Gardeisen A., Kanstrup M., Maier U., Marinova E., Ninov L., Schäfer M., Stephan E.** 2013 Crop manuring and intensive land management by Europe's first farmers, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110/31, 12589–12594.
- Bogucki P.I.** 1984 Ceramic sieves of the Linear Pottery culture and their economic implications, *Oxford Journal of Archaeology* 3/1, 15–30.
- 1988 *Forest farmers and stockherders: Early agriculture and its consequences in north-central Europe*, Cambridge: Cambridge University Press.
- 2017 Salt, cows, milk, and the earliest farmers of Central Europe, [w/in:] P. Rowley-Conwy, D. Serjeantson, P. Halstead (red./eds), *Economic zooarchaeology: Studies in hunting, herding and early agriculture*, Oxford: Oxbow Books, 156–162.
- Bogucki P., Nalepka D., Grygiel R., Nowaczyk B.** 2012 Multiproxy environmental archaeology of Neolithic settlements at Osłonki, Poland, 5500–4000 BC, *Environmental Archaeology* 17/1, 45–65.
- Bollongino R., Edwards C.J., Alt K.W., Burger J., Bradley D.G.** 2006 Early history of European domestic cattle as revealed by ancient DNA, *Biology Letters* Mar 22, 2/1, 155–159.
- Bonafini M., Pellegrini M., Ditchfield P., Pollard A.M.** 2013 Investigation of the ‘canopy effect’ in the isotope ecology of temperate woodlands, *Journal of Archaeological Science* 40/11, 3926–3935.
- Bondár M.** 2013 Utilitarian, artistic, ritual or prestige articles? The possible function of an enigmatic artefact, [w/in:] A. Anders, G. Kulcsár (red./eds), *Moments in time. Papers presented to Pál Raczky on his 60<sup>th</sup> birthday*, Budapest: Prehistoric Society, Eötvös Loránd University, L'Harmattan, 605–612.
- Böhm K., Pleyer R.** 1990 Geschliffene Geräte aus Felsstein des älteren und mittleren Neolithikums aus Altbayern: Herstellung, Schäftung, praktische Anwendung,



- [w/in:] M. Fansa (red./ed.), *Experimentelle Archäologie in Deutschland* (Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 4), Oldenburg, 257–262.
- Brooks S., Suchey J.M.** 1990 Skeletal age determination based on the os pubis: a comparison of the Acádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods, *Human Evolution* 3/3, 227–238.
- Bryant J.D., Froelich P.N., Showers W.J., Genna B.J.** 1996 Biologic and climatic signals in the oxygen isotopic composition of Eocene-Oligocene equid enamel phosphate, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 126/1, 75–89.
- Buikstra J.E., Ubelaker D.H.** 1994 *Standards for data collection from human skeletal remains: Proceedings of a seminar at The Field Museum of Natural History organized by Jonathan Hass*, Fayetteville (Arkansas Archaeological Survey Report Series 44), Arkansas: Arkansas Archaeological Survey.
- Burgert P., Končelová M., Května P.** 2014 Neolitický dům, cesta k poznání sociální identity, [w/in:] M. Popelka, R. Šmidtová (red./eds), *Neolitizace aneb setkání generací*, Praha: Univerzita Karlova v Praze, Filozofická fakulta, 29–57.
- Byers S.N.** 2002 *Introduction to forensic anthropology*, Boston: Allyn & Bacon.
- Capasso L., Kennedy K.A.R., Wilczak C.A.** 1999 *Atlas of occupational markers on human remains*, Teramo: Edigrafital S.p.A.
- Cappers R.T. J., Bekker R.M., Jans J.E.A.** 2006 *Digital seed atlas of the Netherlands*, Groningen: Barkhuis.
- Cavers P.B., Benoit D.L.** 1989 Seed banks in arable land, [w/in:] M.A. Leck, V.T. Parker, R.L. Simpson (red./eds), *Ecology of soil seed banks*, San Diego: Academic Press, 309–328.
- Cerling T.E., Harris J.M.** 1999 Carbon isotope fractionation between diet and bioapatite in ungulate mammals and implications for ecological and paleoecological studies, *Oecologia* 120/3, 347–363.
- Chabal L.** 1988 Pourquoi et comment prélever les charbons de bois pour la période antique: les méthodes utilisées sur le site de Lattes (Hérault), *Lattara* 1: 187–222.
- 1997 *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive). L'anthracologie, méthode et paléo-écologie* (Documents d'Archéologie Française 63), Paris: Maison des Sciences de l'Homme.
- Chabal L., Fabre L., Terral J.-F., Théry-Parisot I.** 1999 L'anthracologie, [w/in:] A. Ferdière, Ch.
- Bourquin-Mignot, J.-E. Brochier, L. Chabal, S. Crozat, L. Fabre, J.-F. Terral, I. Théry-Parisot (red./eds), *La Botanique* (Collection «Archéologiques»), Paris: Errance, 43–104.
- Chaplin E.R.** 1971 *The study of animal bones from archaeological sites*, London – New York: Seminar Press Limited.
- Charters S., Evershed R.P., Quye A., Blinkhorn P.W., Reeves V.** 1997 Simulation experiments for determining the use of ancient pottery vessels: the behaviour of epicuticular leaf wax during boiling of a leafy vegetable, *Journal of Archaeological Science* 24, 1–7.
- Chikaraishi Y., Ogawa N.O., Doi H., Ohkouchi N.** 2011  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  ratios of amino acids as a tool for studying terrestrial food webs: a case study of terrestrial insects (bees, wasps, and hornets), *Ecological Research* 26/4, 835–844.
- Chochorowski J.** 2016 Polish archaeological investigations on linear construction projects – contemporaneity and tradition, *Analecta Archaeologica Ressorviensia* 11, 289–310.
- Cichocki W., Ważna A., Cichocki J., Rajska-Jurgiel E., Jasiński A., Bogdanowicz W.** 2015 *Polskie nazewnictwo ssaków świata*, Warszawa: Muzeum i Instytut Zoologii PAN.
- Copley M.S., Evershed R.P., Rose P.J., Clapham A., Edwards D.N., Horton M.C.** 2001 Processing palm fruits in the Nile Valley – biomolecular evidence from Qasr Ibrim, *Antiquity* 75(289), 538–542.
- Copley M.B., Berstan R., Dudd S.N., Docherty G., Mukherjee A.J., Straker V., Payne S., Evershed R.P.** 2003 Direct chemical evidence for widespread dairying in prehistoric Britain, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100/4, 1524–1529.
- Corbet G.B.** 1978 *The mammals of the palaearctic region: a taxonomic review*, London: British Museum (Natural History) and Cornell University Press.
- Corr L.T., Berstan R., Evershed R.P.** 2007 Optimisation of derivatisation procedures for the determination of  $\delta^{13}\text{C}$  values of amino acids by gas chromatography/combustion/isotope ratio mass spectrometry, *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 21/23, 3759–3771.
- Correa-Ascencio M., Evershed R.P.** 2014 High throughput screening of organic residues in archaeological potsherds using direct methanolic acid extraction, *Analytical Methods* 6, 1330–1340.

- Czarnetzki A.** 1972 Epigenetische Skelettmerkmale im Populationsvergleich: II. Frequenzunterschiede zwischen den Geschlechtern, *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie* 63/3, 341–350.
- Czebreszuk J.** 1996 *Spółeczności Kujaw w początkach epoki brązu*, Poznań: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- Czebreszuk J., Koško A., Szmyt M.** 2006 Zasady analizy źródeł ceramicznych z okresu późnego neolitu oraz interstadium epok neolitu i brązu na Kujawach, [w/in:] A. Koško, M. Szmyt (red./eds), *Opatowice – Wzgórze Prokopiaka. Tom I* (Studia i materiały do badań nad późnym neolitem Wysoczyzny Kujawskiej I), Poznań: Wydawnictwo Poznańskie, 39–64.
- Czekaj-Zastawny A.** 2008 *Osadnictwo społeczności kultury ceramiki wstęgowej rytej w dorzeczu górnej Wisły / Settlement of Linear Pottery communities in the Upper Vistula river basin*, Kraków: Instytut Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk.
- 2011a Kultura ceramiki wstęgowej rytej, [w/in:] I. Sobkowiak-Tabaka (red./ed.), *Osadnictwo pradziejowe na stanowisku nr 2 w Ludwinowie (AUT. 111)*, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie, Poznań (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- 2011b Kultura ceramiki wstęgowej rytej, [w/in:] I. Sobkowiak-Tabaka (red./ed.), *Osadnictwo pradziejowe na stanowisku nr 6 (AUT 110) w Ludwinowie*, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie, Poznań, 16–48 (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- Czerniak E., Czerniak L.** 1985 Z badań nad genezą i rozwojem kultury amfor kulistych na Kujawach, *Folia Praehistorica Posnaniensia* 1, 23–62.
- Czerniak L.** 1980 *Rozwój społeczeństw kultury późnej ceramiki wstęgowej na Kujawach*, Poznań: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- 1994 *Wczesny i środkowy okres neolitu na Kujawach. 5400–3650 p.n.e.*, Poznań: Polska Akademia Nauk, Instytut Archeologii i Etnologii.
- 2011a (red./ed.), *Osady kultury ceramiki wstęgowej rytej. Modlnica, gm. Wielka Wieś, woj. małopolskie, stanowisko 5*, Kraków (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- 2011b Osady kultury późnej ceramiki wstęgowej w Bodzi, gm. Lubanie, stanowisko 1, [w/in:] I. Sobkowiak-Tabaka (red./ed.), *Osadnictwo pradziejowe, wczesnośredniowieczne i nowożytnie na stanowisku Bodzia nr 1 (AUT. 44)*, gm. Lubanie, pow. włocławski, woj. kujawsko-pomorskie, Poznań, 205–332 (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- 2011c Ślady osadnictwa kultury późnej ceramiki wstęgowej, [w/in:] I. Sobkowiak-Tabaka (red./ed.), *Osadnictwo pradziejowe i nowożytnie na stanowisku nr 7 (AUT. 112) w Ludwinowie, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie*, Poznań, 249–276 (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- 2016 Osady społeczności kultur ceramiki wstęgowej, [w/in:] M. Szmyt (red./ed.), *Osadnictwo społeczności neolitycznych na stanowisku 2 w Janowicach, woj. kujawsko-pomorskie* (Studia i materiały do badań nad późnym neolitem Wysoczyzny Kujawskiej 6), Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM, 73–124.
- 2017 Zanim powstała kultura brzesko-kujawska. Przykład stanowisk 2, 3, 6 i 7 w Ludwinowie, gm. Włocławek, [w/in:] A. Marciniak-Kajzer, A. Andrzejewski, A. Golański, S. Rzepecki, M. Wąs (red./ed.), *Nie tylko krzemienie – Not only flints. Studia ofiarowane prof. Lucynie Domańskiej w 45-lecie pracy naukowo-dydaktycznej i w 70. rocznicę urodzin*, Łódź: Instytut Archeologii Uniwersytetu Łódzkiego, 199–236.
- Czerniak L., Czebreszuk J.** 2010 Naczynie zoomorficzne z Ludwinowa, gm. Włocławek, stanowisko 7, *Fontes Archaeologici Posnanienses* 46, 127–135.
- Czerniak L., Koško A.** 1980 Zagadnienie efektywności poznawczej analizy chronologicznej ceramiki na podstawie cech technologicznych, *Archeologia Polski* 25, 247–272.
- Czerniak L., Pyzel J.** 2013 Unusual funerary practices in the Brześć Kujawski Culture in the Polish Lowland, [w/in:] N. Müller-Scheeßel (red./ed.), „Irreguläre” Bestattungen in der Urgeschichte – Norm, Ritual, Strafe...? Akten der Internationalen Tagung in Frankfurt a. M. vom 3. bis 5. Februar 2012, Bonn: Habelt, 139–150.
- 2016 Being at home in the early Chalcolithic. The Longhouse phenomenon in the Brześć Kujawski culture in the Polish Lowlands, *Open Archaeology* 2, 97–114.
- 2019 The Brześć Kujawski culture. The north-easternmost Early Chalcolithic communities in Europe, [w/in:] R. Gleser, D. Hofmann (red./eds), *Culture contact, cultural boundaries and innovation in the 5<sup>th</sup> and early 4<sup>th</sup> millennium BC*, Leiden: Sidestone Press, 59–90.
- w druku/in press *Manipulating Memory. Inventing ancestors and house foundation practices in the Early Chalcolithic in the Polish Lowlands*, [w/in:] C. Gibson, D. Brown, J. Pyzel (red./eds), *Gone... but not forgotten. Forgotten... but not gone. Mundane memories, artificial amnesia and transformed traditions*.

