



Vrije Universiteit Brussel

**DIACHRONISCH ONDERZOEK NAAR DE
BEWARINGSTOESTAND VAN BEGRAVEN MENSELIJKE
RESTEN IN DE BODEM VAN HET VLAAMSE GEWEST**

Eline Schotsmans
Vrije Universiteit Brussel
Faculteit der Letteren en Wijsbegeerte
Prof. Dr. Karin Nys

Eindverhandeling ingediend voor het
behalen van de graad licentiaat in de
Kunstwetenschappen en Archeologie
Academiejaar 2006-2007

Diachronic study on the decomposition and preservation of buried human remains in different soil types of Flanders, Belgium.

ABSTRACT

In this preliminary study the decay and preservation of buried human remains in different soil types in Flanders are analysed. It examines the existence of a diachronic constant between the preservation and degradation of buried human remains in specific soil types of Flanders.

Based on literature and the Central Archaeological Inventory of Flanders (CAI), 29 sites were selected in different soil regions ranging from the Roman period to the contemporary period.

Excavation reports were analysed on their macroscopic qualitative preservation based on a new scoring system to categorize bones. They were also analysed on additional information such as pH, orientation, depth, covering of the burials, material culture, trauma, adipocere formation and the presence of soft tissue.

Despite the limitations of this study, the results show that texture, drainage and soil pH affect the qualitative preservation of bones within a post mortem interval (PMI) of more than 100 years.

© 2007 Eline Schotsmans

All rights reserved. No part of this dissertation may be reprinted, reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical or other means, not known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, without permission in writing from the author.

DANKWOORD

Eerst en vooral wil ik mijn promotor Prof. Dr. K. Nys bedanken voor haar sterke methodologische begeleiding, steun en geloof in het onderwerp. Ook bedankt aan Prof. Dr. M. Van Molle voor zijn kritisch geologische reflectie, het nalezen en de kennis die ik van hem meekreeg. Prof. Dr. D. Tys wil ik bedanken voor zijn tips en heldere kijk op de archeologische sites van Vlaanderen.

Dank aan Prof. Dr. M. De Bie en Prof. Dr. M. De Metsenaere, die twee jaar geleden hielpen bij de aanzet van dit onderzoek.

Tevens wil ik commissaris Joan De Winne bedanken voor zijn enthousiasme en de kansen en ervaring die ik via het DVI heb mogen opdoen. Ook bedankt aan forensisch archeoloog Mike Groen voor de bibliografische informatie en zijn kritische reflectie aangaande dit onderzoek. Bibliografische informatie kreeg ik eveneens van Prof. Dr. Peter Houben. Bedankt daarvoor. Ook Alexis Wielemans en Veerle Vandenbroeck wil ik danken voor hun hulp en geduld in de bibliotheek.

Dank aan Drs. Jeroen Meersmans en Erwin Meylemans voor het aanleren van de technische vaardigheden van het computerprogramma ArcView GIS. Ook Koen van Daele en Katrien Cousserier wil ik bedanken voor het openstellen van CAI-gegevens.

Zonder volgende archeologen was dit onderzoek niet tot stand gekomen. Dank aan Tim Bellens, Sofie Vanhoutte, Yann Hollevoet, Rica Annaert, Tim Vanderbeken, Natasja De Winter, Elke Wesemael, Marc Dewilde, Evelyn Osaer, Kristof Blicck, Marit Vandenbruaene en Bieke Hillewaert.

Ook bedankt aan Vera Ameels, Jan Moens en Marnix Pieters voor informatie over sites die uiteindelijk niet in deze verhandeling opgenomen werden.

Van het DVI-team heb ik ook duidelijke informatie gekregen. Bedankt aan Roland Verschoren, Willy Luypaert en Jos Stragier.

De mensen van het KMI wil ik nog bedanken voor hun snelle werking en duidelijke informatie.

INHOUD

Dankwoord	
Inhoud	i
Lijst met afkortingen	v
1. INLEIDING	1
2. PROBLEEMSTELLING	2
2.1. Uitgangspunten van het onderzoek	2
2.2. Onderzoeksvragen	3
2.3. Ruimtelijk en chronologisch kader	5
2.4. Afbakening	6
2.4.1. <i>Grafomgeving</i>	6
2.4.2. <i>Menselijke resten versus dierlijke resten</i>	8
2.4.3. <i>Inhumatie versus crematie</i>	10
3. ONDERZOEKSMETHODIEK	12
3.1. Methodologie: theoretische beschouwingen	12
3.1.1. <i>Macroscopisch onderzoek</i>	12
3.1.2. <i>Microscopisch en chemisch onderzoek</i>	14
3.2. Beperkingen in dit onderzoek	16
3.3. Toegepaste methodologie	18
3.3.1. <i>Bronnen</i>	18
3.3.2. <i>Selectie van de sites</i>	18
3.3.3. <i>Bodemdata</i>	21
3.3.4. <i>De analyse</i>	23
3.3.5. <i>Resultaten</i>	28
3.4. Conclusie	28
4. LITERATUURONDERZOEK	29
4.1. Het menselijke lichaam	29
4.1.1. <i>Zacht weefsel</i>	29

4.1.2. <i>Skelet</i>	30
4.1.2.1. Botsamenstelling	31
4.1.2.2. Macrostructuur	32
4.1.2.3. Microstructuur	34
4.1.2.4. Ossificatie	35
4.2. Decompositie, degradatie en preservatie	39
4.2.1. <i>Inleiding</i>	39
4.2.2. <i>Decompositie van de weke delen</i>	40
4.2.3. <i>Skelettering</i>	43
4.2.4. <i>Beïnvloedingsfactoren</i>	43
4.2.4.1. Intrinsieke beïnvloedingsfactoren	44
4.2.4.1.1. Fysieke gesteldheid	44
4.2.4.1.2. Vorm van de botten	44
4.2.4.1.3. Botdichtheid	45
4.2.4.1.4. Leeftijd en geslacht	45
4.2.4.2. Extrinsieke beïnvloedingsfactoren	46
4.2.4.2.1. Bodem	46
4.2.4.2.2. Menselijke invloed	64
4.2.5. <i>Preservatie</i>	66
5. CASESTUDIES	69
5.1. Inleiding	69
5.2. Zandstreek	71
5.2.1. <i>Inleiding</i>	71
5.2.2. <i>Romeinse inhumaties te Sint-Andries (Molendorp)</i>	72
5.2.3. <i>Merovingisch grafveld te Broechem</i>	77
5.2.4. <i>Vroegchristelijke graven te Sint-Gillis-bij-Dendermonde</i>	82
5.2.5. <i>Vroegmiddeleeuwse graven te Varsenare</i>	86
5.2.6. <i>Inhumaties uit de volle middeleeuwen te Edegem</i>	88
5.2.7. <i>16^{de}-17^{de} eeuws inhumatiegraf in Sint-Andries (Refuge)</i>	92
5.2.8. <i>Conclusie</i>	94
5.3. Kempen	96
5.3.1. <i>Inleiding</i>	96
5.3.2. <i>Merovingisch grafveld in Lindel</i>	99

5.3.3. <i>Merovingische graven te Ouwen</i>	101
5.3.4. <i>18^{de} eeuwse skelet in Meer</i>	103
5.3.5. <i>Recent lijk in een landduin</i>	106
5.3.6. <i>Conclusie</i>	109
5.4. Zandleemstreek	110
5.4.1. <i>Inleiding</i>	110
5.4.2. <i>Romeinse inhumaties te Donk</i>	111
5.4.3. <i>Merovingisch grafveld te Erps-Kwerps</i>	112
5.4.4. <i>Merovingisch grafveld in Beerlegem</i>	116
5.4.5. <i>Grafveld uit volle en late middeleeuwen in Kruishoutem</i>	119
5.4.6. <i>Soldatengraven uit WOI in Zonnebeke</i>	123
5.4.7. <i>Conclusie</i>	127
5.5. Leemstreek	128
5.5.1. <i>Inleiding</i>	128
5.5.2. <i>Frankische inhumaties in Neerhespen</i>	129
5.5.3. <i>Merovingisch grafveld in Engelmanshoven</i>	132
5.5.4. <i>Conclusie</i>	135
5.6. Kuststreek	135
5.6.1. <i>Inleiding</i>	135
5.6.2. <i>Romeinse skeletten in de oudlandpolders van Plassendale</i>	139
5.6.3. <i>Midden- en laatromeinse inhumaties in de oudlandpolders van Oudenburg</i>	141
5.6.4. <i>Middeleeuwse menselijke resten in de middellandpolders van Dudzele</i>	144
5.6.5. <i>Middeleeuwse grafveld in de duinen van Koksijde</i>	146
5.6.6. <i>Conclusie</i>	149
5.7. Kunstmatige bodems	150
5.7.1. <i>Inleiding</i>	150
5.7.2. <i>Laatromeinse inhumaties in Tongeren</i>	151
5.7.3. <i>Merovingisch grafveld te Orsmaal-Gussenhoven</i>	153
5.7.4. <i>Middeleeuwse boomstamkistgraven in Munsterbilzen</i>	155
5.7.5. <i>15^{de} eeuwse of jongere skeletresten in Boekhoute</i>	158
5.7.6. <i>17^{de} en 18^{de} eeuwse begravingen in Oostende</i>	160
5.7.7. <i>Zevenjarige begraving in een chemisch vervuilde bodem</i>	162

5.7.8. <i>Zevenjarige begraafing in een metaal vervuilde bodem</i>	165
5.7.9. <i>Negen maanden begraven lichaam in een kunstmatig bos</i>	167
5.7.10. <i>Conclusie</i>	171
5.8. Besluit	173
6. TOEKOMSTPERSPECTIEVEN IN HET ONDERZOEK NAAR DE DEGRADATIE EN PRESERVATIE VAN BEGRAVEN MENSELIJKE RESTEN	179
Bijlage 1: Onderzoeksformulier	181
Bijlage 2: Overzichtstabel casussen zandstreek	183
Bijlage 3: Overzichtstabel casussen Kempen	185
Bijlage 4: Overzichtstabel casussen zandleemstreek	187
Bijlage 5: Overzichtstabel casussen leemstreek	189
Bijlage 6: Overzichtstabel casussen Kuststreek	190
Bijlage 7: Overzichtstabel casussen kunstmatige bodem	192
Bijlage 8: Overzichtstabel per bodemtype	194
Bijlage 9: Overzichtstabel per tijdsperiode	196
Bijlage 10: Overzichtstabel per diepte	197
Bijlage 11: Overzichtstabel per oriëntering	198
Bijlage 12: Glossarium	199
Bijlage 13: De beenderen van het menselijke skelet	209
Illustratielijst	210
Bibliografie	212

1. INLEIDING

...want gij zijt stof, en gij zult tot stof wederkeren.

Genesis 3:19

In de loop van de geschiedenis is in de meeste volkeren een fascinatie voor de dood terug te vinden. Op allerlei manieren werd gezocht naar verklaringen voor natuurlijke fenomenen geassocieerd met de dood en het vergaan. Naast het ontstaan van allerlei volksverhalen, wekte het ook de interesse van de wetenschap. Ondertussen is onderzoek naar tafonomie belangrijk geworden en groeit de literatuur over historisch tafonomische observaties en moderne experimentele benaderingen (MICOZZI 1991, p. 5).

In de tafonomische wetenschap draait alles rond het begrip van de verschillende factoren die een rol spelen in het ontbinden en vergaan van een lichaam en zijn uitrusting, hoe het verder gerecycleerd wordt en terug geheel wordt opgenomen tot de aarde.

Dit diachronisch onderzoek naar de bewaringstoestand van begraven menselijke resten in de bodem van het Vlaamse Gewest is een correlaat tussen de (forensische) archeologie en de geologie. In het hoofdstuk dat volgt, worden de uitgangspunten van deze eindverhandeling besproken. Verder komen de onderzoeksvragen aan bod, het ruimtelijke en chronologische kader en de afbakening van deze studie.

In het derde hoofdstuk worden de mogelijke onderzoeksmethoden van dit onderwerp benaderd. Daarna komen de beperkingen en de uiteindelijke methodologie van deze studie aan bod.

In hoofdstuk vier wordt dieper ingegaan op de samenstelling van een menselijk lichaam, de decompositie of preservatie ervan en de beïnvloedingsfactoren hierop.

Hoofdstuk vijf bevat het eigenlijke onderzoek waarin de verschillende casestudies per landbouwtreek in het Vlaamse Gewest worden besproken. Hiervoor zijn overzichtstabellen te vinden in de bijlagen. Na een algemeen besluit over de bodemstreken worden in hoofdstuk zes de toekomstperspectieven van tafonomisch onderzoek aangehaald.

2. PROBLEEMSTELLING

2.1. Uitgangspunten van het onderzoek

De term tafonomie werd in 1940 voor het eerst gebruikt in de paleontologie door de Rus Efremov die het woord afleidde van het griekse *taphos*, wat begraafing betekent en *nomos*, met als betekenis ‘wet’. Letterlijk betekent tafonomie ‘de wetten van begraafing’. Binnen de paleontologie werd met tafonomie de studie van de overgang van organismen uit de biosfeer naar de lithosfeer, of het geologische record, bedoeld (LYMAN 1994, p. 1). Maar de laatste 20 tot 30 jaar breidde de term uit naar andere disciplines en werd het een belangrijke wetenschap binnen de archeologie, archeozoölogie en forensisch onderzoek (HAGLUND & SORG 1997, p. 13). De paleontoloog, de archeoloog of de forensisch onderzoeker zijn geïnteresseerd in verschillende niveaus van het verleden en in de reconstructie van dit verleden. Ze willen weten wat er met een artefact of organisme gebeurd is tussen de depositie van het artefact, of de dood van een organisme en hun ontdekking (RENFREW & BAHN 1991, p. 246). En dit kan alles zijn, gaande van degradatie ter plekke tot invloeden tijdens de opgraving (JANS 2005, p. 9).

In deze eindverhandeling zal de nadruk liggen op de tafonomische processen van organische resten die intentioneel begraven werden. Het behandelt tafonomie binnen een menselijke context die gaat van onderzoek over thanatologie¹ tot de processen die instaan voor preservatie en destructie (GARLAND & JANAWAY 1989, p. 15).

Het systeem artefact-bodem is uitermate complex en wordt bepaald door een zeer groot aantal variabelen (KARS & SMIT 2003, p. 1). Zo zijn er extrinsieke beïnvloedingsfactoren die een rol spelen bij de decompositie en degradatie van een begraven menselijk lichaam, maar ook beïnvloedingsfactoren die eigen zijn aan de mens zelf. Op deze factoren wordt dieper ingegaan in hoofdstuk 4.2.

Door het bestuderen van zowel oude als recente begravingen zullen de processen van preservatie en degradatie verduidelijken en zal het mogelijk zijn om natuurlijke, universele processen van andere processen te onderscheiden bij elke opgraving. Hierdoor wordt het in de eerste plaats mogelijk het postmortem interval (PMI) of de *Time Since Death* beter in te schatten bij opgegraven menselijke resten (MANHEIN 1997, p. 469).

Voorts is er een forensische reden waarvoor begrip over decompositie, degradatie en bodem belangrijk is. Binnen het Disaster Victim Identification Team (DVI) van de Federale Politie van België was er vraag naar dit onderzoek. Wanneer een moord aan het licht komt, is het

¹ De kennis van de verschijnselen van het sterven en de dood (COELHO 1997, p. 834).

voor de politie goed te weten naar welke graad van vergane menselijke resten ze moeten zoeken. Zullen ze moeten zoeken naar botmateriaal of naar menselijke resten met zacht weefsel? En hoe groot is de kans op een volledige of gedeeltelijke recuperatie?

Een goed inzicht in degradatieprocessen maakt het eveneens mogelijk voorspellingen te doen met betrekking tot de degradatiesnelheid van het archeologische botmateriaal bij een voorgenomen ingreep in de bodem. Op grond hiervan kan een fundamentele bijdrage worden geleverd aan het waarderings- en selectieproces van een vindplaats aangaande het behoud ervan of het opgraven. Bij de keuze een site te behouden kunnen vervolgens maatregelen worden voorgesteld om het erfgoed fysiek te behouden en mogelijke degradatie zoveel mogelijk te verhinderen of af te remmen (KARS & SMIT 2003, p. 1).

Tenslotte kan een begrip van decompositie en degradatie helpen bij de studie naar de juiste locatie voor kerkhoven, wat al gebeurt in Duitsland. Het blijkt namelijk dat kerkhoven die decompositieproblemen ondervinden, gecorreleerd kunnen worden aan bepaalde bodems (FIEDLER & GRAW 2005, p. 421-448).

Ondanks het stijgende aantal studies binnen de tafonomische wetenschappen is er in België nog geen onderzoek gebeurd naar de decompositie en bewaringstoestand van menselijke resten in Vlaamse of Belgische bodem. Deze eindverhandeling dient als aanzet voor verder en meer gedetailleerd onderzoek.

2.2. Onderzoeksvragen

De sleutelvraag in dit onderzoek is de vraag of er een diachronische constante te vinden is tussen de bewaringstoestand van begraven menselijke resten en een bepaald bodemtype in het Vlaamse Gewest. Vergaan menselijke resten op dezelfde manier wanneer ze op verschillende periodes in eenzelfde bodemtype zijn begraven? Speelt de specifieke tijdsperiode van begraving een rol voor de bewaringstoestand?

De twee belangrijkste componenten van de hoofdvraag zijn de bewaringstoestand en de bodem. Hier wordt met andere woorden de vraag gesteld naar diagenese.

Diagenese is oorspronkelijk een term uit de geologie waarin het de omvorming van sedimenten tot vaste gesteenten betekent. Binnen de archeologie werd deze term overgenomen met een iets andere betekenis gaande van “veranderingen in vertebrale resten die optreden na begraving” (LYMAN 1994, p. 417), “botdegradatie in een begraven omgeving” (JANS 2005, p. 10), “microscopische veranderingen in organische en anorganische componenten van bot door fysische of chemische agentia in of op het aardoppervlak”

(BEHRENSMEYER 1978, p. 153), tot “uitwisseling van elementen tussen organisch materiaal en de grafomgeving” (PANHUYSEN 2006, p. 14).

Een constante in deze definities is degradatie of veranderingen van organisch materiaal en bot in of op het aardoppervlak. Wij houden het bijgevolg ook bij de definitie van Janaway (1996, p. 67) “degradatie van bot in de bodem”.

Maar diagenetische studies gaan niet enkel over de veranderingen in het bot zelf, ze gaan ook na welke omgevingsprocessen hiervoor verantwoordelijk zijn (HEDGES 2002, p. 319).

Alle materialen die zich in of nabij het aardoppervlak bevinden, worden aangetast door de inwerking van de omgeving zoals water, lucht of organismen. Deze inwerking heet verwerking. Dit geldt onder andere voor alle reeds in de natuur aanwezige geologische afzettingen die door het proces van verwerking uiteenvallen en door de werking van water of wind elders worden afgezet. De bodem is hiervan een voorbeeld (cf. 4.2.4.2.1). Ze ontstaat door verweringsprocessen en zal daardoor in kleur en samenstelling afwijken van de onderliggende sedimenten.

Maar het verweringsproces blijft echter niet beperkt tot natuurlijke elementen. Het geldt ook voor achtergelaten materialen die aan of onder het aardoppervlak voorkomen. Dit kunnen materialen zijn van organische oorsprong zoals botmateriaal, of anorganische materialen zoals metaal, glas of aardewerk. Enkel de snelheid van verval zal bij anorganisch materialen trager verlopen dan bij organisch materiaal (KARS & SMIT 2003, p. 3-4).

Volgens Kars & Smit (2003, p. 4) wordt er bij het uiteenvallen van materiaal van anorganische oorsprong gesproken over verwerking en bij materiaal van organische oorsprong over degradatie, ondanks het feit dat deze mechanismen van dezelfde aard zijn. Naar onze mening worden deze termen in de literatuur door elkaar gebruikt als synoniemen, ongeacht antropogeen of natuurlijk materiaal.

In de literatuur wordt gesteld dat de initiële decompositie van het zacht weefsel onderhevig is aan geheel andere invloeden dan de degradatie van de beenderen. Een studie van Mant (1978, p. 70) toont aan dat de invloed van de bodem op recent begraven lichamen tot twee jaar na de begraafing erg gering is. Onderzoek van Janaway (1996, p. 69) bevestigt dit door te stellen dat tijdens de initiële decompositie van een begraven lichaam, waarbij de weke delen hun morfologische structuur verliezen, de lokale bodemchemie en bodembioogie heel belangrijk zijn. Na het vergaan van de massa zacht weefsel zou de algemene bodemchemie bepalend worden voor botdiagenese en degradatie van geassocieerde materialen. Wij stellen ons de vraag of voorgaande stellingen in deze studie bevestigd kunnen worden.

In dit onderzoek gaan we de relatie tussen decompositie van zacht weefsel of botdegradatie en de algemene bodem na aan de hand van de verschillende bodemtypes van Vlaanderen. De vraag naar diagenese in een bepaalde bodem zal dus een relatie leggen tussen de degradatie en de grondsoort, de natuurlijke draineringsklasse en de horizontenopeenvolging. Voorts stellen we de vraag of de zuurgraad hier ook mee te maken heeft.

Bepaalde bodems zijn echter gecontamineerd door acties van de mens. Is de degradatie in deze antropogene bodems dezelfde als in de andere bodemtypes, of vinden er geheel andere processen plaats? Welke categorieën van degradatie zijn aanwezig in kunstmatige bodems?

Een volgende onderzoekspunt is de vraag of begrip van de degradatiemechanismen kan leiden tot voorspellingen over het preservatiepotentieel van een bepaald bodemtype.

Al in het paleolithicum werden mensen intentioneel begraven als een manier om met de dood om te gaan. Doorheen de geschiedenis zien we verschillende soorten funeraire rituelen gaande van een inhumatie of crematie tot mummificaties, mutilaties of zelfs in stukken snijden. Elke cultuur heeft zijn eigen ‘begravingsregels’, zoals de oriëntatie van het graf, de grafgoederen, de manier van begraven, de locatie van het graf, uiting van sociale status enzovoort. Volgens Mant (1987, p. 23-24) kunnen deze elementen ook tot de beïnvloedingsfactoren van diagenese worden gerekend. In dit onderzoek stellen we bijgevolg ook de vraag naar de context van de begravingen. Is er een verband tussen de bewaringstoestand van menselijke resten en de materiële cultuur of grafcontext? Speelt de kist of de diepte van de begraving een rol? Wat is de invloed van de oriëntatie of specifieke locatie? Kunnen trauma’s een invloed hebben op de decompositie en degradatie?

2.3. Ruimtelijk en chronologisch kader

De focus van dit onderzoek ligt op het grondgebied van het Vlaamse Gewest. Deze geografische restrictie heeft verschillende redenen. Omdat dit onderzoek nog nooit werd uitgevoerd, zou het grondgebied van België een te grote oppervlakte beslaan voor deze licentiaatsverhandeling. Voorts werd er, om tot de selectie van de sites te komen, gebruik gemaakt van de databank van de Centrale Archeologisch Inventaris (CAI). De CAI is een inventaris van alle archeologische sites in Vlaanderen. Het bestaat uit een samenwerkingsverband tussen verschillende archeologische partners met als doel een internetgebaseerde databank te creëren, gekoppeld aan een GIS-component om kaarten met sites te creëren, aan een preventief, geïntegreerd beheer te doen en ter bescherming van archeologische monumenten en zones (COUSSERIER et al. 2003, p. 35; MEYLEMANS 2004, p.

9-28). Aangezien de data van de CAI beperkt zijn tot de vijf provincies van Vlaanderen, zal ook deze eindverhandeling dit gebied omvatten.

Chronologisch zijn er voor dit onderzoek in principe geen beperkingen. Het doel is een diachronisch onderzoek te voeren met als ideale situatie de vergelijking van begravingen uit verschillende periodes in eenzelfde bodemtype. Hierbij gaan we uit van het principe van uniformitarianisme² dat twee aannames heeft, namelijk natuurwetten zijn hetzelfde ongeacht tijd en ruimte en processen die hebben plaatsgevonden zijn hetzelfde ongeacht tijd en ruimte (LYMAN 1994, p. 47).

Toch treden hierbij automatisch restricties op vanwege de verschillende begravingsrituelen per periode. Omdat crematies buiten beschouwing worden gelaten in dit onderzoek (cf. 2.4.3) en inhumeren slechts een gewoonte werd vanaf de laatromeinse tijd, zal het onderzoek starten in de Romeinse periode en eindigen in de hedendaagse tijd.

2.4. Afbakening

2.4.1. Grafomgeving

De grafomgeving wordt gedefinieerd als de chemische, biologische en geologische condities die op een bepaalde locatie heersen. Deze condities zullen de toestand van een aanwezig lichaam veranderen en tal van factoren zullen de decompositie beïnvloeden (JANAWAY 1996, p. 58).

Binnen de archeologie heeft men meestal te maken met begraven menselijke resten. De forensische archeologie wordt daarentegen geconfronteerd met zowel begraven menselijke resten als menselijke resten die zich aan de oppervlakte bevinden. Er zijn slechts vier oorzaken waardoor een mens om het leven kan komen, namelijk door een natuurlijke dood, een ongeluk, door zelfmoord of moord. Het ligt voor de hand dat niet elk van deze doodsoorzaken zal leiden tot een begraving.

Dupras et al. (2006, p. 110-112) maken een indeling in zes types van begraving binnen het archeologisch of forensische archeologisch record, namelijk oppervlaktedepositie, primaire begraving, secundaire begraving, verstoorde begraving, multiple begraving en crematie.

Met oppervlaktedepositie wordt het achterlaten van het lichaam op de grond bedoeld. Hierbij zal het lichaam veel sneller worden aangetast door dieren of vertering.

Primaire begravingen zijn graven die niet verstoord zijn. Bij opgraving zullen de beenderen meestal gearticuleerd in anatomische positie liggen, gebaseerd op de veronderstelling dat het

² Voor het eerst beschreven door Charles Lyell in zijn boek *Principles of Geology* uit 1832.

lichaam in zijn geheel werd begraven met de aanwezigheid van zacht weefsel. Deze graven komen het meest voor in archeologische context.

Verstoorde begravingen zijn graven die verstoord zijn na de initiële begraving, wat niet noodzakelijk wil zeggen dat de menselijke resten daarom verplaatst zijn. Hierbij zal het skelet niet meer in anatomisch verband liggen en/of kunnen er skeletelementen afwezig zijn.

Secundaire begravingen bevatten menselijke resten die verplaatst zijn vanuit hun oorspronkelijke grafcontext naar een andere locatie. Hierbij is de oorspronkelijke locatie verstoord. Wanneer de resten verplaatst werden na de decompositie van het zacht weefsel, zullen de beenderen zich niet meer in anatomische positie bevinden. In vele gevallen bestaat de secundaire begraving uit een warboel van skeletresten en in vele gevallen zullen er skeletelementen ontbreken.

Een multiple begraving is een enkelvoudig graf waarin twee of meer individuen begraven liggen, waarbij de individuen in één keer samen kunnen begraven zijn als primaire begraving, of als combinatie van een primaire en een verstoorde begraving door het terug openen van het graf om er andere individuen bij te plaatsen. Massagraven of familiegraven zijn hiervan een voorbeeld.

Deze verhandeling behandelt de tafonomische effecten van een lichaam dat intentioneel begraven werd. Grafheuvels worden niet in het onderzoek opgenomen omdat hierbij geen begraving in een bodem plaatsvindt. De verstoring en antropologische invloed zijn bij grafheuvels te groot. Van de voorgaande zes types worden ook oppervlaktebegraving en crematie geweerd uit dit onderzoek. De reden waarom crematie niet in het onderzoek wordt opgenomen wordt verduidelijkt in 2.4.3. Oppervlaktebegravingen worden niet in dit onderzoek opgenomen omdat de tafonomie van lichamen aan de oppervlakte die bijvoorbeeld gedumpt werden, geheel anders verloopt dan de tafonomie van een traditioneel begraven lichaam. Volgens de regel van Casper verloopt de ontbinding van een begraven lichaam tot acht keer trager dan de ontbinding van een lichaam boven de grond. Het postmortem interval zal hierbij dus erg verschillen (TIMPERMAN & PIETTE 1988, p. 46; FIEDLER & GRAW 2003, p. 294). De vertraagde decompositiesnelheid van begraven menselijke resten heeft te maken met twee hoofdfactoren. Als eerste factor speelt de limitatieve factor van kadaverinsecten en activiteit van dieren. Het begraven van een lichaam limiteert gedeeltelijk of geheel de toegang van gedierte zodat het afbreken van het weefsel vooral zal gebeuren door autolyse en putrefactie (cf. p. 42). De graad van toegang van organismen onder de grond is direct gelinkt met de diepte van de begraving en de compactheid van de bodem (RODRIGUEZ 1997, p. 459). Ook geldt de regel dat hoe langer een lichaam boven de grond is gehouden voor het begraven

werd, hoe sneller de ontbinding onder de grond zal zijn. Want blootstelling boven de grond tussen de dood en begraving zal insecten en larven meer kans geven zich te nestelen in het lichaam (GARLAND & JANAWAY 1989, p. 18). De tweede belangrijke factor van een vertraagde ontbinding is de aanwezigheid van een bodem, of de begraving op zich. De bodem zal fungeren als een soort bumper die onder andere de gasverspreiding limiteert (GARLAND & JANAWAY 1989, p. 18). Het vormt eveneens een barrière voor zonnestraling waardoor de temperatuur onder de grond zal fluctueren naargelang de diepte. De bodem bevat bepaalde bodemorganismen, planten of dieren en er is grondwater in aanwezig. Verder heeft de bodem een bepaalde structuur met een bepaalde doorlatendheid voor invloeden en organismen. Kortom, de hele context van de bodem zal de ontbindingssnelheid beïnvloeden (RODRIGUEZ 1997, p. 460). Verder spelen nog andere factoren een rol zoals de aanwezigheid van een doodskist die de ontbinding zal afremmen (GARLAND & JANAWAY 1989, p. 18). De belangrijkste beïnvloedende factoren komen in hoofdstuk 4.2.4 afzonderlijk aan bod.

Het is belangrijk begraving duidelijk te onderscheiden van sedimentatie. Begraving betekent de dynamische plaatsing van menselijke, dierlijke of andere resten in een bestaande sedimentaire eenheid of bodem (LYMAN 1994, p. 406). Een sediment is een afzetting van sedimentatiemateriaal op het aardoppervlak. Hiervan is het mogelijk de afkomst, het transport en de kenmerken van de locatie waar het is afgezet, af te leiden.

Een bodem moet duidelijk onderscheiden worden van een sediment. Een bodem is een verweringslaag, die ontstaat na langdurige blootstelling aan het oppervlak en waarin zich verschillende bodemlagen of horizonten ontwikkelen ten gevolge van verschillende verweringsprocessen (cf. 4.2.4.2.1). Een bodem is statisch terwijl een sediment dynamisch is omdat het wordt getransporteerd en afgezet (FRENCH 2003, p. 35-36; GOLDBERG & MACPHAIL 2006, p. 11, 46).

2.4.2. *Menselijke resten versus dierlijke resten*

In archeologisch onderzoek komt vermenging van dierlijk en menselijk bot vaak voor. Doorheen de geschiedenis werden regelmatig dieren als offer meegegeven met de overledenen (LAUWERIER 2004, p. 66). Ook in forensische situaties kan een mix van dieren- en mensenbotten voorkomen. Het is niet altijd duidelijk om welke resten het gaat. Wanneer er nog zacht weefsel of haar aanwezig is, kan men herkennen of het om een mens gaat. Maar wanneer het botmateriaal verspreid en door elkaar ligt, wordt het moeilijker. De botten van een beer, hert, grote honden, of een zwijn, worden meestal verward met de beenderen van een

volwassen mens. De botten van kleine dieren kunnen aanzien worden als kinder- of foetusbotjes. Opmerkelijk is dat bepaalde beenderen steeds tot hetzelfde misverstand leiden. Zo worden een berenklaauw en een menselijke hand gemakkelijk verward, alsook een menselijke femur en een berenfemur. Ook het wisselen van een menselijke molaar en een molaar van een varken komt gemakkelijk voor. Verder is er een grote gelijkenis tussen een stuk van een schildpaddenschild en een gedeelte van het cranium, of tussen de wervels van een hert en die van een mens (PICKERING & BACHMAN 1997, p. 71-72; DUPRAS et al. 2006, p. 161-182).

Macroscopisch kan worden afgegaan op twee basiskarakteristieken van bot, namelijk maturatie en morfologie. Bij maturatie gaat het om kinderbotten die zouden worden verwisseld met beenderen van kleinere zoogdieren. Hierbij is het vooral belangrijk te letten op de groeischijf en het sluiten van de groeischijf. Een kind heeft groeischijven die nog niet gesloten zijn, terwijl een volwassen klein dier aan elkaar gegroeide epifysaarschijven heeft. Voor morfologie wordt er gekeken naar de vorm van het bot. Zoogdieren en mensen delen dezelfde soort botten. We hebben allemaal twee femora, twee humeri, twee scapulae enzovoort, maar het grote verschil tussen de mens en de zoogdieren is dat de mens bipedaal is. Mensen wandelen rechtopstaand. Dit heeft invloed op de morfologie van de beenderen. Verder bezitten mensen veel minder zware spieren en spieraanhechtingen waardoor dierenbeenderen veel zwaarder en compacter zijn, hierdoor zal dierenbot veel beter bewaren dan menselijk botmateriaal dat veel lichter en brozer is (DUPRAS et al. 2006, p. 161-182).

Het is voornamelijk in de microstructuur dat menselijk en dierlijk bot van elkaar verschillen. De gemiddelde diameter van de kanalen van Havers (cf. p. 35) in menselijke beenderen is significant groter dan die van dierlijke botten (HARSANYI 1993, p. 81). Dierlijk bot is over het algemeen minder poreus en bevat meer vet zodat het gladder zal aanvoelen, maar de chemische samenstelling is vergelijkbaar. Het grootste verschil tussen mens en dier is de archeologische context, die een zekere invloed heeft op de conservering. Veel dierlijk bot komt in de bodem terecht zonder zacht weefsel waarbij door het ontbreken van bacteriële degradatie het bodemmilieu gunstiger is en het bot beter geconserveerd zal zijn. Menselijk bot is meestal al aangetast door vroege microbiële degradatieprocessen, waardoor het minder goed bewaard zal blijven (KARS & SMIT 2003, p. 52, 56).

Om voorgaande redenen verkozen wij voor dit onderzoek enkel menselijke resten te analyseren. Meer informatie over het menselijke skelet is te vinden in hoofdstuk 4.1. De Latijns-Engelse benamingen van de beenderen die in dit onderzoek aan bod komen, bevinden zich in bijlage 13.

2.4.3. *Inhumatie versus crematie*

Eén van de zes types van begravingen die besproken werden in 2.4.1., was crematie. Naast inhumatie pasten verschillende culturen in verschillende perioden en delen van de wereld evenwel crematie toe. Begraven gecremeerde resten reageren heel anders op hun grafomgeving dan begraven inhumaties. Dit heeft te maken met de veranderingen in de structuur en samenstelling dat bot ondergaat onder thermische invloed. Wanneer een lichaam in een vuur wordt gelegd vindt eerst het verschroeien en verbranden van de huid en haren plaats. Ongeveer 60% van het menselijke lichaam bestaat uit water, dat door de warmte uit het lichaam wordt gedreven waardoor de spieren en pezen samentrekken. Vervolgens scheuren de huid en de spieren en treedt destructie op van de weke delen zodat er delen van bot komen bloot te liggen. Uiteindelijk zullen alle weke delen vernietigd worden en zal enkel skelet overblijven. De structuur en de samenstelling van de botten zullen veranderen en uiteindelijk kan het bot zelfs exploderen (MCKINLEY 1989, p. 65; MAYS 1998, p. 207). Alles hangt af van de temperatuur van het vuur, de tijd dat het lichaam in het vuur is gelegd en de toestand hoe het lichaam in het vuur werd gelegd (DUPRAS et al. 2006, p. 128). Visueel kan waargenomen worden dat gecremeerd bot van kleur verandert en dat krimpen en vervorming optreedt. Gecremeerd bot kan gekleurd zijn van grijsblauw, zwart, grijs, grijswit, kalkwit tot geheel andere kleuren zoals groen, geel, roze of rood. De kleur die het bot aanneemt heeft niet enkel te maken met de temperatuur waarin het verbrand werd, maar ook met de tijd dat het aan die stijgende warmte is blootgesteld en de organische en anorganische materialen die bij het lichaam aanwezig waren. Naast kleurveranderingen is ook het krimpen van het bot merkbaar. Krimping is afhankelijk van vier criteria; de verdeling van compact en spongieus bot, de temperatuur van de verbranding, de minerale inhoud van het bot en de minerale samenstelling van het bot. Zo is er ook een relatie tussen het geslacht en het inkrimpen van bot bij crematie. Omdat mannen een hogere inhoud van mineralen hebben in hun beenderen, zal bij hen het krimpen groter zijn.

Tenslotte is het bot in staat plastisch te vervormen bij hoge temperaturen. Bij een bepaalde druk op een bot zal het die vorm aannemen, krom trekken of breken (MCKINLEY 1989, p. 65; CORREIA 1997, p. 275-279; CORREIA & BEATTIE 2002, p. 435-450; WORLEY 2005, p. 63-65).

Naast de structuur verandert ook de samenstelling van het botmateriaal. De histologische eigenschappen en het gewicht van gecremeerd bot zullen wijzigen afhankelijk van de temperatuur. Het gevolg hiervan is fragmentatie, vervorming en broos worden van het bot. Deze veranderingen zijn in te delen in drie fasen. De eerste fase ligt tussen 105°C en 300°C waarbij het water uit het bot verdampt en het organische materiaal aangetast geraakt. Vanaf

600°C begint de tweede fase waarbij het gewicht reduceert en het collageen verdwijnt. De derde fase begint tussen de 800 à 900°C waarbij calciumcarbonaat uit het bot verdwijnt, magnesium wordt afgebroken, de hydroxyapatite-kristallen uiteindelijk groter en stabiel worden, en een laatste gewichtsreductie plaatsvindt (CORREIA 1997, p. 280; VAN DEN BERG et al. 2006, p. 23).

Meestal is het wel nog mogelijk om leeftijd, geslacht, lengte, pathologieën, andere persoonlijke kenmerken en zelfs DNA of doodsoorzaak af te leiden. Alleen moet er heel voorzichtig worden omgesprongen met de resten, de opgraving moet goed gebeuren en elke situatie moet apart bekeken worden (MAYS 1998, p. 207-216; CORREIA & BEATTIE 2002, p. 444-448; DUPRAS 2006, p. 128).

Deze korte samenvatting verduidelijkt dat de decompositie van een gecremeerd lichaam anders zal verlopen dan van een geïnhumeerd lichaam. We willen hieraan toevoegen dat ook gekookte beenderen anders zullen reageren op hun grafomgeving dan onbehandelde beenderen. De veranderingen die door extreme verwarming bij koken plaatsvinden, zijn echter enkel microscopisch waar te nemen. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat het koken van menselijke beenderen slechts sporadisch voorkomt (JANS 2005, p. 9).

We besluiten dat omgevingsfactoren andere invloeden zullen hebben op gecremeerd, gekookt en onbehandeld bot waardoor het belangrijk is hiertussen een onderscheid te maken. In deze studie zullen enkel inhumaties worden opgenomen.

3. ONDERZOEKSMETHODIEK

3.1. Methodologie: theoretische beschouwingen

Binnen archeologisch onderzoek is naast de archeologie van de materiële cultuur, de archeologie van de mens zelf even belangrijk. Kennis van botmateriaal is vereist omdat in de meeste archeologische situaties enkel beenderen overblijven als enige resterende biologische weefsels van onze voorouders. Naast de materiële cultuur stellen deze menselijke archeologische resten ons in staat de cultuur en het leven van onze voorouders te reconstrueren (RENFREW & BAHN 1991, p. 371).

Bot kan, zoals andere weefsels, geanalyseerd worden op vier niveaus; op macroscopisch niveau, op microscopisch of histologisch niveau, op het niveau van de cytologie of botcellen en op moleculair niveau, namelijk de botmatrix (JANS 2005, p. 5). De kennis van de microstructuur van bot is erg belangrijk om de macroscopisch observeerbare kenmerken van bot te kunnen begrijpen (SCHULTZ 1997, p. 187).

3.1.1. Macroscopisch onderzoek

Macroscopisch gezien kan bot verschillende veranderingen ondergaan tijdens begraving. Beenderen kunnen gefragmenteerd zijn, de oppervlakte ervan verweerd, verkleurd of aangetast door planten of dieren.

De macroscopische bewaringstoestand van botmateriaal kan kwantitatief of kwalitatief worden uitgedrukt. Met kwantitatief wordt de compleetheid van een skelet bedoeld, terwijl een kwalitatieve beschrijving de kwaliteit van het botmateriaal aangeeft. Archeologen halen deze twee manieren van beschrijven gemakkelijk door elkaar, waardoor wij pleiten een duidelijk onderscheid te maken door middel van andere benamingen. Het zou veel duidelijker zijn de kwantitatieve bewaringstoestand skeletcompleetheid te noemen.

Wij benadrukken dat dit een onderzoek is naar de kwalitatieve bewaringstoestand van botmateriaal.