- Czerniak L., Golański A., Kadrow S.** 2007 New facts on the Malice culture gained from the rescue excavations at the A4 Motorway section east of Kraków, [w/in:] J.K. Kozłowski, P. Raczky (red./eds), *The Lengyel, Polgar and related cultures in the Middle/Late Neolithic in Central Europe*, Kraków: Polska Akademia Umiejętności, 471–486.
- Czerniak L., Marciniak A., Bronk Ramsey Ch., Dunbar E., Goslar T., Barclay A., Bayliss A., Whittle A.** 2016 House time: Neolithic settlement development at Racot during the 5<sup>th</sup> millennium cal B.C. in the Polish lowlands, *Journal of Field Archaeology* 41/5, 618–640.
- Debono Spiteri C., Gillis R.E., Roffet-Salque M., Castells Navarro L., Guilaine J., Muntoni I.M., Saña Seguí M., Urem-Kotsou D., Whelton H.L., Craig O.E., Vigne J.D., Evershed P.R.** 2016 Regional asynchronicity in dairy production and processing in early farming communities of the northern Mediterranean, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113/48, 13594–13599.
- DiMaio V.J., DiMaio D.** 2008 *Medycyna sądowa*, wydanie polskie pod red. B. Świątek i Z. Przybylskiego, Wrocław: Elsevier Urban & Partner.
- Domańska L.** 1995 *Geneza krzemieniarstwa kultury pucharów lejkowatych na Kujawach*, Łódź: Uniwersytet Łódzki.
- Domańska L., Kabaciński J.** 2000 Krzemieniarstwo społeczności późnoneolitycznych, [w/in:] A. Kośko (red./ed.), *Archeologiczne badania ratownicze wzdłuż trasy gazociągu tranzytowego, t. III, Kujawy, cz. 4*, Poznań: Wydawnictwo Poznańskie, 379–391.
- von den Driesch A.** 1976 *A guide of the measurement of animal bones from archaeological sites* (Peabody Museum Bulletins 1), Cambridge: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, MA.
- von den Driesch A., Boessneck J.** 1974 *Kritische Anmerkungen zur Widerristhöhenberechnung aus Längenmaßen vor- und frühgeschichtlicher Tierknochen* (Säugetierkundliche Mitteilungen 22), München: Bayerischer Landwirtschaftsverlag.
- Dudd S.N., Evershed R.P.** 1998 Direct demonstration of milk as an element of archaeological economies, *Science* 282, 1478–1481.
- Dunne J., Evershed P.R., Salque M., Cramp L.J.E., Bruni S., Ryan K., Biagetti S., di Lernia S.S.** 2012 First dairying in green Saharan Africa in the fifth millennium BC, *Nature* 486, 390–394.
- Dunne J., Mercuri A.M., Evershed R.P., Bruni S., di Lernia S.** 2016 Earliest direct evidence of plant processing in prehistoric Saharan pottery, *Nature Plants* 3, 16194.
- Ebersbach R.** 2002 *Von Bauern und Rindern. Eine Ökosystemanalyse zur Bedeutung der Rinderhaltung in bäuerlichen Gesellschaften als Grundlage zur Modellbildung im Neolithikum* (Basler Beiträge zur Archäologie 15), Basel: Schwabe.
- Einicke R.** 2011 Traditionen in der Orientierung bandkeramischer Häuser in Mitteldeutschland und Brandenburg, [w/in:] H.-J. Beier (red./ed.), *Dechsel, Axt, Beil & Co – Werkzeug, Waffe, Kultgegenstand? Aktuelles aus der Neolithforschung. Beiträge der Tagung der Arbeitsgemeinschaft Werkzeuge und Waffen im Archäologischen Zentrum Hitzacker 2010 und Aktuelles*, Langenweissbach: Beier & Beran, 171–182.
- Evershed R.P.** 2008 Organic residue analysis in archaeology: the archaeological biomarker revolution, *Archaeometry* 50/6, 895–924.
- Evershed R.P., Heron C., Goad L.J.** 1990 Analysis of organic residues of archaeological origin by high-temperature gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry, *The Analyst* 115, 1339–1342.
- Evershed R.P., Stott A.W., Raven A., Dudd S.N., Char- ters S., Leyden A.** 1995 Formation of long-chain ketones in ancient pottery vessels by pyrolysis of acyl lipids, *Tetrahedron Letters* 36/48, 8875–8878.
- Farquhar G.D., Ehleringer J.R., Hubick K.T.** 1989 Carbon isotope discrimination and photosynthesis, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 40/1, 503–537.
- Ferembach D., Schwidetzky I., Stloukal M.** 1980 Recommendations for age and sex diagnoses of skeletons, *Journal of Human Evolution* 9: 517–549.
- Flannery K.V.** 1976 *The Early Mesoamerican village*, (Studies in archeology), New York: Routledge.
- Flohr P., Jenkins E., Williams H.R.S., Jamjoum K., Nuimat S., Müldner G.** 2019 What can crop stable isotopes ever do for us? An experimental perspective on using cereal carbon stable isotope values for reconstructing water availability in semi-arid and arid environments, *Vegetation History and Archaeobotany*. DOI: 10.1007/s00334-018-0708-5.
- Fraser R.A., Bogaard A., Heaton T., Charles M., Jones G., Christensen B.T., Halstead P., Merbach I., Poulton P.R., Sparkes D., Styring A.K.** 2011 Manuring and stable nitrogen isotope ratios in cereals and



- pulses: towards a new archaeobotanical approach to the inference of land use and dietary practices, *Journal of Archaeological Science* 38, 2790–2804.
- Fraser R.A., Bogaard A., Charles M., Styring A.K., Wallace M., Jones G., Ditchfield P., Heaton T.H.E.** 2013a Assessing natural variation and the effects of charring, burial and pre-treatment on the stable carbon and nitrogen isotope values of archaeobotanical cereals and pulses, *Journal of Archaeological Science* 40, 4754–4766.
- Fraser R.A., Bogaard A., Schäfer M., Arbogast R., Heaton T.H.E.** 2013b Integrating botanical, faunal and human stable carbon and nitrogen isotope values to reconstruct land use and palaeodiet at LBK Vaihingen an der Enz, Baden-Württemberg, *World Archaeology* 45/3, 492–517.
- Fricke H.C., O'Neil J.R.** 1996 Inter- and intra-tooth variation in the oxygen isotope composition of mammalian tooth enamel phosphate: implications for palaeoclimatological and palaeobiological research, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 126/1, 91–99.
- Friedli H., Löffler H., Oeschger H., Siegenthaler U., Stauffer B.** 1986 Ice core record of  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratio of atmospheric  $\text{CO}_2$  in the past two centuries, *Nature* 324, 237–238.
- Fröhlich N., Lünig J.** 2017 Neue Untersuchungen zur absoluten Datierung des Männergrabes und der Siedlung auf dem ältestbandkeramischen Fundplatz Schwanfeld, Ldkr. Schweinfurt, Unterfranken, *Germania* 95, 43–91.
- Furholt M., Bátor J., Cheben I., Kroll H., Rassmann K., Tóth P.** 2014 Vráble-Vel'ké Lehemby: eine Siedlungsgruppe der Linearkeramik in der Südwestslowakei. Vorbericht über die Untersuchungen der Jahre 2010 und 2012 und Deutungsansätze, *Slovenská Archeológia* 62/2, 227–266.
- Galon R.** 1972 *Geomorfologia Polski. Tom 2. Niż Polski*, Warszawa: PWN.
- Gat J.R.** 1980 The isotopes of hydrogen and oxygen in precipitation, [w/in:] P. Fritz, J.C. Fontes (red./eds), *Handbook of environmental isotope geochemistry*, Amsterdam: Elsevier, 21–47.
- Gerbault P., Gillis R., Vigne J.-D., Tresset A., Bréhard S., Thomas M.G.** 2016 Statistically robust representation and comparison of mortality profiles in archaeozoology, *Journal of Archaeological Science* 71, 24–32.
- Gibson A.M., Woods A.** 1997 *Prehistoric pottery for the archaeologist*, Leicester: Leicester University Press.
- Gillis R.E.** 2017 A calf's eye view of milk production: Tony Legge's contribution to dairy husbandry studies, [w/in:] P. Rowley-Conwy, D. Serjeantson, P. Halstead (red./eds), *Economic zooarchaeology: Studies in hunting, herding and early agriculture*, Oxford: Oxbow Books, 135–142.
- Gillis R., Arbogast R.-M., Piningre J.-F., Debue K., Vigne J.-D.** 2013 Prediction models for age-at-death estimates for calves, using unfused epiphyses and diaphyses, *International Journal of Osteoarchaeology*, December, DOI: 10.1002/oa.2377.
- Gillis R.E., Kovačiková L., Bréhard S., Guthmann E., Vostrovská I., Nohálová H., Arbogast R.M., Domboróczi L., Pechtl J., Anders A., Marciniak A., Tresset A., Vigne J.-D.** 2017 The evolution of dual meat and milk cattle husbandry in Linearbandkeramik societies, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1860), 20170905. DOI:10.1098/rspb.2017.0905.
- Gillis R., Kendall I.P., Evershed R.P., Balasse M.** w druku/in press Pratiques d'élevage dans un paysage forestier pendant l'occupation LBK à Bischoffsheim: une perspective biochimique, [w/in:] R.M. Arbogast, C. Jeunesse (red./eds), *Bischoffsheim*.
- Gleser R.** 1995 *Die Epi-Rössener Gruppen in Südwestdeutschland. Untersuchungen zur Chronologie, stilistischen Entwicklung und kulturellen Einordnung* (Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde 61), Bonn: Habelt.
- Gluza I.** 1977 Remains of the genus *Bromus* from a Neolithic site in Kraków, *Acta Palaeobotanica* 18, 17–34.
- 1984 Neolithic cereals and weeds from the locality of the Lengyel Culture at Nowa Huta-Mogiła near Cracow, *Acta Palaeobotanica* 23, 12–184.
- Gładykowska-Rzeczycka J.** 1976 Zmiany w układzie kostnym ludności ze średniowiecznych cmentarzysk, [w/in:] A. Malinowski (red./ed.), *Badania populacji ludzkich na materiałach współczesnych i historycznych* (Seria Antropologia nr 4), Poznań: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 85–103.
- 1978 Częstość występowania niektórych zmian chorobowych widocznych w obrębie układu kostnego na przestrzeni tysiącleci, *Przegląd Antropologiczny* 44/2, 410–415.
- 1989 *Schorzenia ludności prahistorycznej na ziemiach polskich*, Gdańsk: Muzeum Archeologiczne w Gdańsku.
- Gomart L., Hachem L., Hamon C., Giligny F., Ilett M.** 2015 Household integration in Neolithic villages: A new model for the Linear Pottery Culture in west-central Europe, *Journal of Anthropological Archaeology* 40, 230–249.

- Goodman A.H.** 1991a Stress, adaptation, and enamel Developmental defects [w/in:] D.J. Ortner, A.C. Aufderheide (red./eds), *Human paleopathology: Current syntheses and future options. Proceedings from the International Congress of Anthropological and Ethnological Sciences, Zagreb, Yugoslavia 24–31 July*, Washington: Smithsonian Institution Press, 280–287.
- 1991b Health, adaptation, and maladaptation in past societies, [w/in:] H. Bush, M. Zvelebil (red./eds), *Health in past societies: Biocultural interpretations of human skeletal remains in archaeological contexts* (BAR International Series 567), Oxford: British Archaeological Reports, 31–38.
- Goodman A.H., Armelagos G.J.** 1988 Childhood Stress and Decreased Longevity in Prehistoric Population, *American Anthropology* 90/4, 937–944.
- Goodman A.H., Rose J.C.** 1990 Assessment of systemic physiological perturbations from dental enamel hypoplasias and associated histological structures, *Yearbook of Physical Anthropology* 33/S11, 59–100.
- Goodman A.H., Martin D.L., Armelagos G.J., Clark G.** 1984 Indications of stress from bone and teeth, [w/in:] M.N. Cohen, G.J. Armelagos (red./eds), *Paleopathology at the origins of agriculture*, Orlando: Academic Press, 13–49.
- Goodman A.H., Thomas R.B., Swedlund A.C., Armelagos G.J.** 1988 Biocultural perspectives on stress in prehistoric, historical and contemporary population research, *Yearbook of Physical Anthropology* 31, 169–202.
- Goslar T.** 2011 Datowanie radiowęglowe, [w/in:] I. Sobkowiak-Tabaka (red./ed.), *Osadnictwo pradziejowe i nowożytnie na stanowisku nr 7 (AUT. 112) w Łudwinowie, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie*, Poznań, 444–445 (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- Grant A.** 1982 The use of tooth wear as a guide to the age of domestic ungulates, [w/in:] B. Wilson, C. Grigson, S. Payne (red./eds), *Ageing and sexing animal bones from archaeological sites*, Oxford: B.A.R., 91–108.
- Gregg M.W., Banning E.B., Gibbs K., Slater G.F.** 2009 Subsistence practices and pottery use in Neolithic Jordan: molecular and isotopic evidence, *Journal of Archaeological Science* 36/4, 937–946.
- Gregg S.A.** 1988 *Foragers and farmers: Population interaction and agricultural expansion in prehistoric Europe*, Chicago: University of Chicago Press.
- Grigson C.** 1974 The craniology and relationships of four species of *Bos*. I. Basic craniology: *Bos taurus* L. and its absolute size, *Journal of Archaeological Science* 1, 353–370.
- 1975 The craniology and relationships of four species of *Bos*. II. Basic craniology: *Bos taurus* L., Proportions and angles, *Journal of Archaeological Science* 2, 109–120.
- 1976 The craniology and relationships of four species of *Bos*. III. Basic craniology: *Bos taurus* L., Sagittal profile and other non-measurable characters, *Journal of Archaeological Science* 3, 115–130.
- 1978 The craniology and relationships of four species of *Bos*. IV. The relationship between *Bos primigenius* Boj. and *Bos taurus* L., and its implications for the phylogeny of the domestic breeds, *Journal of Archaeological Science* 5, 123–125.
- Grygiel R.** 1984 The household cluster as a fundamental social unit of the Brześć Kujawski Group of the Lengyel Culture in the Polish Lowlands, *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, Seria Archeologiczna* 31, 43–334.
- 2004 *Neolit i początki epoki brązu w rejonie Brześcia Kujawskiego i Osłonek, t. I, Wczesny neolit. Kultura ceramiki wstęgowej rytej*, Łódź: Wydawnictwo Fundacji Badań Archeologicznych Imienia Profesora Konrada Jażdżewskiego.
- 2008 *Neolit i początki epoki brązu w rejonie Brześcia Kujawskiego i Osłonek, Tom II*, Łódź: Wydawnictwo Fundacji Badań Archeologicznych Imienia Profesora Konrada Jażdżewskiego.
- Haglund W.D., Sorg M.H.** 2002 *Advances in forensic taphonomy. Method, theory, and archaeological perspectives*, Boca Raton – London – New York – Washington: CRC Press, D.C.
- Halstead P.** 1998 Mortality models and milking: Problems of uniformitarianism, optimality and equifinality reconsidered, *Anthropozoologica* 27, 3–20.
- Halstead P., Colins P., Isaakidou V.** 2002 Sorting the sheep from the goats: morphological distinctions between the mandibles and mandibular teeth of adult *Ovis* and *Capra*, *Journal of Archaeological Science* 29, 545–553.
- Hawkey D.E.** 1998 Disability, compassion and skeletal record: Using musculoskeletal stress markers (MSM) to construct an osteobiography from early New Mexico, *International Journal of Osteoarchaeology* 8, 326–340.
- Hawkey D.E., Merbs C.F.** 1995 Activity-induced musculoskeletal stress markers (MSM) and subsistence strategy changes among ancient Hudson Bay Eskimos, *International Journal of Osteoarchaeology* 5, 324–338.
- Hedges R., Bentley R.A., Bickle P., Cullen P., Dale C., Fibiger L., Hamilton J., Hofmann D., Nowell G., Whittle A.** 2013 The supra-regional perspective,



- [w/in:] P. Bickle, A. Whittle (red./eds), *The first farmers of Central Europe: Diversity in LBK lifeways*, Oxford: Oxbow Books, 343–384.
- Hengen O.P.** 1971 *Cribr a orbitalia*: Pathogenesis and probable etiology, *Homo* 22/2, 57–76.
- Heron C., Nemcek N., Bonfield K.M., Dixon D., Ottaway B.S.** 1994 The chemistry of Neolithic beeswax, *Naturwissenschaften* 81/6, 266–269.
- Hohle I.** 2017 *Ein Dorf entsteht – Raumordnung und soziale Organisation in der Bandkeramik am Beispiel der Siedlung mit Gräberfeld von Schkeuditz-Altscherbitz (Lkr. Nordsachsen)*, Köln (maszynopis dysertacji doktorskiej/unpublished PhD thesis Universität zu Köln).
- Jacomet S.** 2006 *Identification of cereal remains from archaeological sites*, Basel: IPAS, Basel University.
- Jakliński A., Kobiela J.S.** 1983 *Medycyna sądowa. Podręcznik dla studentów medycyny*, Warszawa: PZWL.
- Jakucs J., Oross K., Bánffy E., Voicsek V., Dunbar E., Reimer P., Bayliss A., Marshall P., Whittle A.** 2018 Rows with the neighbours: the short lives of long-houses at the Neolithic site of Versend-Gilencsa, *Antiquity* 92 (361), 91–117.
- Jańczuk Z.** 1981 *Zarys kliniczny stomatologii zachowawczej*, Warszawa: PZWL.
- Jażdżewski K.** 1936 Naczynie zoomorficzne z Dobrego, w pow. nieszawskim, *Z Otchłani Wieków* 11, 7–12.
- Jeunesse C.** 1997 *Pratiques funéraires au Néolithique ancien. Sépultures et nécropoles danubiennes 5500–4900 av. J.-C.*, Paris: Errance.
- Johnson E.** 1985 Current developments in bone technology, *Advances in Archaeological Method and Theory* 8, 157–235.
- Johnson E.V.** 2017 *A zooarchaeological study of butchery and bone fat processing practices among early Neolithic farming societies in central Europe*, Exeter (maszynopis dysertacji doktorskiej/unpublished PhD thesis University of Exeter).
- Johnson E.V., Parmenter P.C.R., Outram A.K.** 2016 A new approach to profiling taphonomic history through bone fracture analysis, with an example application to the Linearbandkeramik site of Ludwinowo 7, *Journal of Archaeological Science: Reports* 9, 623–629.
- Johnson E.V., Timpson A., Thomas M.G., Outram A.K.** 2018 Reduced intensity of bone fat exploitation correlates with increased potential access to dairy fats in early Neolithic Europe, *Journal of Archaeological Science* 94, 60–69.
- Jones G., Valamoti S., Charles M.** 2000 Early crop diversity: A “new” glume wheat from northern Greece, *Vegetation History and Archaeobotany* 9, 133–146.
- Jones G., Charles M., Bogaard A., Hodgson J.** 2010 Crops and weeds: the role of weed functional types in the identification of crop husbandry methods, *Journal of Archaeological Science* 37/1, 70–77.
- Kabaciński J.** 2010 *Przemiany wytwórczości krzemieniarskiej społeczności kultur wstęgowych strefy wielkodołinnej Niżu Polskiego*, Poznań: Instytut Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk Oddział w Poznaniu.
- 2018** Contribution to understanding the distribution of ‘Chocolate’ flint on the Polish Lowlands in the Early Neolithic: Kruszyn, Site 13, *Archeologia Polona* 56, 75–83.
- Keeney M., Katz I., Allison M.J.** 1962 On the probable origin of some milk fat acids in rumen microbial lipids, *Journal of the American Oil Chemists’ Society* 39/4, 198–201.
- Kendall I.P., Lee M.R.F., Evershed R.P.** 2017 The effect of trophic level on individual amino acid  $\delta^{15}\text{N}$  values in a terrestrial ruminant food web, *STAR: Science & Technology of Archaeological Research* 3/1, 135–145.
- Kendall I.P., Woodward P., Clark J.P., Styring A.K., Hanna J.V., Evershed R.P.** 2019 Compound-specific  $\delta^{15}\text{N}$  values express differences in amino acid metabolism in plants of varying lignin content, *Phytochemistry* 161, 130–138.
- Kennedy K.A.R.** 1998 Markers of occupational stress: Conspectus and prognosis of research, *International Journal of Osteoarchaeology* 8/5, 305–310.
- Kirschke B., Narożna-Szamałek U.** 2011 Kultura łużycka i ślad osadnictwa kultury pomorskiej, [w/in:] I. Sobkowiak-Tabaka (red./ed.), *Osadnictwo pradziejowe i nowożytnie na stanowisku nr 7 (AUT. 112) w Ludwinowie, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie*, Poznań, 302–362 (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- Knipper C.** 2011 *Die räumliche Organisation der linearbandkeramischen Rinderhaltung: naturwissenschaftliche und archäologische Untersuchungen* (BAR International Series 2305), Oxford: Archaeopress.
- Knörzer K.-H.** 1971 Urgeschichtliche Unkräuter im Rheinland. Ein Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Segetalgesellschaften, *Vegetatio* 23, 89–111.