Behrensmeyer (1978, p. 151-153) ontwierp een kwalitatieve classificatie voor de verwerking van botmateriaal bij dieren van meer dan vijf kilo. Bij het eerste stadium behoren botten die geen tekens van scheuren of afschilfering vertonen, veroorzaakt door verwerking. In het tweede stadium vertonen beenderen scheuren die in de richting van botstructuur lopen. Het derde verweringsstadium van Behrensmeyer bevat botten waarvan de oppervlakte bestaat uit ruwe plekken die een vezelachtige structuur vertonen. Ze bevinden zich over het gehele

botoppervlak, maar gaan niet dieper dan één tot anderhalve millimeter. Beenderen uit het vierde stadium zijn ruw en vezelig waarbij delen van het botoppervlak afschilferen en waarbij er ook verwerking is waar te nemen in de binnenholten van het bot. In het laatste vijfde stadium vallen de beenderen uit elkaar in grote splinters, ze breken gemakkelijk en het exacte bot is niet altijd nog te herkennen.

Bij het gebruik van deze indeling moet rekening gehouden worden met het feit dat het is opgesteld voor dierlijk materiaal, dat steviger is, waardoor stadium vijf bij dierlijke botten al stadium drie van menselijke botten zou zijn. Maar hiertegenover staat dat deze indeling geldt voor botmateriaal dat zich aan de oppervlakte bevindt, terwijl menselijke beenderen zich voornamelijk onder de grond bevinden, waar de verwerking veel trager of zelfs niet plaatsvindt. Gordon en Buikstra (1981, p. 566-571) ontwikkelden een macroscopische indeling voor fragmentatie van menselijk botmateriaal. In dit onderzoek wordt bot geëvalueerd op een schaal van één tot vijf waarbij de eerste categorie staat voor *Strong Complete Bone* met skeletelementen die volledig en onbeschadigd zijn en waarbij geen postmortem vernietiging heeft plaatsgevonden. Botmateriaal behorend tot de tweede categorie *Fragile Bone* bestaat uit beenderen die gefragmenteerd, maar toch terug geheel te reconstrueren zijn. In de derde categorie *Fragmented Bone* worden skeletresten ingedeeld die gescheurd, gebarsten of gefragmenteerd zijn, maar met nog te herkennen fragmenten. De vierde categorie *Extremely Fragmented Bone* bestaat uit onherkenbare fragmenten waardoor geen metingen meer op de beenderresten kunnen gebeuren. En tenslotte is er een vijfde categorie *Bone Meal/Ghost* waarbij het botmateriaal gereduceerd is tot een poederachtige substantie zodat een vorm niet meer af te leiden valt, maar waar nog wel een aflijning van het lichaam is te herkennen.

Wij willen opmerken dat de kwantitatieve bewaringstoestand en de kwalitatieve bewaringstoestand van botmateriaal in voorgaande indeling door elkaar wordt gehaald. Wat doet de onderzoeker bijvoorbeeld met sterk, maar gefragmenteerd bot?

Voorgaande indelingen tonen aan dat de fysische toestand van een bot op macroscopisch niveau zichtbaar is. Toch is het exacte mechanisme of de oorzaak van degradatie hierbij niet te achterhalen. Een bewijs hiervan vinden we in het histologisch onderzoek van Jans (2005, p. 21) op postmiddeleeuwse botstalen uit Nijmegen. Op macroscopisch niveau vertoonden alle botten dezelfde bewaringstoestand, terwijl er histologisch een grote variatie in preservatie werd vastgesteld. Hieruit blijkt dat belangrijke degradatiemechanismen niet zichtbaar zijn met het blote oog waardoor het niet mogelijk is door middel van macroscopische analyse de biodeterioratie, de subtiele chemische veranderingen of het exacte degradatiemechanisme te

achterhalen (KARS & SMIT 2003, p. 52; JANS 2005, p. 11). Er zijn dus andere methoden vereist om diagenetische veranderingen in bot waar te nemen.

3.1.2. *Microscopisch en chemisch onderzoek*

Naast macroscopische analyse zijn er andere analysetechnieken die specifieke elementen uit cellen en weefsels kunnen bestuderen. Zo kan het metabolisme van weefsels en cellen microscopisch of chemisch bestudeerd worden. Men kan microscopisch kijken naar een coupe van weefsel, of men kan de componenten in weefsels en cellen zichtbaar maken aan de hand van chemische reacties. Deze histochemische en cytochemische technieken zijn een essentieel hulpmiddel geworden in de histologie en celbiologie (JUNQUEIRA et al. 1998, p. 1, 15).

De samenstelling van beenderen in een bodem verandert ontegensprekelijk doorheen de tijd op verschillende niveaus. Aan de hand van deze onderzoeken naar de uitwisselingen tussen lichaam of botmateriaal en grafomgeving probeert men voorspellingen te doen naar het postmortem interval. Zo deden Vass et al. (2002, p. 542-553) een onderzoek naar de decompositie van menselijke resten aan de hand van de analyse van biomarkers, namelijk aminozuur, neurotransmitters en decompositie bijproducten in organen van rottende menselijke resten.

In botmateriaal vindt een verlies of verandering van moleculen plaats, een reorganisatie van de kristalijne structuur en veranderingen in porositeit en microstructuur (NIELSEN-MARSH & HEDGES 2000, p. 1139). Yoshino et al. (1991, p. 143-158) analyseerden de UV-fluorescentie van het compact weefsel in botmateriaal aan de hand van microscopische spectrofotometrie. Grupe (1995, p. 193-199) ging de proteïnedegradatie en -preservatie na aan de hand van onderzoek naar verlies van aminozuur. Ook Taylor et al. (1989, p. 1048-1056) deden onderzoek aan de hand van aminozuurracemisatie. Hedges et al. (1995, p. 201-209) onderzochten verlies van proteïnen in het bot, dat bleek los te staan van andere diagenetische veranderingen. Ook ontwikkelde hij een schaal van zes categorieën om de graad van microbiële vernietiging te beschrijven, *The Oxford Histological Index* genoemd (HEDGES & MILLARD 1995, p. 155-164). Jarvis (1997, p. 199-208) ging stikstofconcentraties in botmateriaal na en besloot dat stikstof in de lange beenderen daalt met de ouderdom van het graf. Verder kunnen ook radio-isotopen en sporenelementen onderzocht worden (SWIFT et al. 2001, p. 73-87), het evenwicht tussen ^{210}Po en ^{210}Pb (SWIFT 1998, p. 119-126) of de degradatie van DNA in botmateriaal (PERRY et al. 1988, p. 144-153).

Deze opsomming toont de vele onderzoeken naar diagenese aan. Hoewel voorgaande onderzoeken meer gericht zijn op het uiteindelijke bepalen van het postmortem interval, zou het interessant zijn deze diagenetische uitwisselingen te vergelijken met het bodemtype.

Ook de bodem kan op verschillende manieren onderscheiden of onderzocht worden. Het karakteriseren van bodems kan gebeuren op basis van korrelgrootte of aan de hand van de samenstelling van de mineralen. Dit laatste gebeurt door middel van *X-ray diffraction* waarbij de diffractometer de samenstelling detecteert (FORBES et al. 2002, p. 226; FORBES et al. 2005b, p. 36), ook *plasma spectrometry* kan concentraties van bepaalde elementen in bodemstalen nagaan (PYE et al. 2006). De korrelgroottesamenstelling kan geanalyseerd worden door middel van *particle size analysis* waarbij een representatief staal van de bodem in een onderzoeksinstrument, bestaande uit verschillende zeven, wordt geplaatst (CHAZOTTES et al. 2004, p. 159-166; FORBES et al. 2005b, p. 36-37). Het ligt voor de hand dat deze onderzoeksmethoden niet altijd ter beschikking zijn en dat het bepalen van de bodemserie via de bodemkaart een andere mogelijkheid blijft.

Een onderzoek dat perfect aansluit op de relatie tussen diagenese en bodemtype is de doctoraatsstudie van Jans (2005). Aan de hand van histologie ging zij de degradatiemechanismen uit de bodem na. 250 archeologische botstalen afkomstig uit vijf verschillende landen en verschillende bodems werden histologisch geanalyseerd. De bodem waaruit de stalen kwamen, werd beschreven en de parameters genoteerd zodat het mogelijk werd de bodemomgeving in te delen in vier verschillende categorieën; namelijk kalkrijke bodems, antropogene bodems, corrosieve bodems en mariene vindplaatsen. Per bodemcategorie ging ze de soort microbiële aantasting na. Histologisch zijn er vijf verschillende typen van aantasting waar te nemen. Dit zijn microbiële tunnels, microbarsten, infiltraten, inclusies en verandering van de intensiteit van de dubbelbreking. Met behulp van deze vijf categorieën kon de conserveringstoestand van het bot nauwkeurig worden vastgesteld en werden de resultaten kwantitatief weergegeven.

De kalkrijke bodems wezen op een vrij goede bewaring van botmateriaal met een normale microbiële aantasting die niet wordt beïnvloed door de bodemomgeving. De antropogene bodems waren heterogeen met een hoge concentratie aan organische stof waarbij bleek dat de botten gemiddeld goed bewaard waren gebleven. Hierbij werd de vraag gesteld in welke mate de goede bewaring veroorzaakt werd door bodemfactoren omdat er vooral dierlijk botmateriaal onderzocht bleek te zijn, wat een andere bewaring heeft, en omdat de gemiddelde ouderdom van de vindplaatsen vrij jong was. De corrosieve bodems waren de

bodems met een zure pH. De botmonsters uit deze bodems waren het slechtst bewaard en ook de microbiële aantasting van de monsters bleek erg groot. Tenslotte waren er de mariene vindplaatsen waarbij veel framboosvormig pyriet werd aangetroffen, een mineraal dat wijst op zuurstofloze, reducerende omstandigheden die gunstig zijn voor de bewaring.

Ook in het onderzoek van Nielsen-Marsh et al. werd de bodem ingedeeld in twee subgroepen *benign and corrosive soils* waarbij de eerste bodem opmerkelijk betere resultaten opleverde dan de corrosieve bodem (NIELSEN-MARSH et al 2006, p. 1-9).

3.2. Beperkingen in dit onderzoek

Het voorgaande toont aan dat onderzoek binnen dit onderwerp interdisciplinaire samenwerking vereist en dat de archeologie, de forensische geneeskunde en de geowetenschappen geïntegreerd moeten worden voor verder onderzoek.

Het zou ideaal zijn om voor deze verhandeling aan voorgaande onderzoeken een voorbeeld te nemen, zij het dat de mogelijkheden hiervoor ontbreken.

Eerst en vooral stelt zich het probleem van de botstalen. De ideale situatie veronderstelt mee op terrein te gaan om het botmateriaal onmiddellijk tijdens of na de opgraving te analyseren. Dit is echter niet mogelijk vanwege de tijdsbeperking van deze licentiaatsverhandeling omdat hierbij de noodzaak rijst dat er opgegraven wordt, dat er menselijke resten, meer bepaald inhumaties bij komen kijken, dat de opgravingen in de juiste bodem plaatsvinden en dat het over de juiste tijdsperiode gaat.

Het botmateriaal in depots bekijken zou een tweede optie zijn, maar depots herbergen enkel het goed bewaarde botmateriaal. Erg broze beenderen of lijkschaduwten komen hier niet in terecht zodat dit een vertekend beeld kan geven. Verder stellen we ons de vraag of de toestand van beenderen na jaren in een depot nog steeds dezelfde is als de toestand onmiddellijk na de opgraving ervan.

Een andere restrictie stelt zich bij de bodemkaarten. Bij bodemkarteringen wordt het bodemprofiel op het terrein bestudeerd tot op 125 centimeter diepte met een dichtheid van ongeveer twee boringen per hectare (AMERYCKX et al. 1989, p. 195). Men krijgt dus een algemeen beeld van de grondsoort, natuurlijke drainering en de horizontenopvolging van een bodem, maar specifieke informatie ontbreekt hierbij. Het literatuuronderzoek in hoofdstuk vier zal duidelijk maken dat de specifieke bodemgesteldheid een belangrijke invloed heeft op de decompositie en degradatie. De lokale invloed is erg belangrijk waardoor de degradatie van skeletten die vlak naast elkaar liggen volledig verschillend kan zijn, maar ook de

degradatie van de beenderen binnen één skelet kan verschillen. Hiervoor dienen bodemstalen genomen te worden in het graf, naast het graf en rond de site, maar bodemstalen of bodemanalyses bleken voor dit onderzoek niet beschikbaar.

Los van de aanwezigheid van bot- of bodemstalen zijn de mogelijkheden naar histologisch onderzoek en microscopische analyse eveneens beperkt voor een licentiaatsverhandeling. In tegenstelling tot in Nederland vindt in België nergens histologisch onderzoek naar botdegradatie plaats en zal een specifieke opleiding in ons buurland moeten worden gezocht.

Een laatste optie was het werken met de antropologische verslagen van de fysisch antropologen uit het VIOE. Zij drukken de bewaringstoestand van een skelet kwantitatief uit in tabellen en kolommen. Een volledig skelet wordt hierbij onderverdeeld in tien skeletzones waarbij elke zone wordt nagezien op aan- of afwezigheid. Op die manier krijgen ze een objectief overzicht van het aantal bewaarde skeletzones en de compleetheid per skelet. Hierbij moet echter benadrukt worden dat dit handelt over de kwantitatieve bewaringstoestand van botmateriaal. Een skelet kan compleet aanwezig zijn maar het botmateriaal hiervan kan zich in een heel slechte toestand bevinden.

Omdat dit een onderzoek is naar de kwalitatieve bewaringstoestand, brengen deze tabellen ons niet verder. De kwalitatieve bewaringstoestand wordt nog te weinig vermeld door het ontbreken van een specifieke indeling hiervoor. Indien de antropologen van het VIOE iets vermelden over de kwalitatieve bewaring, zullen zij de toestand eerder beschrijven of indelen in goed, matig of slecht. Bij dit laatste baseren ze zich op het feit of het botmateriaal te wassen is of niet. Wanneer de beenderen door afschilfering of weekheid niet te wassen zijn, vallen ze in de laatste twee categorieën.

Na een gesprek met antropologe Marit Vandenbruaene over het ontbreken van exacte kwalitatieve gegevens, verklaarde zij eerder voorstander te zijn van de verwerkingstabellen van Behrensmeyer, dan van de indeling van Gordon en Buikstra wegens het onduidelijke onderscheid tussen kwalitatieve en kwantitatieve bewaring (cf. supra).³ Ondanks het feit dat Behrensmeyers indeling om oppervlakteverwerking gaat en dat het over dierlijk botmateriaal handelt. Dit bewijst de nood aan een duidelijk en bruikbaar kwalitatief categorieënsysteem.

³ Persoonlijke communicatie op 19-05-2007 met M. Vandenbruaene.

Samenvattend blijkt het voor deze studie niet mogelijk was enkel af te gaan op de antropologische verslagen aangezien ze vooral de kwantiteit van het botmateriaal beschrijven en te weinig informatie bevatten over de context van de begraafing.

3.3. Toegepaste methodologie

Vanwege voorgaande restricties werd besloten casussen individueel te bespreken als vooronderzoek voor een verdere en meer gedetailleerde studie. Bijgevolg zal dit onderzoek niet op microscopisch of chemisch niveau plaatsvinden. Het zal een algemeen beeld geven over de relatie tussen degradatie en bodem, maar specificaties naar bodem en microbiële degradatie toe zullen niet mogelijk zijn.

3.3.1. Bronnen

Het eigenlijke bronnenmateriaal voor dit onderzoek beperkt zich tot opgravingsverslagen en publicaties over opgravingen, gesprekken met de archeologen en gesprekken met de fysisch antropologen.

Toch moet hiermee erg kritisch worden omgesprongen. Het uitvoeren van een macroscopische botanalyse op basis van opgravingsverslagen is erg abstract en subjectief.

Allereerst moet worden nagegaan of de auteur van het opgravingsverslag met bewaringstoestand de kwalitatieve of de kwantitatieve bewaringstoestand bedoelt. Indien het gaat om de kwaliteit van het botmateriaal dienen we te achterhalen wat de archeoloog verstaat onder goede, matige of slechte bewaring. Vond er een evolutie plaats in de perceptie van de bewaringstoestand? Misschien vonden archeologen in de jaren '50 een bot goed bewaard, terwijl archeologen van vandaag, na een toenemende studie en kennis, datzelfde bot minder goed bewaard vinden. En hoe zit het met de evolutie binnen één archeoloog? Had de archeoloog veel of weinig ervaring? Het is mogelijk dat hij een bot in het begin van zijn carrière goed bewaard vond, terwijl hij na 1000 botten gezien te hebben van gedachte zou kunnen zijn veranderd.

Deze kritische reflecties dienen in acht genomen te worden bij het bespreken van casussen op basis van opgravingsverslagen.

3.3.2. Selectie van de sites

Uit een groot aanbod van sites waar inhumaties bij te pas komen, moesten de meest bruikbare geselecteerd worden om als casus te bespreken. In het vooronderzoek van deze licentiaatsverhandeling werd begonnen met het selecteren van mogelijk bruikbare sites aan de

hand van de databank van de CAI. De hoofdcomponent van de CAI-structuur bestaat uit de tabellen 'Locatie', 'Structuur', 'Datering' en 'Interpretatie'. Aan de component datering die ingedeeld is in 'Onbepaald', 'Steentijd', 'Metaaltijden', 'Romeinse Tijd', 'Middeleeuwen', 'Nieuwe Tijd' en 'Nieuwste Tijd' werd de interpretatie 'Begraving' gekoppeld.

Dit leverde 2000 sites met begravingen op. Vervolgens werden hieruit handmatig alle neven- en subklassen 'crematies' of 'grafheuvels' geschrapt en de overgebleven sites per periode op kaarten aangeduid.

De volgende stap was het nagaan van de bruikbaarheid van de opgravingsverslagen waarvan de referentie per geselecteerde site te vinden is onder de koppeltabel 'Bron'. De bronnen werden in de bibliotheek van het VIOE nagekeken op de aanwezigheid van een beschrijving van de bewaringstoestand van de menselijke resten. En omdat de bibliografische referenties van de CAI niet volledig zijn, werd in de bibliotheek van het VIOE uitgebreider onderzoek gedaan naar opgravingsverslagen en publicaties, gekoppeld aan persoonlijke communicatie met verantwoordelijken van de opgravingen en andere archeologen.

Voor de meest recente lichamen werden er casussen geselecteerd en besproken in samenwerking met het DVI.

De criteria van sites die als casus konden worden gebruikt waren; de aanwezigheid van de Lambertcoördinaten, de aanwezigheid van gepubliceerde opgravingsverslagen of eventuele contacten en het bevatten van voldoende informatie over de bewaringstoestand. Dit laatste lag echter niet zo voor de hand omdat niet elk opgravingsverslag de toestand van het botmateriaal beschrijft.

Ook bleken de sites niet allemaal gelijkmatig verdeeld over de tijdsperiodes heen. Zo bevatte de datering 'Middeleeuwen' erg veel sites en was daarin de verfijning 'Merovingische periode' overmatig gerepresenteerd. Het tegenovergestelde vonden we bij de datering 'Nieuwste tijd' (19^{de} en 20^{ste} eeuw) waar slechts twaalf sites aan het licht kwamen, waarvan geen enkele bruikbaar bleek te zijn. Van de 60 locaties uit de datering 'Nieuwe tijd' (16^{de}, 17^{de} en 18^{de} eeuw) bleven ook weinig bruikbare casussen over wegens het grote aantal crematies, kerkgebouwen, grafkelders of kerkhoven. Hoewel kerkhoven een apart item en interessant te analyseren zijn, heeft de CAI er amper gegevens over. Meestal betreft het een vermelding van een kerkhof of voormalig kerkhof, zonder Lambertcoördinaten, brongegevens of verdere details.

Naast de zoektocht in de CAI was er ook nog het persoonlijke contact met archeologen. Zo kwamen we aan uitgebreide informatie over de sites in Edegem, Zonnebeke en Munsterbilzen. Ook over andere sites verkregen we meer gegevens na persoonlijke communicatie.

Vervolgens werden de gekozen sites gescreend op hun bodemserie. De ideale keuze van de uiteindelijke sites zou een beeld moeten geven van verschillende opeenvolgende periodes in eenzelfde bodemserie. Alleen was de keuze om binnen eenzelfde bodemserie te blijven niet realistisch omdat, zoals reeds eerder vermeld, de bodemserie wordt bepaald door de grondsoort, de natuurlijke drainering en de horizontenopeenvolging en indien nodig nog wordt onderverdeeld in kleinere eenheden zoals bodemtype of bodemfase. De combinatie van de drie hoofdkenmerken van het profiel laat een erg groot aantal variaties toe (AMERYCKX et al. 1989, p. 197; VAN RANST & SYS 2000, p. 8). Op die manier zijn er in België honderden bodemseries en duizenden bodemtypes te vinden en kan een gemeente van een duizendtal hectare tien tot twintig bodemseries bedragen. Hierdoor was het bijna niet mogelijk een diachronisch overzicht te krijgen van sites uit eenzelfde bodemserie. Daarom werd verkozen om sites te selecteren uit eenzelfde bodemstreek doorheen verschillende periodes.

Toch heeft dit ook beperkingen. Allereerst werd al eerder vermeld dat het gebruik van inhumatie slechts een gewoonte werd vanaf de laatromeinse tijd. Een tweede beperking betreft antropogene contaminatie. Inhumaties uit steden of bewoonde gebieden bevinden zich in kunstmatige bodems. De huidige steden zijn gegroeid uit laatmiddeleeuwse kernen waardoor het moeilijk is na de middeleeuwen nog rurale grafvelden in oorspronkelijke bodems te vinden. Uiteindelijk bleek het merendeel van de mogelijk bruikbare sites in kunstmatige bodem te liggen en werd het een uitdaging sites te vinden in niet verstoorde bodems.

Hierdoor werd besloten ook de antropogene bodems in deze verhandeling op te nemen, temeer omdat de Federale Politie en het DVI geïnteresseerd waren in decompositie in gecontamineerde bodems. In forensische situaties worden namelijk regelmatig lichamen in dit soort bodems begraven. Vanwege het grote aantal gecontamineerde bodems in het Vlaamse Gewest, leek het ons aangewezen ook te onderzoeken hoe de degradatie in deze bodems verloopt.

Van de 2000 sites met begravingen in het Vlaamse Gewest werden uiteindelijk 29 sites geselecteerd die bruikbaar waren voor een diachronisch overzicht. De zandstreek bevatte de meeste sites, vermoedelijk omdat dit het grootste deel van Vlaanderen bedekt. We bespreken hierbij Romeinse inhumaties in Sint-Andries, een Merovingisch grafveld in Broechem, een vroegchristelijk grafveld in Sint-Gillis-bij-Dendermonde, vroegmiddeleeuwse graven uit Varsenare, inhumaties uit de volle middeleeuwen in Edegem en een 16^{de}-17^{de} eeuwse inhumatiegraf uit Sint-Andries.

In de Kempen komt een Merovingisch grafveld uit Lindel aan bod. Verder ook Merovingische graven uit Ouwen, een 18^{de} eeuwse skelet uit Meer en een recent lijk in een landduin, waarvan de plaats niet kan vermeld worden omdat dit een lopende zaak van het DVI beschrijft.

Uit de zandleemstreek bespreken we Romeinse inhumaties te Donk, een Merovingisch grafveld uit Erps-Kwerps, een Merovingisch grafveld in Beerlegem, een middeleeuws grafveld uit Kruishoutem en soldatengraven van de Eerste Wereldoorlog in Zonnebeke.

Een diachronisch overzicht van de leemstreek vinden, bleek erg moeilijk omdat deze streek slechts een heel klein deel van het Vlaamse Gewest beslaat. Hieruit worden slechts twee sites besproken, namelijk Frankische inhumaties in Neerhespen en een Merovingisch grafveld in Engelmanshoven.

Uit de bodems van de Kuststreek bespreken we Romeinse skeletten uit Plassendale, laatromeinse inhumaties uit Oudenburg, middeleeuwse menselijke resten uit Dudzele en een middeleeuws grafveld uit Koksijde.

Uit de veelheid aan sites in Kunstmatige bodem werd gekozen voor laatromeinse inhumaties uit Tongeren, een Merovingisch grafveld te Orsmaal-Gussenhoven, middeleeuwse boomstamkistgraven in Munsterbilzen, een 15^{de} eeuwse of jonger skelet uit Boekhoute, 17^{de} en 18^{de} eeuwse begravingen in Oostende, een zevenjarige begraving in een chemisch vervuilde bodem, een zevenjarige begraving in een metaal vervuilde bodem en tenslotte een inhumatie van negen maanden uit een kunstmatig aangelegd bos.

3.3.3. *Bodemdata*

Om te weten met welke bodemserie in welk bodempolygoon we te maken hadden, waren we genoodzaakt de Lambertcoördinaten van de site te kennen. Omdat de klemtoon van de CAI op het beheer van archeologische vindplaatsen ligt, is de nauwkeurige locatie van de vindplaatsen bij de CAI van prioritair belang. Zo vormt de tabel 'Locatie' het startpunt van de databank. Deze tabel bevat informatie over de geografische ligging van de vindplaats zoals de naam, het toponiem, de gemeente, deelgemeente, provincie en soms zelfs de bodemstreek, maar bevat eveneens de Lambercoördinaten met een nauwkeurigheid tot op 15 meter, 150 meter of 250 meter (VAN DAELE et al. 2004, p. 33). Wij streefden ernaar zoveel mogelijk een nauwkeurigheid van 15 meter te hanteren, wat wil zeggen dat de site in een straal van 15 meter rond het punt van de Lambertcoördinaten gelegen is. Dit dient echter kritisch benaderd te worden en de lezer moet beseffen dat het mogelijk is dat de site zich net in een andere bodempolygoon kan bevinden, ondanks de vrij exacte meting van 15 meter.

Wanneer in enkele gevallen de Lambercoördinaten werden beschreven met een nauwkeurigheid van 150 of 250 meter, gingen we zelf de exacte opgravingsplaats na aan de hand van de nauwkeurige beschrijving van de site, de perceelnummers en de topografische kaart.

Toch was het achterhalen van de Lambertcoördinaten niet altijd zo eenvoudig. De start van ons onderzoek begon met de analyse van acces-databestanden verkregen door de CAI. Aanvullend werd er gewerkt met de online databank van de CAI. Bepaalde locaties uit de accesdatabank bleken niet dezelfde coördinaten als in de online databank. Uiteindelijk verkozen wij steeds af te gaan op de meest recente gegevens van de online databank.

Wanneer de Lambertcoördinaten niet werden vermeld in de CAI, werd gecommuniceerd met de verantwoordelijke archeoloog en dit gecontroleerd op de topografische kaart.

Naast de geografische informatie bevat de online-databank ook een koppeling naar de polygonen van het GIS⁴-gedeelte, het zogenaamde ‘geoloket’. Dit bestaat uit allerlei locatiepolygonen die geografische informatie bevatten. Hieraan zijn rechtstreeks andere geoloketten van het geoportaal Geo-Vlaanderen gekoppeld waardoor nuttige informatie zoals de gewestplannen, bodemgebruikskarten, de bodemkaart, overstromingsgebieden enzovoort kan geraadpleegd worden (VAN DAELE et al. 2004, p. 43).

Om de exacte bodemserie van de casussen te achterhalen, werd echter niet gekozen te werken met de online koppeling naar de geoloketten. Deze zijn namelijk niet zo gedetailleerd als de analoge bodemkaart of de digitale versie van de bodemkaart. Voor dit onderzoek werd de digitale bodemkaart gebruikt via het computerprogramma ArcView GIS 3.2. Hiermee was het mogelijk zonder allerlei koppelingen de Lambertcoördinaten in te voeren en de exacte bodemserie op de bodemkaart te weten te komen.

De voor Vlaanderen gebiedsdekkende, digitale versie van de bodemkaart kwam in 1999 ter beschikking als een aaneenschakeling van digitale kaarten die onder impuls van diverse organisaties werden gedigitaliseerd door de Werkgroep voor Wetenschappelijk onderzoek inzake Landinrichting. De initiële versie werd gedurende de laatste jaren op een vrijwel systematische basis gecontroleerd en op een aantal punten geüniformeerd door het Ondersteunend Centrum GIS-Vlaanderen, zodat er een betere overeenstemming tussen de analoge kaarten en het digitaal bestand tot stand kwam. Het doel hierbij was te streven naar

⁴ Geografisch Informatie Systeem

een digitale reproductie van de analoge bodemkaart waarbij de bodemcode overeenkomt met de codes die opgenomen zijn in de analoge bodemkaart (GIS-VLAANDEREN 2001, p. 3-4). Natuurlijk was het voor dit onderzoek steeds mogelijk om naast het gebruik van de digitale versie van de bodemkaart, met de analoge kaartbladen te werken.

Als laatste opmerking dient aangehaald te worden dat in deze studie, bij de casussen van het DVI noch de plaatsnaam, noch de Lambertcoördinaten vermeld worden. Deze zaken zijn namelijk nog niet juridisch afgerond.

3.3.4. *De analyse*

Omdat we werken met opgravingsverslagen moet rekening gehouden worden met de subjectiviteit van de archeoloog die het verslag schreef en de mogelijke onvolledigheid van de verslagen. We benadrukken dat dit een vooronderzoek is dat als basis moet dienen voor verdere en gedetailleerdere studie.

Vanuit de literatuur zijn we verder gegaan op twee onderzoeken waarbij men evenmin beschikte over de nodige microscopische analysemogelijkheden. Voor de doctoraatsstudie van Mant (1987, p. 65-78) naar oorlogsslachtoffers waren er geen laboratoriummogelijkheden waardoor hij bij 150 opgravingen slechts de grote veranderingen in decompositie kon noteren. Toch leidde dit tot een veelheid van informatie over de verschillende factoren die de decompositie beïnvloeden, afgeleid uit macroscopische waarnemingen.

Een tweede onderzoek van Manhein (1997, p. 469-482) had als doel een databank te creëren over de preservatie van begraven lichamen. Hiervoor stelde de onderzoeker een vragenlijst op die werd opgestuurd naar verschillende archeologen en antropologen binnen de Verenigde Staten. Zij moesten het moesten invullen en terugsturen.

Voor deze licentiaatsstudie werd een onderzoeksformulier ontwikkeld dat zich baseert op de in te vullen lijst van Manheim. Voor de kwalitatieve beschrijving van het botmateriaal ontstond een eigen botcategorieënsysteem in navolging van de reeds eerder vermelde indelingen van Behrensmeyer (1978), Gordon en Buikstra (1981) en de driedeling goed, matig of slecht en het al dan niet wassen uit het VIOE.

Botmateriaal werd gescoord aan de hand van zeven door ons ontwikkelde categorieën (tabel 1, p. 27). Bij de eerste categorie 'Sterk Bot' hoort botmateriaal dat sterk en hard is, waarop geen sporen te zien zijn van verwerking of aantasting door plantenwortels, mossen, schimmels of dieren. De beenderen uit deze sterkste categorie kunnen zonder problemen gewassen worden.

Wanneer het botmateriaal hard en sterk, maar gefragmenteerd is, hoort het bij deze indeling omdat fragmentatie een uitdrukking in kwantiteit is en in deze indeling de kwaliteit wordt benadrukt. In de tweede categorie ‘Aangetast Bot’ hoort botmateriaal dat nog steeds gewassen kan worden, maar waarop sporen van aantasting te zien zijn. Hierop zijn scheurtjes, mosvorming, madengaatjes, aantasting door plantenwortels of andere invloeden waar te nemen. Toch zijn deze beenderen of botfragmenten nog heel sterk en hard.

De derde categorie ‘Broos Bot’ bevat botmateriaal dat nog verplaatst kan worden, maar waarmee voorzichtig moet worden omgesprongen wegens de kwetsbaarheid ervan. De beenderen uit deze categorie zijn zeer zacht en broos. Het is mogelijk dat de lamellen van het bot los van elkaar zijn gekomen. Wassen is hierbij niet meer mogelijk en wanneer dit toch gebeurt, treedt er verlies van botmateriaal op.

In de vierde categorie ‘Beendermeel’ bevinden zich botten die er op het eerste zicht goed uitzien, maar volledig uit elkaar brokkelen bij aanraking. Hierbij hoort ook de melige substantie die direct bij opgraving kan waargenomen worden.

De beenderen uit de categorie ‘Lijkschaduw’ zijn volledig vergaan, maar laten nog een aftekening in de bodem achter (figuur 1). Hierbij is het nog wel mogelijk eventuele tandenresten terug te vinden (figuur 2). Dit heeft te maken met de aanwezigheid van glazuur op de tanden, dat hard, dicht en weinig doorlaatbaar is. Tandglazuur bestaat bijna geheel uit anorganische hydroxyapatite-kristallen, die beter bewaard blijven dan een organische samenstelling (cf. p. 74) (LYMAN 1994, p. 79, MAYS 1998, p. 10-11).⁵

⁵ De zaak-Pandy deed veel stof opwaaien in de jaren '90. De Hongaarse dominee Andras Pandy en zijn dochter Agnes vermoorden zes gezinsleden. Onherkenbare lichaamsdelen van de slachtoffers werden gedumpt in het slachthuis van Anderlecht, terwijl de herkenbare lichaamsdelen zoals hoofd, handen en voeten in bad werden opgelost met ontstoppingsmiddel.

Naar aanleiding van deze zaak ging het DVI na of het effectief mogelijk was met ontstoppingsmiddel lichamen te doen verdwijnen. Tijdens een proef werden enkele lichaamsdelen en een hoofd van een overledene die zich aan de wetenschap had gegeven, overgoten met ontstoppingsmiddel. De resultaten van de test waren positief. Het bleek mogelijk met ontstoppingsmiddel lichamen te doen verdwijnen. Opmerkelijk was dat het enige overblijvende element tijdens deze proef een tand was. Dit bevestigt de sterke samenstelling van tandglazuur die zelfs resistent blijkt te zijn tegen chemisch ontstoppingsmiddel.



Fig. 1: Lijkschaduw.

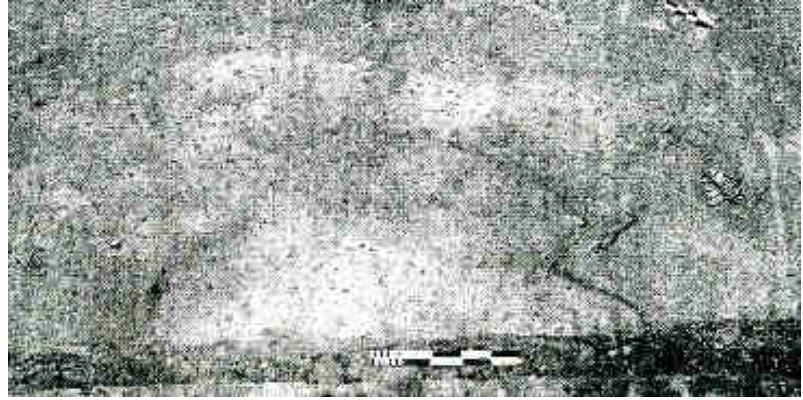


Fig. 2: Lijkschaduw van een paardengraf waarvan tanden bewaard bleven.

Na verdere bestudering van opgravingen besloten wij nog een zesde categorie aan de botclassificatie toe te voegen, namelijk 'Keratine en Leer'. Zo bleek bijvoorbeeld uit archeologisch noodonderzoek ter hoogte van het voormalige Allerheiligenklooster van de Antwerpse Augustijnen dat in de grafkuilen vooral skeletten bewaard bleven en in de grafkelders de skeletten waren vergaan, maar haar, nagels, opperhuid en lederen schoenen wel overbleven (figuur 3) (BELLENS & VANDENBRUAENE 2006, p. 213, 231).⁶



Fig. 3: *Loculi*-graf van het Allerheiligenklooster van de Antwerpse Augustijnen waar haar, nagels, opperhuid en leer goed bewaard bleven. Het skelet is gedecalcificeerd.

⁶ Persoonlijke communicatie op 19-05-2007 met M. Vandenbrouaene.

In bepaalde zure omgevingen blijven organische materialen goed bewaard. Dit wordt veroorzaakt door de antibiotische en anaerobische omgeving en door de lage zuurgraad die de huid looit en keratine, hoornstof waaruit de opperhuid, het haar en de nagels zijn opgebouwd, bewaart. Het bot wordt in deze omstandigheden gedecalcificeerd (SLEDZIK & MICOZZI 1997, p. 485). Het zijn onder andere de eigenschappen van de Sphagna mossen die ertoe bijdragen dat organische materialen goed conserveren in een zure omgeving zoals in hoogveen⁷. Deze mossen binden door de aanwezigheid van een bijzonder bestanddeel, het anionisch polysaccharide Sphagnan, belangrijke voedingsstoffen voor micro-organismen, waardoor deze in hun groei worden gehinderd. Zo bieden de Sphagnan een algemene bescherming tegen de activiteit van micro-organismen, zorgen ze voor het looien van de huid en de bewaring van keratine (JANAWAY 1996, p. 76; KARS & SMIT 2003, p. 74).

De laatste categorie van het classificatiesysteem is 'Volledig Vergaan', waarbij geen spoor van inhumatie meer is waar te nemen. Ook lijkschaduw en resten van tandemal zijn volledig gedegradeerd ten gevolge van verdere chemische degradatie (JANAWAY 1996, p. 78). Deze categorie berust in vele gevallen op een vermoeden van de aanwezigheid van een inhumatie. Het vermoeden zou kunnen gestaafd worden aan de hand van sporenanalyse. Zo blijkt uit verschillende studies dat wanneer het botmateriaal is vergaan, hogere concentraties aan fosfor of mangaan kunnen teruggevonden worden dan de concentraties in de omgeving (BETHELL & CARVER 1987, p. 13-17). In België wordt deze controle echter niet regelmatig toegepast vanwege een tekort aan financiën.

⁷ Een veengebied is een met water verzadigde bodem afgestorven organisch materiaal van vroegere vegetatie. Er worden twee soorten veengebieden onderscheiden, namelijk hoogveen en laagveen die van elkaar verschillen door hun bron van water. Laagveen wordt gevoed door grond- of oppervlaktewater, terwijl hoogveen de voeding in het regenwater vindt. Ook mengvormen zijn mogelijk. Voor alle typen veen geldt dat de grondwaterstand hoog is, waardoor het zuurstofgehalte in het veen erg laag blijft. De afgestorven organische resten van vegetatie vergaan niet en vormen het uiteindelijke veen.

Als gevolg van de verschillende waterbronnen hebben hoog- en laagveen een verschillende zuurgraad. Omdat bij hoogveen een goede drainage plaatsvindt en het volledig wordt gevoed door regenwater, is de zuurte hierbij erg hoog tussen een pH van 3,2 en 4,5. Laagveen wordt daarentegen gevoed door grondwater of oppervlaktewater dat van andere gebieden afkomstig is en waarvan de zuurgraad in hoge mate bepaald wordt door de afzettingen in deze gebieden. In dit water kunnen allerlei bufferende zouten zijn opgelost die de zure werking van humuszuren verminderen waardoor laagveen over het algemeen basisch of neutraal is met een pH tussen 5,5 en 6,5 (KARS & SMIT 2003, p. 74).

Categorie	Beschrijving
1. Sterk Bot	Sterk, hard, geen sporen van verwerking, planten of dieren. Te wassen.
2. Aangetast Bot	Sterk en hard maar aantasting dat zich uit als mosvorming, root etching, kleine gaatjes of scheurtjes. Te wassen.
3. Broos Bot	Lamellair, zacht en kwetsbaar. Niet te wassen.
4. Beendermeel	Erg zacht. Liggen reeds in beendermeel of brokkelen bij aanraking uit elkaar. Wassen niet meer mogelijk.
5. Lijkschaduw	Geen botmateriaal bewaard, slechts een lijkschaduw. Eventueel nog tandemail aanwezig.
6. Keratine en Leer	Botmateriaal is vergaan. Huid, nagels, of haren zijn bewaard gebleven onder de vorm van leer of restanten van de hoornstof.
7. Volledig vergaan	Er is niets meer waar te nemen. Zelfs lijkschaduw en tandemail zijn volledig vergaan.

Tabel 1: Classificatiesysteem voor kwalitatieve preservatie van menselijk botmateriaal door Eline Schotsmans.

Tijdens de ontwikkeling van het onderzoeksformulier werden de betrouwbaarheid en de codering duidelijk overwogen. Ondanks het werken met subjectieve opgravingsverslagen moet er zo objectief mogelijk trachten gescoord te worden. Bij het opstellen van het onderzoeksformulier werd rekening gehouden met de stabiliteit, die verwijst naar de mate waarin dezelfde codeur op verschillende momenten dezelfde resultaten bereikt, de reproduceerbaarheid die slaat op het feit dat verschillende codeurs dezelfde resultaten moeten bereiken en de accuraatheid die steunt op de mate waarin de codeerresultaten voldoen aan een vooraf bepaalde standaard of norm (KRIPPENDORF 1980, p. 130-133).

In het definitieve onderzoeksformulier (bijlage 1) worden per opgravingsverslag de plaats en Lambertcoördinaten van de site genoteerd, aangevuld door het jaar van de opgraving, het postmortem interval, de eventuele bewaring zacht weefsel, de preservatie van het botmateriaal, eventuele adipocerevorming, het bodemtype, de zuurgraad van de bodem, het aantal graven, de diepte van de begraafing, de bedekking van het lichaam, eventuele trauma's en de aanwezigheid van materiële cultuur.