- Kobryń H.** 1989 Zastosowanie metody punktowej w badaniach wykopaliskowych szczątków kostnych konia (*Equus Przewalski F. Caballus*), *Archeologia Polski* 34/1, 7–12.
- Koch P.L., Fisher D.C., Dettman D.** 1989 Oxygen isotope variation in the tusks of extinct proboscideans: A measure of season of death and seasonality, *Geology* 17/6, 515–519.
- Kohn M.J.** 2010 Carbon isotope compositions of terrestrial C3 plants as indicators of (paleo)ecology and (paleo)climate, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107/46, 19691–19695.
- Kolda J.** 1936 *Srovnávací anatomie zvířat domácích se zřetelem k anatomii člověka*, Brno: nákladem vlastním.
- Končelova M., Květina P.** 2015 Neolithic longhouse seen as a witness of cultural change in the post-LBK, *Anthropologie* 53/3, 431–446.
- Kondracki J.** 2001 *Geografia regionalna Polski*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Koszkul W., Pilarski B., Cyganiewicz P.** 2011 *Opracowanie wyników badań archeologicznych przeprowadzonych na stanowisku nr 7 w Ludwinowie (AUT. 112), gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie*, Kraków (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- Koško A.** 1988 Rozwój kulturowy społeczeństw Kujaw w okresie późnego neolitu oraz interstadium epok neolitu i brązu w aspekcie recepcji egzogennej wzorców kulturotwórczych, [w/in:] A. Cofta-Broniewska (red./ed.), *Kontakty pradziejowych społeczeństw Kujaw z innymi ludami Europy*, Inowrocław: Urząd Miejski w Inowrocławiu, 145–183.
- Koško A., Prinke A.** 1977 Sierakowo, woj. Bydgoszcz, stan. 8 – osada z fazy II (wczesnowiódreńskiej) kultury pucharów lejkowatych, *Fontes Archaeologici Posnanienses* 26, 1–42.
- Koško A., Szmyt M.** 2006 *Opatowice – Wzgórze Prokopiaka. Tom I* (Studia i materiały do badań nad późnym neolitem Wysoczyzny Kujawskiej I), Poznań: Wydawnictwo Poznańskie.
- Kowal T.** 1953 Klucz do oznaczania nasion rodzaju *Chenopodium* L. i *Atriplex* L., *Monographiae Botanicae* 1, 87–163.
- Kreuz A.** 2007 Closed forest or open woodland as natural vegetation in the surroundings of Linearbandkeramik settlements?, *Vegetation History and Archaeobotany* 17/1, 51–64.
- Krystek M.** 2009 *Kamienne zabytki niekrzemienne ze stanowiska Smólsk II – identyfikacja, użytkowanie oraz proveniencja surowców skalnych* (maszynopis opracowania/unpublished manuscript).
- Krystek M., Młodecka H., Polański K., Szydlowski M.** 2011 Neolityczne narzędzia z metabazytów typu Jizerske hory (Masyw Czeski) na obszarze Polski, *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 444, 113–124.
- Kulpa W.** 1974 *Nasionoznawstwo chwastów*, wyd. 2/2<sup>nd</sup> ed, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- Kurzawa J.** 2001 *Zagadnienie najwcześniejszych faz kultury ceramiki sznurowej na Nizinie Wielkopolsko-Kujawskiej: problem tła genetycznego społeczności kultury pucharów lejkowatych*, Poznań: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- Lasota-Moskalewska A.** 1984a Morphotic changes of domestic cattle skeleton from the Neolithic Age to the beginning of the Iron Age, *Wiadomości Archeologiczne* 45/2, 119–163.
- 1984b The skeleton of a prehistoric cow with characteristics of both Primigenius and Brachycerous cattle, *Ossa* 9, 53–72.
- 1996 Animal remains from the Neolithic settlement in Rzućewo, [w/in:] D. Król (red./ed.), *The built environment of coast areas during the Stone Age*, Gdańsk: Regional Centre for Studies and Preservation of Built Environment in Gdańsk, 162–166.
- 2005 *Zwierzęta udomowione w dziejach ludzkości*, Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- 2008 *Archeozoologia. Ssaki*, Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- Lasota-Moskalewska A., Kobryń H., Gręzak A.** 1996 Konsumpcja mięsa w pradziejach w świetle prac M. Sobocińskiego, *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 283, *Archeozoologia* 20, 97–110.
- Lech J.** 1982 Flint working of the early farmers. Production trends in Central European chipping industries from 4500–1200 B.C. An outline, *Acta Archaeologica Carpatica* 22, 5–63.
- Lehmann J.** 2004 Die Keramik und die Befunde des bandkeramischen Siedlungsplatzes Erkelenz-Kückhoven, Kreis Heinsberg (Grabungskampagnen 1989–1994), [w/in:] H. Koschik, J. Lehmann, J. Lindenbeck (red./eds), *Der bandkeramische Siedlungsplatz von Erkelenz-Kückhoven I: Archäologie* (Rheinische Ausgrabungen 54), Mainz: Philipp von Zabern, 1–364.
- Lityńska-Zajac M.** 2005 *Chwasty w uprawach roślinnych w pradziejach i wczesnym średniowieczu*, Kraków: Instytut Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk.

- 2013 The importance of leguminous plants in the diet of Neolithic and Early Bronze Age populations of Little Poland, [w/in:] S. Kadrow, P. Włodarczak (red./eds), *Environment and subsistence – forty years after Janusz Kruk's „Settlement studies...”* (Studien zur Archäologie in Ostmitteleuropa/Studia nad pradziejami Europy Środkowej 11), Rzeszów – Bonn: Institute of Archaeology, Rzeszów University & Habelt, 295–301.
- Lityńska-Zajac M., Wasylukowa K.** 2005 *Przewodnik do badań archeobotanicznych*, Poznań: Sorus.
- Lovejoy C.O.** 1985 Dental wear in the Libben population: Its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death, *American Journal of Physical Anthropology* 68/1, 47–56.
- Lucas G.** 2001 *Critical approaches to fieldwork: Contemporary and historical archaeological practice*, London: Taylor & Francis Ltd.
- Lutnicki W.** 1972 *Uzębienie zwierząt domowych*, Warszawa – Kraków: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Lüning J.** 2000 *Steinzeitliche Bauern in Deutschland. Die Landwirtschaft im Neolithikum*, Bonn: Habelt.
- 2005 Bandkeramische Hofplätze und absolute Chronologie der Bandkeramik, [w/in:] J. Lüning, Ch. Fridrich, A. Zimmermann (red./eds), *Die Bandkeramik im 21. Jahrhundert. Symposium in der Abtei Brauweiler bei Köln vom 16.9.–19.9.2002* (Internationale Archäologie. Arbeitsgemeinschaft, Symposium, Tagung, Kongress 7), Rahden Westf.: Marie Leidorf, 49–74.
- Lyman R.L.** 2001 *Vertebrate taphonomy*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Lynch A.H., Kruger N.J., Hedges R.E.M., McCullagh J.S.O.** 2016 Variability in the carbon isotope composition of individual amino acids in plant proteins from different sources: 1. Leaves, *Phytochemistry* 125 (Supplement C), 27–34.
- Łuczaj Ł., Szymański M.W.** 2007 Wild vascular plants gathered for consumption in the Polish countryside: a review, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 3, 17. DOI: 10.1186/1746-4269-3-17.
- Maciszewski I. (red./ed.)** 2015 *Rozwój osadnictwa kultur wstęgowych na obszarze zlewni dolnej Zgłowiączki w rejonie Wieńca w gminie Brześć Kujawski. Autostrada A1* (Archeologiczne Zeszyty Autostradowe Instytutu Archeologii i Etnologii PAN 17), Łódź – Warszawa: Instytut Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk.
- Marchelak I.** 2017 Osadnictwo grupy brzesko-kujawskiej kultury lendzielskiej, [w/in:] I. Marchelak, A. Nierychlewska, I. Nowak, P. Papiernik (red./eds), *Ratownicze badania archeologiczne na stanowisku 3 w Ludwinowie pow. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie (trasa autostrady A-1)* (Via Archaeologica Lodzensis VII/1), Łódź: Wydawnictwo Fundacji Badań Archeologicznych Imienia Profesora Konrada Jażdżewskiego, 35–84.
- Marciniak A.** 2005 *Placing animals in the Neolithic: Social zooarchaeology of prehistoric farming communities*, London: UCL Press.
- 2011 The secondary products revolution: empirical evidence and its current zooarchaeological critique, *Journal of World Prehistory* 24, 117–130.
- Marciniak A., Pyzel J., Krüger M., Lisowski M., Bronk Ramsey C., Dunbar E., Barclay A., Bayliss A., Whittle A.** w druku/in press *A history of the LBK in the central Polish lowlands*.
- Martin A.D., Quinn K.M., Park J.H.** 2011 MCMCpack: Markov Chain Monte Carlo in R, *Journal of Statistical Software* 42/9, 1–21.
- Martin D.L., Goodman A., Armelagos G.J.** 1985 Skeletal pathologies as indicators of quality and quantity of diet, [w/in:] R. Gilbert, J. Meilke (red./eds), *The analysis of prehistoric diets*, New York: Academic Press, 227–279.
- Martin R.** 1928 *Lehrbuch der Anthropologie t. 2*, Jena: Gustav Fischer.
- Mason I.L.** 1996 *A world dictionary of livestock breeds, types and varieties. Fourth edition*, Wageningen: C.A.B. International.
- Matuszkiewicz J.M.** 2005 *Zespoły leśne Polski*, Warszawa: PWN.
- Matuszkiewicz W.** 2008 *Potencjalna roślinność naturalna Polski*, Warszawa: IGiPZ PAN.
- Maurizio A.** 1926 *Pożywienie roślinne i rolnictwo w rozwoju dziejowym*, Warszawa: Wydanie z zasiłku Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego Nakładem Kasy Malinowskiego.
- Mäckel R., Friedmann A., Sudhaus D.** 2009 Environmental changes and human impact on landscape development in the Upper Rhine region, *Erdkunde* 63/1, 35–49.
- Meier M.** 1990 Das Arbeiten mit neolithischen Felssteinbeilen, [w/in:] M. Fansa (red./ed.), *Experimentelle Archäologie in Deutschland* (Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 4), Oldenburg: Isensee, 273–278.
- Miles W.A.A.** 1963 The dentition in the assessment of individual age in skeletal material, [w/in:] D.R.