Op gebied van analyse-eenheden moeten ook keuzes worden gemaakt. In de literatuurstudie van hoofdstuk vier zal duidelijk worden dat ook intrinsieke factoren een invloed hebben op de decompositie en preservatie van menselijke resten. De fysieke gesteldheid van de persoon, de vorm van de botten, de botdichtheid, leeftijd en geslacht spelen hierbij een rol. Zowel voor de preservatie van zacht weefsel als voor het botmateriaal kan de algemene toestand worden beschreven, of worden ingegaan op een lichaamsdeel. In het laatste geval moet er een

consequente beslissing worden genomen voor de keuze van de juiste analyse-eenheid. Een voorbeeld hiervan is de mechanische afbraak van botmateriaal waar de vorm een belangrijke rol speelt. Zo zijn schedelfragmenten erg gevoelig voor verplettering of kromtrekken door druk van de bodem, zodat ze sneller zullen breken terwijl de lange beenderen zoals femur of humerus veel resistenter zijn tegen druk. Kleine botjes, zoals de handwortelbeentjes, zullen ook sneller vergaan dan de lange beenderen. Om deze redenen wordt in microscopisch of chemisch onderzoek meestal verkozen een staal uit de lange beenderen te nemen.

In deze licentiaatsverhandeling gaat het echter om een macroscopische analyse, waardoor verkozen werd niet de beenderen apart te analyseren, maar de algemene bewaringstoestand te beschrijven.

3.3.5. Resultaten

Tijdens de beschrijving en analyse van elke casus afzonderlijk, wordt terug gekoppeld naar de literatuur. Na de bespreking van elke landbouwstreek wordt een conclusie gevormd. In het algemeen besluit trachten we relaties te vinden tussen de bodemtypes en de degradatie van menselijke resten. Ook de onderzoeksvragen zullen hier afzonderlijk worden beantwoord. Tenslotte willen we aangeven welke toekomstperspectieven onderzoek naar begraven menselijke resten heeft.

3.4. Conclusie

Het hoofddoel van dit onderzoek is het nagaan van een diachronische constante tussen de bewaringstoestand van begraven menselijke resten en de bodemtypes van het Vlaamse Gewest. Dit zal gebeuren aan de hand van een zelf ontwikkeld categorieënsysteem en onderzoeksformulier. Het doel is de chemische, fysische en biologische invloeden af te leiden van een organisme dat deel is geworden van het ecosysteem. Maar alvorens afleidingen te kunnen maken, moet de onderzoeker kennis hebben van decompositie, preservatie, verwerking, entomologie en andere processen (HAGLUND & SORG 1997, p. 13-14). Slechts wanneer de structuur, de opbouw en de samenstelling van het menselijke lichaam en het skelet gekend is, kan worden afgeleid welke invloeden en effecten bepaalde tafonomische agentia en processen hebben op de degradatie ervan (LYMAN 1994, p. 82).

4. LITERATUURONDERZOEK

In dit hoofdstuk zal kort worden ingegaan op de samenstelling van het menselijke lichaam. Zowel het zachte weefsel, als het harde weefsel komen aan bod. Vervolgens wordt de decompositie en degradatie van begraven menselijke resten besproken en worden de intrinsieke en extrinsieke beïnvloedingsfactoren hierop aangehaald. Op het einde van dit hoofdstuk komt mogelijke preservatie aan bod.

4.1. Het menselijke lichaam

In tafonomisch onderzoek van de mens wordt meestal een tweedeling gemaakt. Er wordt gesteld dat de gewervelden, waartoe de mens en de gewervelde dieren behoren, bestaan uit zacht en hard weefsel. Met het harde weefsel (*hard tissue*) worden de beenderen en de tanden bedoeld. Het zachte weefsel (*soft tissue*) of de weke delen, zijn de andere weefsels die vergaan. De harde delen blijven meestal in archeologische context bewaard. Zo komen de meeste archeologen in contact met het skelet, zodat dus ook het tafonomisch onderzoek binnen de klassieke archeologie plaatsvindt op skeletmateriaal. Natuurlijk zijn hierop uitzonderingen, afhankelijk van de bewaringscontext (cf. 4.2.5) (LYMAN 1994, p. 72). De forensische archeologie komt daarentegen veel meer in contact met weke delen die, vanwege de kortere tijdsspanne, nog niet zijn vergaan.

Wij verkiezen niet in te gaan op de afzonderlijke bespreking van alle weke delen van het menselijke lichaam. Dit zou ons veel te ver buiten het domein van de archeologie leiden. Over de werking van het lichaam en de opbouw van de cellen en de weefsels is veel medische literatuur te vinden.⁸

Er zal wel worden stilgestaan bij de opbouw en samenstelling van het botmateriaal, omdat deze elementen in het merendeel van de archeologische situaties bewaard blijven en hieruit verschillende categorieën van degradatie kunnen worden afgeleid.

4.1.1. Zacht weefsel

Het lichaam bestaat voor 60% uit water dat zich, verspreid, in de organen van het menselijke lichaam bevindt. De mens is opgebouwd uit orgaanstelsels, dat zijn enkele of meerdere organen die samen een levensfunctie of een onderdeel van een levensfunctie vervullen. Met

⁸ Enkele voorbeelden van literatuur zijn: Williams et al. (1989); Duthie & Bently (1996); Junqueira et al. (1998).

‘orgaan’ bedoelt men niet alleen de organen in engere zin zoals het hart, de lever of de nieren, maar worden ook de weefsels zoals de spieren, huid en beenderen bedoeld. De orgaanstelsels van het lichaam waarbij de functie op de voorgrond staat, zijn het beenderstelsel⁹ dat vooral een steunende functie heeft, het spierstelsel met een bewegingsfunctie. Verder is er het spijsverteringsstelsel of maag-darmstelsel met als functie de spijsvertering, het vaatstelsel met het hart, de bloedvaten en de lymfen voor het transport van voedingsstoffen, afvalproducten, vitaminen, hormonen en andere. Nog andere orgaanstelsels zijn het ademhalingsstelsel met als functie de opname van zuurstof en de afgifte van koolzuur, de nieren en urinewegen die de vochthuishouding en de afgifte van afvalproducten regelen, de huid met als functie onder meer bescherming, de geslachtsorganen die zorgen voor de voortplanting, de zintuigen met als functie het waarnemen van de omgeving en tenslotte is er nog het hormoonstelsel dat zorgt voor de hormoonhuishouding (KIRCHMANN 1997, p. 30).

De kleinste bouwstenen van het menselijke lichaam zijn de cellen. De bouw van een cel is afhankelijk van de functie die ze moet vervullen (KIRCHMANN 1997, p. 35). Een groep van dezelfde soort cellen, met dezelfde bouw, afkomst en functie, vormt een weefsel. Zo bestaat een orgaan uit verschillende weefselsoorten, afhankelijk van de functie die ze te vervullen hebben. Een voorbeeld hiervan zijn de longen die zowel bindweefsel, spierweefsel, kraakbeen en epitheelweefsel bevatten (KIRCHMANN 1997, p. 47).

In het lichaam zijn er vier groepen weefsels te onderscheiden, namelijk het epitheelweefsel, het spierweefsel, het zenuwweefsel en het bindweefsel. Het epitheelweefsel zorgt voor de bedekking van het lichaam vanbuiten aan de hand van de huid en vanbinnen door middel van de slijmvliezen. Hiertoe behoren het dekweefsel, klierweefsel en zintuigweefsel. De tweede groep is het spierweefsel waartoe het dwarsgestreept spierweefsel, het glad spierweefsel en het hartspierweefsel behoren. Vervolgens is er het zenuwweefsel met de zenuwcellen en de steunweefsels. En als vierde groep is er het bindweefsel, waartoe het steunweefsel zoals het kraakbeen en het botweefsel behoren, maar ook de bloedcellen en de bedekkende cellen zoals endotheel en mesotheel (PLATZER 1986, p. 8-14; KIRCHMANN 1997, p. 77).

4.1.2. *Skelet*

Het woord skelet is afkomstig van het Griekse woord *skeletos*, wat staat voor ‘uitgedroogd’ of ‘verdord’ (LYMAN 1994, p. 95). In deze betekenis zit dus ook al de verwijzing naar de

⁹ Het beenderstelsel is het geraamte of skelet.

beenderen die in veel archeologische contexten het langst bewaard blijven. Dit komt doordat in botmateriaal de hardheid van de minerale component, de kalkzouten of hydroxyapatite-kristallen, gecombineerd wordt met de elasticiteit van de hoofdproteïnen, namelijk collageen. Ook tanden zijn gemineraliseerde weefsels en blijven meestal lang bewaard (JUNQUEIRA et al. 1998, p. 138).

4.1.2.1. Botsamenstelling

Bindweefsels hebben in principe allemaal dezelfde basisstructuur. Alle bindweefsels bestaan uit drie onderdelen, namelijk bindweefselcellen, bindweefselvezels en intercellulaire substantie of tussencelstof. Ondanks diezelfde basisstructuur zijn er verschillende, zeer uiteenlopende soorten bindweefsel omdat het precieze karakter wordt bepaald door de verhouding tussen cellen, vezels en tussencelstof.

Vooraf de tussencelstof is een belangrijke factor voor de karakteristieke eigenschappen van het bindweefsel en bepaalt in vele gevallen de functie ervan. Zo is bot een bindweefsel met een zeer vaste en harde tussencelstof en bloed een bindweefsel met een vloeibare tussencelstof, het bloedplasma (PLATZER 1986, p. 10; KIRCHMANN 1997, p. 85).

Het steunweefsel is een gespecialiseerde vorm van bindweefsel, dat bestaat onder twee vormen, kraakbeenweefsel en botweefsel (PLATZER 1986, p. 10; KIRCHMANN 1997, p. 90).

Door de elastische consistentie van de tussenstof kan kraakbeen weerstand bieden aan druk zonder blijvende vervorming te ondergaan. Behalve steun aan de weke delen verschaft kraakbeen met zijn glad oppervlak ook een glijvlak voor gewrichten waardoor botstukken tegenover elkaar soepel kunnen bewegen. Verder vervult kraakbeen een essentiële rol bij de groei van de lange beenderen zowel vóór als na de geboorte (JUNQUEIRA et al. 1998, p. 126).

Er zijn verschillende typen kraakbeenweefsel, al zijn ze allemaal elastisch bij druk en bij buiging. De kraakbeencellen, chondrocyten, zijn rijk aan water, glycogeen en vet. Ook de intercellulaire substantie is tot 75% waterrijk en vormt de basis voor de steunfunctie.

Kraakbeen bevat geen bloedvaten, lymfevaten of zenuwen en wordt gevoed vanuit vaten uit omringende weefsels. De bloedvaten die soms als tunnels te zien zijn in kraakbeen dienen voor de verzorging van andere weefsels.

Jonge individuen hebben meer kraakbeen dan ouderen. In de meeste archeologische situaties zal het kraakbeen vergaan, samen met de weke delen, hoewel het soms wel kan teruggevonden worden in archeologische context, meestal wanneer het verbeend is (exostose) (PLATZER 1986, p. 12; LYMAN 1994, p. 78-79; JUNQUEIRA et al. 1998, p. 127).

Het bot is één van de hardste weefsels van het menselijke lichaam. Die hardheid heeft te maken met de functie. Als hoofdbestanddeel van het skelet steunt het de weke delen, beschermt het de belangrijke organen zoals die in de schedelholte en de borstholte (thorax) en herbergt het beenmerg, waarin de bloedcellen worden gevormd. Daarnaast vormen de beenderen een systeem van hefboomen die de krachten van de spiercontracties omzetten in bewegingen en fungeert bot als een enorme opslagplaats van calcium voor het lichaam (JUNQUEIRA et al. 1998, p. 138).

Bot is samengesteld uit een intercellulaire substantie die verkalkt is, dit is het osteoïd of de bot- of beenmatrix, en een aantal beencellen, de osteocyten.

De botmatrix bestaat uit anorganisch en organisch materiaal. Het organische deel bestaat voor 5% uit een verbinding van proteïnen (eiwitten) met polysacchariden en voor 95% uit collageen fibrillen, die overal dwars doorheen lopen (KIRCHMANN 1997, p. 91; SCHULTZ 1997, p. 191; JUNQUEIRA et al. 1998, p. 142). Het anorganisch gedeelte bestaat uit verschillende mineralen en kalkzouten waarvan calcium en fosfaat in overvloed en daarnaast ook bicarbonaat, citraat, magnesium, kalium en natrium. In bot komt calciumfosfaat voor onder een kristalvorm die in de mineralogie bekend staat als hydroxyapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) (JUNQUEIRA et al. 1998, p. 142).

De nauwe verbinding tussen de kalkzouten en het collageen is de oorzaak van de hardheid en stevigheid die zo kenmerkend is voor bot. Het beenweefsel van kinderen bevat weinig kalkzouten en veel organische stoffen waardoor het buigzamer of elastischer is. Het beenweefsel van oudere mensen bevat daarentegen veel kalkzouten en weinig organische stoffen waardoor het skelet veel brozer is en gemakkelijker zal breken. De verhouding tussen anorganische zouten en collageenvezels verandert in de loop van het leven. Bij pasgeborenen bedraagt het gehalte aan anorganische zouten ongeveer 50%, bij bejaarden stijgt het tot ongeveer 70%. Daarmee verliest het bot zijn elasticiteit en stootvastheid (PLATZER 1986, p. 14; GILL-KING 1997, p. 105; KIRCHMANN 1997, p. 91).

Na de dood zal in de meeste gevallen het organische deel van bot degraderen zodat archeologisch bot heel erg broos kan worden (MAYS 1998, p. 1).

4.1.2.2. Macrostructuur

Een volwassen menselijk skelet heeft 206 verschillende botten die samen het skelet vormen (MAYS 1998, p. 3). Met de gewrichten erbij is dit het passieve bewegingsapparaat.

Bewegingen ontstaan door middel van het actieve bewegingsapparaat, de musculatuur (PLATZER 1986, p. 20).



Macroscopisch kan op gebied van structuur twee soorten bot worden onderscheiden; het corticale of compacte bot (substantia compacta, substantia corticalis) (figuur 4 nr. 1) en het spongieus bot (substantia spongiosa) (figuur 4 nr. 2). Compact bot vormt een dichte, aaneengesloten structuur zonder tussenliggende openingen of holten. Spongieus bot heeft een structuur die veel meer open is en allerlei holten bevat die omspannen zijn door het bot als een complex netwerk van met elkaar samenhangende botbalkjes. Microscopisch is de structuur van beide soorten gelijk en behoren ze tot lamellair bot (cf. infra) (PLATZER 1986, p. 20; KIRCHMANN 1997, p. 93).

Figuur 4: Buitenzicht en doorsnede van de humerus.

In de holte van het spongieus bot en de mergholtes in de diafyse van de lange beenderen bevindt zich twee soorten beenmerg. Het rood beenmerg waarin bloedcellen worden gevormd en het geel beenmerg dat in hoofdzaak uit vetcellen bestaat (JUNQUEIRA et al. 1998, p. 144).

De interne en externe oppervlakken van een bot worden bedekt door een vlies. Het periost is het beenvlies dat het bot, overal waar geen gewrichtsvlakken zijn, beschermt. Het bestaat uit twee lagen en is rijk aan bloed-, lymfevaten en zenuwen. Daardoor ontstaat pijn bij een slag op een beenstuk. Na botbreuken begint botvorming vanuit het periost, hierin ontstaan de osteoblasten die zorgen voor de botvorming.

Intern is de binnenkant van het bot en de bloedkanalen bedekt met het endost, dat in zekere zin lijkt op het periost en ook in staat is om nieuw bot op te bouwen (PLATZER 1986, p. 20; SCHULTZ 1997, p. 196-197).

Binnen een individu vinden we botten van verschillende vormen en grootte, afhankelijk van de functie en plaats in het lichaam. Gebaseerd op vorm en grootte kan bot ingedeeld worden in vier categorieën: de lange beenderen, de korte beenderen, de platte beenderen en de

onregelmatige beenderen.¹⁰ De lange beenderen zijn te vinden in de ledematen zoals bv. de femur of humerus en bestaan uit een lang, hol, cilindrisch gedeelte dat bijna geheel bestaat uit compact bot en de diafyse wordt genoemd (figuur 4, nr. 6). Aan de uiteinden bevinden zich de epifysen (figuur 4, nr. 7) die spongieus bot bevatten met daarover een dun laagje compact bot. De korte beenderen bevatten aan de buitenzijde compact bot en aan de binnenkant spongieus bot. De handwortelbeentjes zijn hiervan een voorbeeld. De platte beenderen bestaan uit twee compacte lamellen waartussen zich een spongieuze beenmassa bevindt, de diploë. Ze dienen ter bescherming of voor uitgebreide spieraanhechtingen zoals de ribben, het schouderblad of de schedelbeenderen. Tenslotte zijn er nog de onregelmatige beenderen die niet regelmatig van vorm zijn. Hiertoe kunnen de wervels worden gerekend. (PLATZER 1986, p. 20; MICOZZI 1991, p. 54; JANS 2005, p. 8)

4.1.2.3. Microstructuur

Los van de verschijningsvorm in compact of spongieus bot zijn er histologisch twee typen botweefsel te onderscheiden op basis van de rangschikking van de collageenvezels, namelijk plexiform of primair bot en lamellair of secundair bot.

Bij het plexiforme bot liggen de collageenvezels in allerlei richtingen door elkaar zodat er een ruimtelijk vlechtwerk ontstaat. Het komt voor bij de vorming van nieuw bot en bij botherstel waar het later zal vervangen worden door het secundair lamellair bot. Voorts wordt het ook gevonden in de schedelnaden, de tandkassen en soms op de aanhechting van pezen, waar het nooit zal vervangen worden door lamellair bot (JUNQUEIRA et al. 1998, p. 144).

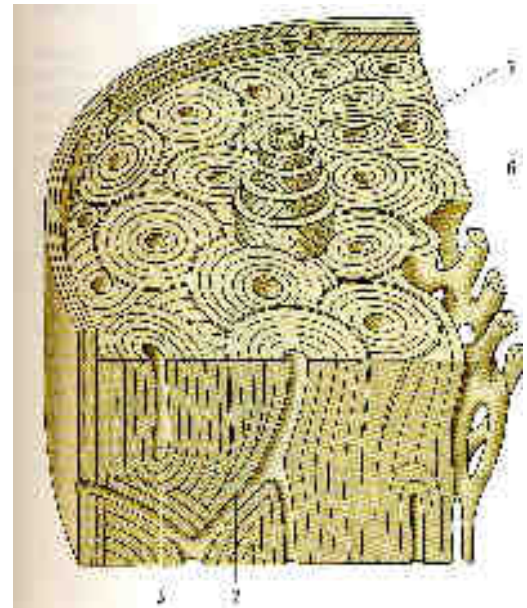
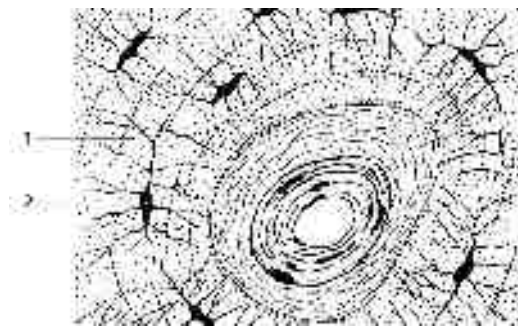
Vrijwel al het beenweefsel bestaat uit lamellair of secundair bot (figuur 5 & 6). Hierbij is het bot opgebouwd uit dunne platen, lamellen, van evenwijdig lopende collageenvezels (figuur 5, nr. 1). De platen liggen dicht tegen elkaar in de vorm van concentrische cirkels en worden afgewisseld met lagen van beencellen (osteocyten) (figuur 5, nr. 2). De collageen vezels zijn 2 tot 10 micrometer¹¹ dik en spiraalsgewijs geordend waarbij een rechtsom en een linksom draaiende lamel elkaar telkens afwisselen, wat leidt tot nog meer stevigheid (figuur 6, nrs. 4 & 5). Centraal in deze cirkels lopen de kanalen van Havers (figuur 6, nr. 3). Hierin lopen

¹⁰ Wij hebben geopteerd voor deze indeling in vier categorieën, maar in de literatuur vind je verschillende morfologische typologieën die stuk voor stuk de gelijkheid en verschillen van de botvorm benaderen. Zo is een indeling in 3 categorieën mogelijk, bestaande uit platte beenderen, pijpbeenderen en onregelmatige beenderen (KIRCHMANN 1997, p. 116) of tubulair, tabulair en korte beenderen (CURREY 1984, p. 36) of korte, platte en lange beenderen (SCHULTZ 1997, p. 188). Ook zesdeling is mogelijk in lange beenderen, platte beenderen, korte beenderen, onregelmatige beenderen, luchtbevattende beenderen (bv. bovenkaaksbeen) en sesambeenderen (PLATZER 1986, p. 20). Of een geheel andere, niet-morfologische indeling in lange beenderen, platte beenderen, compacte beenderen en samengestelde beenderen (VANDENBRUAENE 2003, p. 256).

¹¹ 1µm = 0,001 millimeter = 10⁻⁶ meter

bloedvaten en zenuwen, ingebed in los bindweefsel. Het hele systeem van een centraal kanaal met eromheen lamellen wordt het osteon of systeem van Havers genoemd.

Tussen de kanalen van Havers lopen ook dwarse verbindingen die de kanalen van Volkmann heten en dienen om de kanalen van Havers onderling en met de mergholte en de buitenkant van het bot te verbinden (figuur 5, nr. 7) (PLATZER 1986, p. 14; GARLAND 1987, p. 113; KIRCHMANN 1997, p. 93-94).



Figuur 5 en 6: De microstructuur van lamellair bot. 1. lamellen, 2. osteocyt of beencel, 3. Kanalen van Havers, 4-5. collageenvezels die links- en rechtsdraaiend geschikt zijn, 6. Schakellamellen, 7. Kanalen van Volkmann.

4.1.2.4. Ossificatie

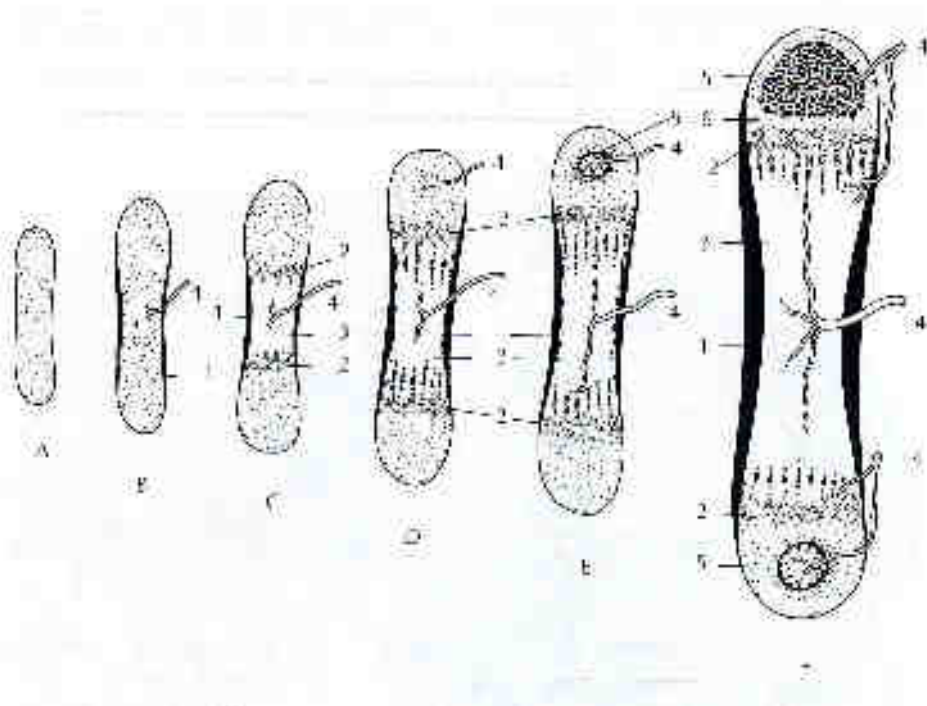
Botvorming of ossificatie start al tijdens de embryonale ontwikkeling. Gedurende de botgroei bestaan er voortdurend gebieden van plexiform bot, botafbraak en lamellair bot naast elkaar. Zelfs in een volwassen lichaam gaat dit samengaan van afbraak en aanmaak steeds door, al is het in een lager tempo dan tijdens de groei (JUNQUEIRA et al. 1998, p. 146).

Er zijn twee mechanismen voor het vormen van bot; de desmale verbening of intramembraneuse verbening die direct in het bindweefsel ontstaat en de enchondrale verbening, die kraakbeen vervangt.

De desmale verbening is het meest eenvoudige mechanisme waarbij het bot zich ontwikkelt uit bindweefsel. In het bindweefsel worden mesenchymcellen via osteoblasten (botvormers) omgevormd tot osteocyten (beencellen). Gelijktijdig ontstaan er ook osteoclasten (botvreters). Het eerstgevormde been is plexiform (vezelig), pas later wordt dit omgevormd tot lamellen.

Er ontstaan slechts weinig skeletdelen op deze wijze, enkel bij de beenderen van het schedeldak, de aangezichtsschedel en het sleutelbeen (clavicula). Bij de vorming van andere skeletdelen is de desmale botvorming wel betrokken, maar niet in hoofdzaak (PLATZER 1986, p. 16; SCHULTZ 1997, p. 197).

De enchondrale verbening is veel complexer (figuur 7). Ze vindt plaats in de kraakbeenstukken die een verkleinde versie zijn van het te vormen skeletdeel. Het grootste deel van het skelet wordt dus als een kraakbenig voorstadium aangemaakt. Het kraakbeen zal uiteindelijk vervangen worden door bot en groei is enkel mogelijk zolang kraakbeen aanwezig is (JUNQUEIRA et al. 1998, p. 148).



Figuur 7: Schema van de enchondrale verbening.

- A. Het embryonale kraakbeen
- B. Ingroei van kleine vaten in het kraakbeen en het oplossen ervan. Het oorspronkelijke kraakbeenvlies (1) wordt beenvlies en een bloedvatje (4) groeit de toekomstige primaire mergholte (3) binnen.
- C. Het stadium waarbij de verbening in twee richtingen plaatsvindt. De epifysaire schijf (2) is de groei- of omvormingszone.
- D.-E. Een verder stadium uit de aanleg van een pijpbeen. Ook het kraakbeenstuk in de epifyse begint nu te verbenen (5).
- F. Compleet model van een zich ontwikkeld foetaal bot. Alleen de epifyse bevat nog gedeeltelijk kraakbeen (6).

Eerst dringen kleine bloedvaten door in het kraakbeen en ontstaan er chondroclasten, bindweefselcellen die de kraakbeensubstantie afbreken, hierna is botvorming mogelijk door de osteoblasten. Men onderscheidt perichondrale ossificatie en enchondrale ossificatie.

De perichondrale ossificatie begint vanuit het perichondrium waarbij het oorspronkelijke kraakbeenvlies wordt omgevormd tot beenvlies. Daarna vindt verdere botvorming plaats vanuit de kern van de diafyse naar de twee richtingen van de epyfisen.

De enchondrale ossificatie start iets later in een kraakbeenstuk in de epifysen. De beenkernen van de beide epifysen en de diafyse groeien naar elkaar toe. Tussen de epifyse en de diafyse bevindt zich de epifysaire schijf of groeischijf. Gedurende de hele groeiperiode vormt de epifysaire schijf de verbinding tussen de epifyse en de diafyse. De lengtetoeename van het pijpbeen is mogelijk door de groei van het kraakbeen in de groeischijf, waarvan de zijkanalen bij epifyse en diafyse voortdurend zullen worden verbeend. Van zodra de groei van het kraakbeen tot stilstand komt, zal uiteindelijk de groeischijf als laatste verbenen waardoor lengtegroei niet meer mogelijk zal zijn. De epifysaire lijn blijft wel nog zichtbaar, maar zal doorheen de tijd vervagen (figuur 8 & 9) (PLATZER 1986, p. 16; KIRCHMANN 1997, p. 96-97; SCHULTZ 1997, p. 197-198; JUNQUEIRA et al. 1998, p. 151).

Deze epifysaire fusie geschiedt bij verschillende skeletdelen in een vaste volgorde en het moment van fusie verschilt tussen mannen en vrouwen. Hiervan wordt in fysisch antropologisch onderzoek gebruikt gemaakt om de leeftijd van een non-adult in te schatten. De belangrijkste leeftijdsindicatoren bij non-adulten zijn de gebitseruptie, de ossificatie van het axiale skelet, de sluiting van de groeischijven en de meting van de lange beenderen (MAYS 1998, p. 47-48; MAAT & MASTWIJK 2005, p. 11)



Fig. 8: Nog niet gefuseerde groeischijf aan femurkop.



Fig. 9: Recent gefuseerde groeischijf aan femurkop.

Om de juiste vorm van het bot te bekomen, zal ook bot moeten verwijderd worden. De groei van een bot gaat altijd gepaard met een gedeeltelijke afbraak van eerder gevormd weefsel en gelijktijdig met de afzetting van nieuw bot. Hierdoor is het mogelijk dat het model van het botstuk tijdens de groei bewaard blijft, maar dat eveneens bij de groei aanzienlijke vormveranderingen van een botstuk kunnen optreden. Zo groeien de dekbeenderen van de schedel voornamelijk door botvorming vanuit het periost aan de buitenkant en in zijwaartse richting, gecombineerd met botafbraak aan de binnenzijde. Door deze herstructurering gedraagt het bot zich als een plastisch materiaal dat soepel beantwoordt aan de groei van de hersenen en een schedel van aangepast formaat doet ontstaan. Zo blijft een schedel klein als de hersenen zich onvoldoende ontwikkelen en wordt de schedel groter dan normaal bij een waterhoofd (JUNQUEIRA et al. 1998, p. 152).

De osteoclasten, beenvreter genoemd, zijn grote meerkernige cellen die botmatrix verwijderen en zo zorgen voor de beenmergholten, de spongiosa en hermodulering tijdens leven. Naast de osteoclasten zijn er de osteoblasten, de beenvormers. Het zijn gespecialiseerde mesenchymcellen die de intercellulaire substantie afscheiden, het osteoïd (cf. supra). Wanneer de osteoblasten volledig ingesloten geraken door botmatrix, vormen ze zich om tot de osteocyten, de beencellen (PLATZER 1986, p. 16; KIRCHMANN 1997, p. 91; JUNQUEIRA et al. 1998, p. 138-141).

Tijdens een opgraving komen beenderen over als levensloze, statische objecten. Het voorgaande toont aan dat dit verre van waar is. Bot is een levend weefsel zolang het organisme in leven is. Bot is doordrongen met bloedvaten en zenuwen die in relatie staan met andere weefsels en dient als metabolisch reservoir voor verschillende mineralen. Eens het gevormd is, blijft het groeien en zich aanpassen aan de noden van het organisme. Dit proces wordt bot-remodelling genoemd. Een hedendaags voorbeeld hiervan is de verplaatsing van de tanden in de kaak ten gevolge van krachten die uitgeoefend worden op onder- en bovenkaak door tandheelkundige correctieapparatuur binnen de orthodontie.

Het feit dat botweefsel zich steeds hernieuwt, wil zeggen dat het zichzelf ook kan herstellen bij ziekte of letsels. Maar het betekent ook dat het bot zich kan aanpassen aan biomechanische eisen (LYMAN 1994, p. 73; JUNQUEIRA et al. 1998, p. 154; MAYS 1998, p. 3; JANS 2005, p. 6). Al in de 19^{de} eeuw stelde de Duitse anatomicus Julius Wolff dat botten erg gevoelig zijn voor mechanische stimuli en dat ze in staat zijn hun vorm en grootte aan te passen aan de functionele krachten die van hen gevraagd worden (LARSEN 1997, p. 195). Ook dit is

interessant voor de fysisch antropoloog die zowel recente en oude letsels als activiteitspatronen van het botmateriaal kan afleiden.

4.2. Decompositie, degradatie en preservatie

4.2.1. Inleiding

Degradatie kan ingedeeld worden in drie algemene categorieën; namelijk fysische verwerking, chemische verwerking en biologische verwerking, hoewel ze meestal in combinatie optreden.

Onder fysische verwerking of mechanisch verval worden de processen bedoeld die de mineralogische of chemische samenstelling van het materiaal niet verandert, maar die als resultaat hebben dat het object barst, scheurt, breekt of in stukjes uiteen valt. Een voorbeeld hiervan is de inwerking van vorst waarbij water in kleine poriën bij bevriezing zal uitzetten en zo materialen uiteen doet scheuren. Ook boom- of plantenwortels kunnen objecten stuk drukken of vervormen waardoor er mechanisch verval optreedt.

Chemische verwerking of chemisch verval is een geochemisch proces waarbij de oorspronkelijke samenstelling van het materiaal verandert of wordt afgebroken. In dit proces spelen meerdere agentia een rol zoals water, zuurstof of de zuurgraad. Water zorgt voor hydrolyse, verandering van een stof in een reactie met water, maar is ook een oplos- en transportmiddel voor koolzuur, zuurstof, humuszuren en ionen waardoor omstandigheden ontstaan waaronder chemische processen kunnen plaatsvinden.

Naast water is zuurstof erg belangrijk omdat de meeste reacties plaatsvinden bij de aanwezigheid van zuurstof. Zuurstof zal eveneens helpen bij het biologisch verval van materialen (KARS & SMIT 2003, p. 4-5; GOLDBERG & MACPHAIL 2006, p. 65).

Als laatste verweringsproces is er biologische verwerking die in te delen is in twee categorieën; namelijk microbiële degradatie en degradatie door andere biologische actoren. De aantasting van archeologische materialen door de laatste groep zoals plantenwortels of aaseters is op macroscopisch niveau gemakkelijk vast te stellen. Microbiële degradatie is de belangrijkste oorzaak van biologische degradatie. Hiervan is botmateriaal een mooi voorbeeld. Organismen zoals schimmels of bacteriën veroorzaken *microscopical foci of destruction* (mfd) die op microscopisch niveau morfologisch te onderscheiden zijn in drie soorten destructies door bacteriën en één soort door schimmels. Het gevolg van de microbiologische verwerking is een grotere poreusiteit, een verandering van sporenelementen en een verlies van collageen en DNA (JANS 2005, p. 10).

Er dient opgemerkt te worden dat de tijd de meest kritische factor voor verwerking is, hoewel deze relatie niet rechtevenredig verloopt. Ook zullen begraven materialen veel trager verwerken dan materialen aan de oppervlakte (DUPRAS et al. 2006, p. 30-31).

In dit hoofdstuk zal eerst gekeken worden naar de natuurlijke ontwikkelingen die plaatsvinden wanneer een organisme sterft, waarna we zullen ingaan op de factoren die het ontbindingsproces van een begraven menselijk lichaam beïnvloeden en in welke specifieke situaties preservatie kan optreden.

4.2.2. *Decompositie van de weke delen*

Het intreden van dood begint bij het stilvallen van de hartslag. Vlak na het ophouden van de hartslag is reanimatie nog mogelijk. Wanneer een individu geen hartslag meer heeft, zal ook de ademhaling gestopt zijn. Wel moet opgemerkt worden dat een afwezigheid van ademhaling niet wil zeggen dat ook het hart is opgehouden te kloppen.

Veranderingen die de eerste twee uren na het intreden van de dood plaatsvinden, worden de vroege postmortem veranderingen genoemd. Deze veranderingen worden veroorzaakt door het stoppen van het kloppen van het hart waardoor er geen zuurstofrijk bloed meer door het lichaam wordt gepompt.

Dit resulteert in de eerste plaats in een verlies van de gezonde huidskleur. In de vroege 15 tot 30 minuten na de dood is de bleekheid van de huid al vast te stellen bij mensen met een lichte huidskleur. Bij personen met een donkere huidskleur is een verbleking veel moeilijker te zien. Op datzelfde moment zullen alle lichaamsspieren, waaronder eveneens de sluitspier, ontspannen. Het is mogelijk dat de ontlasting dan uit het lichaam vrijkomt of dat de maaginhoud wordt teruggegeven door de ontspanning van de maag- en slokdarmspieren.

Ook in het oog vinden interne en externe veranderingen plaats. Langs buitenaf zal een donkere band van gedroogd hoornvlies te zien zijn, veroorzaakt door de ontspanning van de oogspieren en de opdroging van het hoornvlies, doordat het ooglid niet meer werkt. Dit fenomeen wordt ook wel 'tache noire sclerotique' genoemd.

Het bloed wordt onmiddellijk na het intreden van de dood zuur door een teveel aan koolstofdioxide en andere stoffen die vrijkomen bij de afbraak van weefsels. Dit zorgt voor de activatie van een intrinsiek stollingsmechanisme zodat er bloedklonters ontstaan in de aders van het hele lichaam (TIMPERMAN & PIETTE 1988, p. 30-36; CLARK et al. 1997, p. 151-152).

Tussen de twee en vier uren na de dood wordt gesproken over late postmortem veranderingen. Rigor mortis, algor mortis en livor mortis zullen onafhankelijk van elkaar optreden, al komen ze meestal samen voor.

Rigor mortis of lijkstijfheid wordt veroorzaakt door de chemische veranderingen in de spieren. Deze veranderingen beginnen onmiddellijk na de dood, maar zijn pas enkele uren na de dood te zien. Het is het eerst op te merken in de aangezichtsspieren en in het verstijven van de kaakspieren. Na 24 uren zal het hele lichaam zo stijf zijn dat het mogelijk is zijn eigen gewicht te ondersteunen. Na het wegwerken van de chemische veranderingen in de spieren zal het lichaam na een 48-tal uren weer ontspannen. Omdat rigor mortis een chemisch proces is, zal het versnellen onder invloed van hitte. Dit wil zeggen dat wanneer een individu sterft na een krachtinspanning of met koorts, de lijkstijfheid zich sneller zal ontwikkelen dan wanneer de persoon een normale lichaamstemperatuur had bij overlijden.

Algor mortis betekent het afkoelen van het lichaam waarbij het zich aanpast aan de omgevingstemperatuur. De normale lichaamstemperatuur van een persoon bij leven ligt rond de 36 of 37°C. Na het intreden van de dood zal het lichaam zich aanpassen aan de omgevingstemperatuur, wat in de meeste omstandigheden wil zeggen dat het lichaam afkoelt. Maar wanneer iemand de dood vindt in een warme omgeving, zal de lichaamstemperatuur stijgen. Een verhoogde temperatuur tijdens leven, zoals koorts, zal ook een invloed hebben op de postmortem veranderingen van de lichaamstemperatuur.

Livor mortis of lijkvlekken ontstaan doordat het bloed niet meer door het lichaam circuleert. Het bloed wordt onderhevig aan de zwaartekracht en zakt naar de laagste delen van het lichaam. Vanaf twee uren na de dood zijn deze lijkvlekken waar te nemen. De kleur van livor mortis verschilt van rood tot paars en wordt donkerder naarmate het postmortem interval stijgt. Wanneer je in het beginstadium van de lijkvlekken met een voorwerp of je vinger op de vlekken zou duwen, zal de druk het bloed wegdrukken en de plek even wit worden. Op dat moment is de livor mortis niet gefixeerd. Vier tot zes uren na de dood treedt een gefixeerde livor mortis op. Hierbij zal het vet dat zich rond de bloedvaten bevindt het bloed fixeren door de afkoeling van het lichaam, waardoor het bloed niet meer wegdrukbaar zal zijn. Aanspannende lichaamskledij zal zich in deze fase in het lichaam aftekenen zodat zelfs na het uitkleden, de kledij in het lichaam zichtbaar zal blijven (TIMPERMAN & PIETTE 1988, p. 36-41; JANAWAY 1996, p. 65; CLARK et al. 1997, p. 152-153; GILL-KING 1997, p. 98-99).

Het hele ontbindingsproces van veranderingen in de weefsels dat uiteindelijk zal leiden tot skelettering, wordt ingedeeld in autolyse en putrefactie.

Autolyse is een proces van zelfvertering waarbij de cellen zichzelf zullen afbreken. Dit proces wordt in gang gezet door de daling van de intracellulaire pH wat ontstaat na de daling van de zuurstof in het bloed. Vanaf de eerste minuten na het intreden van de dood zullen alle cellen autolyse ondergaan. Wanneer de autolyse aanvangt in de verschillende cellen en organen is heel variabel. De algemene regel stelt dat autolyse eerder start in cellen die veel lysosomen bevatten zoals de pancreas, dan in de cellen die weinig hydrolytische enzymen bevatten, zoals de spieren. Het autolyseproces is afhankelijk van de temperatuur. Het koud houden van een lichaam na de dood zal de enzymatische zelfvernietiging van de cellen vertragen, een hoge omgevingstemperatuur of een antemortem koorts zal de autolyse versnellen.

De eerste veranderingen van autolyse zijn slechts waar te nemen onder de microscoop, maar wanneer het proces vordert, kan het vanaf 48 uren na de dood gezien worden met het blote oog. Zo wordt opperhuidloslating of epidermolyse zichtbaar, waarbij de opperhuid loskomt van de onderliggende huid. Ook het haar en de nagels komen los te zitten waardoor ze bij verplaatsing van het lichaam gemakkelijk kunnen afvallen. Voorts tekenen de bloedvaten zich met een blauwe kleur af op de huid waardoor een marmerpatroon lijkt weergegeven (CLARK et al. 1997, p. 153-154; VASS 2001, p. 190).

Putrefactie is het vernietigen van het zachte weefsel door micro-organismen. Bacteriën, fungi en protozoa kunnen door het lichaam niet meer in evenwicht worden gehouden en planten zich in grote getale voort. Hiermee gaat een rottingsgeur gepaard. De snelle productie en opeenstapeling van gas veroorzaken fysische en chemische veranderingen die de autolyse aanvullen. Deze veranderingen en gasvorming vinden vooral plaats in de lichaamsdelen die veel bloed bevatten omdat de bacteriën zich voeden met rode bloedcellen. Hierdoor zullen de bacteriën zich dus vooral bevinden in de gebieden met livor mortis. Een eigenschap van putrefactie is het opzwellen van het zachte weefsel door de ontbindingsgassen. De zwellingen beginnen in het aangezicht en de lippen, waarna de onderbuik volgt en bij mannen ook het scrotum. Dit zwelproces wordt *bloating* genoemd. Wanneer dit onder de grond gebeurt, zal de aarde naar boven worden geduwd om vervolgens in elkaar te zakken bij verdere ontbinding.

De processen van autolyse en putrefactie die waar te nemen zijn aan de buitenkant van het lichaam, zullen gelijktijdig plaatsvinden op de interne organen en leidt eveneens tot destructie van de weefsels en gasvorming (GARLAND & JANAWAY 1989, p. 22; MICOZZI 1991, p. 37-47, 49; JANAWAY 1996, p. 65-68; CLARK et al. 1997, p. 155; VASS 2001, p. 190).

4.2.3. *Skelettering*

Tijdens de decompositie van het zachte weefsel, begint het proces van skelettering. Langzaam zullen de beenderen van de overledene zichtbaar worden. Op die manier wordt het skelet niet meer beschermd en zal het onderhevig zijn aan chemische, fysische of biologische degradatie. Een lichaam wordt veel minder snel geskeletteerd onder de grond dan aan de oppervlakte. Zo bespraken we in de afbakening van deze verhandeling dat de bodem fungeert als een bumper die de toegang van organismen vermindert. In de literatuur vinden we terug dat skeletvorming onder de aarde drie, vier tot zelfs zeven jaar kan duren.

De snelheid van decompositie en degradatie en de bewaringstoestand waarin het botmateriaal zich zal bevinden wanneer het opgegraven wordt, is afhankelijk van verschillende bodemomstandigheden en beïnvloedingsfactoren (GARLAND & JANAWAY 1989, p. 25-26; TIMPERMAN & PIETTE 1988, p. 47; MICOZZI 1991, p. 49-51; CLARK et al. 1997, p. 159-160).

4.2.4. *Beïnvloedingsfactoren*

De elementen die invloed hebben op verwerking en degradatie kunnen worden ingedeeld in korte termijn factoren en lange termijn factoren. Ook een indeling in intrinsieke en extrinsieke beïnvloedingsfactoren is mogelijk. Wij verkozen de laatstgenoemde indeling omdat beïnvloedingsfactoren op lange en korte termijn niet altijd duidelijk te onderscheiden zijn. Een voorbeeld hiervan is de invloed van de bodem waarover de meningen van de onderzoekers verdeeld zijn. Zo beweren Garland en Janaway (1989, p. 18) dat de invloed van de bodem belangrijk is op korte termijn, al maakt Janaway (1996, p. 69) later nog een onderscheid tussen de lokale bodem en de algemene bodem. Terwijl Mant (1987, p. 70) stelt dat de invloed van de bodem op een recent begraven lichaam slechts gering is tot twee jaar na de begraafing.

Er dient benadrukt te worden dat een lichaam een samengesteld materiaal is en ook bot een combinatie is van een organische en anorganische fractie. Elk element van de samenstelling heeft een eigen gevoeligheid voor veranderende bodemparameters. En elke verandering in die samenstelling, zal een effect hebben op het materiaal (GARLAND & JANAWAY 1989, p. 26, KARS & SMIT 2003, p. 57).

Hieronder zal dieper worden ingegaan op de verschillende factoren die een invloed hebben op de decompositie en degradatie van een begraven menselijk lichaam.

4.2.4.1. Intrinsieke beïnvloedingsfactoren

4.2.4.1.1. Fysieke gesteldheid

Factoren die intrinsiek zijn aan het menselijke lichaam kunnen een rol spelen in de snelheid van de ontbinding en de degradatie. Hoe was de bouw van de overledene? Zo zal een dik lichaam trager vergaan dan een magere persoon. Dit werd duidelijk na onderzoek van de massagraven uit de concentratiekampen, waar magere, ondervoede personen een verdere staat van skelettering vertoonden dan de minder ondervoede kadavers (MANT 1987, p. 67).

Ook de gezondheid van een persoon bij de dood heeft invloed op de decompositie en degradatie. Een gezonde mens zal trager ontbinden dan een zieke of gewonde persoon.

Wanneer een lichaam ante-, peri- of postmortem verwondingen vertoont, is het meer ontvankelijk voor de invasie van micro-organismen of ander gedierte waardoor de ontbinding sneller zal verlopen. Wonden zijn namelijk erg aantrekkelijk voor bijvoorbeeld insecten om er zich mee te voeden en er hun eieren in te leggen.

Bepaalde ziektes vlak voor de dood, zoals bijvoorbeeld septikemie¹², zullen eveneens zorgen voor een versnelde decompositie en skelettering (GARLAND & JANAWAY 1989, p. 16).

4.2.4.1.2. Vorm van de botten

Verschillen in vorm en grootte van het bot spelen een belangrijke rol in het degradatieproces. Op pagina 33 en 34 bespraken we de verschillende vormen en groottes van beenderen binnen een individu.

De belangrijkheid van de vorm is duidelijk te zien in de mechanische afbraak van het bot. De onregelmatige vorm is meer bepalend dan de grootte. Zo is de schedel, die meestal als eenheid wordt gezien, erg gevoelig voor verplettering of kromtrekken door druk van de bodem en zal dus sneller breken, eveneens tijdens de opgraving (HENDERSON 1987, p. 45). De lange beenderen, zoals femur, tibia, fibula, humerus, radius en ulna, zijn meer resistent tegen druk waardoor ze minder snel breken (JANAWAY 1996, p. 69).

Maar ook de grootte van het bot heeft zijn invloed op degradatie. Experimenten tonen aan dat de graad van verval omgekeerd evenredig is met de grootte van de beenderen. Dit heeft te maken met de aanwezigheid van collageen. De grootte van de beenderen tussen individuen variëren, maar ook de grootte van de botten in het menselijk lichamen variëren. Kleinere botjes zoals de handbeentjes zullen in vele gevallen niet meer terug te vinden zijn tijdens de opgraving (HENDERSON 1987, p. 45). Dit werd eveneens bevestigd door het onderzoek van

¹² Septikemie is een bloedvergiftiging waarbij pathogene micro-organismen van een primaire ontstekingshaard uit de bloed- of lymfestroom binnendringen, zich daarin handhaven en vermenigvuldigen (COELHO 1997, p. 759).

Von Endt en Ortner (1984, p. 247-253) die de invloed van botgrootte onderzochten onder gecontroleerde laboratoriumomstandigheden. Ook de kleinere en meer fragiele botjes van kinderen zullen onder-gerepresenteerd zijn in skeletvondsten (MAYS 1998, p. 22)

4.2.4.1.3. Botdichtheid

De dichtheid van het bot, waarmee de verhouding van compact en spongieus bot wordt bedoeld, varieert doorheen de beenderen van het menselijke skelet, maar varieert eveneens tussen mensen. Zoals op pagina 38 werd besproken, zijn beenderen levende weefsels die zich aanpassen in vorm en grootte aan de functionele krachten die van hen gevraagd worden. Op die manier verschilt de dichtheid van het bot tussen de skeletten van verschillende personen, maar eveneens tussen botten of dezelfde botten van één individu als reactie op de mechanische vraag van het lichaam of lichaamsdeel (LARSEN 1997, p. 197). Zo hebben professionele tennisspelers een hogere asymmetrie en zal de humerus uit hun speelarm veel beter ontwikkeld zijn dan de humerus uit hun andere arm. Deze asymmetrie is ook meer uitgesproken bij rechtshandige mensen die fysieke arbeid verrichten, zoals jagers. Bijgevolg stelden onderzoekers bij de overstap van jagen naar landbouw een daling van die asymmetrie vast omdat de mens overstapte van jagen met één arm naar landbouw waarbij met twee armen zware arbeid moest verricht worden (LARSEN 1997, p. 210-211).

De botdichtheid zal een rol zal spelen in de afbraak van het skelet tijdens decompositie en vertering. Hoe groter de botdichtheid, hoe meer vertering nodig zal zijn voor de afbraak (VON ENDT & ORTNER 1984, p. 247-253).

4.2.4.1.4. Leeftijd en geslacht

Andere intrinsieke beïnvloedingsfactoren van het lichaam zijn leeftijd en geslacht.

De leeftijd heeft een directe relatie tot de grootte van het bot en het is duidelijk dat een kind sneller zal ontbinden dan een volwassene vanwege de mindere aanwezigheid van zacht weefsel en gevoeligheid van de beenderen. Zo zal ook een oudere man met osteoporose een andere snelheid van ontbinding vertonen dan een jonge man, omdat de beenderen bij osteoporose veel gevoeliger zijn voor vernietiging (HENDERSON 1987, p. 45).

Het geslacht op zich is niet relevant, maar wel het geslacht in relatie met de grootte en stevigheid van de botten. Dit leidt ons terug naar het vorig besproken punt. Seksueel dimorfisme is veel voorkomend, genetisch, omdat mannen sowieso zwaardere botten en spieraanhechtingen hebben dan vrouwen, maar ook omdat ze in vele gevallen een andere fysieke arbeid verrichten (LARSEN 1997, p. 204-205).

We besluiten dat alle factoren die leiden tot verschillen in botsamenstelling en dichtheid, een onrechtstreekse invloed hebben op decompositie en degradatie.

4.2.4.2. Extrinsieke beïnvloedingsfactoren

In de grafomgeving zal zowel organisch als anorganisch begraven materiaal invloed ondergaan van extrinsieke factoren en hierdoor degraderen of juist bewaard blijven. Deze extrinsieke factoren zijn in te delen in twee categorieën, namelijk de grafomgeving en menselijke activiteiten. Binnen de archeologie mogen deze factoren niet onafhankelijk van elkaar worden bestudeerd omdat ze in interactie staan met elkaar. Hoewel hun invloed kan variëren zijn ze allemaal belangrijk voor de degradatie en preservatie van het lichaam en elk individueel bot (HENDERSON 1987, p. 46). Hieronder zullen de beïnvloedingsfactoren afzonderlijk worden toegelicht.

Daarnaast is er een verschil tussen de beïnvloedende omgevingsfactoren op de ontbinding van zacht weefsel en op de degradatie van botmateriaal. Niet elke factor heeft dezelfde invloed op het ene of het andere. Volgens Janaway (1996, p. 69) is de lokale bodemchemie en bodembioïologie erg belangrijk tijdens de initiële decompositie van een begraven lichaam, waarbij de weke delen hun morfologische structuur verliezen. Wanneer de massa zacht weefsel is vergaan, zal de algemene bodemchemie een belangrijke invloed zijn op de botdiagenese en de degradatie van geassocieerde materialen.

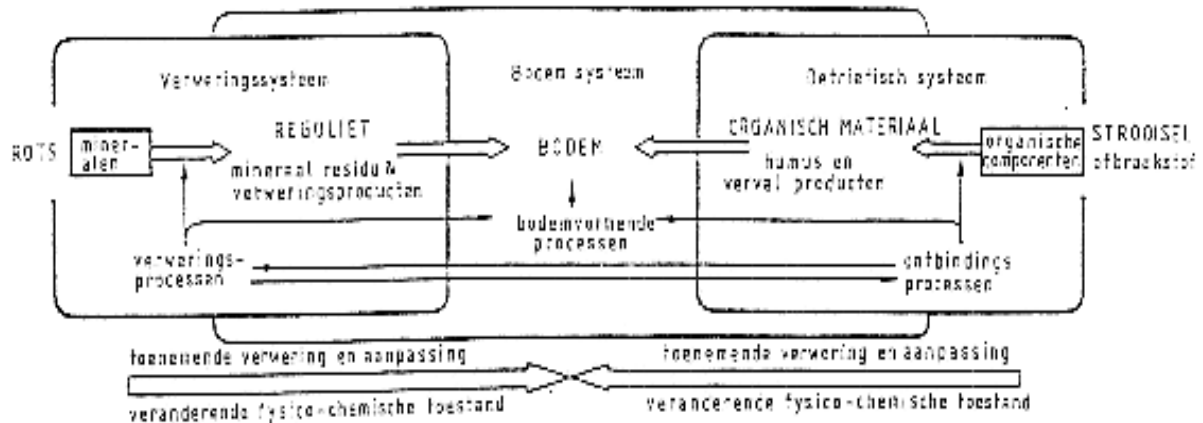
4.2.4.2.1. Bodem

De bodem is in deze verhandeling de grafomgeving van de begraven menselijke resten. In deze bespreking zullen wij de nadruk leggen op de Belgische bodem.

Ameryckx et al. (1989, p. 16) beschrijven de bodem als het bovenste, losse deel van de aardkorst die als groeiplaats dient voor planten.

Het aardoppervlak bestond oorspronkelijk uit een harde steenschaal. Rotsen worden gevormd in de lithosfeer in een omgeving die gekenmerkt wordt door hoge temperaturen en / of een hoge druk. Maar wanneer ze aan het aardoppervlak verschijnen, komen ze in een totaal verschillende omgeving terecht waarin de druk sterk gedaald is, de temperatuur veel lager ligt en fluctueert en een grote hoeveelheid zuurstof en water aanwezig is. De rotsen zullen zich aanpassen aan deze nieuwe omstandigheden waarbij los materiaal zal ontstaan uit die harde steenschaal. Dit is het proces van verwerking.

Een gelijkaardig proces zal de afgestorven organische componenten van de omgeving aantasten. Beide processen vormen samen het bodemsysteem, waar verwerking en ontbinding van organisch materiaal leiden tot bodemvorming of pedogenese (figuur 10) (VAN MOLLE 2006, p. 71).



Figuur 10: Het bodemsysteem met links de verwerking van mineralen en rechts de verwerking van organisch materiaal.

Verwerking wordt opgedeeld in chemische verwerking en mechanische of fysieke verwerking. Verder is er in beide ook een invloed van biotische factoren. Ondanks dat deze factoren veelal afzonderlijk worden besproken, zijn deze in wisselwerking met elkaar (VAN MOLLE 2006, p. 71).

Wanneer het verweerde materiaal niet of onvolledig wordt weggevoerd, blijft er steeds een verweringslaag aan de oppervlakte liggen die regoliet wordt genoemd. De bodem ontwikkelt zich in de bovenste delen van de regoliet als gevolg van een wisselwerking tussen zeven factoren complexen, namelijk klimaat, gesteentesoort, reliëf, vegetatie, bodemfauna, mens en tijd (AMERYCKX 1979, p. 48-52; VAN MOLLE 2006, p. 97-98).

In België schommelt de dikte van de bodem van enkele centimeters tot enkele meters. In Hoog-België treft men ondiepe bodems aan op een dunne regoliet die het vast gesteente bedekt. In Laag- en Midden-België, waar de losse afzettingen zeer dik zijn, reiken de bodems tot 1 en 2 meter diepte (AMERYCKX et al. 1989, p. 13-14).

Bodems worden gekarakteriseerd door een differentiatie in verschillende bodemhorizonten (figuur 11). Dit zijn de horizontale lagen die in verticale richting ontstaan en samen het bodemprofiel vormen. De horizonten worden verder onderverdeeld, al heeft niet elke bodem dezelfde horizonopvolging. Er is de O-horizont, de organische oppervlaktelaag, strooisellaag of humuslaag die niet permanent met water verzadigd is. De A-horizont is de

met humus aangerijkte minerale oppervlaktelaag die geen kenmerken vertoont van een E- of B-horizont. De E-horizont is de eluviatiehorizont die gelegen is onder de oppervlakte en uitgeloofd is in klei, ijzer en aluminium. Ze is te herkennen aan een lichtere kleur en lager kleigehalte. De B-horizont of illuviatiehorizont is dieper gelegen in het profiel en heeft een maximale aanrijking aan klei (Bt), humus (Bh), carbonaten (Bk) of ijzer- en aluminium-oxiden (Bs). De C-horizont bevat onverweerd los moedermateriaal en de laatste R-horizont is het onverweerd vast moedermateriaal (AMERYCKX 1979, p. 48; AMERYCKX et al. 1989, p. 178-180, VAN RANST & SYS 2000, p. 8-10; VAN MOLLE 2006, p. 99).

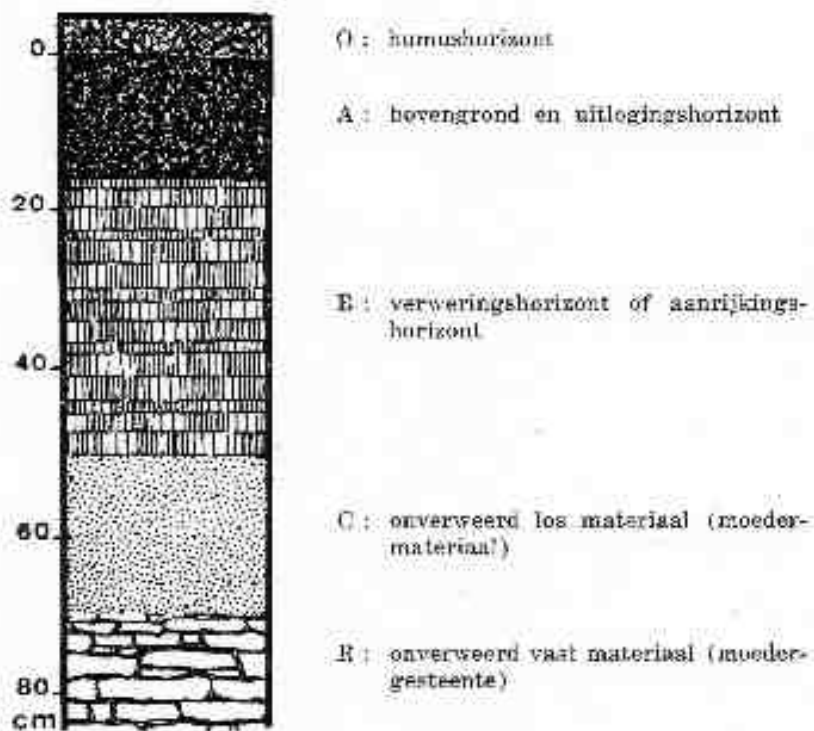


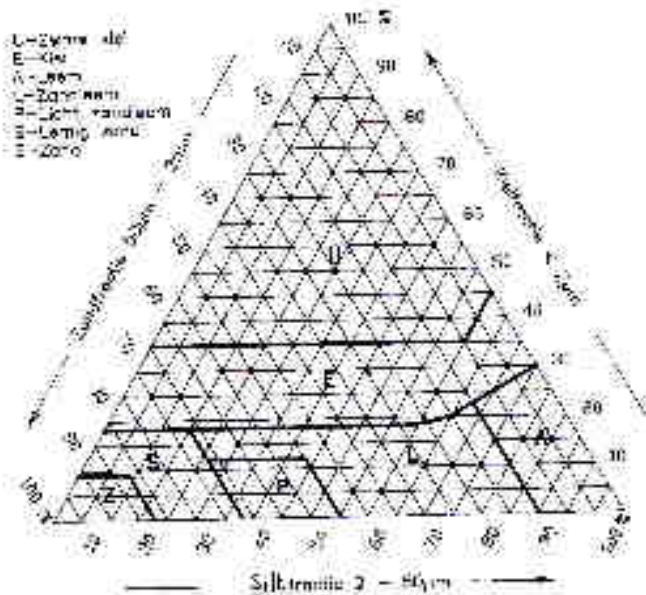
Fig. 11: Identificatie en benaming van de horizonten in een standaard bodemprofiel.

De bodem is opgebouwd uit vaste bestanddelen, vloeibare bestanddelen en gasvormige bestanddelen, die alle drie een invloed hebben op de decompositie en degradatie van menselijke resten. Daarnaast spelen ook de bodemtemperatuur en de zuurgraad een belangrijke rol. Elk van deze factoren zal hieronder uitgebreid besproken worden.

A. De vaste bestanddelen

Door verwerking vallen gesteenten uiteen in kleine stukjes en tenslotte poeder. Deze kleine korrels zijn de minerale bestanddelen van de bodem en vormen de basis van de grond, de dode stof waarrond zich andere bestanddelen groeperen. De afmetingen hiervan kunnen sterk uiteenlopen van zeer fijne stukjes tot grove brokken. De korrels worden volgens hun grootte in verschillende groepen verdeeld die korrelgroottefracties worden genoemd. Vermits de meeste korrels slechts hondersten of duizendsten van een millimeter groot zijn, gebruikt men de maatstaf van een micrometer.

De gronden van Laag- en Midden-België bevatten vooral fijne fracties klei, zand en silt. De verhouding van deze fracties bepaalt de korrelgroottesamenstelling, ook wel grondsoort of textuur genoemd. De textuur wordt weergegeven in de textuurdriehoeksgrafiek waarvan iedere as een fractie voorstelt (figuur 12) (AMERYCKX et al. 1989, p. 53, 58, 64-67; VAN MOLLE 2006, p. 99-101).



Figuur 12: Textuurdriehoeksgrafiek. De textuur van de bodem wordt bepaald door het gehalte aan klei (0-2 μm), silt (2-50 μm) en zand (50 μm – 2 mm). Het percentage van elk van de drie fracties kan worden uitgezet in deze gelijkzijdige driehoek waarvan elk hoekpunt 100% voorstelt van één van de drie fracties. Op die manier worden de zones afgebakend die de verschillende textuurklassen voorstellen (AMERYCKX et al. 1989, p. 56).

De verdeling van de korrelgrootte heeft een direct effect op factoren zoals drainage, zuurstof, temperatuur en bodematmosfeer, en bijgevolg ook op preservatie en decompositie (WHITE 1979, p. 13-14; JANAWAY 1996, p. 59). Zo wordt de korrelgrootte gezien als de belangrijkste factor in de decompositie en degradatie omdat het lucht-, water- en temperatuurgehalte beïnvloedt (FIEDLER & GRAW 2003, p. 296).

Experimenten tonen aan dat zowel de decompositie van het zachte weefsel als de degradatie van het botmateriaal afhankelijk is van de karakteristieken van de omgeven bodem. Weinig

(1958, p. 397) maakte een onderscheid tussen een 'actieve' bodem die een snelle decompositie tot gevolg heeft, en een 'inactieve' bodem waarbij de decompositie traag verloopt.

Zo is een zandbodem te klasseren onder de actieve bodems omdat deze bodem door zijn grove korrelgrootte meestal veel zuurstof bevat. Er kan een sterke drainage in plaatsvinden waardoor chemische en biologische degradatie meestal erg groot zal zijn.

Een kleibodem daarentegen is een inactieve bodem. Door de fijne korrelgrootte is de drainage minder sterk, heeft de bodem een hoog waterbergingsvermogen en een constante vochtigheid in het profiel waardoor water langer wordt opgehouden, en zijn er minder zuurstof en aerobe organismen aanwezig. De chemische en biologische degradatie zal in een kleibodem daarom veel minder zijn.

Naast de minerale bestanddelen bevinden zich organische bestanddelen in de bodem. De bovenste grondlaag bevat veel afval van planten en dieren die op of in de bodem leven, of die er wordt op aangebracht als mest. Die afval wordt omgezet en verteerd door micro-organismen. Zij voeden zich hiermee en breken het af tot water, koolzuurgas en voedingsstoffen. Het restproduct dat overblijft wordt humus genoemd. Het is de organische stof die voortkomt van planten- en dierenresten. De omzetting of humificatie wordt beïnvloed door de bodem zelf, het organisch materiaal en het klimaat.

In de bodem zitten aerobe bacteriën die zorgen voor humificatie. Hiervoor mag er niet teveel water in de bodem zijn. Ook de zuurgraad speelt een rol omdat humificatie wordt afgeremd in een zuur milieu. Het stikstofgehalte is belangrijk omdat de bacteriën naast zuurstof ook stikstof nodig hebben. Voorts is de samenstelling van het te ontbinden organisch materiaal belangrijk. En tenslotte speelt het klimaat een rol dat de dichtheid van de vegetatie bepaalt maar ook invloed heeft op de warmte en vochtigheid waarin de humificerende bacteriën goed aarden (AMERYCKX et al. 1989, p. 71-74). Uit studies blijkt dat temperatuur en vocht een grote invloed hebben op de bacteriële ontbinding van menselijke resten. Hoe hoger de temperatuur en het vochtgehalte, hoe groter de graad van ontbinding ten gevolge van bacteriën (SLEDZIK 1998, p. 111).¹³

¹³ De hoge temperatuur en het vochtgehalte had een grote invloed op de bacteriële decompositie van de slachtoffers van de tsunami in Zuidoost-Azië op 26 december 2004, wat de identificatie in grote mate bemoeilijkte.

Aansluitend op de organische bestanddelen zijn de levende bestanddelen van de bodem een laatste onderdeel van de vaste bestanddelen, al sluiten ze min of meer aan bij de organische bestanddelen. In de bodem worden levende organismen zoals planten en dieren aangetroffen. Verstoringen die door hen worden aangebracht, wordt bioturbatie genoemd.

Plantenwortels kunnen zeer talrijk zijn in de bovengrond, maar ook tot aanzienlijke diepte in de ondergrond doordringen (AMERYCKX et al. 1989, p. 54).

De aanwezigheid van planten kan de ontbinding van een lichaam doen versnellen omdat de plantenwortels naar het lichaam zullen toegroeien om zich te goed te doen aan de rijke organische voedingsstoffen die door de ontbinding geproduceerd worden. Door die goede voedingsstoffen zullen de planten op die plaats beter gaan groeien, waardoor het mogelijk is het graf te lokaliseren aan de hand van plantengroei. Maar het tegengestelde is ook mogelijk. Soms wordt de plantengroei verstoord omdat hun wortels bij het graven van het graf vernietigd werden of omdat er minder voedingsrijke grond onder de planten terecht kwam bij het graven van het graf.

Wanneer de planten in contact staan met het lichaam kunnen de wortels ook de kledij, de huid en uiteindelijk het skelet aantasten (RODRIGUEZ 1997, p. 460). Hun destructie ten opzichte van begraven menselijke resten mag niet onderschat worden. Zo kunnen plantenwortels markeringen of groeven op botmateriaal achterlaten die soms verward worden met pathologieën. De groeven ontstaan doordat plantenwortels een soort zuur uitscheiden, geassocieerd met de groei en het vergaan van wortels. Dit zuur laat markeringen na op het botoppervlak (BEHRENSMEYER 1978, p. 154).

Voorts kan botmateriaal verkleurd worden door planten. Zo geeft algengroei een groene kleur aan beenderen en plantenhumus een bruine kleur (DUPRAS et al. 2006, p. 36). Tenslotte zijn plantenwortels in staat delen van het lichaam of botmateriaal te verplaatsen, dieper in de bodem te duwen of te perforeren (HENDERSON 1987, p. 48).

De bodem is niet alleen een standplaats voor planten, maar ook een woonplaats voor dieren. Het gewicht van alle levende organismen in de bodem wordt geschat op 25 000 kilogram per hectare (AMERYCKX et al. 1989, p. 82).¹⁴

Bodemorganismen kunnen worden ingedeeld in drie groepen naargelang hun grootte, namelijk macrofauna, mesofauna en micro-organismen.

Hun effect op begraven materiaal kan zowel direct als indirect zijn. Met directe invloed worden de organismen bedoeld die actief betrokken zijn in de decompositie van organisch

¹⁴ Het totaal gewicht van 20 cm vochtige bovengrond is ongeveer 3 000 000 kilogram per hectare.

materiaal zoals de bacteriën of fungi. Organismen met een indirecte invloed zullen ten gevolge van hun graaactiviteiten het begraven materiaal eerder verstoren of verplaatsen en daardoor meer lucht brengen in de bodem (JANAWAY 1996, p. 61).

De macrofauna, meestal gravende zoogdieren zoals konijnen, mollen of knaagdieren, zijn vooral geïnteresseerd in het zachte weefsel van een lichaam in ontbinding, terwijl de microfauna veeleer schade zal aanrichten op het botmateriaal (HENDERSON 1987, p. 49).

Van de mesofauna waarbij de kleine ongewervelde dieren behoren zoals wormen of mieren, zijn de insecten en vliegen het meest belangrijk. De studie van insecten wordt de entomologie genoemd. Onderzoek toont aan dat vliegen en hun maden erg belangrijk zijn in de decompositie van een lichaam en dat ze het meest voorkomen tijdens de putrefactie en fermentatie. Ze worden beïnvloed door temperatuur en regenval en zijn forensisch belangrijk als indicators voor tijdstip van overlijden, plaats van overlijden en doodsoorzaak. Wel dient opgelet te worden dat de destructies die insecten veroorzaken, niet worden aanzien als pathologieën of wonden (RODRIGUEZ 1997, p. 464-465; LOPES DE CARVALHO & LINHARES 2001, p. 604-614; ANDERSON & CERVENKA 2002, p. 173-200; DUPRAS et al. 2006, p. 73-80).

De microscopische biologische activiteit van microfauna zoals bacteriën, algen en schimmels (fungi) speelt eveneens een rol in de ontbinding, maar kan ook schade aanrichten aan het botmateriaal. Zij veroorzaken de *microscopical foci of destruction* (mfd) die op pagina 39 vermeld werden (JANS 2005, p. 10).

Bodembacteriën kunnen tot 1 micrometer lang zijn en 0,2 micrometer breed. Ze kunnen zich onder optimale omstandigheden erg snel voortplanten. Hun activiteit is afhankelijk van de vochtigheid, de aanwezigheid van lucht, en temperatuur maar vooral van hun voedselbronnen. Autotrofe bacteriën zijn fotosynthetisch actief waarbij ze enkel CO₂ nodig hebben en zich kunnen voortplanten in een anaerobe omgeving. Het zijn deze soort bacteriën die invloed hebben op de corrosie van metalen. Heterotrofe bacteriën spelen een grote rol in de ontbinding van organische materialen in de bodem; zoals dode planten, afgevallen bladeren, feces van dieren of een dood lichaam. Om te overleven hebben deze bacteriën een vochtige omgeving nodig. Hoe droger de bodem, hoe minder bacteriële activiteit er zal zijn. Bodems met te veel water zijn evenmin gewenst voor deze bacteriën vanwege de reductie van zuurstof omdat het aerobe bacteriën zijn. Voorts eisen deze bacteriën een zuurgraad tussen 4 en 10 pH, met optimale condities rond de 7 pH en temperaturen tussen 10 en 40°C met optimale condities tussen 25 en 35°C.

Tenslotte moet gemeld worden dat naast de bacteriën die actief zijn in de bodem, de bacteriën van het lichaam zelf ook een rol spelen in het proces van ontbinding (JANAWAY 1996, p. 61-62).

Naast bacteriën zijn ook fungi van belang bij de decompositie en degradatie van menselijke resten. Fungi is een verzamelnaam voor slijmzwammen en schimmels, hoewel meestal het laatste wordt bedoeld. Schimmels zijn, wat betreft hun organisch voedsel, aangewezen op dood organisch materiaal (saprofyten) of groeien op levende organismen (parasieten). Ze bestaan uit schimmeldraden of hyfen, waarbij een geheel van hyfen het mycelium of de zwamvlok wordt genoemd. In optimale condities kan een schimmelkolonie in 24 uren meer dan een kilometer nieuwe schimmeldraden produceren. Schimmels hebben zuurstof nodig voor hun metabolisme waardoor ze niet zullen voorkomen in anaerobe omgevingen. Een goed voorbeeld hiervan is de degradatie van hout. Hout begraven in vochtige, aerobe grond zal uiteindelijk geheel vernietigd worden door schimmels in samenwerking met insecten en bacteriën. Dit in tegenstelling tot constant natte, anaerobische plaatsen waar enkel anaerobische bacteriën te werk kunnen gaan en waar hout duizenden jaren kan bewaard blijven (JANAWAY 1996, p. 62).

Op botmateriaal veroorzaken schimmels ook *mfd* die microscopisch te identificeren zijn als Wedl-tunnels (JANS 2005, p. 10).

Wanneer schimmels de overhand nemen tijdens het ontbindingsproces, zijn de bodemomstandigheden meestal ongunstig voor humusvormende bacteriën. Dit komt meestal voor bij een te zure bodem of bij slechte verhoudingen tussen lucht en water (AMERYCKX et al. 1989, p. 89).

B. De gasvormige bestanddelen

De bodem bevat veel openingen zoals capillairen, poriën, holten of gangen van dieren. Al die openingen zijn gevuld met water en lucht. Water en lucht in de bodem staan in omgekeerde verhouding met elkaar. Hoe meer water de bodem bevat, hoe minder lucht er aanwezig is en omgekeerd. De aanwezigheid van lucht kan daarom niet worden losgekoppeld van de hydrologie van de site, die hierna zal worden beschreven (AMERYCKX et al. 1989, p. 123; JANS 2005, p. 31).

De samenstelling van de bodemlucht verschilt niet veel van de atmosferische lucht boven de grond. Beide bestaan in dezelfde verhoudingen uit zuurstof en stikstof, maar verschillen in het aanwezige percentage koolstofdioxide (CO²). De bodemlucht bevat tien keer meer CO² dan de atmosferische lucht. Dit is een gevolg van de ontbinding van organische materiaal door

micro-organismen en van de ademhaling van plantenwortels en dieren, waardoor er CO² in de bodem vrijkomt (AMERYCKX et al. 1989, p. 123).

Wij vermoeden dat het CO²-gehalte tijdens de decompositie van een lichaam in de bodem, op die plaats opmerkelijk hoger moet liggen, al vonden we hierover niets terug in de literatuur. Indien dit juist is, stellen wij ons de vraag of via de prospectie van het CO²-gehalte, recente lichamen kunnen worden opgespoord.

Onderzoek toont aan dat zuurstof een cruciaal element is tijdens de ontbinding van een lichaam. Zonder zuurstof wordt de ontbinding afgeremd. Al dient vermeld te worden dat zuurstof veel belangrijker is tijdens de ontbinding van zacht weefsel, dan bij de degradatie van botmateriaal (HENDERSON 1987, p. 48; JANAWAY 1996, p. 69).

Zuurstof is immers nodig voor de ademhaling van plantenwortels en dieren, maar ook voor aerobe bacteriën en schimmels die vooral bij de decompositie een grote rol spelen (MANT 1987, p. 71; AMERYCKX et al. 1989, p. 124). Zo bevestigt een onderzoek van Briggs & Kear (1993, p. 107-135), waarbij polychaete wormen gebruikt werden om de mate van decompositie na te gaan, dat de ontbinding versneld wordt in een zuurstofrijke omgeving en verarmd in een zuurstofarme omgeving.

Een goed voorbeeld van het effect dat zuurstof kan teweegbrengen tijdens de ontbinding en degradatie is de opgraving van een massagraf van acht omgekomen militairen door Mant (1987, p. 71-72). De acht lichamen lagen begraven in twee lagen van vier personen, bedekt met 1,20 meter aarde. Het massagraf was niet aangeduid waardoor het onderzoeksteam ernaar op zoek was gegaan op aanwijzing van getuigen, door middel van het graven van proefputten. Uiteindelijk werd het graf negen maanden na de moorden gelokaliseerd en drie maanden later opgegraven. Eén van de proefputten bevond zich net boven de onderbuik van een slachtoffer en werd gebruikt als aanwijzingspunt voor het graf. Na het openleggen van het gehele graf vertoonde het lichaam onder de proefput een verregaande staat van ontbinding, waarbij de borst- en buikorganen volledig vergaan waren. In tegenstelling tot de andere zeven lichamen die zich in een staat van ontbinding bevonden die gelijk te stellen was met de periode van begraving. De acht militairen zouden antemortem dezelfde fysieke toestand hebben gehad en werden op hetzelfde moment gedood en begraven. In deze zaak werd duidelijk dat de toevoer van zuurstof een belangrijke rol speelt in het ontbindingsproces.

De aanwezigheid van zuurstof daalt met de diepte. Een lichaam in een ondiep graf zal sneller ontbinden dan een lichaam in een diep graf, wat opnieuw te maken heeft met de aanwezigheid

van aerobe bacteriën en andere dieren. De diepte wordt verder besproken op pagina 64, maar het is duidelijk dat deze elementen niet los te koppelen zijn van elkaar. Zo is zuurstof ook onlosmakelijk verbonden met het bodemtype omdat niet alle bodems even zuurstofdoorlatend zijn (HENDERSON 1987, p. 47-48).

Een laatste opmerking omtrent zuurstof betreft vernietiging ten gevolge van zuurstof. Omdat zuurstof het proces van ontbinding en degradatie versnelt, kan blootstelling aan zuurstof tijdens opgravingen eveneens verregaande gevolgen hebben voor menselijke resten en op die manier ook mogelijk bewijs vernietigen. In deze situatie is de beste werkprocedure de originele context zo goed mogelijk te bewaren door het lichaam in zijn omringende bedekking naar een laboratorium te brengen, waar het onder gecontroleerde condities kan onderzocht worden (HUNTER 1996b, p. 45).

C. De vloeibare bestanddelen

Het bodemwater is een van de belangrijkste bestanddelen van de bodem. Een uitgedroogde bodem is tijdelijk een dode bodem, maar een verzadigde of overstroomde grond is evengoed een dode grond. Tussen de vloeibare bestanddelen en de gasvormige bestanddelen moet een goede verhouding zijn om aan een goede bodem te voldoen.

Water is noodzakelijk voor de plantengroei dat dient als oplosmiddel en transportmiddel voor de plant. Maar ook voor bodemdieren en micro-organismen is water een belangrijke voedingsstof. Verder is water de warmteregelaar van de bodem. Naast de opname en verdamping van water door de planten (transpiratie), is er ook een aanzienlijke verdamping door de bodem zelf (evaporatie).¹⁵ Hiervoor is een zekere hoeveelheid warmte nodig.

Het water in de bodem wordt sterk beïnvloed door de textuur van de bodem. Zo zal een uitgedroogde zandgrond stuiven en een uitgedroogde kleibodem erg hard worden (AMERYCKX et al. 1989, p. 92-94).

Wanneer een put wordt gegraven in een laag, vlak gebied, zal zich op maximum enkele meters diepte grondwater bevinden. Het grondwateroppervlak zet zich zo goed als horizontaal voort in de bodem en wordt de grondwatertafel genoemd (figuur 13). De grondwaterzone is het gedeelte van de bodem onder de grondwatertafel. In deze zone zijn alle openingen met water gevuld en is er geen lucht meer aanwezig, zodat plantenwortels er afsterven. De grondwatertafel staat hoger in de winter dan in de zomer.

¹⁵ Door opname en verdamping door planten (= transpiratie) en de rechtstreekse verdamping uit de bodem (= evaporatie) verdwijnt in totaal (transpiratie + evaporatie = evapotranspiratie) 5 tot 6 miljoen liter water per hectare per jaar.

Uit het grondwater stijgt het water, ten gevolge van de capillaire kracht, omhoog door de talrijke openingen die door fijne kanaaltjes onderling verbonden zijn. De hoogte boven de grondwatertafel tot waar het capillaire water kan stijgen, wordt de capillaire zone genoemd en is afhankelijk van de grootte van de kanaaltjes en de poriën, die wordt bepaald door de textuur. In grove grondsoorten zoals zand, zal het capillair opstijgend vocht slechts een tiental centimeter stijgen, terwijl het capillair opstijgend vocht in fijne grondsoorten zoals klei, één tot twee meter stijgen. Wel is de stijgsnelheid van het capillaire water trager in fijne grondsoorten dan in grove.

Boven de capillaire zone bevindt zich nog een gebied dat water kan bevatten dat tijdens het doorsijpelen bleef hangen. Dit water wordt het hangwater genoemd. De hoeveelheid water die de hangwaterzone kan stockeren hangt ook af van de grondsoort. Zand houdt slechts weinig water op, silt en klei zeer veel (AMERYCKX et al. 1989, p. 94-97).