- Brothwell (red./ed.), *Dental Anthropology*, New York – Paris: Pergamon Press, 191–209.
- Modderman P.J.R.** 1986 On the typology of the houseplans and their European setting, [w/in:] I. Pavlí, J. Rulf, M. Zápotocká (red./eds), *Theses on the Neolithic site of Bylany* (Památky archeologické 77), 383–394.
- Molleson T.** 2007 A method for the study of activity related skeletal morphologies, *Bioarcheology of the Near East* 1, 5–33.
- Moskal-del Hoyo M.** 2013 Mid-Holocene forests from Eastern Hungary: new anthracological data, *Review of Palaeobotany and Palynology* 193, 70–81.
- 2014 Medieval charcoals from the Kokotów site 19 (gm. Wieliczka) – some remarks on the sampling method and interpretation of the anthracological assemblages, *Sprawozdania Archeologiczne* 66, 155–176.
- Moskal-del Hoyo M., Wachowiak M., Blanchette R.A.** 2010 Preservation of fungi in archaeological charcoal, *Journal of Archaeological Science* 37, 2106–2116.
- Movsesjan A.A., Mamonova N.N., Ryčkov J.G.** 1975 Programma i metodika issledovanija anomalij čerepa, *Voprosi Antropologii* 51, 127–150.
- Müller H.H.** 1973 Das Tierknochenmaterial aus den frühgeschichtlichen Siedlungen von Tornow, Kr. Calau, [w/in:] I. Herrmann (red./ed.), *Die germanischen und slavischen Siedlungen und das mittelalterliche Dorf von Tornow, Kr. Calau, Berlin* (Schriften zur Ur- und Frühgeschichte 26), Berlin: Akademie Verlag, 278–310.
- Mueller-Bieniek A.** 2012 Rośliny użytkowe w badaniach archeobotanicznych średniowiecznego Krakowa, [w/in:] A. Mueller-Bieniek (red./ed.), *Rośliny w życiu codziennym mieszkańców średniowiecznego Krakowa*, Kraków: Instytut Botaniki im. W. Szafera, Polska Akademia Nauk, 25–113.
- Mueller-Bieniek A., Kittel P., Muzolf B., Muzolf P.** 2015 Useful plants from the site Lutomiersk-Koziówki near Łódź (central Poland) with special reference to the earliest find of *Xanthium strumarium* L. seeds in Europe, *Journal of Archaeological Science: Reports* 3, 275–284.
- Mueller-Bieniek A., Kittel P., Muzolf B., Cywa K., Muzolf P.** 2016 Plant macroremains from an early Neolithic site in eastern Kuyavia, central Poland, *Acta Palaeobotanica* 56, 79–89. DOI: 10.1515/acpa-2016-0006.
- Mueller-Bieniek A., Lityńska-Zajac M., Kapcia M., Nowak M., Styring A.** 2016b *Stable isotope studies of charred crop grains from Neolithic and Bronze Age Poland*, referat na konferencji/paper at the conference “The Agricultural Origins of Urbanization: ‘Intensification’ in Late Prehistoric Western Eurasia and Beyond”, University of Oxford.
- Mueller-Bieniek A., Bogucki P., Pyzel J., Kapcia M., Moskal-del Hoyo M., Nalepka D.** 2019a The role of Chenopodium in the subsistence economy of pioneer agriculturalists on the northern frontier of the Linear Pottery culture in Kuyavia, central Poland, *Journal of Archaeological Science* 111, 105027. DOI: 10.1016/j.jas.2019.105027.
- Mueller-Bieniek A., Nowak M., Styring A., Lityńska-Zajac M., Moskal-del Hoyo M., Sojka A., Paszko B., Tunia K., Bogaard A.** 2019b Spatial and temporal patterns in Neolithic and Bronze Age agriculture in Poland based on the stable carbon and nitrogen isotopic composition of cereal grains, *Journal of Archaeological Science: Reports* 27, 101993. DOI: 10.1016/j.jasrep.2019.101993.
- Mueller-Bieniek A., Pyzel J., Kapcia M.** 2018 Chenopodium seeds in open-air archaeological sites – how to not throw the baby out with the bathwater, *Environmental Archaeology*, 1–13, DOI: 10.1080/14614103.2018.1536500.
- Muzolf B., Kittel P., Muzolf P.** 2012 Sprawozdanie z prac badawczych na wielokulturowym kompleksie osadniczym w miejscowości Smólsk, stanowisko 2/10, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie, [w/in:] S. Kadrow (red./ed.), *Raport 2007–2008. Tom I*, Warszawa, 43–64.
- Myszk A.** 2007 *Rekonstrukcja budowy somatycznej człowieka na podstawie wybranych cech szkieletu*, Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Nalepka D.** 2005 *Late Glacial and Holocene palaeoecological conditions and changes of vegetation cover under early farming activity in the south Kujawy region (Central Poland)*, Kraków: Instytut Botaniki im. W. Szafera, Polska Akademia Nauk.
- Nathan H., Haas N.** 1966 On the presence of *cribra orbitalia* in apes and monkeys, *American Journal of Physical Anthropology* 24/3, 351–359.
- Neef R., Cappers R.T.J., Bekker R.M.** 2012 *Digital atlas of economic plants in archaeology*, Groningen: Barkhuis.
- Nenadic O., Greenacre M.** 2007 Correspondence analysis in R, with two- and three-dimensional graphics: The ca package, *Journal of Statistical Software* 20/3, 1–13.
- Nesbitt M.** 2005 The migration of plants. Grains, [w/in:] G. Prance, M. Nesbitt (red./eds), *The cultural*



- history of plants, New York – London: Routledge, 45–60.
- Nowak I.** 2017a Osadnictwo kultury amfor kulistych, [w/in:] I. Marchelak, A. Nierychlewska, I. Nowak, P. Papiernik (red./eds), *Ratownicze badania archeologiczne na stanowisku 3 w Ludwinowie pow. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie (trasa autostrady A-1)* (Via Archaeologica Lodziensia VII), Łódź: Wydawnictwo Fundacji Badań Archeologicznych Imienia Profesora Konrada Jażdżewskiego, 103–115, tabl. 108–123.
- 2017b Osadnictwo kultury ceramiki wstęgowej rytej, [w/in:] I. Marchelak, A. Nierychlewska, I. Nowak, P. Papiernik (red./eds), *Ratownicze badania archeologiczne na stanowisku 3 w Ludwinowie pow. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie (trasa autostrady A-1)* (Via Archaeologica Lodziensia VII), Łódź: Wydawnictwo Fundacji Badań Archeologicznych Imienia Profesora Konrada Jażdżewskiego, 19–31.
- Nowak M., Moskal-del Hoyo M., Mueller-Bieniek A., Lityńska-Zajac M., Kotynia K.** 2017 Benefits and weaknesses of radiocarbon dating of plant material as selected by Neolithic archaeological sites from Poland, Slovakia and Hungary, *Geochronometria* 44/1, 188–201.
- Ntinou M.** 2002 *La Paleovegetación en el Norte de Grecia desde el Tardiglacial hasta el Atlántico. Formaciones vegetales, recursos y usos* (BAR International Series 1038), Oxford: British Archaeological Reports.
- Ortner D.J., Putschar W.G.J.** 1985 *Identification of pathological conditions in human skeletal remains*, Washington D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Osipowicz G. (red./ed.)** 2014 *Kowal 14. Miejsce sepulkralno-obrzędowe ludności kultury amfor kulistych / Sepulchral and ritual place of people representing the Globular Amphora Culture*, Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.
- Outram A.K.** 2001 A new approach to identifying bone marrow and grease exploitation: why the “indeterminate” fragments should not be ignored, *Journal of Archaeological Science* 28, 401–410.
- Outram A.K., Stear N.A., Bendrey R., Olsen S., Kaspárov A., Zaibert V., Thorpe N., Evershed R.P.** 2009 The earliest horse harnessing and milking, *Science* 323(5919), 1332–1335.
- Papiernik P., Płaza D.K., Wicha J.** 2017 Osadnictwo kultury ceramiki wstęgowej rytej na terenie Pojezierza Kujawskiego w świetle weryfikacyjnych badań powierzchniowych wykonanych w ramach programu „Źródła archeologiczne w rejonie Parku Kulturowego Wietrzychowice”, *Acta Archaeologica Lodziensia* 63, 95–111.
- Parmenter P.C.R.** 2015 *A reassessment of the role of animals at the Etton causewayed enclosure*, Exeter (maszynopis dysertacji doktorskiej/unpublished PhD thesis, University of Exeter).
- Pavúk J.** 2012 Kolove stavby lengyelskej kultury. Podorysy, interier a ich funkcia, *Slovenská Archeologia* 60/2, 251–284.
- Pechtl J.** 2015 Linearbandkeramik pottery and society, [w/in:] C. Fowler, J. Harding, D. Hofmann (red./eds), *The Oxford Handbook of Neolithic Europe*, Oxford University Press, 555–572.
- 2016 From distribution maps to ‘ethnic’ diversity within the Southern Bavarian LBK, [w/in:] J. Ammermann, P. Biagi (red./eds), *The widening harvest. The Neolithic transition in Europe: Looking back, looking forward*, Boston MA: Archaeological Institute of America, 283–311.
- Pechtl J., Hofmann D.** 2013 Irregular burials in the LBK – All or none? [w/in:] N. Müller-Scheeßel (red./ed.), *„Irreguläre“ Bestattungen in der Urgeschichte Norm, Ritual, Strafe ...? Akten der Internationalen Tagung in Frankfurt a. M. vom 3. bis 5. Februar 2012*, Bonn: Habelt, 121–138.
- Peterson J.** 1998 The Natufian hunting conundrum: spears, atlatls, or bows? Musculoskeletal and armature evidence, *International Journal of Osteoarchaeology* 8/5, 378–389.
- Pilarski B.** 2011 Zabytki krzemienne i kamienne ze stanowiska Ludwinowo 7, [w/in:] W. Koszkuł, B. Pilarski, P. Cyganiewicz (red./eds), *Opracowanie wyników ratowniczych badań archeologicznych przeprowadzonych na stanowisku nr 7 w Ludwinowie, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie*, Kraków (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- Piontek J.** 1992 Stres w populacjach pradziejowych: założenia, metody, wstępne wyniki badań, [w/in:] F. Rożnowski (red./ed.), *Biologia populacji ludzkich współczesnych i pradziejowych*, Słupsk: WSP, 321–345.
- 1999 *Biologia populacji pradziejowych. Zarys metodyczny* (wyd. 3/3<sup>rd</sup> ed.), Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- 2006 O pewnej modyfikacji metody oceny płci osobnika na podstawie wygięcia tylnej krawędzi żuchwy, [w/in:] J. Jerzemowski, M. Grzybiak, J. Piontek (red./eds), *Wszystkich rzeczy miarą jest człowiek*, Sopot: Tower Press, 613–615.
- Pitter S.** 2013 *Molecular and stable isotopic analyses of the fatty acyl components of the pottery of Çatalhöyük, Turkey: understanding the relationships between animal domestication, ceramic technology, environmental variation and their roles in the Secondary Products*