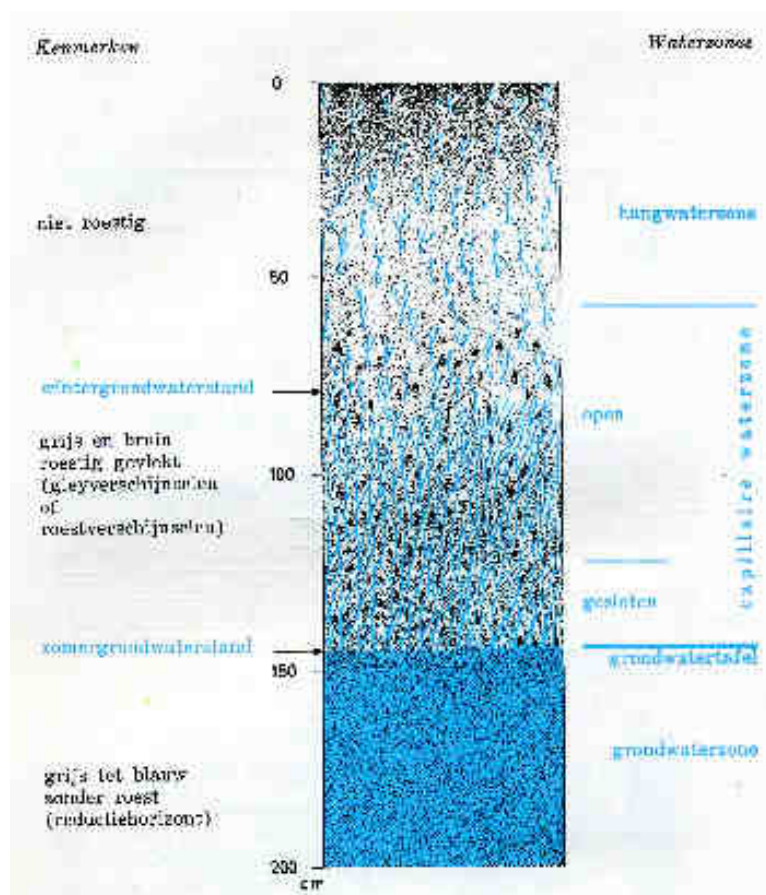


Fig. 13: Momentopname van het water in de bodem. De zomertoestand wordt weergegeven waarbij de grondwatertafel haar laagste stand vertoont. Er zijn duidelijk drie waterzones te onderscheiden; namelijk de hangwaterzone, de capillaire zone en de grondwaterzone. In heuvelachtige gebieden bevindt de grondwatertafel zich op zeer grote diepte zodat het grondwater en capillair water geen belang meer hebben voor de planten. Dergelijke bodems hebben enkel hangwater.

De rol van water is heel belangrijk in het proces van ontbinding van de weke delen en degradatie van botmateriaal. De aanwezigheid van water bepaalt niet alleen een groot deel van de microbiële degradatie door de beschikbaarheid van water en zuurstof, maar vormt ook een medium waarin reacties en transport van stoffen plaatsvinden (HEDGES & MILLARD 1995, p. 155).

We bespraken al dat tijdens de ontbinding van de weke delen, de microbiële aanval een belangrijke rol speelt. De meerderheid van de microben en bacteriën is aeroob waardoor zowel water als lucht nodig is in de juiste verhouding. Aerobe bacteriën zullen reduceren wanneer de bodem uitdroogt, maar zullen eveneens sterven wanneer de bodem verzadigd is met water (JANAWAY 1996, p. 62; ATURALIYA & LUKASEWYCZ 1999, p. 893; HEDGES 2002, p. 325). Dit wil niet zeggen dat onder water geen decompositie van de weke delen plaatsvindt. Onder water zal een lichaam vergaan door autolyse en putrefactie van onderwaterorganismen. Al zal dit veel trager gebeuren vanwege de koelere temperatuur en de afwezige activiteit van insecten en aerobe bacteriën (RODRIGUEZ 1997, p. 461).

Ook voor de degradatie van botmateriaal en botdiagenese is de hydrologie van een site erg belangrijk. Zowel de kwantiteit als de kwaliteit van het grondwater is belangrijk, maar ook de mate van beweging van het water in de bodem. De beweging van de zwaartekracht waarbij het water van boven naar beneden stroomt en de capillaire krachten van beneden naar boven, zullen een invloed hebben (HEDGES & MILLARD 1995, p. 155-156; MAYS 1998, p. 21).

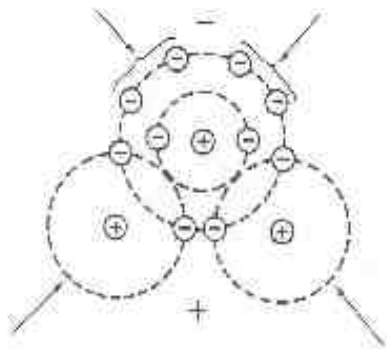
Tijdens chemische verwerking vindt afbraak van het kristalrooster plaats. Dit kan door de tussenkomst van drie verschillende processen; hydratatie, hydrolyse en redoxreacties, die gezamenlijk werken en een cumulatief effect hebben. De redoxreactie wordt aangehaald in hoofdstuk 5.2, p. 80. Hydratatie en hydrolyse zijn nauw met elkaar verbonden en vinden plaats in een reactie met water, waardoor ze hieronder besproken worden.

Eenvoudigweg kan gesteld worden dat hydratatie een binding is met water en hydrolyse de ontleding van een stof door de reactie met water.

Wanneer twee atomen waterstof en een atoom zuurstof samen water (H_2O) vormen, gebeurt dat door een sterke covalente binding. De resulterende watermolecule is stabiel en als geheel elektrisch neutraal. De elektronen vertonen echter een asymmetrische verdeling binnenin de molecule, waardoor deze zich gaat gedragen als een moleculaire dipool (figuur 14).

Dit (gedeeltelijk) ion karakter van de O - H binding in water verleent het H-atoom een positieve lading, waardoor elektronen van een ander atoom in de buurt aangetrokken worden tot het proton, hoewel het proton al gebonden is. Er ontstaat dus een tweede, zwakkere binding; de waterstofbinding. Door de aanwezigheid van twee onbezette paren elektronen, en

twee protonen, kan de watermolecule tot vier waterstofbindingen verwezenlijken met andere moleculen. Waterstofbindingen worden niet alleen gevormd tussen watermoleculen onderling, maar ook met andere geladen deeltjes of oppervlakken, waardoor lagen van georiënteerde watermoleculen ontstaan. Dit proces wordt hydratatie genoemd (VAN MOLLE 2006, p. 86).



Figuur 15: de waterstofmolecule.

Als een negatief geladen mineraal oppervlak in contact komt met water zal dit resulteren in de vorming van een georiënteerd laagje watermoleculen omheen het kristaloppervlak. Een gelijkaardige laag van preferentieel gerichte watermoleculen zal ook gevormd worden op alle oppervlakken in het kristalrooster waar water kan binnendringen. Het eerste resultaat van dit hydratatieproces is een verzwakking van de ionenbindingen van het kristalrooster. De kationen die op deze manier aan de tetraëders gebonden zijn, kunnen gemakkelijk losgemaakt worden en als gehydrateerde ionen opgenomen worden in het water dat het kristal omgeeft, om er tenslotte weggevoerd te worden.

Het effect van de aanwezigheid van gerichte watermoleculen beperkt zich niet tot hydratatie en het losmaken van de kationen die aan de oppervlakte van het kristalrooster door ionbindingen gebonden zijn. Een bijkomend effect is het starten van hydrolyse.

Bij hydrolyse gaan H-ionen, afkomstig van verschillende bronnen, inclusief van de ontbinding van watermoleculen, het gehydrateerde kristalrooster binnendringen om er de kationen geheel of gedeeltelijk te vervangen. Deze kationen komen dan terug in het omgevende water terecht als gehydrateerde ionen. Op deze manier zal het kristalrooster langzaam verzadigd raken met H-ionen, onstabiel worden, en uiteindelijk desintegreren (VAN MOLLE 2006, p. 86-87).

Het voorgaande maakt duidelijk dat de hydrologie van een site erg belangrijk is in de degradatie van archeologisch materiaal. De mate waarin het water door de bodem kan bewegen zal een belangrijke invloed hebben op de degradatie van botmateriaal. Hierbij halen we nogmaals aan dat de intrinsieke en extrinsieke kenmerken van de grafomgeving onlosmakelijk verbonden zijn met elkaar. De korrelgrootte bepaalt in grote mate de hydrologie, maar in dezelfde bodem zal een poreus bot sneller aangetast worden dan een bot met een grotere dichtheid (HEDGES & MILLARD 1995, p. 155-164; NIELSEN-MARSH & HEDGES 2000, p. 1142; JANS & CUIJPERS 2006, p. 58).

D. Zuurgraad

Gezien de beschikbaarheid van H-ionen in hydratatie en hydrolyse een grote rol speelt, valt te verwachten dat de pH van de omgeving een belangrijke rol zal spelen in beide processen en bijgevolg een invloed zal hebben op de ontbinding en degradatie van menselijke resten (VAN MOLLE 2006, p. 87).

De zuurgraad of pH is een maat voor het zuur of basisch karakter van een oplossing. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen zure, neutrale of basische (alkalische) oplossingen.

Een zure oplossing bevat een grote concentratie waterstofionen (H^+) waarbij de H^+ concentratie groter is dan 10^{-7} ($=1/10^7$) gram per liter. Een basische oplossing bevat een hoge concentratie aan hydroxylionen of OH^- .

Gezien de lage cijferwaarde van deze concentraties, is het praktischer ze uit te drukken in pH waarde, waarbij de pH het negatieve logaritme is van de H^+ concentratie. Een H^+ concentratie van 10^{-5} heeft dus een pH van 5.

Tussen de H^+ concentratie en de OH^- concentratie bestaat een wetmatig verband zodanig dat hun product steeds gelijk is aan 10^{-14} : $pH + pOH = 14$. Een neutrale oplossing bevat dus een concentratie H^+ ionen die gelijk is aan de concentratie OH^- ionen, met een pH gelijk aan 7.

Een zure oplossing bevat een hogere concentratie aan H^+ ionen, waarbij de pH kleiner dan 7 zal zijn. En een basische oplossing bevat een hoge concentratie aan OH^- ionen met een pH die groter is dan 7.

De actuele zuurheid van een bodem ligt het beste tussen de 6 en 8 pH. Elke bodem heeft een andere zuurgraad, waarbij de meeste bodems een zuurgraad vertonen tussen 3 en 9 pH (AMERYCKX et al. 1989, p. 154-159). De zuurgraad van de bodem is afhankelijk van de geslotenheid van het systeem. Een actieve hydrologie leidt gemakkelijk tot een zure bodem. De topografische ligging van de bodem zal hierbij een voorname invloed uitoefenen. Op hoger gelegen plaatsen kan door voortdurende uitloging een zuur milieu ontstaan, terwijl in

laag gelegen zones een waterverzadiging ontstaat en kationen niet meer kunnen uitlogen. Hierdoor wordt een evenwicht en een basische omgeving verkregen (HEDGES 2002, p. 323; VAN MOLLE 2006, p. 89).

Een studie van Gordon en Buikstra (1981, p. 566-571) toont aan dat er een significante correlatie bestaat tussen de degradatie van bot en de zuurgraad van de bodem.

Bij dit onderzoek dient wel opgemerkt te worden dat er gekeken werd naar de macroscopische verschijningsvorm van het bot en dat een onderzoek op microscopisch niveau niet noodzakelijk dezelfde uitkomst biedt. Toch spreken ook andere onderzoekers zoals Janaway (1996, p. 62) over dezelfde correlatie. De zuurgraad heeft een belangrijke invloed op de biologische en chemische degradatie van menselijke resten.

Bodembacteriën functioneren het beste bij een zuurgraad tussen pH 4 en pH 10, met optimale condities rond pH 7. Maar niet alle bacteriën zijn dezelfde en het blijkt dat bepaalde bacteriën toleranter zijn voor een lage pH dan andere. Algemeen kan gezegd worden dat bodembacteriën minder tolerant zijn voor zure bodems dan bodemschimmels die in zure bodems domineren. Een bodem met een grove bodemtextuur en een diepe grondwatertafel heeft meestal een verhoogde kans op een lage zuurgraad. Door de grove korrelgroottesamenstelling zal er ook veel zuurstof in de bodem aanwezig zijn, wat aerobe bacteriën in de hand werkt. In heel zure bodems met een laag zuurstofniveau zullen anaerobe bacteriën gelimiteerd worden door de zuurgraad terwijl de aerobe schimmels en bacteriën gelimiteerd zullen worden door het tekort aan zuurstof waardoor de biologische degradatie minimaal zal zijn. Ook blijkt dat, wanneer organische resten ontbinden in een anaerobe omgeving, organische zuren geproduceerd worden. Wanneer deze niet weg geraken ontstaat er een zure conditie waarbij microbiële activiteit gelimiteerd wordt wat eveneens zal leiden tot erg rijke organische deposities zoals de veenlijken (JANAWAY 1996, p. 60-62).

Een studie van Grupe et al. (1997, p. 135-140) toont aan dat een licht zure pH geen bedreiging is voor de bewaring van botmateriaal als er andere omstandigheden kunnen compenseren. De site die zij bestudeerden was in het verleden bedekt met een dikke laag mest zodat er een anaerobe, vochtige omgeving werd gecreëerd wat in bepaalde gevallen zelfs resulteerde in gedeeltelijke bewaring van zacht weefsel.

De zuurgraad werkt ook de chemische degradatie in de hand. Niet alle mineralen hebben dezelfde oplosbaarheid in functie van de zuurgraad (VAN MOLLE 2006, p. 88). De anorganische hydroxyapatite-kristallen zullen in een zure omgeving oplossen zodat het bot

helemaal demineraliseert en uiteindelijk zal verdwijnen (CHILD 1995, p. 165-174; MAYS 1998, p. 17; KARS & SMIT 2003, p. 55).

Zoals bij de biologische degradatie werkt ook de chemische degradatie in op botmateriaal vanaf een bepaalde zuurgraad. Volgens Nielsen-Marsh et al. (2006, p. 1-9) zal de deterioratie van het botmateriaal meer dan verdubbelen wanneer de zuurgraad van de bodem daalt van pH tot pH 5,5.

Het meten van de zuurgraad is echter niet zo eenduidig als het lijkt. Er zijn allerlei manieren om de zuurgraad van de bodem te weten te komen (AMERYCKX et al. 1989, p. 157-158). Toch is het niet mogelijk zomaar de waterstofionen in een bodem te meten en er besluiten uit te trekken. Hoewel veel onderzoeken dit probeerden, moet er veel meer worden rekening gehouden met de exacte bodemcondities (JANAWAY 1996, p. 60).

Zoals in de methodologie werd aangehaald moet ook hier vermeld worden dat in bepaalde zure omgevingen organische materialen zoals huid, haar of nagels kunnen bewaard blijven. Dit wordt veroorzaakt doordat de lage zuurgraad zorgt voor een antibiotische en anaerobe omgeving die de huid looit en keratine, hoornstof waaruit de opperhuid, het haar en de nagels zijn opgebouwd, bewaart. Het bot wordt in deze omstandigheden gedecalcificeerd (SLEDZIK & MICOZZI 1997, p. 485).

E. Bodemtemperatuur

Naast de atmosferische temperatuur speelt ook de bodemtemperatuur een rol in de decompositie en degradatie van menselijke resten. Het effect van temperatuur op de bewaring van menselijke resten varieert met hoogte, seizoen en diepte van begraving (HENDERSON 1987, p. 47; JANAWAY 1996, p. 69). De algemene regel is dat chemische reacties in het lichaam verdubbelen bij een temperatuursstijging van 10 °C (HENDERSON 1987, p. 47).

De opwarming en de temperatuur van de bodem zijn afhankelijk van verschillende factoren zoals het watergehalte van de bodem, de grondsoort, de kleur van de bovengrond, de organische bemesting, de helling, het tijdstip en de diepte. Elk van deze elementen zal hieronder kort worden besproken.

Het watergehalte in de bodem is één van de belangrijkste beïnvloedingsfactoren van de temperatuur van de bodem. Hoe meer water in een bodem, hoe trager de temperatuur van de bodem zal stijgen. Dit komt doordat water een hogere soortelijke warmte¹⁶ heeft dan de vaste

¹⁶ Soortelijke warmte is de hoeveelheid calorieën die nodig zijn om 1 gram 1°C te doen stijgen.

bodembestanddelen en de lucht. In een bevroren bodem zal eerst warmte gebruikt worden om het bodemijs te doen smelten zonder dat de temperatuur boven 0°C stijgt.

Hoe meer water de bodem bevat, des te meer ijs gevormd wordt en des te meer warmte nodig zal zijn om het te doen smelten. Na het smelten zal het bodemwater de warmte opslorpen en zal de temperatuur stijgen. Daarna heeft het water warmte nodig om te verdampen.

Verder is water een goede warmtegeleider. Zo zal water die in de bovengrond werd opgenomen gemakkelijker afgevoerd worden naar de ondergrond in een natte bodem, dan in een droge. Om die reden wordt een natte grond een koude of late grond¹⁷ genoemd en kan ontwatering ervoor zorgen dat hij warmer of vroeger wordt.

Ook de textuur van de bodem speelt een grote rol in de warmtehuishouding omdat het watergehalte in de bovengrond afhangt van de bodemsoort. Klei bevat veel water en zal minder snel opwarmen dan een zandbodem die door zijn grove textuur weinig water ophoudt.

Vervolgens speelt de kleur van de bovengrond een rol bij de temperatuur van de bodem omdat donkere kleuren de warmte goed opnemen en bleke kleuren hier veel minder toe in staat zijn.

Zo heeft een bovengrond met veel humus een donkere kleur en zal deze dus vlugger opwarmen dan een humusarme grond. De kleur van de bodem wordt bepaald door de organische stoffen die zwart tot bruin zijn. Ook de ijzerverbindingen kleuren de bodem geel tot rood bij oxidatie en blauw tot grijs bij reductie. Verder kunnen bodemmineralen een specifieke kleur aan de bodem geven zoals bijvoorbeeld glauconiet die de bodem groen kleurt. Daarnaast is de organische bemesting van belang voor de bodemtemperatuur. Bij de ontbinding van organische mest door bacteriën wordt warmte afgegeven. Er kan gesteld worden dat de bodem sneller zal opwarmen bij een goede organische bemesting.

Verder is de helling eveneens bepalend voor de temperatuur van de bodem. Een helling die naar het zuiden is gericht zal warmer zijn dan een helling naar het noorden gericht. Ook de atmosferische temperatuur zal het hoogst zijn op zuidelijke hellingen (AMERYCKX et al. 1989, p. 149-150). Binnen de klassieke archeologie blijkt dat de meeste Merovingische begraafplaatsen gelegen zijn op de zonnige helling van een heuvel. Zal een lichaam begraven op een zuidelijke helling sneller ontbinden of is dit slechts een geringe beïnvloedingsfactor?

Tenslotte is de bodemtemperatuur afhankelijk van het tijdstip en de diepte van de bodem.

De bodemtemperatuur schommelt periodiek met de seizoenen en het daguur. Daarbij worden de maxima bereikt in de zomer en rond de middag. De dagschommelingen zijn vooral van

¹⁷ Gronden die sneller warm zijn dan anderen worden warme of *vroeg*e gronden genoemd. Koude gronden zijn dan weer synoniem voor *late* gronden. Deze benamingen zijn vooral belangrijke indicaties naar het groeien van gewassen toe.

invloed in de bovengrond en nemen af in de ondergrond. Op enkele meters diep is de bodem niet meer onderhevig aan die schommelingen en blijft ze constant. Daar wordt het jaargemiddelde gemeten (AMERYCKX et al. 1989, p. 150). Het blijkt dat hoe dieper een lichaam wordt begraven, hoe beter de bewaring zal zijn als resultaat van de stabiele, lage bodemtemperatuur, maar ook door de verminderde gasverspreiding en de verminderde toegankelijkheid van fauna en flora (JANAWAY 1996, p. 69). Elk organisme eist een zekere temperatuur en hoeveelheid warmte om te kunnen functioneren. Wanneer de bodemtemperaturen te laag zijn, zoals in de winter, treedt er een schijndood op in de bodemwereld. De groei van planten wordt geremd of volledig stilgelegd en bacteriën verminderen of stoppen hun activiteit (AMERYCKX et al. 1989, p. 148). Bodembacteriën kunnen zich goed voortplanten bij temperaturen tussen 10 en 40°C met optimale omstandigheden tussen 25 en 35°C. Het is natuurlijk niet alleen de temperatuur die hun werking zal afremmen onder koude condities, maar ook de verminderde aanwezigheid van voedselbronnen (JANAWAY 1996, p. 62).

Een lichaam dat pas is overleden past zich aan aan de temperatuur van de omgeving waarin het zich bevindt. Het lichaam zal beginnen putrefiëren. Omdat dit gebeurt door bacteriën, zal temperatuur hierbij een rol spelen. In de tropen is putrefactie reeds na enkele uren waar te nemen vanwege de hoge temperatuur. In een warme zomer is de putrefactie na 24 uren af te leiden, terwijl in lage temperaturen en een koude omgeving de eerste tekenen van putrefactie pas na vijf tot zeven dagen verschijnen, waarbij het niet eens hoeft te vriezen (MANT 1987, p. 66). De koude heeft een remmend effect op de bacteriële groei en bijgevolg op de ontbinding. In vriestemperaturen stopt de bacteriële groei volledig omdat de bacteriën niet meer in staat zijn zich voort te planten. Vandaar dat begrafenisondernemers koel- en vriesinstallaties gebruiken voor de conservatie van de doden (MICOZZI 1991, p. 38 & 40; MICOZZI 1997, p. 172). Extreem koude situaties kunnen leiden tot een goede bewaring van zacht weefsel en botmateriaal. In hoofdstuk 4.2.5 zal dit verder worden besproken.

Temperatuur heeft niet alleen een invloed op de ontbinding van de weke delen, maar heeft ook effecten op het botmateriaal. Von Endt en Ortner onderzochten de invloed van temperatuur op botdiagenese onder gecontroleerde labo-omstandigheden en concludeerden in hun studie dat temperatuur de snelheid van chemische veranderingen in het bot beïnvloedt. De ontbinding van de organische component in bot bleek groter bij hogere temperaturen (VON ENDT & ORTNER 1984, p. 247-253). Ook Hedges (2002, p. 324) kwam tot dezelfde conclusie.

Tenslotte dient opgemerkt te worden dat in koude temperaturen ook fysieke verwerking van invloed kan zijn op botmateriaal. Door cryoturbatie, een proces waarbij het water in de bodem uitzet door vriezen en krimpt bij ontdooiing, kan botmateriaal gefragmenteerd geraken (MICOZZI 1997, p. 174).

4.2.4.2.2. Menselijke invloed

Het meest belangrijke in de decompositie en preservatie van menselijke resten is de invloed van de mens zelf, die in veel situaties over het hoofd wordt gezien. Het is de mens die beslist wie er wanneer begraven wordt, maar ook hoe en waar de overleden zal begraven worden (HENDERSON 1987, p. 49). Hieronder worden de meest belangrijke menselijke beïnvloedingsfactoren besproken.

A. Diepte

De algemene regel is dat hoe dieper het lichaam begraven wordt, hoe beter de bewaring is (HENDERSON 1987, p. 52; JANAWAY 1996, p. 59; RODRIGUEZ 1997, p. 459).

Het terrein zelf, de bodemsoort en de inspanning van het te graven graf, zal de diepte van de begraving beïnvloeden. In rotsachtige bodems, harde of bevroren bodems of bij een hoge grondwatertafel zullen de grafputten aanzienlijk minder diep zijn. De meeste graven die met de hand worden uitgegraven, zijn meestal ook niet diep vanwege de inspanning die ervoor nodig is (DUPRAS et al. 2006, p. 110). De diepte van het graf determineert de grootte van de verstoorde omgeving, wat dan weer van invloed is tijdens necrosearch en localisatie van graven, bijvoorbeeld in forensische zaken (HUNTER 1996a, p. 86-67).

Onder de grond is de snelheid van de decompositie van een begraven lichaam tot acht keer trager dan boven de grond. De twee grootste factoren die deze limitatie in de hand werken zijn de beperkte aanwezigheid van fauna- en flora-activiteiten en de algemene bodemomgeving (RODRIGUEZ 1997, p. 459). Verder zal de lage, constante temperatuur in een diepe bodem en de verminderde aanwezigheid van zuurstof de decompositie afremmen (HENDERSON 1987, p. 48; RODRIGUEZ 1997, p. 459).

Experimentele studies in verband met de decompositiesnelheid van begraven kadavers in Tennessee tonen aan dat een complete skelettering van een begraven lichaam op een diepte van 120 centimeter of dieper ongeveer twee tot drie jaar duurt, terwijl een complete skelettering van begraven lichamen op een diepte van ongeveer 30 centimeter slechts zes maanden tot een jaar in beslag neemt (RODRIGUEZ 1997, p. 460-461).

We kunnen dus stellen dat een dieper graf de decompositiesnelheid vertraagt, wat niet wil zeggen dat het steeds een goede preservatie teweegbrengt. Alles blijft afhankelijk van de gehele bodemsituatie en in het geval van diepte speelt ook de druk van de bodem nog een rol. Hoe dieper een lichaam wordt begraven, hoe zwaarder de druk van de bodem zal zijn. Dit kan een invloed hebben op de bewaring van het botmateriaal. De hoge druk is in staat de beenderen te breken of te vervormen wat het fysisch antropologisch onderzoek bijgevolg minder gemakkelijk maakt (JANAWAY 1996, p. 69).

B. Kledij

Kledij of ander bedekkend materiaal rond het lichaam van de overledene, zonder daarmee een kist te bedoelen, zal de ontbinding vertragen. Kleding remt de effecten die de algemene bodemomgeving op het lichaam heeft, af. Textiel rond het lichaam zal ook de toegang voor aaseters beperken. Zelfs tot twee jaar na een begraafing in een ondiep graf zullen de lichaamsdelen die bedekt werden door kleding een veel betere staat vertonen dan die zonder kledij (JANAWAY 1996, p. 69). Dit wordt bevestigd in het onderzoek van Mant (1987, p. 68-69) na het openleggen van oorlogs- en massagraven. Lichamen bedekt met kledij toonden een opmerkelijk betere bewaring dan naakt begraven lichamen. Ook de spieren waren uniform goed bewaard. Zelfs wanneer het lichaam enkel ondergoed droeg, was er verschil in bewaring waar te nemen. Ook Mant spreekt over de remming van toegang voor bacteriën en insecten, maar haalt ook aan dat kledij het vocht tegenhoudt en zo de vorming van adipocere in de hand werkt (cf. 5.7.9). Experimenten op ratten bevestigen het voorgaande. Kledij bevordert verdroging en vertraagt ontbinding (ATURALIYA & LUKASEWYCZ 1999, p. 893-896).

C. Doodskist

In de archeologische literatuur wordt regelmatig de correlatie gelegd tussen de aanwezigheid van een houten kist en de betere bewaringstoestand van de menselijke resten. Maar een houten kist zal uit zichzelf vergaan en in de juiste omstandigheden zelfs geheel verdwijnen. De aanwezigheid van de kist zal hoogstens de ontbindingssnelheid afremmen en daarbij vooral effect hebben op de weke delen. Volgens Henderson (1987, p. 51) is het geen significante factor in preservatie of ontbinding.

De meest voorkomende materialen waaruit kisten worden gemaakt zijn hout, steen of lood. Het is niet het materiaal dat invloed heeft op de bewaringstoestand, maar het feit dat de inhoud van de kist compleet van lucht en zuurstof wordt afgesloten (HUNTER 1996b, p. 45).

Het meest bekende voorbeeld hierover is het verhaal van Dr. Bill Bass¹⁸ en kolonel Shy. In 1977 wordt Dr. Bill Bass opgeroepen bij de ontdekking van een lichaam zonder hoofd. Iedereen dacht dat het om een recent lichaam ging, gedumpt op het graf van kolonel Shy. Maar na enig onderzoek bleek echter dat het het lichaam van kolonel Shy was. Hij was 113 jaar daarvoor gestorven en begraven in een ijzeren kist. De ijzeren kist had de kolonel voor 100 jaar goed afgesloten van zuurstof, water, bacteriën en andere dieren, zodat zijn lichaam eruit zag alsof het zes maanden geleden was gestorven. Dr. Bass stond versteld van de fout die hij had gemaakt en stichtte naar aanleiding hiervan de Body Farm met als doel onderzoek te kunnen doen op menselijke resten om het proces van ontbinding en degradatie in allerlei omstandigheden beter te begrijpen (BASS & JEFFERSON 2003, p. 59-71).

In de 19^{de} eeuw was het in de Verenigde Staten de mode om mensen te begraven in goed afgesloten ijzeren doodskisten. De verkopers van deze kisten maakten zelfs reclame voor de 'excellente preservatie', waarbij de overledene jaren later nog kon herkend worden. Door het goed afsluiten van de naden van de kist werd de putrefactie, fermentatie en ontbinding vertraagd, waardoor evenmin slechte geuren vrijkwamen. Het geheim van die preservatie lag in de perfecte afsluiting. Wanneer de ijzeren kisten echter begonnen te roesten, werd de decompositie terug in gang gezet (OWSLEY & COMPTON 1997, p. 511-528).

D. Interval tussen dood en begraafing

Wanneer een lichaam na de dood een tijdje aan de oppervlakte wordt gehouden, zal het een directe invloed van de omgeving ondergaan. Er zullen meer insecten en andere dieren op afkomen en door de hogere temperaturen dan onder de grond zullen ook de micro-organismen heviger te werk gaan. Als het lichaam dan begraven wordt, zijn al veel meer organismen op het lichaam aanwezig en is de decompositie reeds van start gegaan (HENDERSON 1987, p. 5).

4.2.5. *Preservatie*

Het zachte weefsel is het meest kwetsbaar tijdens het decompositieproces door de combinatie van culturele, biologische en natuurlijke invloeden. Het gevolg hiervan is dat de meeste menselijke en dierlijke resten als botmateriaal in het archeologische record zijn terug te vinden. Toch zijn er een aantal natuurlijke en artificiële postmortem-processen die het proces

¹⁸ Dr. Bill Bass is de oprichter van the University of Tennessee's Anthropology Research Facility (the Body Farm), het eerste laboratorium ter wereld dat zich toedeed op onderzoek naar de decompositie van menselijke resten.

van decompositie extreem kunnen reduceren en kunnen leiden tot de preservatie van zacht weefsel (MICOZZI 1991, p. 9; FIEDLER & GRAW 2003, p. 291).

In essentie is de bewaring van zacht weefsel een competitie tussen vergaan en verdrogen. Klimatologische factoren zoals temperatuur en vochtigheid zullen beslissen over het resultaat. Geologische factoren kunnen het proces versterken, denkende aan de invloed van bodemzouten of kalk. Ook biologische factoren kunnen hierbij een rol spelen en tenslotte kan ook de mens het proces van postmortem-decompositie beïnvloeden (SLEDZIK & MICOZZI 1997, p. 483).

De term ‘mummificatie’ is soms erg verwarrend. Veel mensen leggen een directe link naar de mummies uit Egypte of denken aan verdroging. Toch moet deze term veel breder gezien worden. Mummificatie verwijst naar alle natuurlijke en kunstmatige processen die bewaring van het lichaam of lichaamsdelen veroorzaken. Een mummie is dus eenvoudigweg een goed geconserveerd lichaam of het product van mummificatie.

Er zijn drie soorten van mummificatie. Als eerste is er de natuurlijke mummificatie die veroorzaakt wordt door verschillende natuurlijke factoren die alleen of in combinatie met elkaar inwerken. Als tweede is er de intentionele mummificatie waarbij de natuurlijke processen intentioneel gebruikt worden. En tenslotte kan er gesproken worden over artificiële mummificatie waarbij bewaring het resultaat is van de toepassing van allerlei technieken en het gebruik van balsemende substanties.

Het woord ‘mummie’ is afkomstig van het Perzische *mumeia* of *mum* wat asfalt of pek betekent. Het verwijst naar de substantie die gebruikt werd om Egyptische mummies te balsemen. Het eerste medische gebruik van het woord ‘mummie’ zou komen uit de 15^{de} eeuw, terwijl het in geschriften pas rond 1615 opduikt (SLEDZIK & MICOZZI 1997, p. 486).

Een mogelijke manier van preservatie is desiccatie. Dit is het proces van het verdrogen van zacht weefsel. De verdroging kan plaatsvinden over het gehele lichaam, of op delen van het lichaam. Warme, droge klimatologische condities zijn hiervoor het beste. In deze situatie zal een snelle verdroging van het zachte weefsel de putrefactie en werking van micro-organismen, bacteriën en andere organismen verhinderen.

In extreem lage temperaturen kan de bewaring van zacht weefsel op twee manieren gebeuren. Eerst is er het proces van sublimatie, een combinatie tussen uitdrogen en vriezen, dat vooral voorkomt in arctische permafrost gebieden die erg droog en hoog gelegen zijn (SLEDZIK & MICOZZI 1997, p. 484). De tweede manier is het pure bevriezen van een lichaam in

hooggebergten of rond de polaire gebieden door extreme koude. Het nadeel hierbij is dat het bergen van deze lichamen veel moeilijkheden met zich meebrengt door het proces van dooi die wordt ingezet bij het stijgen van de temperatuur (MICOZZI 1997, p. 171-172).

Andere situaties die een goede bewaring in de hand werken zijn preservatie in veen (cf. 3.3.4), preservatie door adipocere (cf. 5.7.9), preservatie in bepaalde minerale zouten die een vochtopslopend en uitdrogend effect hebben, preservatie ten gevolge van plantaardige of microbiologische producten die een antibacteriële werking in de hand werken en preservatie door metalen (cf. 5.3.2) (HERRMANN et al. 1990, p. 283-300; MICOZZI 1991, p. 9-36; SLEDZIK & MICOZZI 1997, p. 483-492).

5. CASESTUDIES

5.1. Inleiding

In hoofdstuk 4.2 kwam de werking van de bodem reeds uitgebreid aan bod. België heeft een bodemclassificatie dat tot doel heeft bodems te groeperen naar hun uiterlijke kenmerken en hun landbouwkundige waarde op grond van direct waarneembare terreincriteria (VAN MOLLE 2006, p. 101).

Vlaanderen bevat verschillende landbouwstreken die gekenmerkt worden door een verschil in bodemgesteldheid; de duinstreek, de polderstreek, de zandstreek, de Kempen, de zandleemstreek en de leemstreek. Toch bestaat niet elke streek uit dezelfde bodems. Zo kan men in de zandstreek zowel droge als natte bodems aantreffen, en goede of slechte zandgronden vinden (AMERYCKX et al. 1989, p. 195; VAN RANST & SYS 2000, p. 7).

Ook binnen één archeologische site kan de classificatie verschillen, zoals ook de botpreservatie binnen één graf kan verschillen. Verder moet rekening gehouden worden met de mens die sinds zijn bestaan de bodem heeft proberen te beïnvloeden. Naast het plegen van rooibouw heeft de mens getracht de grond rechtstreeks te verbeteren door bewerking, bemesting, ontwatering en bevoeiing. Ook dit heeft onrechtstreeks de bodemvorming beïnvloed (AMERYCKX 1979, p. 52).

Het Belgisch bodemclassificatiesysteem is morfogenetisch en werd opgesteld uitsluitend in functie van Belgische gronden. De basiseenheid van deze classificatie is de bodemserie die wordt bepaald door de grondsoort of textuur, de natuurlijke drainering en de horizontenopeenvolging. De bodemserie kan indien nodig nog verder worden onderverdeeld in kleinere eenheden, bodemtypen en bodemfasen. Dit gebeurt op basis van bijvoorbeeld de dikte van de bouwlaag, de helling, de kleur van de bovengrond enzovoort. Op die manier kunnen er een groot aantal variaties voorkomen. (AMERYCKX et al. 1989, p. 197; VAN RANST & SYS 2000, p. 8).

Voorgaand morfogenetisch classificatiesysteem kan niet toegepast worden in de kuststreek aangezien de bodems in deze streek geen profielontwikkeling vertonen. Het ontstaan van de kustvlakte is voornamelijk een gevolg van de postglaciale stijgingen van het zeeniveau en van de transgressies die er het gevolg van zijn. Bijgevolg is de bodemkartering voor het gedeelte van de kustvlakte in West-Vlaanderen gesteund op een classificatie die rekening houdt met geomorfologische en lithostratigrafische criteria (VAN RANST & SYS 2000, p. 8).

Steunend op de texturaal-geografische differentiatie van de vol glaciële Weichsel dekmantel, specifieke regionale parameters, bodemgebruik en landbouw-economische factoren, onderscheidt men in Binnen-Vlaanderen als landbouwstreken de zandstreek, de Kempen, de zandleemstreek, de leemstreek en de weidestreek (figuur 15) (VAN RANST & SYS 2000, p. 100). De weidestreek bevindt zich in de omgeving van Luik en zal dus niet besproken worden vermits het niet binnen ons onderzoeksdomein valt.

De Kuststreek wordt verder ingedeeld in de duinen, het Landschap van de Moeren, oud-, middelland- en nieuwlandpolders en overgangsgronden. Op figuur 15 is deze indeling gereduceerd tot duinen en polders.

In deze verhandeling zullen de bodems uit Binnen-Vlaanderen en de Kuststreek besproken worden. In de volgende hoofdstukken komen uit Binnen-Vlaanderen de zandstreek, de Kempen, de zandleemstreek en de leemstreek aan bod. De Kuststreek wordt als een geheel besproken vanwege de beperkte oppervlakte en de moeilijkheid om sites in niet-antropogene bodems te vinden. Aanvullend behandelen we een reeks kunstmatige bodems.

Omdat we voor het merendeel te maken hebben met archeologisch materiaal, zal de decompositie van zacht weefsel minder aan bod komen, al worden ook enkele casussen van het DVI aangehaald.

Bij elke casusbespreking worden achtereenvolgens de graven voorgesteld, gevolgd door een datering, de toestand van het botmateriaal, de bodemclassificatie, een interpretatie en een conclusie.



Figuur 15: Kaart van de Landbouwstreken van Vlaanderen.

5.2. Zandstreek

5.2.1. Inleiding

Na de IJstijd, vanaf het neolithicum, was heel Vlaanderen bedekt met een uitgestrekt, dicht bos, het Kolenwoud. De overheersende bomen op de zandgronden waren de beuk en de eik. Een bodem die onder dergelijke vegetatie ontwikkelt, wordt gekenmerkt door een alfisol, een duidelijke donkerbruine bovengrond, een bleekbruine uitlogingshorizont en een helbruine klei-aanrijkingshorizont (Bt) die meestal als een serie dunne laagjes in de zandige matrix te vinden zijn.

Maar aan het begin van onze tijdrekening veranderde de samenstelling van dit bos geleidelijk door het ingrijpen van de mens die de zandstreek begon te ontginnen. Er ontwikkelde zich eerst een eiken-berkenbos, vervolgens een berkenbos en tenslotte kwamen er uitgestrekte heidevelden. Onder het degraderend bosbestand werd de Bt-horizont aangetast en begon zich een spodosol te ontwikkelen. Dit is een sterk uitgeloopte bodem met een dikke ruwe humuslaag, een dunne bovengrond, een witte sterk uitgeloopte horizont en een uitgesproken zwarte tot roodbruine humus- en/of ijzeraanrijkingshorizont. De zandige spodosol is een arme grond. Dit wil zeggen dat hij sterk zuur is, een slechte voedingstoestand heeft en een gering ophoudingsvermogen voor water en voedingselementen kent. Vandaar dat landbouwers steeds hebben geprobeerd deze bodems te verbeteren door te streven naar een dikke humushoudende bovengrond. In West-Europa werd het drieslagbedrijf toegepast in de sedentaire landbouw. Het akkerland werd in drie delen verdeeld waarbij een deel wintergraan droeg, een deel zomergraan en een derde deel braak lag of als weide voor het vee werd gebruikt. Hierdoor ontstond al na enkele eeuwen een dikke humushoudende bovenlaag van 30 tot 50 centimeter, de Ap-horizont. Vandaag is de zandstreek een mozaïek van akkerland, weiland en plaatselijke naaldhoutbossen (AMERYCKX 1979, p. 58-60)

De zandstreek bevindt zich in een brede zone in het noorden van België. Ze grenst ten oosten aan de Kempen en ten zuiden aan de zandleemstreek. De Vlaamse zandstreek is een vlak gebied tussen de 5 tot 20 meter hoogte met vooral aan de zuidrand enkele hogere lemige zandgebieden van 25 tot 40 meter.

Zowel de Kempen als de zandstreek bestaan uit zandig materiaal, afkomstig van een zanddek dat werd afgezet in de glaciële perioden van het Quartair. De ondergrond is meestal Tertiair, zandig of kleiig en komt plaatselijk aan het oppervlak. De overgangszone naar de zandleemstreek bestaat uit lemig zand. De waterhuishouding van de zandgronden is zelden goed en meestal is er een watertekort. Hoe fijner het zand, hoe hoger het

waterbergingsvermogen. Hoe ondieper de watertafel zich bevindt, hoe beter de landbouwwaarde omdat zand door zijn grove korrel weinig hangwater bevat (AMERYCKX et al. 1989, p. 241-250).

Tijdens de zoektocht naar de te bespreken case studies stotten we in de zandstreek voornamelijk op Merovingische grafvelden. Hieruit werd een keuze gemaakt op basis van de opgravingsverslagen die de meeste informatie bevatten over de bewaringstoestand van het skeletmateriaal. Met het oog op een diachronisch overzicht worden Romeinse inhumaties uit Sint-Andries besproken. Verder komt een Merovingisch grafveld uit Broechem aan bod, gevolgd door enkele vroegchristelijke graven uit Sint-Gillis-bij-Dendermonde, vroegmiddeleeuwse graven uit Varsenare, middeleeuwse inhumaties uit Edegem en tenslotte een 16^{de}-17^{de} eeuwse inhumatiegraf in Sint-Andries.

5.2.2. Romeinse inhumaties te Sint-Andries (Molendorp)



In de loop van 1998 werden de opgravingen afgerond in de nieuwbouwwijk Molendorp te Sint-Andries, een deelgemeente van Brugge (provincie West-Vlaanderen). Bij de opgravingen kwamen vooral bewoningssporen uit de vroege middeleeuwen aan het licht, maar ook Romeinse structuren en een stuk vuursteen uit de vroege steentijd.

Van de Romeinse structuren was er sprake van Romeinse off-site fenomenen. Dit zijn resten of sporen die wijzen op de aanwezigheid van Romeinse bewoning in de directe nabijheid van de vindplaats. Naast twee Romeinse brandrestengraven werden twee min of meer rechthoekige kuilen aangesneden die mogelijk de resten bevatten van vergane inhumaties, maar waarvan geen sporen overbleven. Een andere kuil bevatte daarentegen nog wel enkele sporen van een lijkbegroving (HILLEWAERT & HOLLEVOET 1997, p. 1-10; HOLLEVOET & HILLEWAERT 1999, p. 1-30; HOLLEVOET 2000b, p. 65-69).

In het interimverslag uit 1997 kregen de begravingen een vroeg-middeleeuwse datering toegewezen, maar in het eindverslag uit 2000 worden ze geklasseerd onder Romeinse off-site fenomenen, met de vermelding dat bij gebrek aan externe en interne criteria een jongere datering van dit inhumatiegraf niet is uitgesloten (HILLEWAERT & HOLLEVOET 1997, p. 10;

HOLLEVOET 2000b, p. 69). Wij gaan er van uit dat deze inhumaties Romeins of jonger te dateren zijn, waardoor ze een postmortem interval moeten hebben van 2000 jaar of korter.

De kuil die resten van een inhumatie bevatte, was min of meer rechthoekig met afmetingen van 180 op 0,50 centimeter. Het betrof een eenvoudige bijzetting waarbij van het skelet enkel nog een weinig tandemail bewaard bleef. Door de plaats van het tandemail kon worden afgeleid dat het een west-oost georiënteerde lijkbegruving moet geweest zijn. Er waren geen sporen van bekisting.

In de buurt daarvan werden eveneens twee min of meer rechthoekige kuilen aangesneden van 160 bij 45 centimeter en van 150 bij 70 centimeter. Vermoedelijk ging het hierbij ook om volledig vergane inhumaties (HILLEWAERT & HOLLEVOET 1997, p. 10; HOLLEVOET 2000b, p. 69).

Het achterhalen van de bodemserie bleek geen gemakkelijke opdracht, daar we beschikten over tegenstrijdige gegevens in verband met de Lambertcoördinaten. De coördinaten die onder de site Molendorp in de CAI zijn te vinden, duiden een geheel andere plaats aan dan de coördinaten die de archeoloog Yann Hollevoet ons toevertrouwde. Na een vergelijking tussen de topografische kaart, de beschrijving van de site, de opgravingskaart gepubliceerd in *Archeologie in Vlaanderen* 7 (2000, p. 66) en de juiste coördinaten van de Korte Molenstraat die vlak langs de site blijkt te liggen, kwamen we 100 meter boven de coördinaten van Yann Hollevoet terecht.¹⁹ Hier wordt het opgravingsgebied getypeerd als ZbG, wat staat voor een droge zandgrond met overwegend verbrokkelde humus en/of ijzer B-horizont (VAN RANST & SYS 2000, p. 130-131).

De zone Z (Z..) die de textuurklasse zand afbakent, omvat een korrelgroottesamenstelling van 82,5 tot 100% zand, 0 tot 17,5% silt en 0 tot 8% klei. Het is een droge bodem (.b.) wat wil zeggen dat de natuurlijke drainering sterk is. Roestverschijnselen beginnen hier pas tussen de 90 en de 120 centimeter diepte. Meestal bevinden deze heel droge gronden zich onder bos of liggen ze braak (AMERYCKX et al. 1989, p. 248). Dit komt overeen met de vermelding van een boomgaard op de topografische kaart en de vermelding van een klein bos en de aanplanting van bomen in het opgravingsverslag (HOLLEVOET 2000b, p. 65).

¹⁹ De Lambertcoördinaten van de CAI (66875.25 / 209165.68) geven een plaats aan in de buurt van de N32, de Torhoutse Steenweg. De kaart in *Archeologie in Vlaanderen* 7 (2000, p. 6) toont dat de onderzochte sectoren van de verkaveling in Molendorp gelegen zijn tussen de N367 of Gistelsesteenweg, de Oudstrijderslaan, de Zandstraat en de Korte Molenstraat. De coördinaten van Y. Hollevoet (66215,00 / 210019,00) komen 50 meter ten zuiden van de Gistelsesteenweg uit, terwijl de site net ten noorden van deze steenweg is gelegen tussen de vier voornoemde straten (66002.72 / 210308.39).

Deze ZbG-bodem leidde tot de degradatie van het botmateriaal in categorie 5 'lijkschaduw' met overblijfselen van tandemail en categorie 7 'volledig vergaan'.

De graad waarbij water door het bot kan vloeien heeft een belangrijke invloed op de bewaring van botmateriaal. Het is afhankelijk van de poreusheid van het bot, maar ook de doorlaatbaarheid van de bodem (JANS & CUIJPERS 2006, p. 58). In deze bodem is de doorlaatbaarheid groot door de grove korrelgrootte, de sterke natuurlijke drainering en de lage grondwatertafel. Hierdoor kan het zand geen water ophouden en zal een sterke uitloging plaatsvinden. Zo is er sprake van chemische degradatie.

Door de te sterke natuurlijke drainering, is de kans groot dat deze bodem een te lage pH heeft, al werd er in het opgravingsverslag geen specifiek onderzoek naar gevoerd.

Een droge bodem, een grove korrelgrootte en sterke drainering wijzen meestal ook op de aanwezigheid van veel zuurstof in de bodem. Het zuurstofpercentage van een goed gedraineerde bodem ligt tussen de 10 en 20%, terwijl in slecht gedraineerde bodems het zuurstofpercentage kan zakken tot 3% of lager. Een hoog zuurstofgehalte bevordert de activiteit van aerobe micro-organismen (CLARK 1967, p. 29; JANAWAY 1996, p. 60).

Deze site bevat alle kenmerken die in de literatuur worden aangehaald als grafomgevingen die leiden tot een snelle decompositie en degradatie van archeologische resten. Doorlaatbare, goed gedraineerde, zure zand- en grindsites met een hoog zuurstofgehalte leiden tot een minieme archeologische preservatie (BETHELL & CARVER 1987, p. 11-12; JANAWAY 1996, p. 78; JANS & CUIJPERS 2006, p. 57-58). Het archeologisch materiaal uit deze site zal vooral onderhevig zijn geweest aan chemische en biologische degradatie.

Het feit dat in deze bodem enkel restanten van tandemail werden aangetroffen bevestigt deze stelling. De reden waarom een tand als enige resterend element overblijft, heeft te maken met de opbouw en de samenstelling ervan. Een tand, die bestaat uit een kroon, een hals en één of meer wortels, is samengesteld uit drie weefsels, namelijk glazuur, dentine en cement (fig. 16).

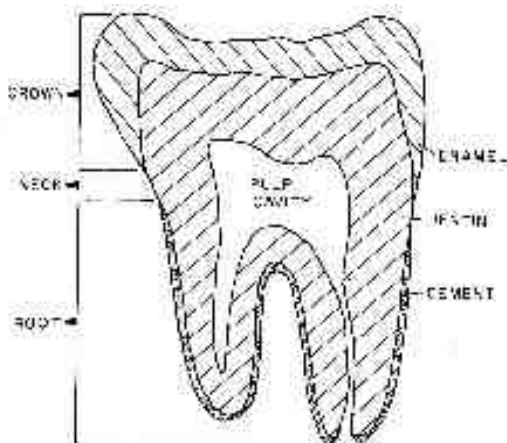


Fig. 16: De tand bestaande uit een kroon, een hals en wortels, is opgebouwd uit glazuur (*enamel*), dentine en cement. Binnenin de tand bevindt zich de tandholte (*pulp cavity*) die gevuld is met tandpulpa.

De kroon is het gedeelte dat boven het tandvlees en de kaak uitsteekt. De hals wordt bedekt met tandvlees en de wortels bevinden zich in de kaak.

Binnenin de tand bevindt zich dentine, tandbeen dat harder is dan compact bot maar zachter dan glazuur. Het bestaat net zoals bot uit het kalkzout hydroxyapatite en is gemengd met een organische component zodat het vrij poreus is, maar door de mix met collageenvezels en collageenkristallen toch een hoge graad van elasticiteit en sterkte kent.

Aan de kroon van de tand is de dentine bedekt met een laag glazuur (enamel of email), waarvan de dikte wortelwaarts afneemt. Het glazuur bestaat bijna geheel uit het anorganische hydroxyapatite, waardoor dit het meest harde skeletweefsel van het lichaam is. Glazuur is een erg stijf, niet elastisch materiaal. Het is harder, compacter en minder doorlaatbaar dan dentine door zijn lage poreusheid en erg lage organische samenstelling. Hierdoor zal het minder snel vergaan dan botmateriaal en in degraderende archeologische situaties het enige resterende skeletelement van het lichaam zijn.

In het wortelgedeelte van de tand is de dentine overtrokken met een laag cement. Glazuur en cement raken elkaar ter hoogte van de tandhals. De cementsubstantie lijkt erg op dat van bot en dient vooral voor de bevestiging van de gebitselementen in de tandkas.

Glazuur, dentine en cement zijn harde weefsels die geen bloedvoorziening hebben zodat ze zichzelf onmogelijk bij leven kunnen herstellen in geval van schade of ziekte (LYMAN 1994, p. 79; SCOTT & TURNER 1997, p. 2; MAYS 1998, p. 10-11; WHITE & FOLKENS 2005, p. 127).

In de twee andere rechthoekige kuilen trof men geen restanten van menselijke resten meer aan. De archeologen vermoedden dat het ook vergane inhumaties waren. Deze veronderstelling is gegrond omdat slechte bewaringsomstandigheden van de bodem kunnen leiden tot volledig vergane resten. Zelfs het tandemail kan geheel degraderen zodat eerst nog een verkleuring overblijft van het lichaam en daarna zelfs niets meer te zien kan zijn (JANAWAY 1996, p. 78). De verkleuring ontstaat door de chemische restproducten van het afbraakmechanisme die verschillen met de grafomgeving (BETHELL & CARVER 1987, p. 13; BETHELL 1989, p. 210). De verkleuringen in deze situatie bestonden uit rechthoekige kuilen van gemiddeld 160 bij 60 centimeter. Wanneer men effectief zou willen nagaan of er lichamen begraven waren geweest, hadden sporenanalyses naar fosfor of mangaan kunnen toegepast worden (BETHEL & CARVER 1987, p. 13-16). Tijdens deze opgraving waren daar waarschijnlijk niet de financiële middelen voor.

In het opgravingsverslag wordt niet gesproken over de aanwezigheid van kisten of restanten hiervan. Toch kunnen de rechthoekige verkleuringen naast grafkuilen mogelijk houten kistbegrovingen geweest zijn, rekening houdende met de sterk degraderende omgevingsomstandigheden.

De hoofdbestanddelen van hout zijn cellulose, hemicellulose en lignine. Het zijn alle drie polymeren, ook wel macromoleculen genoemd. Cellulose en hemicellulose zorgen voor de structuur van het hout, lignine maakt het hout hard en stevig (HUISMAN 2006, p. 62). De processen die hout aantasten kunnen in twee categorieën worden onderverdeeld, namelijk de abiotische processen zoals fysische en chemische degradatie, en de biotische processen van schimmels, bacteriën of wormen (JANAWAY 1987, p. 134; JANAWAY 1996, p. 80; KARS & SMIT 2003, p. 35; VAN DEN BERG et al. 2006, p. 21-22). Toch is de degradatie van hout volgens Huisman (2006, p. 62) vooral een biologisch proces, veroorzaakt door de vele soorten micro- en macro-organismen die in en op het hout leven. Fungi, bacteriën en insecten spelen hierbij een grote rol.

De graad van de degradatie wordt bepaald door de aanwezigheid van de juiste verhoudingen water en zuurstof. Zuurstof is belangrijk voor de degradatie van hout en meer zuurstof kan het proces versnellen. Watercirculatie blijkt nog belangrijker te zijn. Hiermee wordt een goede drainering bedoeld en niet een bodem die met water verzadigd is.

Toch worden cellulose en hemicellulose relatief gemakkelijk afgebroken onder de meest voorkomende milieuomstandigheden, terwijl lignine enkel wordt afgebroken wanneer er genoeg zuurstof aanwezig is.

Wanneer de lignine wordt aangetast, worden ook de cellulose en hemicellulose aangetast, terwijl het omgekeerd niet geldt. In anaerobe omstandigheden zoals onder water, blijft lignine bestaan en worden cellulose en hemicellulose afgebroken. Het lignineskelet dat overblijft is verzwakt hout dat wel nog de oorspronkelijke vorm en soms de kleur van het object bewaart, zodat geen archeologische informatie verloren gaat (JANAWAY 1987, p. 134; JANAWAY 1996, p. 80; KARS & SMIT 2003, p. 35; HUISMAN 2006, p. 63; VAN DEN BERG et al. 2006, p. 21-22).

De sterk gedraineerde, zuurstofrijke zandbodem van Molendorp was mogelijk een gunstige situatie voor zowel de biotische als de abiotische processen die het hout van de kisten volledig kunnen vernietigen, waardoor enkel rechthoekige aftekeningen overbleven. In deze situatie werden geen sporen van houten resten of kistnagels gevonden, zodat de vraag naar de aanwezigheid van houten grafkisten blijft bestaan.

Wanneer we kijken naar de andere structuren op de site worden de erg degraderende grafomstandigheden bevestigd. Zelfs de bewaringstoestand van het dierlijk bot dat in Molendorp gevonden werd, bleek bijzonder slecht. Ook de metaalvondsten waren sterk gecorrodeerd (HOLLEVOET & HILLEWAERT 1999, p. 19, 23; HOLLEVOET 2000b, p. 76, 78). Wel werden er nog houtresten van waterputten teruggevonden, maar enkel in de diepere structuren waar minder zuurstof aanwezig was. (HILLEWAERT & HOLLEVOET 1997, p. 7; HOLLEVOET & HILLEWAERT 1999, p. 14; HOLLEVOET 2000b, p. 73-74)

Wij concluderen dat de droge zandgrond ZbG uit de wijk Molendorp in Sint-Andries leidde tot een bijna complete decompositie van de inhumaties en de geassocieerde organische materialen.

5.2.3. Merovingisch grafveld te Broechem



Na de vondst van twee Merovingische potjes op een braakliggend terrein dat als schapenweide werd gebruikt in Broechem bij Ranst (provincie Antwerpen), werd er tussen september 2001 en oktober 2002 preventief archeologisch onderzoek verricht op het hele

perceel. Naast sporen uit de IJzertijd, werd een Merovingisch grafveld ontdekt. Het aantal onderzochte graven varieert per publicatie, maar de meest recente publicatie vermeldt onderzoek naar 229 graven waarvan 34 crematiegraven en 195 inhumatiegraven. Vermoedelijk was dit grafveld groter omdat enkel aan de zuidelijke zijde van het onderzochte gebied een begrenzing van het grafveld kon vastgesteld worden. In oostelijke, westelijke en noordelijke richting zou het grafveld zich nog verder uitstrekken over de aanpalende percelen. Het grafveld moet oorspronkelijk vrij rijk aan bijgaven geweest zijn. De aanwezigheid van plunderkuilen die in de Merovingische periode zelf te situeren zijn, doen vermoeden dat de gevonden grafgiften slechts een deel zijn van het totale aantal bijgaven. De bijgaven bestonden uit aardewerk, een glazen beker, kralen uit glaspasta, metalen voorwerpen en zelfs een unieke muntschat van tien gouden munten.

Een exacte datering van het grafveld kon niet bepaald worden, maar aan de hand van de materiële cultuur werd de algemene Merovingische datering van de 6^{de}-7^{de} eeuw vastgesteld (ANNAERT & VAN HEESCH 2002, p. 229-234; ANNAERT 2003a, p. 47-51; ANNAERT 2003b, p.

11-12). Hieruit leiden we af dat de graven ongeveer 1300 tot 1500 jaar in de bodem hebben gezeten.

85% van de graven waren inhumatiegraven, waarvan 125 graven oost-west waren geïoriënteerd, 69 graven een noord-zuid oriëntatie kenden en van één graf de oriëntatie niet kon worden achterhaald. De manier van bijzetten was vrij uniform. De inhumaties werden bijna steeds bijgezet in een rechthoekige houten kist in een rechthoekig uitgegraven kuil. Eén grafkuil bevatte twee kisten. De meeste kisten rustten op twee houten dwarsbalken die op de bodem van de kuil werden geplaatst. Skelet- en houtresten waren niet meer aanwezig. Er werden wel nog tandenresten en een afschaduw van de botresten gevonden. Opvallend was de aanwezigheid van drie paardengraven en één graf waarin naast de menselijke stoffelijke resten ook een paardenschedel werd bijgezet. Ook van deze paardengraven bleef enkel een lijkschaduw over, terwijl de tanden nog resteerden (ANNAERT & VAN HEESCH 2002, p. 232-233; ANNAERT 2003a, p. 49-50; ANNAERT 2003b, p. 12).

In de literatuur werd op het dubbelgraf gedetailleerder ingegaan. Het betrof een dubbel inhumatiegraf met een OZO-WNW-oriëntering dat oversneden en deels verstoord was door een recente gracht. Waar de aflijning van de kist zichtbaar werd, was ook een grote plunderkuil waar te nemen. De vulling van de grafkuil was zeer lemig van samenstelling. Op 154 centimeter bevond zich de bodem van de kist waarvan het hout als een donkerbruine, vette pasta was waar te nemen. Slechts aan de bodem van de kisten was waar te nemen dat het om twee kisten ging die parallel naast elkaar werden geplaatst. Op de bodem van beide kisten werden een aantal zilveren voorwerpen, een aantal slecht bewaarde ijzeren voorwerpen en één gouden munt gerecupereerd. Al deze vondsten lagen verspreid over de bodem wat waarschijnlijk het gevolg was van de plundering. In geen van beide kisten was enig spoor van beender- of tandresten waar te nemen (ANNAERT & VAN HEESCH 2002, p. 240).

Topografisch lag het grafveld op de onderste flank van een zich naar het noorden uitstreckende dekzandrug aan de rand van een zuidelijk gelegen moerassige laagte. De alluviale Netevallei bevindt zich 2,5 kilometer verder in zuidoostelijke richting (ANNAERT & VAN HEESCH 2002, p. 231; ANNAERT 2003a, p. 47; ANNAERT 2003b, p. 12).

Op de digitale bodemkaart wordt het gebied van de opgraving getypeerd als Pbcy, een droge, lichte zandleemgrond met een verbrokkelde textuur B-horizont met een moedermateriaalvariant die zwaarder wordt in de diepte (VAN RANST & SYS 2000, p. 108, 153).

De textuurklasse (P..) is een lichte zandleem met een gemiddelde van 60% zand, 35% silt en 5% klei. Het is een droge bodem (.b.) met een sterke drainering en roestverschijnselen die slechts tussen de 90 en de 120 centimeter diepte beginnen (AMERYCKX et al. 1989, p. 115). De profielontwikkeling (..c) is een verbrokkelde textuur B-horizont die samen gaat met een verzuring van het profiel waarbij de textuurbanden aangetast en verbrokkeld worden (VAN RANST & SYS 2000, p. 103). De Ap-horizont is 25 tot 50 centimeter dik, heeft een donker grijsbruine kleur en is matig humeus (RANST & SYS 2000, p. 153).

Voor het verkavelen van deze zone, was de bodem begroeid met laagstammige fruitbomen. Deze fruitteelt is sterk ontwikkeld in het gebied van Emblem en Broechem. Om het opbrengstvermogen te verbeteren werd de vruchtbaarheid van deze gronden opgedreven door extra bemesting die de zuurgraad van de bodem drastisch deed verlagen²⁰ (ANNAERT & VAN HEESCH 2002, p. 231).

Het botmateriaal uit deze site is te plaatsen in categorie 5 'lijkschaduw' en categorie 7 'volledig vergaan'.

We hebben te maken met een lichte zandleembodem. Door het hoge percentage aan zand heeft de bodem een hoge concentratie aan grove korrels. Korrelgrootte heeft een direct effect op factoren zoals drainage, temperatuur en bodematmosfeer (WHITE 1979, p. 13-14). We constateren inderdaad dat de drainage van de site zeer sterk is, waardoor vermoedelijk ook het zuurstofpercentage van de bodem erg hoog zal geweest zijn.

De bodemkaart vermeldt een verzuring van het profiel en in het opgravingsverslag wordt eveneens een zure bodem aangehaald. De zeer sterke drainering, de lage grondwatertafel en de extra bemesting bevestigen de kans op een zeer lage pH (VAN MOLLE 2006, p. 89). Voorgaande elementen wijzen op een grote kans tot microbiële en chemische degradatie van het botmateriaal. Volgens Janaway (1996, p. 77-78) leiden goed verluchte, zure zandsites tot het laagste niveau van archeologische preservatie. Deze sites worden gekarakteriseerd door botmateriaal in een erg zwakke conditie of zelfs compleet vergaan botmateriaal, soms enkel nog waar te nemen als donkere lijkvlekken. De opgravingsverslagen van Broechem bevestigen de literatuur. Er werd geen botmateriaal teruggevonden te zijn en er waren zelfs geen sporen meer van de - normaal sterkere - dierenbotten in de paardengraven. Sporadisch

²⁰ In de opgravingsverslagen wordt over een zure bodem gesproken. Contradictorisch wordt eveneens vermeld dat "de extra bemesting de zuurgraad van de grond drastisch heeft *verhoogd*". Wij vermoeden dat dit een vergissing is en hiermee een verlaagde zuurgraad, dus een zuurdere bodem wordt bedoeld.

vond men tandenresten terug door de hoge graad van anorganische hydroxyapatite-kristallen in het tandglazuur.

Ook de metalen bijgiften in Broechem bevonden zich in een zeer slechte bewaringstoestand zodat ze in blok moesten gelicht worden om ze vervolgens onder röntgenapparatuur te kunnen bekijken (ANNAERT & VAN HEESCH 2002, p. 235; ANNAERT 2003a, p. 52). De goed gedraineerde, zure, zandige bodems verklaren de aanwezigheid van zwaar gecorrodeerde metalen (JANAWAY 1996, p. 78).

De belangrijkste vorm van degradatie van metalen voorwerpen is oxidatie, ook gekend onder de benaming roesten. Dit is een chemische degradatie waarbij tijdens de afbraak van het kristalrooster de elektrostatische krachten verbroken worden door de transfer van elektronen. Men spreekt over oxidatie wanneer een element één of meerdere elektronen verliest en over reductie wanneer het element één of meer electronen wint. De combinatie van dit oxidatie-reductieproces, waarbij elektronen getransfereerd worden, wordt de redoxreactie genoemd (VAN DEN BERG et al. 2006, p. 25, VAN MOLLE 2006, p. 91).

De snelheid van corrosie van metalen is afhankelijk van verschillende factoren zoals de samenstelling van het metaal zelf, de aanwezigheid van vocht, de zuurgraad en de gehele bodematmosfeer. Afhankelijk van de gevoeligheid voor corrosie worden metalen ingedeeld in drie groepen. De eerste groep bevat de corrosie resistente metalen zoals goud of chirurgisch staal.²¹ Bij de tweede groep horen de metalen die, na een initiële snelle corrosie, een laag van corrosie stabiele stoffen produceren, zodat ze beschermd worden voor verdere verwerking. Hierdoor kunnen ze na vele jaren nog worden opgegraven. Er zal hierbij steeds een duidelijke metalen kern behouden blijven. Koper is hiervan een voorbeeld. De derde groep bestaat uit metalen die snel corroderen en geen beschermlaag creëren zodat ze totaal kunnen vergaan in de grafomgeving, of worden gekarakteriseerd door veel corrosie en een enorm gereduceerde metalen kern. Hierbij hoort bijvoorbeeld ijzer (JANAWAY 1987, p. 133-134; JANAWAY 1996, p. 79, JANAWAY 2002, p. 396). Op de site van Broechem werden metalen voorwerpen gevonden die onder te delen zijn in de drie groepen. Er treedt een versnelde corrosie op wanneer de bodem goed doorlatend is, er veel zuurstof in aanwezig is en het een zuur milieu is (KARS & SMIT 2003, p. 83). Dit zijn eigenschappen die de bodem van de Merovingische site van Broechem kenmerken, zodat metalen bijgiften als samengeklitte bundels werden gevonden.

²¹ Chirurgisch staal komt vooral voor in recente forensische situaties. Piercings zijn hier bijvoorbeeld uit gemaakt.

Na röntgenfotografie en een conservatiebehandeling van de metalen voorwerpen kon worden afgeleid dat de bijgiften bestonden uit huisraad zoals ijzeren messen. Ook persoonlijke opsmuk, zoals bronzen en ijzeren gespen, een gouden ring, zilveren oorkingen, een pincet of mantelspelden werd meegegeven aan de dode. Verder vond men een gering aantal ijzeren en bronzen wapens zoals lanspunten of bijlen terug. Wellicht waren er ook nog bijgaven en kledij in organisch materiaal waar geen resten van zijn bewaard gebleven (ANNAERT & VAN HEESCH 2002, p. 235; ANNAERT 2003a, p. 52; ANNAERT 2003b, p. 13). In de meeste bodemcondities zullen organische materialen zoals textiel of hout over lange termijn niet bewaard blijven. Zeker materiaal dat voornamelijk uit cellulose bestaat als katoen of linnen, zal geheel worden afgebroken (JANAWAY 2002, p. 381). Een bevestiging hiervan zijn de doodskisten die bijna totaal zijn vergaan. Dit vond echter niet overal plaats, want in het dubbelgraf manifesteerde het hout zich als een donkerbruine, vette pasta in de bodem van de kist op een diepte van 154 centimeter. Wij vermoeden dat dit te maken kan hebben met de gleyverschijnselen die tussen 90 en 120 centimeter beginnen. Dit is de zone van fluctuatie van het grondwater, namelijk de zone die periodiek verzadigd is. De diepte van de reductiehorizont zal lager liggen dan 120 centimeter. Vermoedelijk bevond de bodem van de kist zich in de verzadigingszone van het bodemprofiel waardoor het hout niet volledig verging doordat het niet altijd was blootgesteld aan grote concentraties vrije zuurstof. Andere verklaringen voor de overblijvende houtresten op de bodem van het graf zijn de lemige vulling van de grafkuil die de drainage op die plaats iets verminderd zou kunnen hebben of de moeder materiaalvariant die zwaarder wordt in de diepte en eveneens een minder goede drainage in de hand kan gewerkt hebben. Hoewel dit laatste dan vermoedelijk over de hele site zou hebben plaatsgevonden.

Wij stellen vast dat de droge, lichte zandleemgrond met een verbrokkelde textuur B-horizont leidde tot een totale destructie van al het organische materiaal. In weinige gevallen werd nog tandglazuur of een houten pasta van de kist teruggevonden. De metalen grafgiften bleken erg onderhevig aan corrosie. Dit alles is te wijten aan de combinatie van de grovere zandkorrels, de aanwezigheid van zuurstof, de lage zuurgraad en de sterke drainering die te klasseren zijn onder slechte bewaringsomstandigheden.

5.2.4. Vroegchristelijke graven te Sint-Gillis-bij-Dendermonde



Op de Zwijvekouter te Sint-Gillis-bij-Dendermonde (gemeente Dendermonde, provincie Oost-Vlaanderen) werden in de jaren '30 en '50 twee Romeinse brandrestengraven en een belangrijk Merovingisch grafveld opgegraven.

Vermoedelijk werd aan de rand van het Merovingisch grafveld een eerste parochiekerk met aanliggende begraafplaats opgericht in de 7^{de} of 8^{ste} eeuw (VAN DOORSELAER 1958, p. 11-12; VAN DER GUCHT 1981, p. 99-100; STROOBANTS et al. 1981, p. 202).

Deze casus behandelt drie vroegchristelijke graven die vermoedelijk afkomstig zijn uit het kerkhof van de eerste parochiekerk die op de Zwijvekouter gebouwd werd in de 7^{de} of 8^{ste} eeuw. Wij besloten niet specifieker in te gaan op het Merovingisch grafveld wegens het ontbreken van een exacte locatie.

In juli 1968 werden op de Zwijvekouter drie graven ontdekt die evenwijdig naast elkaar lagen. De bodem van de graven lag op een diepte van 160 centimeter en alle lichamen waren met hun voeten naar het oosten gericht. Twee van de drie inhumaties bestonden uit houten kisten die volledig waren vergaan. De derde begraafing was een dubbele inhumatie van een volwassene en een kind dat door de opgravers geïnterpreteerd werd als moeder met kind. Hun graf was gemetseld en had een korfboog. De gebruikte bakstenen waren van een vrij groot formaat (25/30 x 15 x 8 cm). De binnenafmeting van het graf was ongeveer 200 op 80 centimeter waarbij de boven- en zijwanden met kalk waren bezet en wit waren geschilderd. Het hoofd en de voeten van de moeder rustten op gemetselde kruisen. Het kind lag aan haar linkerzijde. Van een houten kist was er geen spoor en de archeologen vermoeden dat moeder en kind in doeken of stro werden gewikkeld voor de begraafing. Enkel de schedels van de drie volwassen individuen bleven bewaard en bij de moeder werd nog een verroeste mantelspeld gevonden (BOVYN 1976, p. 163-164). Er dient vermeld te worden dat het opgravingsverslag oppervlakkig en onvolledig is, ten gevolge van de slechte opgraving waarbij foto's zonder flits werden genomen, zodat ze niets opleverden en waarbij niets werd bewaard of verder onderzocht. Wij stellen ons de vraag hoe men met zekerheid kon zeggen dat er een kind naast de moeder moet gelegen hebben, gezien er nergens sprake is van enige bewaring van botmateriaal van het kind.

De Zwijvekouter ligt op een hoger gelegen gedeelte in een bocht van de Dender, die in de jaren '30 gekanaliseerd werd ter hoogte van Zwijveke. De Zwijvekehoogte domineert volledig de lage drassige gronden van de Dender. Deze hooggelegen droge zone moet een grote aantrekkingskracht uitgeoefend hebben in Romeinse, Merovingische en latere tijden.

Op de bodemkaart wordt het gebied van het vroegchristelijke grafveld getypeerd als een Lbaz, een droge zandleemgrond met textuur B-horizont waarvan de moedermateriaalvariant grover of lichter wordt in de diepte (VAN RANST & SYS 2000, p. 100-103, 108, 162-163).

De textuur (L..) is zandleem wat wil zeggen dat het gemiddeld 30% zand bevat, 60% silt en 10% klei. De gemiddelde korrelgrootte is hierbij dus fijner dan bij zand en ligt tussen de 2 micrometer en de 50 micrometer (AMERYCKX et al. 1989, p. 67). Ook in deze casus hebben we te maken met een droge natuurlijke draineringsklasse (.b.) waarvan de natuurlijke drainering goed is waardoor deze bodem geen gebrek aan water zal hebben, maar ook niet gevoelig is voor wateroverlast. Roestverschijnselen beginnen hier pas op een diepte van 120 centimeter of dieper (AMERYCKX et al. 1989, p. 115; VAN RANST & SYS 2000, p. 163). De textuur B-horizont (..a) is typerend voor droge, brede, laat-glaciale kouterruggen van rivieren of beken, in dit geval de Dender. De textuur B-horizont is opgebouwd uit afwisselende banden zandleem van 3 tot 5 centimeter dik, gescheiden door zandige lagen van 5 tot 10 centimeter dik op een diepte van 80 tot 120 centimeter (VAN RANST & SYS 2000, p. 103).

De droge natuurlijke drainering heeft vermoedelijk ook hier geleid tot het totale vergaan van de houten kisten. In welke toestand de bewaarde schedels zich bevonden is niet duidelijk. Doordat ze gerecupereerd werden, vermoeden wij dat ze te plaatsen zijn in categorie 2 'aangetast bot' of categorie 3 'broos bot'. Het andere botmateriaal was verdwenen of liet nog een aflijning achter zodat ze vermoedelijk zijn onder te brengen in categorie 5 'lijkschaduw' en categorie 7 'volledig vergaan'.

Waarschijnlijk betrof de bewaringstoestand van het skeletmateriaal in de houten kisten tijdelijk een andere categorie dan die in het gemetselde graf omdat het gemetselde graf een minder directe invloed van de bodemomgeving ondergaat. In meer afgesloten situaties, zoals dit gemetselde graf, zal het lichaam vooral in de vroege stadia van decompositie meer geïsoleerd worden van de grafomgeving, zodat de ontbinding trager zal verlopen. Uiteindelijk zullen ook grondwater en organismen in het gemetselde graf doordringen en zullen de resten verder vergaan. Hierbij speelt het feit dat ook de bakstenen van een graf vertering ondergaan en gedegradeerd worden, zodat ook het meest luchtdichte graf uiteindelijk doorlatend wordt en naast de skeletresten ook de grafgoederen en kledij aangetast worden en vergaan

(HENDERSON 1987, p. 51; GARLAND & JANAWAY 1989, p. 21-22). Ook in forensische situaties worden regelmatig lichamen begraven in gemetselde graven of in beton. Studies hierover vermelden eveneens een vertraging van de decompositie, maar daarom geen verminderde geur en op lange termijn toch een vergaan van de menselijke resten (PREUSS et al. 2006, p. 55-60).

Er moet ook rekening gehouden worden met de diepte van de graven waarvan de bodem op 160 centimeter is te situeren. De schommelende grondwatertafel zou zich dieper dan 120 centimeter bevinden waardoor de kans groot is dat dit de graven nadelig beïnvloedde.

Het feit dat deze droge, goed gedraineerde bodem met schommelende grondwatertafel niet leidde tot een gehele degradatie van het botmateriaal, zoals in de vorige casussen, zou tweeledig kunnen verklaard worden. Ten eerste is een L-bodem een lemige textuur wat tot een goede en niet te sterke drainage leidt. De korrelgroottesamenstelling is fijner, er is minder zuurstof en een minder sterke drainage. De fijnere textuur zorgt voor een meer constante vochtigheid in het profiel door de hogere veldcapaciteit en het langer ophouden van infiltrerend water. Een andere verklaring kan liggen in de nieuwe abdijkerk die, na afbraak van de oude parochiekerk, in de 14^{de} eeuw op deze graven werd gebouwd. De abdij kan een beschermend effect gehad hebben op de graven, waardoor rechtstreeks regenwater of organismen niet meer rechtstreeks konden doordringen en het botmateriaal in een betere toestand bewaard bleef.

Het nieuwe abdijcomplex brandde in 1667 af, waarna een woning op het perceel werd gezet.

De boven- en zijwanden van het gemetselde graf waren bezet met kalk. In de literatuur is het niet altijd duidelijk of het gebruik van kalk leidt tot een betere of slechtere bewaring.

Zo vinden we terug dat bij archeologisch onderzoek van de middeleeuwse Catharinakerk in Eindhoven de skeletresten normaal volledig vergaan in de kalkarme Brabantiaanbodern. Maar doordat het kerkgebouw in de loop van de eeuwen een aantal keren volledig of gedeeltelijk beschadigd of verwoest raakte, kwam er kalkrijk bouwpuin in de bodem terecht en bleken de skeletresten uit die delen waarvan de bodem verrijkt was met kalk, beter bewaard. De oudste en dus diepste begravingen lagen in de natuurlijke kalkarme ondergrond waardoor de beenderen boterzacht waren geworden (ARTS & NOLLEN 2006, p. 48-49). Daarentegen is er

geen sprake van beschadigde kalk in het gemetselde graf van Sint-Gillis-bij-Dendermonde die het botmateriaal beter zou bewaard hebben.²²

Wij besluiten dat de drie vroegchristelijke graven uit Sint-Gillis-bij-Dendermonde zich in een Lbaz, een droge zandleemgrond met textuur B-bodem, bevonden, wat leidde tot een bewaring van de schedels in de twee houten kisten en in het gemetselde graf. Het gemetselde graf zelf bleek goed bewaard, terwijl houten kisten totaal zijn vergaan. De iets betere bewaring van de schedels in deze bodem zou te danken kunnen zijn aan de lemige textuur, de goede drainage

²² Wat is de relatie tussen de aanwezigheid van kalk en bewaring van botmateriaal?

Allereerst moet er een onderscheid gemaakt worden tussen de decompositie van zacht weefsel in relatie tot kalk en de degradatie van botmateriaal. Verder is er ook nog een verschil tussen een kalkrijke bodem of het bekalken van een graf.

Zuur en kalk zijn twee tegengestelde begrippen. Kalk is erg basisch en wordt in de landbouw gebruikt om de zuurgraad van de gronden te verhogen en dus minder zuur te maken. In de landbouw bevordert bekalken de ontbinding van organische stoffen (AMERYCKX et al. 1989, p. 161). Maar er bestaat een verschil tussen natuurlijke ongebluste kalk en gebluste kalk. Ongebluste kalk, CaO of calciumhydroxide is niet gehydrateerd en zal vocht uit de omgeving onttrekken, terwijl gebluste kalk, Ca(OH)₂ reeds gehydrateerd is. Gebluste kalk of calciumhydroxide zal toegevoegd worden om zuurdere bodems minder zuur te maken. Ongebluste kalk wordt gebruikt om bijvoorbeeld de afbraak van lignine te bevorderen in de papierindustrie.

Wij vermoeden dat veel onderzoekers zich te veel blind staren op de verhoging van de zuurgraad en dus de bevordering van organische stoffen, waardoor ze vermoeden dat de decompositie van zacht weefsel sneller zal verlopen.

Zo wordt bijvoorbeeld bij een casus uit het onderzoek van Yamada et al. (1990, p. 390) de opmerking gemaakt dat kalk de pH doet stijgen en het botmateriaal dus beter bewaart, maar dat ze niet weten hoe het komt dat ook het zacht weefsel zo goed bewaard is gebleven.

Hiervoor kunnen verschillende redenen zijn. Wanneer een basische bodem bekalkt wordt, zal deze te basisch worden en zullen microbacteriën niet meer in staat zijn organisch materiaal om te zetten (cf. infra) (Persoonlijke communicatie op 21-05-2007 met M. Van Molle). Een tweede belangrijk element is dat niet enkel de verandering van pH belangrijk is bij kalk, maar dat de mogelijke hydratatie ook een grote of zelfs grotere rol speelt. Ongebluste kalk, CaO zal hydrateren in een exotherme reactie om te komen tot Ca(OH)₂, gebluste kalk. Wanneer ongebluste kalk over een recent overleden persoon wordt gestrooid zal de kalk vocht onttrekken aan het lichaam waardoor het zal uitdrogen en niet meer aantrekkelijk wordt voor micro-organismen. Bekalking kan de decompositie dus afremmen (JARVIS 1997, p. 199; BASS 2003, p. 126; Persoonlijke communicatie op 21-05-2007 met M. Van Molle). Toch moet hiermee voorzichtig worden omgegaan omdat alles afhangt van de situatie. Wanneer men een lichaam bekalkt tijdens een hevige regenbui, bestaat de kans dat het lichaam niet uitgedroogd wordt (Persoonlijke communicatie op 21-05-2007 met M. Van Molle). Naast het afremmen van het proces van ontbinding zal kalk ook de geur die daarmee gepaard gaat, verminderen (BASS 2003, p. 126). Verder heeft ongebluste kalk ook een ontsmettende werking. Al in de middeleeuwen werden grafkisten van mensen met een zeer besmettelijke ziekte, zoals de pest, bekalkt. Tijdens de Tweede Wereldoorlog bekalkten de Duitsers de massagraven en ook vandaag de dag wordt in oorlogssituaties met veel doden, kalk gebruikt ter preventie van besmettelijke ziekten. Dit komt doordat toevoeging van ongebluste kalk de pH tot 10 à 11 kan verhogen waardoor er een kiemdoding wordt verkregen. De geurvermindering ontstaat doordat een gedeelte van het minerale stikstof vrijkomt onder de vorm van geurloos ammoniakgas (LAVIEDOR 2002).

Wat het langetermijneffect is van kalk op preservatie van botmateriaal is niet heel duidelijk. Collins et al. (2002, p. 385) vermoeden dat de basische condities, die veroorzaakt worden door zowel gebluste als ongebluste kalk, het collageenverlies zullen bevorderen, terwijl de oplossing van de kalkzouten in bot kan gereduceerd worden. Ook in de literatuur vinden we terug dat botmateriaal in contact met een kalkrijke bodem beter bewaard blijkt te zijn (LODEWIJCKX 1991, p. 45; ARTS & NOLLEN 2006, p. 48-49; JANS & CUIJPERS 2006, p. 57-58). Stephan (1997, p. 173-180) vond een positieve correlatie tussen de aanwezigheid van Ca²⁺ in de bodem een goede, sterke bewaring van de beenderen. Hedges en Millard (1995, p. 155-164) zagen een verminderde degradatie van bot in bodems waar Ca²⁺ aanwezig was. We besluiten dat botmateriaal in een kalkrijke bodem vermoedelijk beter bewaard, al is verder onderzoek hierover nodig.

en eventueel aan de bouw van een kloosterkerk op deze graven die een beschermend effect zouden kunnen hebben gehad. Of de kalkrijke binnenbekleding van het gemetselde graf een invloed had op de bewaringstoestand is niet duidelijk.