- Revolution*, Stanford (maszynopis dysertacji doktor-skiej/unpublished PhD thesis, Stanford University).
- Płaza D.** 2016 Osadnictwo młodszej epoki kamienia i wczesnej epoki brązu, [w/in:] W. Siciński, D. Płaza, P. Papiernik (red./eds), *Ratownicze badania archeologiczne na stanowisku 10 w Kruszyńcu, pow. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie (trasa autostrady A1)* (Via Archaeologica Lodzensis VI), Łódź: Wydawnictwo Fundacji Badań Archeologicznych Imienia Profesora Konrada Jażdżewskiego, 21–136.
- Podborsky V.** 2011 Fenomen neolitickeho domu, *Sbornik praci Filozofickej fakulty Brnenskej univerzity. Studia Minora Facultatis Philosophicae Universitatis Brunensis* 14–15 (2009–2010), 17–45.
- Přichystal A.** 2009 *Kamenné suroviny v pravěku. Východní části střední Evropy*, Brno: Masarykova univerzita.
- Pyzel J.** 2006 Die Besiedlungsgeschichte der Bandkeramik in Kujawien, *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums* 53/1, 1–57.
- 2009 Settlement history of the Linear Band Pottery culture in Kuyavia, [w/in:] D. Hofmann, P. Bickle (red./eds), *Creating communities – New advances in Central Europe Neolithic research*, Oxford: Oxbow Books, 71–79.
- 2010 *Historia osadnictwa społeczności kultury ceramiki wstęgowej rytej na Kujawach* (Gdańskie Studia Archeologiczne. Seria Monografie 1), Gdańsk: Instytut Archeologii, Uniwersytet Gdański.
- 2011 Osada kultury ceramiki wstęgowej rytej, [w/in:] I. Sobkowiak-Tabaka (red./ed.), *Osadnictwo pradziejowe i nowożytnie na stanowisku nr 7 (AUT. 112) w Ludwinowie, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie*, Poznań (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw), 81–201.
- 2012 Preliminary results of large scale emergency excavations in Ludwinowo 7, comm. Włocławek, [w/in:] R. Smolnik (red./ed.), *Siedlungsstruktur und Kulturwandel in der Bandkeramik. Beiträge der internationalen Tagung „Neue Fragen zur Bandkeramik oder alles beim Alten?!“*, Leipzig, 23. bis 24. September 2010, Dresden: Landesamt für Archäologie Dresden, 160–166.
- 2013 Different models of settlement organisation in the Linear Band Pottery Culture – an example from Ludwinowo 7 in eastern Kuyavia, [w/in:] S. Kadrow, P. Włodarczak (red./eds), *Environment and subsistence – forty years after Janusz Kruk's "Settlement studies..."* (Studien zur Archäologie in Ostmitteleuropa/Studia nad Pradziejami Europy Środkowej 11), Rzeszów – Bonn: Institute of Archaeology, Rzeszów University & Habelt, 85–93.
- 2014 Findet sich im Norden Polens die älteste Bandkeramik? Probleme der Periodisierung der polnischen Linearbandkeramik, [w/in:] T. Link, D. Schimmelpfennig (red./eds), *No future? Brüche und Ende kultureller Erscheinungen. Fallbeispiele aus dem 6.–2. Jahrtausend v. Chr.* (Fokus Jungsteinzeit. Berichte der AG Neolithikum 4), Kerpen – Loogh: Welt und Erde, 83–93.
- 2017 Field survey versus excavation – compatibility of results illustrated by the example of selected sites from the A1 Motorway in the Włocławek Province, Poland, *Analecta Archaeologica Ressorviensia* 12, 285–297.
- 2018 *Kultury pamięci, kultury zapomnienia. Osady pierwszych rolników w percepcji młodszych ugrupowań naddunajskich*, Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- Pyzel J., Wąs M.** 2018 Jurassic-Cracow flint in the Linear Pottery culture in Kuyavia, Chełmno Land and the lower Vistula region, [w/in:] D.H. Werra, M. Woźny (red./eds), *Between history and archaeology: papers in honour of Jacek Lech*, Oxford: Archaeopress, 181–194.
- Raszeja S., Nasiłowski W., Markiewicz J.** 1993 *Medycyna sądowa. Podręcznik dla studentów*, Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Raven A.M., van Bergen P.F., Stott A.W., Dudd S.N., Evershed P.R.** 1997 Formation of long-chain ketones in archaeological pottery vessels by pyrolysis of acyl lipids, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 40–41, 267–285.
- R Development Core Team** 2012 *R: a language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Regert M., Dudd S.N., Pétrequin P., Evershed R.P.** 1999 Fonction des céramiques et alimentation au Néolithique final sur les sites de Chalain. De nouvelles voies d'étude fondées sur l'analyse chimique des résidus organiques conservés dans les poteries, *Revue d'archéométrie* 23, 91–99.
- Regert M., Vacher S., Moulherat C., Decavallas O.** 2003 Adhesive production and pottery function during the Iron Age at the site of Grand Aunay (Sarthe, France), *Archaeometry* 45/1, 101–120.
- Renfrew J., Sanderson H.** 2005 The migration of plants. Herbs and vegetables, [w/in:] G. Prance, M. Nesbitt (red./eds), *The cultural history of plants*, New York – London: Routledge, 97–132.
- Retkowska A.** 2012 *Wyniki badań archeologicznych na stanowisku Ludwinowo, nr 1 (A1-113), gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie, AZP 49-47/18. Badania ratownicze na trasie planowanej autostrady A1, Poznań* (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).

- Robledo B., Tranco G.J., Brothwell D.** 1995 *Cribræ Orbitalia*: health indicator in the late Roman population of Cannington (Somerset, Great Britain), *Journal of Paleopathology* 7/3, 185–193.
- Roffet-Salque M., Regert M., Evershed R.P., Outram A.K., Cramp L.J.E., Decavallas O., Dunne J., Gerbault P., Mileto S., Mirabaud S., Pääkkönen M., Smyth J., Šoberl L., Whelton H.L., Alday-Ruiz A., Asplund H., Bartkowiak M., Bayer-Niemeier E., Belhouchet L., Bernardini F., Budja M., Cooney G., Cubas M., Danaher E.M., Diniz M., Domboróczy L., Fabbri C., González-Urquijo J.E., Guilaine J., Hachi S., Hartwell B.N., Hofmann D., Hohle I., Ibáñez J.J., Karul N., Kherbouche F., Kiely J., Kotsakis K., Lueth F., Mallory J.P., Manen C., Marciniak A., Maurice-Chabard B., Mc Gonigle M.A., Mulazzani S., Özdoğan M., Perić O.S., Perić S.R., Petrasch J., Pétrequin A.-M., Pétrequin P., Poensgen U., Pollard C.J., Poplin F., Radi G., Stadler P., Stäuble H., Tasić N., Urem-Kotsou D., Vuković J.B., Walsh F., Whittle A., Wolfram S., Zapata-Peña L., Zoughlami J.** 2015 Widespread exploitation of the honeybee by early Neolithic farmers, *Nature* 527, 226–230.
- Roosevelt A.C.** 1984 Population, health and the evolution of subsistence: Conclusions from the conference, [w/in:] M.N. Cohen, G.J. Armelagos (red./eds), *Paleopathology at the origins of agriculture*, Orlando: Academic Press, 559–584.
- Rowley-Conwy P.** 2004 Age at death: A zooarchaeological technique with implications for anthropology, agricultural economics and history, *Journal of Interdisciplinary Studies in History and Archaeology* 1/1, 51–59.
- Rück O.** 2012 Vom Hofplatz zur Häuserzeile. Das bandkeramische Dorf – Zeilenstrukturen und befundfreie Bereiche offenbaren ein neues Bild der Siedlungsstrukturen, [w/in:] R. Smolnik (red./ed.), *Siedlungsstruktur und Kulturwandel in der Bandkeramik. Beiträge der internationalen Tagung „Neue Fragen zur Bandkeramik oder alles beim Alten?“*, Leipzig, 23. bis 24. September 2010, Dresden: Landeskommision für Archäologie Dresden, 20–42.
- Rzepecki S.** 2004 *Spółeczności środkowoneolitycznej kultury pucharów lejkowatych na Kujawach*, Poznań: Wydawnictwo Poznańskie.
- Rzepecki S.** 2014 Two water wells of the LBK culture from the north part of the site of Kruszyn 3/10, Włocławek commune, *Analecta Archaeologica Ressorviensia* 9, 95–122.
- Rzepecki S., Chlebda D.K., Czubla P., Domańska L., Lorkiewicz W., Waszczuk K.** 2016 Dom i grób. Pozostałości osadnictwa „poźnowstęgowego” ze stanowiska Sikorowo 29, gm. Inowrocław, [w/in:] S. Kadrow (red./ed.), *Raport* 11, Warszawa, 57–66.
- Salavert A., Bosquet D., Damblon F.** 2014 Natural woodland composition and vegetation dynamic during the Linearbandkeramik in north-western Europe (central Belgium, 5200–5000 b.c.), *Journal of Archaeological Science* 51, 84–93.
- Salque M., Bogucki P.I., Pyzel J., Sobkowiak-Tabaka I., Grygiel R., Szmyt M.** 2013 Earliest evidence for cheese making in the sixth millennium BC in northern Europe, *Nature* 493, 522–525, DOI: 10.1038/nature11698.
- Saqalli M., Salavert A., Bréhard S., Bendrey R., Vigne J.-D., Tresset A.** 2014 Revisiting and modelling the woodland farming system of the early Neolithic Linear Pottery Culture (LBK), 5600–4900 B.C., *Vegetation History and Archaeobotany* 23/S1, 37–50.
- Schild R., Marczak M., Królik H.** 1975 *Późny mezolit. Próba wieloaspektowej analizy otwartych stanowisk piaskowych*, Wrocław – Warszawa – Kraków – Gdańsk: Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich.
- Schmandt-Besserat D.** 1992 *Before writing: From counting to cuneiform*, Austin: University of Texas Press.
- Schramm Z.** 1967 Różnice morfologiczne niektórych kości kozy i owcy, *Roczniki Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu* 36, 107–133.
- Schwarzberg H.** 2005 Prismatic polypod vessels and their way to Europe, [w/in:] C. Lichter (red./ed.), *How did farming reach Europe? Anatolian-European relations from the second half of the 7<sup>th</sup> through the first half of the 6<sup>th</sup> millennium cal BC* (Byzas 2), Istanbul: Helios Bilgi Islem ve Yayincilik San Ti Sti, 225–274.
- Schweingruber F.H.** 1982 *Mikroskopische Holzanatomie*, Teufen: Internationale Buchhandlung für Botanik und Naturwissenschaften.
- Schweingruber F.H.** 1990 *Anatomie europäischer Hölzer*, Bern – Stuttgart: Paul Haupt Berne – Stuttgart Publishers.
- Seneta W., Dolatowski J.** 2004 *Dendrologia*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Siewiaryn M.** 2010 Osadnictwo grupy brzesko-kujawskiej kultury lendzielskiej, [w/in:] M. Siewiaryn (red./ed.), *Opracowanie wyników ratowniczych badań archeologicznych przeprowadzonych na odcinku planowanej autostrady A1 w woj. kujawsko-pomorskim (pow. Włocławek). Kruszynek, gm. Włocławek, stanowisko 6*, Toruń, 9–199 (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- Sobkowiak-Tabaka I. (red./ed.)** 2011a *Osadnictwo pradziejowe i nowożytnie na stanowisku nr 7 (AUT.112) w Ludwinowie, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie*,