5.2.5. *Vroegmiddeleeuwse graven te Varsenare*



De site d'Hooge Noene in Varsenare werd in april 1995 aangesneden bij infrastructuurwerken voor de inplanting van een residentiële verkaveling langs de Zandstraat. Tijdens de opgraving kwamen

structuren en resten van de steentijd, de metaaltijden, de Romeinse tijd en de middeleeuwen aan het licht. De middeleeuwse structuren waren het meest talrijk en sterk geconcentreerd. Hierbij werden in de meest noordwestelijke hoek van het opgravingsterrein een vijftal sporen aangesneden die inhumaties bleken te zijn.

De grafzone was verstoord door grachtstructuren uit de late middeleeuwen en door karrensporen uit de volle middeleeuwen. Omdat de grafstructuren duidelijk oversneden waren door deze sporen werd met zekerheid een datering in de vroege middeleeuwen vastgelegd. De uitgestrektheid van het grafveld is niet gekend vanwege de beperking van het opgravingsterrein (HOLLEVOET 1998, p. 161-178; HOLLEVOET 2002, p. 47-53).

De vijf aangetroffen inhumatiesporen hadden een rechthoekig grondplan met uiteenlopende afmetingen. De lengte schommelde tussen 180 en 240 centimeter en de breedte varieerde van 50 tot 80 centimeter. Van de vijf structuren had één structuur een noord-zuid oriëntatie waarbij er duidelijke sporen van een kist waren waar te nemen. Het hout hiervan was volledig vergaan, maar tekende zich af in de bleke zandige vullingen als een bruine verkleuring. Nagels werden niet aangetroffen. De ander vier structuren hadden een oost-west oriëntatie, waarvan er drie eveneens sporen van een houten bekisting zonder nagels vertoonden. In twee gevallen kon duidelijk vastgesteld worden dat het ging om lange planken die aan de uiteinden van de kist uitstaken. De laatste structuur vertoonde noch sporen van een bekisting, noch sporen van een bijzetting.

In de noord-zuid structuur werden duidelijke sporen van een menselijk skelet gevonden. De beenderen waren volledig vergaan en tekenden zich af als een silhouet in het zand waarbij men afleidde dat het hoofd naar het noorden was gericht en de handen waren samengebracht

op het bekken. Enkel het tandemail van deze inhumatie bleef bewaard. Grafgiften werden niet gevonden.

Bij de andere structuren kwamen geen sporen van mogelijke skeletten aan het licht waarbij de archeologen zich afvroegen of deze misschien volledig vergaan waren (HOLLEVOET 1998, p. 178; HOLLEVOET 2002, p. 52-53).

De site bevindt zich op de grenszone van de polders en de zandstreek. Geomorfologisch gezien is het gebied gelegen op een complex van dekzandruggen. Bodemkundig wordt de site getypeerd als een ZbG-bodem, een droge zandgrond met overwegend verbrokkelde humus en/of ijzer B-horizont (VAN RANST & SYS 2000, p. 130-131). Deze bodem is dezelfde als de reeds besproken site van Sint-Andries Molendorp (cf. 5.2.2). De zone Z.. omvat zand met een grove korrelsamenstelling. Het is een droge bodem met een ongunstige waterhuishouding, wat ons doet vermoeden dat de pH van deze bodem te laag is en er veel zuurstof in aanwezig moet zijn.

De beenderen uit deze site zijn te plaatsen in categorie 5 'lijkschaduw' en categorie 7 'volledig vergaan'.

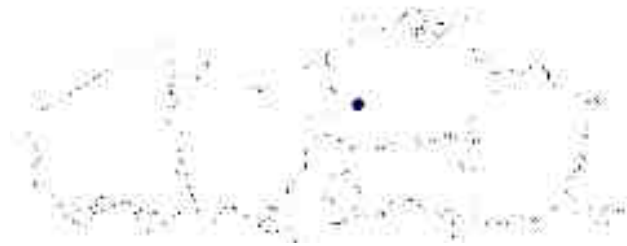
Zoals bij de eerder besproken site in Sint-Andries leidt een (te) sterk gedraineerde, zure bodem met grove korrelgroottesamenstelling en veel zuurstof tot een minieme archeologische preservatie (BETHELL & CARVER 1987, p. 11-12; JANAWAY 1996, p. 78; JANS & CUIJPERS 2006, p. 57-58). Slechts één van de vijf sporen vertoonde een duidelijke lijkschaduw en resterend tandemail. De ongunstige bodemomstandigheden bevestigen het vermoeden van de archeologen dat de andere skeletresten waarschijnlijk volledig zijn vergaan.

In vier structuren waren nog bruine aftekeningen van de kist waar te nemen. De bodem van de site creëerde een gunstige situatie voor de biotische en de abiotische processen die hout aantasten waardoor de drie belangrijkste bestanddelen van hout, cellulose, hemicellulose en lignine, volledig vergingen en waarbij de chemische restproducten van dit hout nog een aftekening achter lieten in het bleke zand (BETHELL & CARVER 1987, p. 13; BETHELL 1989, p. 210).

Dat één structuur noch sporen van een bekisting, noch sporen van een bijzetting vertoonde is goed mogelijk in de ongunstige bewaringsomstandigheden van deze bodem. Zelfs de chemische restproducten van het hout en het tandemail kunnen volledig vergaan zodat er geen sporen van bekisting of inhumatie meer zijn waar te nemen (JANAWAY 1996, p. 78).

Wij besluiten dat deze droge ZbG zandgrond mogelijk leidde tot de volledige en/of gedeeltelijke vernietiging van het skeletmateriaal, het tandemil en de houten doodskist. Over kledij of bijgiften is het onmogelijk nog uitspraken te doen.

5.2.6. *Inhumaties uit de volle middeleeuwen te Edegem*



In het kader van een verkavelingsaanvraag werd gedurende de zomermaanden van 2005 en 2006 preventief archeologisch onderzoek gevoerd in de gemeente Edegem bij Antwerpen. De site was gelegen in de

wijk Buizegem en leverde enkele unieke vondsten en inzichten op. Er werden vuurstenen artefacten en funeraire structuren gevonden uit het finaal neolithicum, funeraire structuren en nederzettingssporen uit de ijzertijd, brandrestengraven en bijgiften uit de Romeinse periode en tenslotte een begraafplaats, nederzettingssporen, kalkontginnings- en ploegsporen uit de vroege en volle middeleeuwen (VANDEVELDE & ANNAERT 2006, p. 4-24).

Enkel de begraafplaats uit de vroege en volle middeleeuwen bevatte inhumaties, die we hier verder zullen bespreken.

Slechts een klein deel van het grafveld bevond zich binnen de huidige opgraving aan de zuidelijke grens van het kerkhof. In de jaren '30 waren op andere percelen al heel wat skeletresten en resten van houten kisten naar boven gekomen. De huidige opgravingssector werd oversneden door oude proefsleuven van een opgravingscampagne in 1973. Hoeveel graven er in 1973 werden opgegraven was niet meer met zekerheid vast te stellen. Wel was duidelijk dat het kerkhof in de loop der jaren door diverse graafactiviteiten werd verstoord (VAN PASSEN 1974, p. 29-31; VANDEVELDE & ANNAERT 2006, p. 15).

De datering van de graven was niet gemakkelijk vermits er geen grafgiften in de graven werden aangetroffen. Wel bevatte de vulling van een zevental graven gefragmenteerd, lokaal vervaardigd aardewerk dat grof te dateren was tussen de 10^{de} en de 12^{de} eeuw. Een aantal van de verstoorde grafkuilen bevatte echter ook laatmiddeleeuws en zelfs 18^{de} eeuwse aardewerk, wat vermoedelijk tijdens de opgraving in de jaren '70 in deze sporen was terecht gekomen.

Doordat slechts een klein deel van het kerkhof werd aangesneden en er geen link kon gelegd worden met de bouwfases van het kerkje, ontbrak een duidelijke stratigrafie. Uitgaand op het feit dat de graven eerder in de periferie van het grafveld lagen en de oudste graven normaal

dichter bij de kerk liggen, kan de datering van 10^{de} tot 12^{de} eeuw aangehouden worden (VANDEVELDE & ANNAERT 2006, p. 16, 22). Op die manier is het postmortem interval van de graven ongeveer 800 tot 1100 jaar.

Er werden 22 sporen met zekerheid als graf geïdentificeerd, waarvan negen intact en dertien gedeeltelijk of volledig weggegraven in 1973. Slechts één graf was noord-zuid georiënteerd, terwijl alle andere graven een oost-west oriëntatie hadden.

Vijf andere sporen waren mogelijk te interpreteren als graf, maar waren te sterk verstoord om dit met zekerheid vast te stellen. Er werden alleszins geen beenderen of houtresten in teruggevonden. Voorts waren er nog minimum vijf verstoringen die de vorm en afmetingen van een graf hadden, waarbij de archeologen vermoedden dat het begravingen moeten geweest zijn die in de jaren '70 volledig werden uitgegraven. Een gedetailleerd opgravingsverslag hierover werd niet gevonden.

De 22 zekere graven konden in vier categorieën ingedeeld worden, namelijk; zeven rechthoekige graven met resten van een houten kist, twaalf rechthoekige graven zonder kist, twee trapeziumvormige graven zonder kist, waarbij de grafkuil het breedst was ter hoogte van hoofd en schouders en smaller werd naar de voeten toe, en tenslotte was er nog één antropomorf graf, waarbij de grafkuil min of meer de vorm van het lichaam had met een ronde of rechthoekige uitsparing aan het hoofd.

Op basis van de afmetingen van de grafkuilen en/of kisten werden vier graven als kindergraf geïnterpreteerd, waarvan één een kistgraf was.

De afmetingen van de kisten varieerden tussen 34 en 60 centimeter breed en 185 tot 230 centimeter lang. De kist van het kindergraf was 25 bij 94 centimeter. De grafkuilen zonder houten kisten waren tussen 40 en 57 centimeter breed en tussen 170 en 215 centimeter lang, de kindergraven zonder kist varieerden tussen 33 en 40 centimeter breed en 112 en 150 centimeter lang.

De meeste graven lagen ongeveer een meter onder het maaiveld of dieper. Enkel de kindergraven waren minder diep. In geen van de graven werden grafgiftten aangetroffen, enkel de grafvulling van een zevental graven bevatte gefragmenteerd aardewerk uit de volle middeleeuwen.

Het skeletmateriaal was in bijzonder slechte staat. Meestal was enkel nog een lijksilhouet waar te nemen. Uit slechts drie graven konden enkele beenderen deels gerecupereerd worden,

maar in de meeste gevallen waarbij nog lange beenderen waren te zien, was de toestand ervan zeer slecht en waren ze niet meer recupereerbaar.²³

Wel was het nog mogelijk de tanden van negen individuen te gebruiken voor antropologisch onderzoek waarvan acht gedetermineerd werden als twee kinderen tussen 4 en 6 jaar, een jongvolwassen man tussen 17 en 25 jaar, vier volwassenen tussen 20 en 40 jaar, waarvan één zeker mannelijk, één mogelijk mannelijk en één mogelijk vrouwelijk, en een volwassen man tussen 40 en 47 jaar (VANDEVELDE & ANNAERT 2006, p. 15-16).

De toestand van het botmateriaal van de opgravingen in 1973 op dezelfde plaats werd niet beschreven (VAN PASSEN 1974, p. 984-985).

De CAI bevatte drie verschillende Lambertcoördinaten van de site Buizegem en communicatie met archeologe Rica Annaert bracht nog een vierde paar coördinaten op. Toch bleken deze vier coördinaten zich in dezelfde bodempolygoon te vinden.

De site is gelegen op het hoogste punt van de omgeving, op 850 meter ten noorden van de Edegemse beek die behoort tot het Scheldebekken. Buizegem ligt net ten westen van de waterscheidingslijn tussen Schelde- en Netebekken. Bodemkundig onderzoek op de site heeft uitgewezen dat de oorspronkelijke leembodem na de metaaltijden volledig is weg geërodeerd waardoor het niveau 80 centimeter tot 1 meter verlaagde. Dit zou gevolgen hebben voor de bewaring van archeologisch sporen ouder dan de middeleeuwen (VANDEVELDE & ANNAERT 2006, p. 5).

Op de bodemkaart wordt Buizegem getypeerd als een w-Lba-bodem, een droge zandleemgrond met textuur B-horizont en een klei-zandsubstraat (VAN RANST & SYS 2000, p. 100-103, 107, 162-163). Het opgravingsverslag vermeldt dat de site in de zandleemstreek ligt, terwijl de bodemkaart de zandstreek aangeeft. Een kaart met bodemkundige steken is altijd een veralgemening. Zo komen in de zandstreek niet uitsluitend zandbodems voor en kan een zandleembodem ook in de zandstreek optreden, al is deze niet typerend hiervoor.²⁴

De textuur (L..) is zandleem wat wil zeggen dat het gemiddeld 30% zand bevat, 60% silt en 10% klei. De gemiddelde korrelgrootte is hierbij dus iets kleiner dan bij zand en ligt tussen de 2 micrometer en de 50 micrometer (AMERYCKX et al. 1989, p. 67). De natuurlijke drainering (.b.) is goed waarbij deze bodem in het algemeen geen gebrek heeft aan water, noch last heeft van wateroverlast (AMERYCKX et al. 1989, p. 115, VAN RANST & SYS 2000, p. 163).

²³ Persoonlijke communicatie op 12-06-2007 met R. Annaert.

²⁴ Persoonlijke communicatie op 22-06-2007 met M. Van Molle.

Roestverschijnselen beginnen op een diepte van meer dan 120 centimeter (AMERYCKX et al. 1989, p. 67).

Net zoals de casus in Sint-Gillis-bij-Dendermonde is deze textuur B-horizont (..a) typerend voor droge, laat-glaciale kouterruggen van rivieren of beken, in dit geval de grens tussen Schelde- en Netebekken.

Deze w-Lba-bodem leidde vooral tot lijkschaduw, in categorie 5 te plaatsen en tot uiterst broze, niet recupereerbare lange beenderen van categorie 4 'beendermeel'. Sporadisch konden enkele lange beenderen toch gerecupereerd worden voor antropologisch onderzoek zodat deze waarschijnlijk in categorie 3 'broos bot' thuishoren.

Hieruit leiden we af dat de categorieën niet noodzakelijk opeenvolgend moeten verlopen en dat het best mogelijk is binnen een site en een bodempolygoon verschillende fases van degradatie waar te nemen.

Bij acht individuen werden de tanden verder onderworpen aan antropologisch onderzoek waaruit we afleiden dat niet enkel het tandglazuur, maar nog hele tanden goed bewaard zijn gebleven. Onderzoekers hebben namelijk zo volledig mogelijke molaren nodig voor fysisch antropologisch onderzoek. Binnen de fysische antropologie gebeurt het vaststellen van de leeftijd waarop de persoon overleden is op basis van twee hoofdprocessen; maturatie en degradatie.

Bij maturatie wordt de leeftijd bepaald op basis van gebitsontwikkeling, namelijk de overgang van een melkgebit naar een volwassengebit dat tand per tand kan bekeken worden. Na het beëindigen van het groeiproces begint het proces van degeneratie, het langzaam afslijten van de tanden. Hiervoor doet men enkel onderzoek op de molaren. Dit proces begint al rond de leeftijd van 20 jaar en houdt op bij de dood, waardoor een leeftijdsschatting dus vooral berust op ouderdomsverschijnselen. Toch moet hiermee kritisch worden omgesprongen omdat tandslijtage afhankelijk is van externe factoren zoals cultuur of voedingsgewoontes en dus niet altijd representatief is. Het is steeds belangrijk naar meerdere indicatoren voor leeftijdsbepaling te kijken om tot een meer betrouwbaar resultaat te komen (ROBERTS 1996, p. 110-111; SCOTT & TURNER 1997, p. 1-5; MAYS 1998, p. 42, 49; MAAT & MASTWIJK 2005, p. 5, 11, 34).

Het hout van de kistgraven was volledig verdwenen. De kisten lijdten zich af als een lineaire verkleuring. Wij stelden ons de vraag of er een relatie was tussen het botmateriaal dat nog kon gerecupereerd worden en de aanwezigheid van een kist. Archeologe R. Annaert ontcrachte

deze stelling.²⁵ Er bleek nog botmateriaal zichtbaar in zowel de kistgraven als de graven zonder kist, al waren deze in beide gevallen meestal in een zeer slechte toestand.

In de zone ten zuiden van de twee opgravingsvlakken brachten proefsleuven een grootschalige laatmiddeleeuwse ontginning van mergel aan het licht (VANDEVELDE & ANNAERT 2006, p. 19-20). Mergel is een natuurlijk mengsel van calciumcarbonaat (CaCO₃) en klei dat gebruikt werd om de verzuring van landbouwgronden tegen te gaan. De ontginningskuilen bevonden zich niet op de plaats van de graven. Toch stellen wij ons de vraag of ook bij de graven mergel in de bodem aanwezig was en of dit mogelijk zou kunnen geleid hebben tot een - iets - betere preservatie van de lange beenderen vanwege de positieve bewaringsomstandigheden van kalk die werden aangehaald op p. 85. Een verschil in microbiële aantasting zal er waarschijnlijk niet zijn omdat een studie van Jans (2005, p. 33-35) aantoont dat microbiële aantasting niet wordt beïnvloed door gunstige bodemomstandigheden als kalk.

Zoals in de casus van Sint-Gillis-bij-Dendermonde leidde deze Lba-bodem tot een gedeeltelijke, maar toch minieme preservatie van archeologisch materiaal. Vermoedelijk had de fijnere textuur een invloed op een meer constante vochtigheid in het profiel zodat het transport van water door het bot verminderd werd. Het kleizand substraat kan hierbij ook mogelijk een rol hebben gespeeld. Of de mergelontginning een invloed heeft gehad op de betere bewaring van enkele lange beenderen is niet geweten.

5.2.7. 16^{de}-17^{de} eeuwse inhumatiegraf in Sint-Andries (Refuge)



Van eind 1995 tot half 1997 werd een grootschalig onderzoek uitgevoerd op de terreinen achter de Refuge, de voormalige vrouwengevangenis gelegen op het grondgebied van de gemeente Sint-Andries.

Hierbij kwamen beperkte sporen uit de metaaltijden, Romeinse bewoningssporen, middeleeuwse nederzettingssporen en postmiddeleeuwse sporen aan het licht (HOLLEVOET & HILLEWAERT 1998, p. 191-207).

²⁵ Persoonlijke communicatie op 12-06-2007 met R. Annaert.

De postmiddeleeuwse sporen bevonden zich in de noordoostelijke zone van de opgraving. Op de plaats waar tijdens de volle middeleeuwen een poel gesitueerd was, werd een houten doodskist met skelet teruggevonden, vermoedelijk begraven in de 16^{de} of 17^{de} eeuw. Deze resten zijn waarschijnlijk in verband te brengen met de aanwezigheid van een boerderij, waardoor archeologen vermoeden dat het terrein op het moment van de begraafing gewoon weiland was. Het is niet duidelijk waarom iemand plots in een wei werd begraven in een periode waarin begraafing op het kerkhof een traditie of zelfs verplichting was (HOLLEVOET & HILLEWAERT 1997, p. 17-19; HOLLEVOET & HILLEWAERT 1998, p. 202-205).

De inhumatie bevond zich op een diepte van 40 à 50 centimeter. Van het skelet werden slechts enkele beenderen gerecupereerd die zich in slechte staat bevonden. Het hout van de kist was nog aanwezig maar bevond zich ook in een zwakke toestand. Er werden geen kledijresten of grafgiften aangetroffen.²⁶

Bodemkundig gezien ligt de site in een ZdG-bodem, een matige natte zandgrond met een verbrokkelde humus en/of ijzer B-horizont (VAN RANST & SYS 2000, p. 100-105). Het is een zandbodem (Z..) die gemiddeld bestaat uit 90% zand, 8% silt en 2% klei. We hebben hier dus te maken met een grove korrelgroottesamenstelling (AMERYCKX et al. 1989, p. 67). Het is een matige natuurlijke drainering (.d.) waarbij de hoogste grondwaterstand reikt tot in het onderste deel van de B-horizont, zodat roestverschijnselen in veel gevallen moeilijk of niet waar te nemen zijn. De roestverschijnselen beginnen tussen de 40 tot 60 centimeter en worden naar beneden toe zeer duidelijk. Deze bodem heeft een goede waterhuishouding in de zomer, maar is iets te nat in de winter. De ZdG-bodem is een matig natte zandgrond met een sterk gehomogeniseerde bovengrond van meer dan 30 centimeter dik, donker, bruingrijs van kleur en hoog humusgehalte van 3 tot 5% (AMERYCKX et al. 1989, p. 115; VAN RANST & SYS 2000, p. 135-136).

Het botmateriaal uit deze site is door zijn broze toestand te plaatsen in de categorieën 3 'broos bot' en 4 'beendermeel'. De inhumatie werd gevonden op 40 tot 50 centimeter diepte. Deze bodem heeft een hoge grondwaterstand, waarbij ook de roestverschijnselen vrij ondiep beginnen. Dit wil zeggen dat de kans groot is dat de inhumatie zich in de zone van het

²⁶ Persoonlijke communicatie op 12-07-2007 met B. Hillewaert.

schommelende grondwater bevond. Hierbij is de bodem wisselend nat en droog. Tijdens de winter is de zone met water verzadigd en tijdens de zomer is deze bodem vochtig tot droog.

Een onderzoek van Williams en Oostrom (2000, p. 70-85) toonde aan dat een fluctuerende grondwatertafel het bovenste deel van het grondwater significant van zuurstof kan voorzien door het vastzetten van lucht of het transport van zuurstof. Op die plaats is er een goede verhouding tussen zuurstof en vocht, wat biologische degradatie in de hand werkt.

De bewaring van het botmateriaal ter hoogte van de schommelende grondwatertafel is daarom meestal niet erg goed. Dit komt overeen met de beenderen uit deze site. Ze zijn niet helemaal vergaan, maar bevinden zich in een erg broze bewaringstoestand.

Het hout van de kist kon nog gerecupereerd worden maar was erg broos. Waarschijnlijk werd door het wisselende peil van de grondwatertafel en de daarmee gepaard gaande fluctuaties in zuurstof, de afbraak van lignine voorkomen. Hoe minder zuurstof, hoe beter lignine blijft bestaan terwijl cellulose en hemicellulose worden afgebroken. Het lignineskelet dat overblijft is dan erg verzwakt (JANAWAY 1987, p. 134; JANAWAY 1996, p. 80; KARS & SMIT 2003, p. 35; HUISMAN 2006, p. 63; VAN DEN BERG et al. 2006, p. 21-22). Toch is het PMI van deze inhumatie vrij kort. Door het wisselende grondwaterpeil en een niet volledige waterverzadiging, zou de lignine waarschijnlijk uiteindelijk wel vergaan.

Toch hoort deze inhumatie bij de betere bewaarde begravingen uit de reeks casusbesprekingen van de zandstreek. Er moet alleszins rekening worden gehouden met het feit dat dit een jonge begraving is die vermoedelijk maar 300 tot 500 jaar begraven was. Aanvullend denken wij dat de pH van deze bodem door de matige drainering en hoge grondwatertafel niet erg zuur was, wat de chemische degradatie vermindert. Ondanks het wisselende grondwaterpeil en het hoge zuurstofgehalte kunnen we hier spreken van een gemiddelde tot vrij goede bewaring.

5.2.8. *Conclusie*

Ons baserend op de overzichtstabel van de casussen uit de zandstreek (bijlage 2), valt op dat drie bodems tot dezelfde categorie van bewaringstoestand leidden. Diezelfde bodems leidden eveneens tot een gehele vernietiging van de houten grafkisten. Het zijn de ZbG-bodem van Sint-Andries Molendorp, de ZbG-bodem van Varsenare en de Pbcy-bodem van Broechem. De bodems uit Sint-Gillis-bij-Dendermonde en Edegem die beide Lba-bodems zijn, leidden

tot een gedeeltelijke bewaring van enkele harde botten en een volledige vernietiging van het hout.

Wij vermoeden dat zowel de korrelgroottesamenstelling als de drainage belangrijke factoren zijn in het proces van degradatie. Zowel de Z-bodem als de P-bodem zijn zandige texturen en vertonen een grove korrelgroottesamenstelling. Dit heeft als gevolg dat wanneer deze bodems zich op een hoogte bevinden, de natuurlijke drainering erg sterk zal verlopen. Een sterke drainering leidt dan weer tot een lage pH die de chemische degradatie in de hand zal werken. In de literatuur vinden we terug dat botmateriaal sterk degradeert in zure, zuurstofrijke bodems die goed gedraineerd zijn (BETHELL & CARVER 1987, p. 11-12; JANAWAY 1996, p. 78; JANS & CUIJPERS 2006, p. 57-58). Zowel de ZbG- als de Pbc-bodem voldoen aan deze eigenschappen, wat bevestigt dat de oorzaak ligt in de combinatie van de korrelgroottesamenstelling en de drainage en niet in één van deze twee eigenschappen afzonderlijk. Zo zien we in de ZdG-grond van Sint-Andries Refuge dat we te maken hebben met een zandbodem, maar met een matige drainage. Hierdoor was de chemische degradatie vermoedelijk veel minder groot wat leidde tot een iets betere bewaring van het botmateriaal. Toch waren deze beenderen niet optimaal bewaard ten gevolge van de fluctuerende grondwatertafel die biologische degradatie in de hand werkt. Ook mogen we niet uit het oog verliezen dat dit de meest recente inhumatie was, waarbij we het degradatieresultaat niet kennen indien het nog 500 jaar langer in de bodem zou liggen.

We kunnen de LbG-bodems uit Sint-Andries Molendorp en Varsenare en de Pbcy-bodem uit Broechem plaatsen onder de corrosieve bodems. Dit zijn bodems met een (licht) zure pH en over het algemeen een zandige samenstelling. De grove korrelgrootte van de bodems betekent dat het water vrij kan bewegen. Botmonsters uit de corrosieve groep zijn meestal slecht bewaard. Deze monsters blijken microbiële degradatie te vertonen. Een zure bodem en ongunstige waterhuishouding verergeren het effect door het botmateriaal op te lossen en uit te spoelen. In de literatuur lezen we dat de mate van degradatie in corrosieve bodems met deze kenmerken even hoog is in jonge vindplaatsen als in oude (JANS 2005, p. 37-38). Dit laatste kan met deze casussen bevestigd worden aangezien de site uit Sint-Andries Molendorp uit de Romeinse periode dezelfde bewaring vertoont als de site uit Varsenare in hetzelfde bodemtype. Maar ook met deze conclusie moet voorzichtig worden omgesprongen, omdat de datering van Sint-Andries Molendorp niet met zekerheid in de Romeinse periode is te plaatsen.

Een L-bodem, zoals in Sint-Gillis-bij-Dendermonde en Edegem, wordt gerangschikt onder de lemige texturen. Hierbij hebben we ook een b-draineringsklasse die in dit geval voor een goede drainering zorgt. Bij deze twee sites namen we een gemengde bewaring waar. Delen van lange beenderen en/of schedelresten bleken bewaard of waren vergaan tot lijkschaduw. Het hout van de kisten van beide sites was volledig vergaan.

Bij de twee L-bodems dient opgemerkt te worden dat beide casussen te maken hadden met een kalksituatie die eventueel tot een betere bewaring kan leiden. Al stellen wij ons in beide gevallen de vraag of menselijke resten effectief met kalk in aanraking zijn gekomen.

Of de profielontwikkeling ook een rol speelt in de degradatie is ons niet duidelijk. Hier kan tot dusver nog geen antwoord op worden gegeven.

5.3. Kempen

5.3.1. Inleiding

De Kempen vormen een onderdeel van de brede zandige zone in het noorden van België. In het noordwesten wordt de grens van de Kempen bepaald door de uitbereiding van de Scheldepolders. In het westen grenzen de Kempen aan de zandstreek en in het zuiden en de zuidoostelijke rand bevindt zich de zandleemstreek (cf. figuur 15, p. 70) (VANDAMME & DE LEENHEER 1970, p. 895-898). Het moedermateriaal bestaat uit het zanddek dat werd afgezet in het Quartair tijdens de IJstijd. Het zand in de Kempen is grover dan het zand in de zandstreek. De waterhuishouding van deze zandgronden is zelden goed waardoor de landbouwwaarde gering is en afhankelijk is van de diepte van de watertafel, het humusgehalte en de korrelgrootte. Verder hebben deze gronden meestal een te lage pH en zijn ze erg droogtegevoelig, zeker op geringe hoogte (AMERYCKX et al. 1989, p. 243-250).

De Kempen zijn een historisch begrip en werden reeds in de 12^{de} eeuw vermeld in oorkonden onder de naam Campinia waarmee de met heide en moerassen bedekte schrale, zandige vlakten ten noorden van de Dijle en Demer werd bedoeld. Door de zandige bodemtextuur was de intrinsieke vruchtbaarheid van de Kempen gering, wat een beperkte kolonisatie met zich mee bracht. Tijdens de middeleeuwen was er slechts een schaarse bevolking. Grote delen van de Kempen bestonden uit heide, moerassen en braakland (VANDAMME & DE LEENHEER 1970, p. 895-896). De arme zandgronden van de Kempen werden verbeterd door het gebruik van plaggenmest. Plaggen zijn dunne, vierkante zoden die hoofdzakelijk in de woeste heidegronden werden afgestoken om als strooisel in de stallen te gebruiken. In deze potstallen stapelde de mest zich op tot een meterdikke laag die voor het zaaien op het akkerland werd

5.3. Kempen

5.3.1. Inleiding

De Kempen vormen een onderdeel van de brede zandige zone in het noorden van België. In het noordwesten wordt de grens van de Kempen bepaald door de uitbereiding van de Scheldepolders. In het westen grenzen de Kempen aan de zandstreek en in het zuiden en de zuidoostelijke rand bevindt zich de zandleemstreek (zie figuur 15) (VANDAMME & DE LEENHEER 1970, p. 895-898). Het moedermateriaal bestaat uit het zanddek dat werd afgezet in het Quartair tijdens de IJstijd. Het zand in de Kempen is grover dan het zand in de zandstreek. De waterhuishouding van deze zandgronden is zelden goed waardoor de landbouwwaarde gering is en afhankelijk is van de diepte van de watertafel, het humusgehalte en de korrelgrootte. Verder hebben deze gronden meestal een te lage pH en zijn ze erg droogtegevoelig, zeker op geringe hoogte (AMERYCKX et al. 1989, p. 243-250).

De Kempen zijn een historisch begrip en werden reeds in de 12^{de} eeuw vermeld in oorkonden onder de naam Campinia waarmee de met heide en moerassen bedekte schrale, zandige vlakte ten noorden de Dijle en Demer werd bedoeld. Door de zandige bodemtextuur was de intrinsieke vruchtbaarheid van de Kempen gering, wat een beperkte kolonisatie met zich mee bracht. Tijdens de middeleeuwen was er slechts een schaarse bevolking. Grote delen van de Kempen bestonden uit heide, moerassen en braakland (VANDAMME & DE LEENHEER 1970, p. 895-896). De arme zandgronden van de Kempen werden verbeterd door het gebruik van plaggenmest. Plaggen zijn dunne, vierkante zoden die hoofdzakelijk in de woeste heidegronden werden afgestoken om als strooisel in de stallen te gebruiken. In deze potstallen

stapelde de mest zich op tot een meterdikke laag die voor het zaaien op het akkerland werd

uitgespreid en ingewerkt. Om een hectare akkerland geregeld te kunnen bemesten moest men over ongeveer tien hectare heide beschikken. Nadat de heideplag was afgestoken, duurde het een tiental jaren alvorens de heidevegetatie zich voldoende had hersteld om een nieuwe zode voort te brengen. Op die manier ontstonden vruchtbare plaggengronden met een 40 tot 100 centimeter dikke, humeuze bovengrond, het plaggendek. Daaronder zijn meestal nog de horizonten van de oorspronkelijke spodosol bodem te zien. Door telkens opnieuw plaggen aan te brengen, werd het akkerland opgehoogd (AMERYCKX 1979, p. 60).

Ondanks de grote oppervlakte die de Kempen in Vlaanderen beslaan, vonden wij bijna geen sites die bruikbaar konden zijn als casus. Wij zochten bewust in de provincies Antwerpen en Limburg, maar ook daar lagen de meeste sites in de zandstreek of zandleemstreek.

In de Kempen kwamen we veel crematiegraven, tumuli of kerkbegravingen tegen, die buiten ons onderzoeksdomein vallen. Indien we stootten op een enkele inhumatie lag deze meestal in antropogene zone of werd geen melding gemaakt van de bewaringstoestand en enkel van de grafgiften.

Zelfs Merovingische begraafplaatsen, waar we in ons onderzoek naar casussen regelmatig op stootten, bleken slechts sporadisch in de Kempen gelegen.

Indien we de kaart van de landbouwstreken van Limburg (figuur 18) met een kaart met Merovingische grafvelden in Limburg (figuur 17) vergelijken, wordt snel duidelijk dat de Merovingers de onvruchtbare Kempen niet als woonplaats verkozen.²⁷ De zone langs de Maas en in de leemstreek was veel beter geschikt voor landbouw en intensieve cultuur.

Wij stellen ons de vraag of in de Kempen effectief weinig Merovingische bewoning is geweest, of de resten en sporen hiervan volledig zijn vergaan in de zure, zandige bodemgesteldheid. Toch wordt in de literatuur aangehaald dat de onevenwichtige verspreiding niet toevallig kan zijn. Indien in de Kempen meer grafvelden waren, zouden we deze kunnen lokaliseren aan de hand van grafgiften (ROOSENS 1949, p. 133).

Casussen uit voorgaand hoofdstuk tonen aan dat de mogelijkheid bestaat dat inhumaties met kist volledig vergaan. De Kempische bodem voldoet met zijn grove korrelgrootte, slechte drainage, lage pH en hoog zuurstofgehalte aan alle kenmerken die een slechte preservatie in de hand werken, zeker wanneer de grondwatertafel erg diep ligt. Ook organische en anorganische bijgaven kunnen hier onder lijden. Indien er sporadisch een grafvondst wordt

²⁷ Daarbij komt dat zij hun begraafplaatsen meestal langs waterlopen, op hellingen en in de buurt van Romeinse gebouwen verkozen, waarop we niet dieper zullen ingaan aangezien we ons concentreren op de bodemgesteldheid.

ontdekt, bestaat de kans dat dit wordt geklasseerd onder losse vondst omdat er geen graven zijn te bespeuren.

Wij vermoeden dat er meer Merovingische grafvelden in de Kempen aanwezig geweest zijn, al ontkennen we niet dat dit volk waarschijnlijk eerder de vruchtbare zandleemstreek en leemstreek verkoos om zich te vestigen. Ook sites uit andere perioden kunnen reeds verdwenen zijn.



Fig. 17: Merovingische begraafplaatsen in Limburg (toestand uit 1978).



Fig. 18: Landbouwstreken van Limburg

Vanwege de beperkte bruikbare sites bespreken we binnen de Kempen enkel een Merovingisch grafveld uit Lindel, Merovingische begravingen onder de kapel van Ouwen, een inhumatie uit de periode tussen 1750 en 1830 uit Meer en een recent lijk in een landduin, waarvan de exacte plaats niet kan vermeld worden wegens het nog lopende onderzoek.

5.3.2. Merovingisch grafveld in Lindel



In 1955 stootten archeologen in Lindel, een deelgemeente van Overpelt in de provincie Limburg, op een Merovingische begraafplaats waarvan een twintigtal graven konden geanalyseerd worden.

Vermoedelijk telde dit grafveld meer dan 100 graven, maar door zandontginning in de jaren daarvoor, gingen veel sporen verloren (CLAASSEN 1960, p. 53-55).

Het grafveld werd op basis van een vergulde triëns tussen het einde van de 6^{de} eeuw en het begin van de 8^{ste} eeuw gedateerd (CLAASSEN 1960, p. 53; HEYMANS 1978, p. 106). Het postmortem interval is dus ongeveer 1300 tot 1400 jaar.

De oriëntatie van de inhumaties was erg verschillend. Er was een groep graven met een noord-zuid begraving, een andere groep vertoonde een zuid-noord begraving en een derde groep graven was west-oost georiënteerd. De laatste groep bestond uit graven van personen met een kleine gestalte waaruit men afleidde dat het vermoedelijk kindergraven waren. Bijgaven werden enkel gevonden bij de eerste twee groepen. Ze varieerden van wapens, tot persoonlijke opsmuk of ceramiek. Kledij werd niet teruggevonden, wel enkele restjes van weefsel dat bij de bijgiften hoorde.

Alle skeletten waren totaal vergaan, maar in het witte zand nog duidelijk te herkennen. Ook het hout van de kisten tekende zich af als een verkleuring in de zandlaag (CLAASSEN 1960, p. 56-58).

De bodem van de site wordt getypeerd als een Sbp(o)-bodem, wat staat voor een droge grond op lemig zand zonder profielontwikkeling met een sterk antropogene invloed (VAN RANST & SYS 2000, p. 176-178, 181, 207). De gemiddelde korrelgroottesamenstelling van lemig zand (S.) bestaat uit 75% zand, 20% silt en 5% klei (AMERYCKX et al. 1989, p. 67). Deze droge bodem in een zandige textuur leidt tot een zeer sterke natuurlijke drainering (b.). Roestverschijnselen beginnen tussen 90 à 120 centimeter diepte (AMERYCKX et al. 1989, p. 115). Het ontbreken van de profielontwikkeling is waarschijnlijk het gevolg van de zandexploitatie die op de site plaatsvond.²⁸

²⁸ Persoonlijke communicatie op 12-06-2007 met Prof. M. Van Molle.

De diepe grondwatertafel en de zeer sterke drainering doen ons vermoeden dat we hier te maken hebben met een lage zuurgraad.

Deze bodem heeft alle eigenschappen om geklasseerd te worden onder een corrosieve bodem. De grove korrelgrootte, de sterke drainage, de hoeveelheid zuurstof en de vermoedelijk lage pH leiden tot een minimale archeologische preservatie (BETHELL & CARVER 1987, p. 11-12; JANAWAY 1996, p. 78; JANS & CUYPERS 2006, p. 57-58). De ongunstige grafomgeving zorgde in Lindel voor een volledige degradatie van het skeletmateriaal zodat het in categorie 5 'lijkschaduw' kan geplaatst worden.

Verder creëerde de bodem een gunstige situatie voor de biotische en abiotische processen die het hout van de grafkisten aantastten waardoor de cellulose, hemicellulose en lignine volledig vergingen en enkel de chemische restproducten hiervan een aftekening achter lieten in het lichte zand (BETHELL & CARVER 1987, p. 13; BETHELL 1989, p. 210).

Opvallend was dat ondanks de degraderende bodemomstandigheden enkele stukjes weefsel werden teruggevonden en er zelfs de weeftechniek kon worden van afgeleid (CLAASSEN 1960, p. 58). Hoe is het te verklaren dat het botmateriaal en het hout van de kisten volledig vergaat en dat enkele organische stukjes weefsel wel overblijven? De restjes zaten geklemd tussen een stukje brons. Terwijl in de meerderheid van de archeologische grafcondities het organisch materiaal vergaat, kunnen stukjes hiervan overleven wanneer ze een direct contact hebben met corroderend materiaal.

In het Verenigd Koninkrijk werd dit fenomeen al in de 19^{de} eeuw vermeld door Michael Faraday (1836). Doorheen de jaren voerde men verder onderzoek en de organische materiaalrestjes werden tot MPO's gedoopt, *Mineral Preserved Organics*, ook wel pseudomorfen genoemd. De naam is misleidend omdat bij een echte pseudomorf de oorspronkelijke stof zal verdwijnen en een ander materiaal deze plaats zal innemen. Bij de MPO's gaat het om de eigenlijke stukjes organisch materiaal die bewaard worden doordat de corrosieproducten van het geassocieerde materiaal een soort laag omheen de restjes leggen.

Vooraf grafomstandigheden die leiden tot een snelle corrosie van de metalen zullen de vorming van MPO's in de hand werken. Het is geen toeval dat dit de goed gedraineerde, zure en zuurstofrijke sites zijn zoals in Lindel.

Er zijn twee verschillende mechanismen die leiden tot de vorming van MPO's. Het eerste mechanisme vindt plaats op koperlegeringen waarbij koperionen getransporteerd worden naar het organisch materiaal. In het materiaal zal een erg hoge concentratie aan ionen ontwikkelen, dat zal werken als een verdelgingsmiddel die de microbiële degradatie afremt. In de praktijk

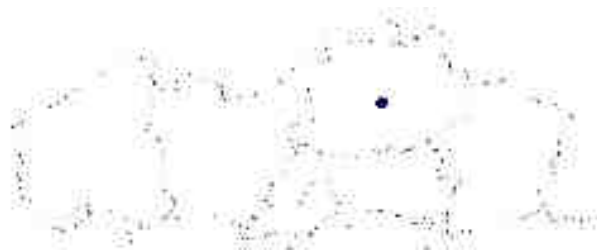
wordt dit kritische niveau van ionenconcentratie enkel bereikt in het stukje organisch materiaal dat in direct contact staat met het metaal. Het zijn vooral cellulose gebaseerde materialen, zoals linnen, die hiervoor gevoelig zijn.