- Poznań (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- 2011b *Osadnictwo pradziejowe na stanowisku nr 2 (AUT. 111) w Ludwinowie, gm. Włocławek, woj. kujawsko-pomorskie*, Poznań (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- Sobociński M.** 1984 Zwierzęce szczątki kostne z obiektów kultury ceramiki wstęgowej rytej w Zalecinie i Żukowie, woj. szczecińskie, *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 154, *Archeozoologia* 9, 165–174.
- 1985 Szczątki kostne z osad ludności kultury ceramiki wstęgowej na Kujawach (Ze studiów nad rozwojem kultur wstęgowych na Kujawach), *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 164, *Archeozoologia* 10, 225–234.
- Spangenberg J.E., Jacomet S., Schibler J.** 2006 Chemical analyses of organic residues in archaeological pottery from Arbon Bleiche 3, Switzerland – evidence for dairying in the late Neolithic, *Journal of Archaeological Science* 33/1, 1–13.
- Spatz H.** 1996 *Beiträge zum Kulturenkomplex Hinkelstein – Großgartach – Rössen. Der keramische Fundstoff des Mittelneolithikums aus dem mittleren Neckerland und seine zeitliche Gliederung*, Stuttgart: Kommissionsverlag Konrad Theiss Verlag.
- Stäuble H.** 2017 Einleitung, [w/in:] S. Friederich (red./ed.), *Der linienbandkeramische Brunnen von Leipzig-Plaußig* (Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie 62), Dresden: Landesamt für Archäologie Sachsen, 9–12.
- Stäuble H., Veit U. (red./eds)** 2016 *Der bandkeramische Siedlungsplatz Eythra in Sachsen. Studien zur Chronologie und Siedlungsentwicklung* (Leipziger Forschungen zur Ur- und Frühgeschichtlichen Archäologie 9), Leipzig: Universität Leipzig Professur für Ur- und Frühgeschichte.
- Stuart-Macadam P.** 1985 *Porotic hyperostosis*: Representative of a childhood condition, *American Journal of Physical Anthropology* 66/4, 391–398.
- 1987 *Porotic hyperostosis*: New evidence to support the anemia theory, *American Journal of Physical Anthropology* 74/4, 521–526.
- 1989 *Porotic hyperostosis*: Relationship between orbital and vault lesions, *American Journal of Physical Anthropology* 80/2, 187–193.
- 1992 *Porotic hyperostosis*: A new perspective, *American Journal of Physical Anthropology* 87/1, 39–47.
- Strien H.C.** 2017 Discrepancies between archaeological and  $^{14}\text{C}$ -based chronologies: problems and possible solutions, *Documenta Praehistorica* 44, 272–280.
- Styring A.K., Kuhl A., Knowles T.D.I., Fraser R.A., Bogaard A., Evershed R.P.** 2012 Practical considerations in the determination of compound-specific amino acid  $\delta^{15}\text{N}$  values in animal and plant tissues by gas chromatography-combustion-isotope ratio mass spectrometry, following derivatisation to their *N*-acetyl isopropyl esters, *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 26/19, 2328–2334.
- Styring A.K., Manning H., Fraser R.A., Wallace M., Jones G., Charles M., Heaton T.H.E., Bogaard A., Evershed R.P.** 2013 The effect of charring and burial on the biochemical composition of cereal grains: investigating the integrity of archaeological plant material, *Journal of Archaeological Science* 40, 4767–4779, DOI: 10.1016/j.jas.2013.03.024.
- Sudhaus D., Friedmann A.** 2015 Holocene vegetation and land use history in the Northern Vosges (France), *E&G Quaternary Science Journal* 64/2, 55–66.
- Symonides E.** 1989 Bank nasion jako element strategii reprodukcyjnej terofitów, *Wiadomości Ekologiczne* 35, 107–144.
- Szénászky J.** 1978 Der Vinca-Fund von Battonya, *A Békés Megyei Múzeumok Közleményei* 5, 3–12.
- Szmyt M.** 1996 *Społeczności kultury amfor kulistych na Kujawach*, Poznań: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- 2013 *Late Neolithic landscapes on the Polish Lowland: people, culture and economy in Kujawia – 4<sup>th</sup> and 3<sup>rd</sup> millennia BC* (Studien zur Archäologie in Ostmitteleuropa / Studia nad Pradziejami Europy Środkowej 12), Poznań – Bonn: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Szydlowski M.** 2017 *Użytkowanie surowców skalnych na obszarach poglądowych Polski w neolicie i początkach epoki brązu*, Gdańsk: The Early Bronze Age Publishing.
- Théry-Parisot I., Chabal L., Chrzavzez J.** 2010 Anthracology and taphonomy, from wood gathering to charcoal analysis. A review of the taphonomic processes modifying charcoal assemblages, in archaeological contexts, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291, 142–153.
- Tieszen L.L.** 1991 Natural variations in the carbon isotope values of plants: Implications for archaeology, ecology, and paleoecology, *Journal of Archaeological Science* 18/3, 227–248.
- Tomczyńska Z., Wasylkowa K.** 1988 Plant material from a Hallstatt settlement at Kamieniec near Toruń, north Poland (A reinvestigation), [w/in:] H.J. Küster (red./ed.), *Der prähistorische Mensch und seine Umwelt*, Stuttgart: Konrad Theiss, 281–287.



- Tornero C., Bălăşescu A., Ughetto-Monfrin J., Voinea V., Balase M.** 2013 Seasonality and season of birth in early Eneolithic sheep from Cheia (Romania): methodological advances and implications for animal economy, *Journal of Archaeological Science* 40/11, 4039–4055.
- Troy C.S., MacHugh D.E., Bailey J.F., Magee D.A., Loftus R.T., Cunningham P., Chamberlain A.T., Sykes B.C., Bradley D.G.** 2001 Genetic evidence for Near-Eastern origins of European cattle, *Nature* 410, 1088–1091.
- Twarowska E.** 1983 Zdobywanie pożywienia – zbieractwo wczesnośredniowieczne w Polsce, [w/in:] J.K. Kozłowski, S.K. Kozłowski (red./eds), *Człowiek i środowisko w pradziejach*, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 218–231.
- Ubelaker D.H.** 1989 *Human skeletal remains: excavation, analysis, interpretation*, Washington: Taraxacum, D.C.
- van der Merwe N.J., Medina E.** 1991 The canopy effect, carbon isotope ratios and foodwebs in Amazonia, *Journal of Archaeological Science* 18/3, 249–259.
- Veit U.** 1996 *Studien zum Problem der Siedlungsbe-stattung im europäischen Neolithikum* (Tübinger Schriften zur Ur- und Frühgeschichtlichen Archäologie 1), Münster: Waxmann.
- Vera F.W.M.** 2000 *Grazing ecology and forest history*, Wallingford: CABI Publishing.
- Vigne J.-D., Helmer D.** 2007 Was milk a “secondary product” in the Old World Neolithisation process? Its role in the domestication of cattle, sheep and goats, *Anthropozoologica* 42/2, 9–40.
- Wallace M., Jones G., Charles M., Fraser R., Halstead P., Heaton T.H.E., Bogaard A.** 2013 Stable carbon isotope analysis as a direct means of inferring crop water status and water management practices, *World Archaeology* 45, 388–409.
- Weiner J.** 1990 Noch ein Experiment – zur Schäftung altneolithischer Dechselklingen, [w/in:] M. Fansa (red./ed.), *Experimentelle Archäologie in Deutschland* (Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 4), Oldenburg: Isensee, 263–272.
- Werra D.** 2010 Kultura ceramiki wstęgowej rytej, [w/in:] A. Jankowski (red./ed.), *Archeologiczne badania wykopaliskowe na trasie autostrady A1. Ludwinowo, gm. Włocławek, st. 4 (AUT 107). Opracowanie wyników badań z lat 2008–2009. Etap I*, Warszawa (maszynopis opracowania w archiwum NID w Warszawie/unpublished manuscript stored at National Heritage Board in Warsaw).
- White T.D., Folkens P.A.** 2005 *The human bone manual*, San Diego: Academic Press, CA.
- Whittle A.** 2018 *The times of their lives: Hunting history in the archaeology of Neolithic Europe*, Oxford: Oxbow Books.
- Wiśniewski M., Kotlewski L. (red./eds)** 2013 *Archeologia autostrady. Badania archeologiczne w pasie budowy autostrady A1 w granicach województwa kujawsko-pomorskiego. Katalog wystawy*, Bydgoszcz: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Bydgoszczy.
- Wollenweber R.** 2016 One house like another – Access to water wells as an indicator of social inequality in the Linear and Stroke-Ornamented Pottery Cultures, [w/in:] H. Meller, H.-P. Hahn, R. Jung, R. Risch (red./eds), *Arm und Reich – Zur Ressourcenverteilung in prähistorischen Gesellschaften. 8. Mitteldeutscher Archäologentag vom 22. bis 24. Oktober 2015 in Halle (Saale)* (Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle 14/I), Halle (Saale): Landesamt f. Denkmalpflege u. Archäologie Sachsen-Anhalt, 165–180.
- Zader M.A., Lapham H.A.** 2010 Assessing the reliability of criteria used to identify postcranial bones in sheep, *Ovis*, and goats, *Capra*, *Journal of Archaeological Science* 37, 2887–2905.
- Zader M.A., Pilaar S.E.** 2010 Assessing the reliability of criteria used to identify mandibles and mandibular teeth in sheep, *Ovis*, and goats, *Capra*, *Journal of Archaeological Science* 37, 225–242.
- Zimmermann A.** 1997 Zur Anwendung der Korrespondenzanalyse in der Archäologie, [w/in:] J. Müller, A. Zimmermann (red./eds), *Archäologie und Korrespondenzanalyse. Beispiele, Fragen, Perspektiven*, Espelkamp: Marie Leidorf, 9–15.
- Zimmermann A.** 2012 Das Hofplatzmodell – Entwicklung, Probleme, Perspektiven, [w/in:] R. Smolnik (red./ed.), *Siedlungsstruktur und Kulturwandel in der Bandkeramik. Beiträge der internationalen Tagung „Neue Fragen zur Bandkeramik oder alles beim Alten?!“*, Leipzig, 23. bis 24. September 2010, Dresden: Landesamt für Archäologie Dresden, 11–19.
- Zimmermann A., Meurers-Balke J., Kalis A.J.** 2006 Das Neolithikum, [w/in:] J. Kunow, H.-H. Wegner (red./eds), *Urgeschichte im Rheinland*, Köln: Verlag des Rheinischen Vereins für Denkmalpflege, 159–202.

## Afiliacje/Affiliations

**Renata Abłamowicz**

Dział Archeologii, Pracownia Bioarcheologii  
Muzeum Śląskie w Katowicach

**Marie Balasse**

Archéozoologie, Archéobotanique: Sociétés, Pratiques  
et Environnements (AASPE)  
Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Paris

**Borys Banecki**

Organic Geochemistry Unit, School of Chemistry  
University of Bristol

**Paweł Cyganiewicz**

„Badania i Dokumentacja Archeologiczna Paweł Cyga-  
niewicz” Kraków

**Lech Czerniak**

Instytut Archeologii i Etnologii, Uniwersytet Gdański

**Paweł Dąbrowski**

Zakład Anatomii Prawidłowej, Wydział Lekarski  
Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wro-  
cławiu

**Richard P. Evershed**

Organic Geochemistry Unit, School of Chemistry  
University of Bristol

**Rosalind E. Gillis**

Archéozoologie, Archéobotanique: Sociétés, Pratiques  
et Environnements (AASPE)  
Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Paris;  
Graduate School: Human Development in Landscapes,  
Christian-Albrechts-University, Kiel

**Beata Iwanek**

Instytut Archeologii i Etnologii, Uniwersytet Gdański

**Emily V. Johnson**

Department of Archaeology, University of Exeter

**Jacek Kabaciński**

Ośrodek Studiów Pradziejowych i Średniowiecznych  
Instytut Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii  
Nauk

**Izabela Kadłucka**

Antropolis Izabela Kadłucka i Pracownia Archeolo-  
giczna Dariusz Majewski

**Magda Kapcia**

Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii  
Nauk

**Iain P. Kendall**

Organic Geochemistry Unit, School of Chemistry  
University of Bristol, Bristol

**Wiesław Koszkul**

Firma Archeologiczna „Archeo-Explorers”

**Marta Krüger**

Wydział Archeologii  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

**Magdalena Moskal-del Hoyo**

Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk

**Aldona Mueller-Bieniek**

Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk

**Marta Osypińska**

Ośrodek Studiów Pradziejowych i Średniowiecznych  
Instytut Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk

**Bogumił Pilarzski**

Państwowe Muzeum Auschwitz-Birkenau w Oświęcimiu

**Łukasz Połczyński**

Instytut Archeologii i Etnologii, Uniwersytet Gdański

**Joanna Pyzel**

Instytut Archeologii i Etnologii, Uniwersytet Gdański

**Mélanie Roffet-Salque**

Organic Geochemistry Unit, School of Chemistry  
University of Bristol

**Jessica Smyth**

Organic Geochemistry Unit, School of Chemistry  
University of Bristol  
School of Archaeology, University College Dublin

**Marzena Szmyt**

Instytut Wschodni, Wydział Historii  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
Muzeum Archeologiczne w Poznaniu

**Marcin Szydłowski**

Katedra Archeologii, Instytut Historii i Stosunków  
Międzynarodowych, Uniwersytet Szczeciński

**Małgorzata Winiarska-Kabacińska**

Muzeum Archeologiczne w Poznaniu

**Małgorzata Wistuba**

Katedra Rekonstrukcji Środowiska Geograficznego  
Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski

## Wykaz załączników na płycie CD/List of attachments on the CD-ROM

- CD 1. Ludwinowo, stan. 7. Plan stanowiska/Ludwinowo, site 7. Site plan
- CD 2. Ludwinowo, stan. 7. Charakterystyka obiektów KCWR/Ludwinowo, site 7. Characteristics of LBK features
- CD 3. Ludwinowo, stan. 7. Inwentarz zabytków z obiektów KCWR/Ludwinowo, site 7. Find inventory from LBK features
- CD 4. Ludwinowo, stan. 7. Liczba skorup, sklejek i waga ceramiki z obiektów KCWR, innych obiektów oraz wykopów/Ludwinowo, site 7. Number of sherds, refits and pottery weight for LBK and other features and trenches
- CD 5. Opis budowy systemu technologicznego ceramiki KCWR/ Description of technological system of LBK pottery
- CD 6. Ludwinowo, stan. 7. Struktura technologiczna ceramiki z obiektów KCWR/Ludwinowo, site 7. Technological structure of pottery from LBK features
- CD 7. Ludwinowo, stan. 7. Udział procentowy zdobionej ceramiki delikatnej i grubej roboty w obiektach KCWR/Ludwinowo, site 7. Percentage of decorated fine and coarse pottery in LBK features
- CD 8. Ludwinowo, stan. 7. Liczba poszczególnych układów zdobniczych, faktów zdobniczych oraz wskaźnik intensywności zdobnictwa w obiektach KCWR/Ludwinowo, site 7. Number of separate decoration motifs, decoration units and decoration intensity index in LBK features
- CD 9. Klasyfikacja głównych układów zdobniczych do analizy korespondencji/Classification of main decoration motifs for correspondence analysis
- CD 10. Wykaz układów podkrawędnych/List of rim decoration motifs
- CD 11. Ludwinowo, stan. 7. Układy podkrawędne w obiektach KCWR/Ludwinowo, site 7. Rim decoration motifs in LBK features
- CD 12. Wykaz układów uzupełniających/List of secondary decoration motifs
- CD 13. Ludwinowo, stan. 7. Układy uzupełniające w obiektach KCWR/Ludwinowo, site 7. Secondary decoration motifs in LBK features
- CD 14. Wykaz elementów plastycznych ceramiki KCWR/List of plastic elements of the LBK pottery
- CD 15. Ludwinowo, stan. 7. Elementy plastyczne w obiektach KCWR/Ludwinowo, site 7. Plastic elements in LBK features
- CD 16. Ludwinowo, stan. 7. Lista obiektów KCWR łączonych do analizy korespondencji/Ludwinowo, site 7. List of composed LBK features for the correspondence analysis
- CD 17. Tabela kontyngencji układów głównych i obiektów KCWR z Kujaw/Contingency table of main decoration motifs and LBK features from Kujavia
- CD 18. Rozdział 5. Tabele 1–3/Chapter 5. Tables 1–3
- CD 19. Rodział 7.1. Tabele 1–58/Chapter 7.1. Tables 1–58





## OCALONE DZIEDZICTWO ARCHEOLOGICZNE

Seria wydawnicza OCALONE DZIEDZICTWO ARCHEOLOGICZNE została zainicjowana w 2011 r. Otwarta formuła, zakładająca publikację wyników wszelkich archeologicznych badań ratowniczych, została zaproponowana w odpowiedzi na rosnącą dysproporcję pomiędzy liczbą powstających opracowań a ich odsetkiem trafiającym do obiegu naukowego dzięki profesjonalnie przygotowanym publikacjom. Uważamy, że nakład pracy włożonej w przygotowanie tzw. konserwatorskich lub inwestorskich opracowań materiałów zabytkowych nie powinien być marnowany, a uzyskane wyniki badań zasługują na szerokie rozpropagowanie. Nie ma bowiem lepszej formy zwrotu kosztów społecznych badań archeologicznych niż syntetyczna monografia, z którą może zapoznać się każdy zainteresowany.

Większość z dotychczas wydanych tomów serii (zob. wykaz na 4 stronie okładki) powstała dzięki dofinansowaniu Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego, który w ramach programu „Dziedzictwo kulturowe”, priorytet 5 „Ochrona zabytków archeologicznych”, umożliwia dotowanie publikacji wyników badań ratowniczych.

W 2013 r. seria OCALONE DZIEDZICTWO ARCHEOLOGICZNE zyskała serię poboczną – MINIATURY. Jej założenia programowe są takie same jak serii głównej, jednak przeznaczona jest dla niskobudżetowych publikacji – na temat stanowisk niewielkich pod względem objętości, ale ważnych pod względem naukowym lub konserwatorskim. Seria wydawana jest w formacie broszurowym (B5).

Kładziemy nacisk na wysoki poziom merytoryczny i edytorski opracowań. Nie mniej istotne od aspektów naukowych są dla nas wszelkie formy popularyzacji, zwłaszcza z zastosowaniem nowoczesnych technik przekazu (wizualizacje, rekonstrukcje). Poszczególne tomy wydawane są w języku polskim z angielskimi streszczeniami i podpisami do rycin lub dwujęzycznie (w jęz. polskim i angielskim).

Od 2018 r. seria jest indeksowana na norweskiej, międzynarodowej liście czasopism, serii wydawniczych i wydawców (Norwegian Register for Scientific Journals, Series and Publishers).

Zapraszamy do współpracy instytucje i firmy, którym zależy na upowszechnieniu wyników badań archeologicznych. W zakresie naszych możliwości leży zarówno pozyskiwanie środków na publikację, adiustacja opracowań do wersji drukowanej (w tym wsparcie merytoryczne), jak i przeprowadzenie pełnej procedury wydawniczej.

Więcej na: [www.profil-archeo.pl/serie-2/serie](http://www.profil-archeo.pl/serie-2/serie)

## SAVED ARCHAEOLOGICAL HERITAGE

The SAVED ARCHAEOLOGICAL HERITAGE (OCALONE DZIEDZICTWO ARCHEOLOGICZNE) series was initiated in 2011. Its open formula, assuming publication of the results of all kinds of rescue archaeology research, was proposed in response to the growing disproportion between the number of salvage archaeological works and their percentage introduced into scholarly circulation by professionally prepared publications. We believe that the amount of work put into preparing official (or so-called investor's) reports from rescue excavations should not be wasted, and the obtained results deserve wide dissemination. There is no better form of reimbursement of the social costs of archaeological research than a synthetic monograph available to all those interested.

Most of the volumes published so far (see the list on the cover page) have been created thanks to funding from the Polish Ministry of Culture and National Heritage, which within the "Cultural Heritage" program, priority 5 ("Protection of archaeological monuments") makes it possible to subsidize the publication of rescue research results.

In 2013, the SAVED ARCHAEOLOGICAL HERITAGE series gained a side series labelled MINIATURES. Its program assumptions remain the same as in the main series, but it is designed for lower-budget publications concerning sites which may be small in terms of the volume of archaeological material, but important in terms of scientific or conservation results. The series is published in a brochure format.

We place great emphasis on high substantive and editorial standards of the studies we publish. No less important to us than the scientific aspects are all forms of popularization, especially with the use of modern transmission techniques (visualizations, reconstructions). Each volume is published in Polish with English summaries and figure captions, or bilingually (in Polish and English).

From 2018, the series has been indexed on the international Norwegian Register for Scientific Journals, Series and Publishers.

To develop the series, we are inviting the cooperation of all institutions and companies interested in disseminating the results of their archaeological research. Within the scope of our activity we can raise funds for publication, adjust typescripts to printed versions (including substantive support in the field of archaeology), and conduct full publishing procedures.

Learn more at: [www.profil-archeo.pl/serie-2/oda-series](http://www.profil-archeo.pl/serie-2/oda-series)

## OICALONE DZIEDZICTWO ARCHEOLOGICZNE

w serii ukazały się następujące tomy:

- TOM 1: Łukasz Oleszczak, Wojciech Twardowski „Tresta Rządowa, stanowisko 1. Cmentarzysko kultury łużyckiej z Polski Środkowej” (2011)
- TOM 2: Jolanta Szalkowska-Łoś, Józef Łoś „Zakrzewska Osada. Cmentarzysko kultury pomorskiej i wielbarskiej na Pojezierzu Krajeńskim” (2013)
- TOM 3: Małgorzata Cieślak-Kopyt, Ireneusz Miraś „Gulin Młyn, stanowisko 1. Cmentarzysko kultury pomorskiej i przeworskiej w regionie radomskim” (2013)
- TOM 4: Marcin M. Przybyła, Anita Szczepanek, Piotr Włodarczak (red.) „Koszyce, stanowisko 3. Przemoc i rytuał u schyłku neolitu” (2013)
- TOM 5: Tomasz J. Chmielewski, Edmund Mitrus (red.) „Pliszczyn, stanowisko 9. Eneolityczny kompleks osadniczy na Lubelszczyźnie” (2015)
- TOM 6: Arkadiusz Marciniak, Iwona Sobkowiak-Tabaka, Marta Bartkowiak, Mikołaj Lisowski (red.) „Kopydłowo, stanowisko 6. Osady neolityczne z pogranicza Kujaw i Wielkopolski” (2015)
- TOM 7: Elżbieta M. Kłosińska „Radom-Wośniki, stanowisko 2. Cmentarzysko kultury łużyckiej w regionie radomskim” (2018)
- TOM 8: Joanna Pyzel (red.) „Ludwinowo 7. Osada neolityczna na Kujawach” (2019)

## OICALONE DZIEDZICTWO ARCHEOLOGICZNE – MINIATURY

- TOM 1: Karol Dziegielewski  
„Hrubieszów, stanowisko 104.  
Osada z wczesnej epoki żelaza na wschodniej Lubelszczyźnie” (2013)
- TOM 2: Grzegorz Łaczek, Marcin M. Przybyła  
„Warzyn Pierwszy, stanowisko 7. Osada z epoki brązu w północnej Małopolsce” (2013)
- TOM 3: Paweł Dziechciarz  
„Gnieźdźewo, stanowiska 1 i 4. Osady z przełomu epok brązu i żelaza na Pomorzu Wschodnim” (2018)

WYDAWNICTWO I PRACOWNIA ARCHEOLOGICZNA

PROFIL-ARCHEO

Magdalena Dziegielewska

[www.profil-archeo.pl](http://www.profil-archeo.pl)

ISSN 2084-0071

ISBN 978-83-952339-5-1 (Profil-Archeo)

ISBN 978-83-7865-920-4 (Wydawnictwo UG)