IJzerproducten hebben dit verdelgend effect niet. De corrosie van ijzer zal een meer uitgebreide en ingekapselde matrix rond het organische restje ontwikkelen. Hierdoor worden oppervlakedetails van het organisch materiaal als een negatieve afdruk in het corrosieproduct bewaard. Omdat ijzercorrosie geen remmende werking heeft op de microbiële degradatie, zullen de organische resten uiteindelijk toch vergaan zodat enkel een negatieve afdruk en holle ruimte overblijft (JANAWAY 2002, p. 396-398). In Lindel zat de MPO geklemd tussen een stukje brons, wat een koper-tin legering is waardoor het te plaatsen is bij het eerste mechanisme.

De meest kritische periode voor de vorming van deze resten zijn de eerste jaren van de begraafing waardoor afleidingen naar bodemomstandigheden in de periode na de dood zijn te maken. Ook in forensische situaties zijn deze MPO's belangrijk voor verdere nasporing (JANAWAY 2002, p. 397).

Wij besluiten dat deze Sbp(o)-bodem kan geklasseerd worden onder de corrosieve bodems die leiden tot een totale degradatie van het organisch materiaal. Skelet- en houtresten bleken geheel verdwenen. Enkel een lijkschaduw en aftekeningen van de houten doodskisten werden bewaard. Opmerkelijk is de vondst van enkele bewaard gebleven stukjes weefsel in relatie tot bronzen grafgiften die MPO's worden genoemd. Deze *Mineral Preserved Organics* bleven bewaard door de antibacteriële werking van de corrosie van brons.

5.3.3. Merovingische graven te Ouwen



In 1976 en 1977 werden opgravingen gedaan in Ouwen bij Grobbendonk (provincie Antwerpen) naar Merovingische graven. Aan de hand van grafgiften en de bouw van een kerkje kon worden afgeleid

dat de graven te plaatsen zijn in de tweede helft van de 7^{de} eeuw (MERTENS et al. 1977, p. 68). Ze moeten dus ongeveer 650 tot 700 jaar begraven zijn geweest.

Het opgravingsverslag van 1976 vermeldt dat de skeletten en het hout van de kisten verdwenen waren en duidelijke aftekeningen achterlieten in het bleke zand (MERTENS 1976, p. 14-15). In het opgravingsverslag van 1977 is geen enkele beschrijving van de bewaringstoestand van het botmateriaal terug te vinden. Maar aan de hand van de tekeningen en de foto's vermoeden we dat ook hier vooral lijkschaduwen te voorschijn komen met af en toe de bewaring van schedelfragmenten of stukken van de lange beenderen (MERTENS et al. 1977, p. 69-70).

Alle graven waren oost-west georiënteerd. De oudste grafkuilen bevonden zich tot op 260 centimeter diepte. Er moeten graven geweest zijn zonder kist, graven met kist en antropogene graven waarbij de grafkuil de vorm van het lichaam volgde met aan het hoofd een rechthoekige of ronde nis die uitgespaard bleef.

De graven rond de kapel van Ouwen bevonden zich in een Zbmy-bodem. Dit is een droge zandgrond met diepe antropogene humus A-horizont en een moedermateriaalvariant die zwaarder wordt in de diepte (VAN RANST & SYS 2000, p. 176-180, 200). De grove korrelgroottesamenstelling (Z..) leidt in deze situatie weer tot een zeer sterke natuurlijke drainering (.b.) waarbij we te doen hebben met een corrosieve bodem die leidde tot botmateriaal in categorie 5 'lijkschaduw' en in de meeste gevallen tot de vernietiging van de houten kisten.

De diepe antropogene humuslaag zou een rol kunnen spelen in de microbiële degradatie van het botmateriaal (cf. 5.3.4, p. 104) maar speelt in deze situatie vermoedelijk niet zo'n rol vermits de inhumaties zich erg diep bevinden.

Roestverschijnselen beginnen op een diepte tussen 90 en 120 centimeter (AMERYCKX et al. 1989, p. 115; VAN RANST & SYS 2000, p. 200). Door de diepe begravingen vermoeden we dat de inhumaties onderhevig waren aan de schommelende grondwatertafe. De zwaarder wordende moedermateriaalvariant zou verantwoordelijk kunnen zijn voor een iets minder goede drainage in de diepte wat de bewaring van enkele lange beenderen zou kunnen verklaren. Al was de meerderheid van de inhumaties vergaan tot lijkschaduwen.

Opvallend is dat op 400 meter van deze site eveneens opgravingen werden gedaan naar Merovingische graven en wel resten van skeletmateriaal werden teruggevonden. Wanneer we deze plaats opzochten op de bodemkaart bleek het in antropogene bodem te liggen (JANSSENS & ROOSENS 1963, p. 265-272). Dit bevestigt het feit dat we elke bodem en grafomgeving

individueel moeten analyseren en dat verschillende categorieën van begraving mogelijk zijn doorheen verschillende grafomgevingen.

We besluiten dat, ondanks de weinige informatie waarover we beschikten, deze Zbmy-bodem vermoedelijk kan geklasseerd worden onder de corrosieve bodems met een totale degradatie van organisch materiaal tot gevolg.

5.3.4. 18^{de} eeuwse skelet in Meer



Bij opgravingen in functie van het HSL-traject aan de Zwaluwstraat in Meer bij Hoogstraten (provincie Antwerpen) stootte men op een rechthoekige kuil met een naar archeologische normen recente opvulling.

Bij het zeven van de vulling kwamen een aantal koperen knopen te voorschijn en bij verdere horizontale verlaging stootte men op beender- en schedelresten. Op basis van de knopen die afkomstig waren van een uniform, kon het lichaam in de periode tussen 1750 en 1830 geplaatst worden (DELARUELLE et al. 2004, p. 315)

De overledene bevond zich in een rechthoekige kuil van 255 centimeter lang en 65 centimeter breed. Het spoor werd tot 45 centimeter diep onder het opgravingsvlak bewaard.

Het botmateriaal was fragmentarisch en bevond zich in een erg slechte staat waardoor het botweefsel in schilferlagen uiteen viel. Toch was het duidelijk dat het om menselijke resten ging. De schedel was naar het zuidwesten georiënteerd. Tandem werden niet aangetroffen. In het midden van het graf vertoonde de kuil een secundaire begraving of een verzakking van de opvulling na de ontbinding. Sporen van een kist ontbraken.

Fysisch antropologisch onderzoek wees uit dat het skeletmateriaal afkomstig was van een volwassen individu ouder dan 20 jaar. Het was een persoon met een kleine gestalte - vermoedelijk tussen de 165 en 168 centimeter - die niet robuust, maar eerder tenger en slank gebouwd was. Het geslacht kon niet definitief bepaald worden, maar afgaande op de knopen die afkomstig waren van een soldatenuniform, werd verondersteld dat dit een mannelijk individu was. Studie van skeletten van ruitersoldaten uit het Beleg van Oostende in het begin van de 17^{de} eeuw toonde aan dat de meeste van deze mannen eveneens klein en tenger waren.

Aan de knopen waren nog fragmenten van een dubbele laag wolweefsel te vinden. Sporen van andere kleding werd niet teruggevonden. Of de overledene ook laarzen of een riem droeg is niet duidelijk. De archeologen vermoedden dat deze nooit mee werden begraven en waarschijnlijk gerecupereerd werden vanwege de hoge prijs ervan. Op een aantal knopen kleefden nog resten van stro waarbij het ging om een diep pakket waarbij de halmen in dezelfde richting lagen (DELARUELLE et al. 2004, p. 315-317).

De bodem van deze site is een Scm-bodem, een matig droge, lemige zandgrond met diepe antropogene humus A-horizont (VAN RANST & SYS 2000, p. 176-178, 209).

Het lemig zand (S..) heeft een zandige textuur met een gemiddelde korrelgroottesamenstelling van 75% zand, 20% silt en 5% klei (AMERYCKX et al. 1989, p. 67). De natuurlijke drainering (.c.) kan iets te sterk zijn in de zomer waardoor de bodem sterk kan uitdrogen. In het voorjaar is deze bodem optimaal vochthoudend. Roestverschijnselen komen voor tussen 60 en 90 centimeter diepte (AMERYCKX et al. 1989, p. 115; VAN RANST & SYS 2000, p. 209). De profielontwikkeling (..m) geeft aan dat deze bodem een humusdek van meer dan 60 centimeter dikte heeft, dat rust op een begraven profiel van meestal een podsol. Het humusgehalte van het plaggendeck ligt tussen 4 en 5% (VAN RANST & SYS 2000, p. 178, 209). Deze Scm-bodem leidde tot de degradatie van botweefsel naar een fase waarin het botweefsel uit elkaar valt in schilferlagen, maar waarvan nog delen konden onderzocht worden voor fysisch antropologisch onderzoek. Wij vermoeden dat deze botresten te plaatsen zijn in de categorieën 3 'broos bot' en 4 'beendermeel'.

De humuslaag heeft een dikte van meer dan 60 centimeter. Sporen van het graf waren tot op 45 centimeter diepte waar te nemen, wat ons doet vermoeden dat de begraving in de humuslaag plaatsvond. Het organisch afval, bestaande uit dierlijke resten en plantenresten, wordt omgezet en verteerd door micro-organismen zoals bacteriën en schimmels. Het restproduct dat overblijft is humus. De omzetting zelf wordt humificatie genoemd. De humificatie gebeurt vooral door aerobe bacteriën die zuurstof nodig hebben en in hun werk geremd worden bij te veel water. Ook de zuurgraad speelt voor deze bacteriën een rol. In een te zuur milieu kunnen ze evenmin hun werk doen (AMERYCKX et al. 1989, p. 71-72).

De dikke humuslaag doet ons vermoeden dat een groot aantal microbacteriën in deze bodem aanwezig zijn, die de decompositie en degradatie van menselijke resten in de hand kunnen werken.

De zandige textuur en de sterke natuurlijke drainering bevestigen dat dit een goede omgeving is voor chemische en microbiële degradatie. Het is daarom niet verwonderlijk dat de skeletresten zich in een slechte staat bevonden.

Aanvullend moet hierbij rekening gehouden worden met de leeftijd van de begraafing die erg jong was. Het lichaam lag vermoedelijk nog maar 170 tot 250 jaar begraven. De bodemomstandigheden doen ons vermoeden dat de kans bestaat dat het lichaam na 1000 jaar geheel verdwenen zou zijn.

Of de aanwezigheid van stro in het graf invloed heeft gehad op de begraafing is niet duidelijk.

In het midden van het graf vertoonde de kuil een secundaire vergraving of een verzakking van de opvulling (DELARUELLE et al. 2004, p. 315). Indien er een secundaire vergraving plaatsvond, vermoeden wij dat het lichaam een extra toevoer van zuurstof kreeg. Zoals in de literatuurstudie al aangegeven werd (cf. 4.2.4.2.1, p. 54), zal een toevoer van zuurstof de decompositie en degradatie versnellen, wat eveneens een verklaring kan zijn voor de slechte toestand van het botmateriaal.

De archeologen vermoedden dat er nooit laarzen of riemen aanwezig zijn geweest in het graf wegens de hoge waarde hiervan. Wij willen hieraan toevoegen dat deze kunnen geplunderd zijn tijdens de secundaire vergraving.

Naast vergraving bestaat de mogelijkheid dat het graf verzakte. Wanneer een kuil of een graf wordt gegraven en deze weer wordt opgevuld, zal er steeds een hoeveelheid aarde te veel zijn. Dit komt doordat het lichaam onder de grond plaats inneemt, maar ook doordat de bodemcompactie door graven wordt verstoord en meer lucht tussen de bodemkorrels aanwezig is. Na verloop van tijd zal de bodem opnieuw compacteren. Een proces dat wordt bepaald door het type bodem en de diepte van het graf. Uiteindelijk zal er een primaire depressie te zien zijn waarbij de oppervlakte van het graf dieper komt te liggen dan de omringende bodem. Voorts kan nog een tweede depressie plaatsvinden in het midden van het graf wanneer buik- en borstholte bij ontbinding in elkaar zakken (HUNTER 1996a, p. 88; HOCHREIN 2002, p. 60-61).

Aan de knopen die vervaardigd waren uit messing, een legering van koper en zink, werden nog fragmenten van een dubbele laag wolweefsel gevonden. Net zoals in Lindel hebben we hier te maken met *Mineral Preserved Organics* of MPO's. Door een snelle corrosie van de knopen werd plaatselijk een verdelgmiddel voor microben gecreëerd zodat de kleine stukjes organisch materiaal niet vergingen. Hierdoor was het nog mogelijk via microscopisch

onderzoek af te leiden dat het om een laag rode en een laag zwarte stof ging van een lange overjas. Andere organische kledij is vermoedelijk vergaan.

Tot besluit stellen we dat deze Scm-bodem leidde tot een slechte preservatie van het botmateriaal zodat botresten in een slechte staat overbleven. Vermoedelijk heeft de dikke humuslaag hier mee invloed op gehad. Voorts bestaat de mogelijkheid dat door een secundaire begraving zuurstof aan het kadaver werd toegevoegd zodat het nog sneller verging. Of de aanwezigheid van stro invloed heeft gehad op de degradatie is niet duidelijk.

Er moet rekening gehouden worden met het feit dat dit een vrij jonge begraving was en dat de tijdsfactor mogelijk op verdere degradatie van het botmateriaal zou kunnen inspelen.

5.3.5. *Recent lijk in een landduin*



Enkele jaren geleden groef het DVI in de Antwerpse Kempen een paar recente lichamen op. Vanwege het geheim van het onderzoek zal hier geen exacte plaats of data vermeld worden.

Een van de lichamen betrof een man van rond de twintig jaar die twee tot drie jaar ervoor vermoord werd. De man werd in een naaldhoutbos op zijn buik gedumpt in een ondiepe, reeds bestaande put en lag op een dunne humuslaag met zand en takken. De diepte van het graf was ongeveer 50 centimeter. Verder had de moordenaar het lichaam met takken en zand uit de omgeving afgedekt. Het lichaam vertoonde een opvallend gemengde bewaringstoestand. De romp die bedekt was met twee synthetische T-shirts en een fleecetrui met lange mouwen vertoonde nog zacht weefsel. De uiteinden van de armen waren geskeletteerd en vertoonden sporen van dierenvraat. De linker en rechter hand ontbraken. De man droeg een boxershorts en een jeans. Aan het linker been was de jeans gescheurd en het been geskeletteerd. Het rechter been, waarbij de jeans niet gehavend was, vertoonde nog zacht weefsel. Er waren enkel kousen te vinden, waarin de voeten ook nog zacht weefsel vertoonden. De man droeg geen schoenen. Zijn hoofd was gedeeltelijk geskeletteerd en gedeeltelijk bedekt met zacht weefsel. De tanden waren nog in een erg goede toestand voor odontologisch onderzoek, om de man te

identificeren. Tenslotte vertoonde het lichaam enkele steekwonden en een schotwonde aan het hoofd.²⁹

Op de bodemkaart wordt de plaats waar het lichaam werd begraven, getypeerd als een X bodem. Wat staat voor landduinen die zijn opgebouwd uit los, humusarm middelmatig zand op wisselende diepte, die rusten op een volledige min of meer onthoofde podsol. Deze duinen zijn meestal beplant met naaldhout, wat overeenkomt met de beschrijving van de site (VAN RANST & SYS 2000, p. 176, 225).

Vanwege de jonge begraving zien we een gemengde bewaringstoestand met een gedeeltelijke skelettering. Bij lichamen met een kort postmortem interval komt dit regelmatig voor. Het verlies en vergaan van het zacht weefsel is afhankelijk van de omgevingsomstandigheden. De autolyse- en putrefactieprocessen zijn in staat het lichaam volledig te skeletteren. Al wordt een skeletteringsproces versneld door toedoen van dierlijke activiteit (CLARK et al. 1997, p. 156). In deze situatie hebben dieren duidelijk geholpen met de skelettering van het lichaam omdat aan de uiteinden van de armen dierenvraat werd vastgesteld. De handen waren volledig verdwenen wat de onderzoekers eveneens deed vermoeden dat er grotere dieren mee waren gaan lopen, die de handen aanzagen als voedsel. De oppervlakkige en niet al te diepe begraving heeft hierbij vermoedelijk een rol gespeeld.

Dat het lichaam slechts gedeeltelijk geskeletteerd was, heeft met de aanwezige kledij te maken. Daar waar de kleding het lichaam omspande, werd nog zacht weefsel aangetroffen. Dit komt door het beschermende effect van de kledij waardoor de bedekte lichaamsdelen veel minder worden blootgesteld aan de omgevingscondities en waardoor dieren er minder gemakkelijk aan kunnen. In figuur 19 is een voorbeeld te zien van een gedeeltelijk geskeletteerd lichaam van een man die, net voor de dood, warme kledij rond het bovenlichaam droeg.



Fig. 19: Partieel geskeletteerd lichaam.

²⁹ Persoonlijke communicatie op 25-06-2007 met Willy Luypaert.

Verder bevond het lichaam zich op een dunne humuslaag, afkomstig van het naaldbos. Zoals we in hoofdstuk 5.3.4 bespraken, bevinden zich in de humuslaag veel micro-organismen die waarschijnlijk ook hun bijdrage leverden aan de skelettering van de onbedekte lichaamsdelen. Tenslotte willen we aanhalen dat de gedeeltelijke skelettering van het hoofd vermoedelijk te maken heeft met de schotwonde. Insecten leggen in normale omstandigheden tijdens de eerste uren na het intreden van de dood, hun eieren in natuurlijke openingen zoals ogen, neus, oren of aars. Maar wanneer verwondingen op het lichaam aanwezig zijn, zullen ze hieraan de voorkeur geven. De maden voeden zich in en rond de wonde waardoor de skelettering op die plaats veel sneller zal optreden dan op de plaatsen waar de maden niet aanwezig zijn (DUPRAS et al. 2006, p. 75).

Het lichaam was echter nog niet lang genoeg begraven om de juiste invloed van de bodem op het skeletmateriaal waar te nemen. Op langere termijn zou uiteindelijk ook het zachte weefsel onder de kledij vergaan ten gevolge van putrefactie, autolyse en degradatie van de kledij zelf. Bij de degradatie van de kledij dient opgemerkt te worden dat de man begraven was in twee T-shirts, een fleecetrui en een jeans. De T-shirts bestonden voor 95% uit viscose, dat te vergelijken is met katoen. Experimenten tonen aan dat dit na een maand begraving volledig kan gedegradeerd zijn (JANAWAY 2002, p. 389). In deze situatie werden de T-shirts beschermd door de fleecetrui die voor 100% uit polyester bestond. Polyester wordt gemaakt van een lange ketting synthetische polymeren en is erg resistent tegen degradatie tijdens begraving. Verder wordt het niet aangetast door motten of schimmels (JANAWAY 2002, p. 389).

De jeans was gedeeltelijk gescheurd, maar bevond zich nog in een goede conditie. De samenstelling van de jeans is echter niet gekend. Experimenten tonen aan dat commerciële jeans veel langer bewaard blijft in de bodem, dan een authentieke jeans die vooral uit katoen bestaat, vanwege de langere bewaring van synthetisch materiaal (JANAWAY 2002, p. 392).

Er dient opgemerkt te worden dat in de meerderheid van de casussen die in deze eindverhandeling aan bot komen, geen synthetische kledij aanwezig was, vanwege de ouderdom van de sites. Zo werd polyester pas na de Tweede Wereldoorlog ontwikkeld. We weten dus niet hoe het skeletmateriaal degradeert onder de beschermende omstandigheden van een synthetische fleecetrui.

Op het moment van de opgraving was het skeletmateriaal te plaatsen in categorie 1 'sterk bot' en categorie 2 'aangetast bot'. Toch kunnen we, vanwege het korte postmortem interval, geen conclusies trekken over de invloed van de bodem. De landduin die bestaat uit zand heeft door zijn grove textuur waarschijnlijk een erg degraderend effect, zoals besproken werd in de sites

van Lindel en Ouwen. Indien het lichaam hier 1000 jaar langer zou liggen, is het mogelijk dat het skeletmateriaal volledig zou vergaan. Al dient het lange termijn effect van synthetische kledij op botbewaring nog onderzocht te worden.

Wij besluiten dat deze X-bodem, die bestaat uit landduin, vermoedelijk nog geen direct effect heeft gehad op de degradatie van het botmateriaal, vanwege het korte postmortem interval. Wij sluiten ons aan bij Janaway (1996, p. 69) die stelt dat tijdens de decompositie van het zachte weefsel van een begraven lichaam, de lokale bodem belangrijk is. In deze casus wordt hiermee de aanwezigheid van beschermende kledij en de dieren in de omgeving bedoeld. Wanneer de massa zacht weefsel is vergaan, zou de algemene bodemchemie een invloed hebben op de botdiagenese. Wij vermoeden dat de kans groot is dat het botmateriaal in de grove textuur van het zand volledig zou degraderen.

5.3.6. *Conclusie*

Uit de beperkte casestudies met lang postmortem interval, die we konden gebruiken voor het onderzoek binnen de Kempen (bijlage 3), blijkt dat de Kempische bodem kan ondergebracht worden onder de corrosieve bodems. Zoals in de zandstreek concluderen we dat de zandige texturen S en Z in combinatie met een zeer sterke natuurlijke drainage (.b.) leiden tot een gehele vernietiging van organisch materiaal. Enkel lijkschaduwen en aftekeningen van de grafkist waren nog waar te nemen.

Ook het beendermateriaal van de soldaat uit Meer bleek in een slechte toestand. Wij stellen ons hierbij de vraag of de tijdsfactor een rol speelt en deze resten ook verdwenen zouden zijn indien ze 1000 jaar langer begraven waren.

Het is dus best mogelijk dat, zoals we in de inleiding aangaven, verschillende sites nooit zullen ontdekt worden, omdat ze waarschijnlijk geheel zijn vergaan.

Opvallend is dat in twee van de vier casussen sprake is van MPO's of de bewaring van kleine organische resten in relatie tot metalen. Zelfs in de erg degraderende omstandigheden van de Kempische bodem is de corrosie van metalen in staat kleine stukjes organisch materiaal te bewaren. Het is niet toevallig dat deze vorm van corrosie en bewaring meestal plaats vindt in goed gedraineerde, zure en zuurstofrijke sites, waar deze casussen geheel aan voldoen.

De meest recente casus in een landduin heeft nog een te beperkt postmortem interval om uitspraken te doen over de degradatie van de bodem. Vermoedelijk speelden hier de lokale

bodemomstandigheden een grote rol waarbij dieren zorgden voor een snellere decompositie van het zachte weefsel en kledij zorgde voor een bescherming van dit zachte weefsel.

bodemomstandigheden een grote rol waarbij dieren zorgden voor een snellere decompositie van het zachte weefsel en kledij zorgde voor een bescherming van dit zachte weefsel.

5.4. Zandleemstreek

5.4.1. Inleiding

De zandleemstreek beslaat een brede strook doorheen Midden-België, juist noordelijk van de grens tussen Vlaanderen en Wallonië. Ten zuiden ervan ligt de zone van de leemstreek, in het noorden grenzen zowel de Kuststreek, de zandstreek als de Kempen aan dit gebied (cf. figuur 15, p. 70). Het terrein van de zandleemstreek is golvend en heeft enkele hogere toppen zoals getuigeheuvelds die soms tot 157 meter hoogte reiken.

Het zandleemdek werd afgezet tijdens de IJstijd. Omdat zandleem minder fijn is dan leem kwam het dicht bij het Noordzeebekken, het gebied van herkomst, terecht (AMERYCKX et al. 1989, p. 237-239).

In tegenstelling tot de zandgronden overheersten op de leem- en zandleemgronden na de IJstijd de eik met daarbij de beuk, de hazelaar, de els, de linde en andere boomsoorten. Onder deze vegetatie werd de leem ontkalkt tot op enkele meters diepte en vond nieuwvorming van kleimineralen plaats, waarvan een deel migreerde uit de A- naar de B-horizont. Op die manier ontstond op geringe diepte een klei-aanrijgings- of Bt-horizont, typerend voor een alfisol (AMERYCKX 1979, p. 62). Alfisols zijn goed ontwikkelde bodems die meestal betrekkelijk diep zijn. Ze hebben een klei-aanrijgingshorizont en hoge basenverzadiging met een profiel van het type A-Bt-C/R (VAN MOLLE 2006, p. 103).

Door de ontbossing en de verwijdering van het natuurlijke plantendek trad in de zandleemstreek veel erosie op waarbij de oppervlakkige grondlagen van de hellingen werden weggespoeld door afvloeiend oppervlaktewater. Op die manier wijzigde de erosie de bodems van de golvende zandleemstreek. Op de vlakkere, minder sterk hellende delen die drie vierde van het gebied innemen, spoelde de A-horizont na de ontbossing weg zodat de Bt-horizont aan de oppervlakte kwam. Op de meer uitgesproken hellingen erodeerden zowel de A als de Bt-horizont. De C-horizont kwam erg ondiep te liggen of verscheen zelfs aan de oppervlakte. Het weggespoelde materiaal werd als colluvium afgezet aan de voet van de hellingen en in depressies, of na transport in rivieren als alluvium in de overstromingsvlakten (AMERYCKX 1979, p. 62-63).

De meerderheid van de zandleemgronden heeft een goede drainage zonder wateroverlast of watertekort. Hierdoor ligt de landbouwwaarde van de zandleemgronden erg hoog (AMERYCKX et al. 1989, p. 239).

Het vinden van inhumaties in de Romeinse tijd blijft een moeilijke opdracht omdat in die periode vooral crematie werd toegepast. Toch vonden we beperkte informatie over twee inhumatiegraven in Donk. Verder komen in dit hoofdstuk Merovingische grafvelden uit Erps-Kwerps en in Beerlegem aan bod, een middeleeuws grafveld uit Kruishoutem en enkele soldatengraven uit de Eerste Wereldoorlog in Zonnebeke.

5.4.2. Romeinse inhumaties te Donk



In Donk (gemeente Herk-de-Stad, provincie Limburg) hebben op verschillende plaatsen meerdere opgravingen plaatsgevonden. De archeologische sites brachten onder andere

aardewerk en een urneveld uit de bronstijd, een ijzertijd nederzetting, een Romeinse nederzetting en een kleine Romeinse begraafplaats aan het licht (VAN IMPE 1981, p. 47-51; VAN IMPE 1983, p. 65-94; VAN IMPE et al. 1984, p. 79-82; VAN IMPE et al. 1987, p. 117-126). In 1983 stootten archeologen op de kleine Romeinse begraafplaats waarbij over een afstand van 20 meter twee inhumatie- en twee crematiegraven gevonden werden. Aan de hand van eenvoudig aardewerk uit de graven konden de inhumaties ongeveer tussen de 2^{de} helft van de 2^{de} eeuw en de 3^{de} eeuw gedateerd worden, wat wil zeggen dat ze ongeveer 1700 tot 1850 jaar begraven zijn geweest.

In het ene graf waren naast de kuil enkel nog wat vage aflijningen van de kist, de ledematen en de schedelkrans van de dode te zien. Naast het hoofd van de overledene lagen een klein schoteltje en een governiste beker. Verder vond men naast de knie nog geoxideerde resten van bespijkerde zolen van schoeisel. In het tweede inhumatiegraf werd slechts één bot opgemerkt. De rest van het botmateriaal was eveneens vergaan en bijgaven ontbraken (VAN IMPE et al. 1984, p. 81-82).

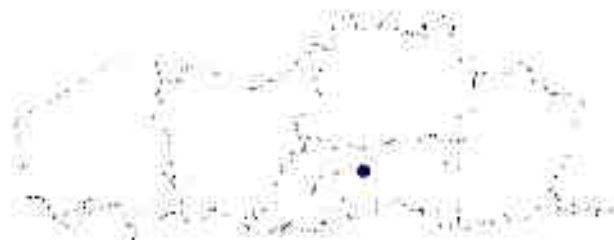
Deze site wordt op de bodemkaart getypeerd als een Sbm-bodem, een droge lemige zandgrond met diepe antropogene humus A-horizont (VAN RANST & SYS, 2000, p. 226-227, 252). De grondsoort van deze bodem is lemig zand (S..) met een gemiddelde zandfractie van 75%, een gemiddelde siltfractie van 20% en een gemiddelde kleifracie van 5% (AMERYCKX et al. 1989, p. 67). Deze zandige textuur heeft een zeer sterke, droge natuurlijke drainering (.b.) (AMERYCKX et al. 1989, p. 115). Op gebied van profielontwikkeling is hier sprake van een

diepe, antropogene humus A-horizont (.m). De bouwvoor is 20 tot 30 centimeter dik en roestverschijnselen beginnen tussen 90 en 120 centimeter. Deze bodem is zeer droogtegevoelig in de zomer (VAN RANST & SYS, 2000, p. 252).

Met zijn droge, sterke drainage en grove korrelgrootte kan deze bodem onder de corrosieve bodems geklasseerd worden. Vermoedelijk is hier ook de zuurgraad erg laag en het zuurstofgehalte vrij hoog. Deze grafomgeving vertoont alle kenmerken die leiden tot een snelle decompositie en degradatie van archeologische resten. Het botmateriaal is dan ook te plaatsen onder categorie 5 'lijkschaduw', slechts 1 bot werd nog teruggevonden. Ook het hout van de kist was volledig verdwenen wat wijst op genoeg aanwezigheid van zuurstof in de bodem om de lignine van het hout te degraderen. De goed gedraineerde, zure, zandige bodem verklaart eveneens de aanwezigheid van de sterk gecorrodeerde spijkers van de schoenen van één van beide inhumaties.

Wij stellen vast dat deze droge lemige zandgrond met diepe antropogene humus A-horizont leidde tot een totale destructie van het organisch materiaal, op 1 bot na. De spijkers van de zolen waren onderhevig aan corrosie. Dit alles is te verklaren door de combinatie van een zandige textuur met grove korrels, de aanwezigheid van zuurstof, een vermoedelijk lage pH en een sterke drainering die te klasseren zijn onder slechte bewaringsomstandigheden.

5.4.3. Merovingisch grafveld te Erps-Kwerps



Van 1987 tot 1991 werd een archeologische site opgegraven in het gehucht Lelieboomgaarden te Erps-Kwerps (provincie Vlaams-Brabant). De opgegraven resten en structuren konden in vijf perioden onderverdeeld worden, namelijk de prehistorie en de ijzertijd, de Romeinse periode, de Merovingische periode en de middeleeuwen. Het is de Merovingische periode waarop wij in dit gedeelte dieper zullen ingaan. Rondom het puin van een Romeins woonhuis werd een klein rijengrafveld ontdekt. Op basis van de uitrusting in de ongestoorde graven werd de datering van deze Merovingische begraafplaats vastgelegd op het einde van de 6^{de} eeuw tot het begin van de 8^{ste} eeuw (VERBEECK 1987, p. 136; VERBEECK 1988a, p. 146; VERBEECK 1988b, p. 44, 49; VERBEECK 1990a, p. 45; VERBEECK 1990b, p. 4; VERBEECK 1994, p. 67-90). Het postmortem interval is dus ongeveer 1300 tot 1400 jaar.

Het grafveld omvatte 39 bijzettingen en bestond uitsluitend uit inhumaties. De overledenen lagen op hun rug zuid-west noord-oost georiënteerd met het aangezicht naar het oosten gekeerd. De plaatsing van de handen varieerde. Ze waren langs het lichaam of op het bekken geplaatst. Eén graf vormde een uitzondering. Hier werd een vrouw op de buik aangetroffen met haar handen op de achterzijde van het bekken. Aan de hand van de twee bovenste halswervels die niet meer in anatomisch verband lagen, leidde men af dat het hier waarschijnlijk ging om een terechtgestelde vrouw.

De overledenen werden bijgezet in een houten, rechthoekige kist waarvan meestal niets meer overbleef dan enkele sporen en kistnagels.

De afmetingen van de graven waren afhankelijk van de grootte van de overleden persoon. De diepte van de uitgravingen hield verband met de topografische situatie, waarbij de bijzettingen in het westen meestal dieper lagen dan de anderen.

Er waren verschillende grafvormen waar te nemen die waarschijnlijk te maken hadden met de sociale status van de overledene. De eenvoudigste grafvorm bestond uit een rechthoekige kuil waarbij zich in de vulling sporadisch kleine zandstenen brokjes en Romeinse dakpanfragmenten bevonden. Meer dan de helft van de begravingen behoorde tot deze groep. In een andere groep van zeven graven werden de zijwanden van de grafkuil bezet met een opeenstapeling van puinmateriaal van de Romeinse villa.

Nog een andere groep van vier graven bestond uit gemetselde graven. De grafwanden hiervan waren zonder bindmiddel opgetrokken uit platte, lokale zandsteenblokken. De bodem van dit type graf werd met grote zandsteenplaten bekleed. De aanwezigheid van nagels duidde op het bestaan van een houten kist in dit gemetseld graf.

Als laatste graftype vond men enkele kuilen met dwarsbalken. De dode werd begraven in een houten kist die steunde op twee dwarsbalken. Ook hiervan waren geen organische resten meer bewaard en was enkel nog een aftekening waar te nemen.

Slechts acht graven bevatten overblijfselen van grafgiften of elementen die verwijzen naar kledij. Waarschijnlijk werden verschillende graven al in de Merovingische tijd of kort daarna geplunderd, hoewel men ervan uit gaat dat maximaal twaalf graven een grafuitzet hadden en deze bevolking over het algemeen een vrij arme populatie was (VERBEECK 1988b, p. 44; VERBEECK 1990b, p. 8-14; VERBEECK 1994, p. 67-82).

De erosie, de intense landbouwactiviteit en de latere doorgravingen en verstoringen hebben geen goede invloed gehad op de bewaringstoestand van de structuren. De site was sterk

geërodeerd zodat sommige graven slechts over een diepte van 1 tot 2 centimeter waren bewaard. Enkel nagels en aftekeningen van de houten kisten of dwarsbalken resteerden.

(VERBEECK 1987, p. 136; VERBEECK 1988b, p. 43; VERBEECK 1990b, p. 7; VERBEECK 1994, p. 68, 78). In tegenstelling tot de volledige degradatie van de houten kisten, waren de skeletresten wel goed bewaard zodat er een fysisch antropologische analyse en DNA-onderzoek op kon worden verricht (VERBEECK 1988b, p. 45-46; VERBEECK 1990a, p. 45; CHARLIER 1994, p. 91-100; JEHAES et al. 1994, p. 101-106).

Erps-Kwerps ligt in het overgangsgebied tussen het heuvelachtige Brabantse leemplateau en de vlakte van Laag-België. De site ligt op de helling van een heuvelrug. De hellingsgraad van het terrein bedraagt ongeveer twee graden. Deze zwakke verhevenheid begrenst de linkeroever en de smalle alluviale strook van de diep in het landschap ingesneden Weesbeek. Het terrein moet vroeger een meer uitgesproken reliëf hebben vertoond. De heuvelrug waarop de site zich bevond, werd langs de noordzijde door een diepe depressie begrensd. Deze mondde 300 tot 400 meter ten oosten van het opgravingsterrein uit in de vallei van de Weesbeek. Deze geul werd met een dik pakket colluvium opgevuld waarvan de oude topografische situatie nu nog vaag herkenbaar is in het huidige landschap (VERBEECK 1988b, p. 42; VERBEECK 1994, p. 67-68).

Op de bodemkaart wordt de site getypeerd als een Lba0-bodem, een droge zandleemgrond met textuur B-horizont (VAN RANST & SYS, 2000, p. 226-227, 231, 267). Het is een lemige textuur (L..) met een samenstelling van gemiddeld 30% zand, 60% silt en 10% klei (AMERYCKX et al. 1989, p. 67). De natuurlijke drainering (.b.) is droog en niet gleyig met een gunstige waterhuishouding en roestverschijnselen die dieper dan 120 centimeter liggen (AMERYCKX et al. 1989, p. 115; VAN RANST & SYS, 2000, p. 226, 267). Deze bodems met textuur B-horizont hebben een donkerbruine matig humeuse Ap-horizont die ongeveer 25 centimeter dik is. De aan klei uitgeloopte horizont is meer dan 40 centimeter dik (...0) (VAN RANST & SYS, 2000, p. 231, 267). Wij stellen ons hierbij de vraag of de horizont effectief 40 centimeter dik is omdat het opgravingsverslag grote erosie op de site vermeldt. Toch merken we op dat ook de omliggende bodempolygonen een erosiefase 0 en niet 1 vertonen. De bodems werden in kaart gebracht tussen de jaren '50 en de jaren '70, terwijl deze men deze site pas begon op te graven in 1987. Het is dus goed mogelijk dat de erosie plaatsgreep na de bodemkartering.³⁰

³⁰ Persoonlijke communicatie op 22-06-2007 met M. Van Molle.

Het hout van de kisten en de dwarsbalken was volledig gedegradeerd. Dit wil zeggen dat zowel de cellulose, de hemicellulose en de lignine volledig waren afgebroken. Zoals reeds eerder vermeld breken cellulose en hemicellulose gemakkelijk af in de meest voorkomende bodemomstandigheden, terwijl lignine enkel degradeert wanneer er genoeg zuurstof aanwezig is (JANAWAY 1987, p. 134; JANAWAY 1996, p. 80; KARS & SMIT 2003, p. 35; VAN DEN BERG et al. 2006, p. 21-22). We veronderstellen dat we hier met een zuurstofrijke bodem te maken hadden. Toch moet met deze conclusie voorzichtig worden omgesprongen omdat de inhumaties door de erosie niet diep meer begraven lagen. Hoe minder diep het graf, hoe meer zuurstof aanwezig is (cf. 4.2.4.2.2, p. 64-65). Toch zien we bij de vorige besproken Lba-bodems (cf. casus Sint-Gillis-bij-Dendermonde en casus Edegem) dezelfde resultaten; in tegenstelling tot de volledige degradatie van het hout, bleken de skeletresten wel vrij goed bewaard zodat er nog uitgebreid fysisch antropologisch en DNA-onderzoek op kon worden verricht. Wij vermoeden hierbij dat de degradatie van dit botmateriaal te plaatsen is in categorie 2 'aangetast bot' en eventueel in categorie 3 'broos bot'. De verklaring hiervan ligt waarschijnlijk in de fijnere korrelgroottesamenstelling van het zandleem. De goede drainage en de fijne textuur zorgen voor een constante vochtigheid in het profiel waarbij de pH neutraal blijft en niet te zuur zal worden. Bodems met een neutrale pH hebben zo goed als verzadigde concentraties aan calcium en fosfaat waardoor de hydroxyapatite-kristallen veel trager zullen aangetast worden dan in een zure bodem (HEDGES 2002, p. 323).

Of er een relatie is tussen de bewaringstoestand van het botmateriaal en het graftype is niet duidelijk. Wij stellen ons de vraag of een gemetseld graf of een graf met zijwanden van puin een meer beschermend effect zouden hebben gehad. Enkel bij het gemetselde type is er een vermoeden dat grote zandsteenplaten dienden voor het afdekken van het graf, maar bij de andere graven is geen sprake van een afdeksteen. Hierdoor veronderstellen we dat de invloeden van boven uit dezelfde zijn als in een kuilgraf.

Een stenen bodem in een graf zou daarentegen wel invloed kunnen hebben op het tegenhouden of afremmen van doorsijpelend water onder in het graf.

Tot besluit stellen we vast dat deze Lba-bodem, een droge zandleemgrond met textuur B-horizont, leidde tot een volledige degradatie van de houten kisten en dwarsbalken, vermoedelijk onder invloed van de zuurstofrijke omgeving. Of dit hoge zuurstofgehalte te maken had met de oppervlakkigheid van de begraving of de erosie is niet duidelijk. Het feit dat de skeletresten in een vrij goede staat werden ontdekt, is te danken aan de goede drainage

en fijne textuur die de bodem pH neutraal hielden waardoor de hydroxyapatite-kristallen van het botmateriaal veel minder werden aangetast.

5.4.4. Merovingisch grafveld in Beerlegem



Van 1955 tot 1957 en van 1964 tot 1965 werden in Beerlegem (gemeente Zwalm, provincie Oost-Vlaanderen) systematische opgravingen uitgevoerd naar een Merovingisch grafveld. Uiteindelijk

werden 149 graven geborgen. Vanwege de uitbating van een zandgroeve op die plaats, zijn er vermoedelijk meer bijzettingen geweest waardoor het totaal van de graven geschat wordt op 225. Hierbij waren zowel vrouwengraven, mannengraven, kindergraven en dubbelgraven, alsook een paardengraf (ROOSENS & GYSELINCK 1975, p. 6; ROOSENS & VAN DOORSELAER 1966, p. 26-27).

Op basis van de bijgiften werd de site gedateerd op het einde van de 6^{de} eeuw, het begin van de 7^{de} eeuw. Aanvullend kwam men, aan de hand van dendrochronologisch onderzoek op het hout van de enige grafkamer van de site, tot een nauwkeurige datering van 587 na Christus (ROOSENS 1977, p. 60-62). De graven hebben dus een postmortem interval van rond de 1400 jaar.

Alle graven lagen met hun hoofd naar het zuidwesten. In de meeste kuilen tekenden zich sporen van houten lijkkasten af, die in vele gevallen op houten dwarsbalken waren geplaatst. Enkel aflijningen van het hout waren nog waar te nemen omdat het hout zelf volledig was vergaan. Van de skeletten bleek eveneens niets meer bewaard. Er was meestal nog een aflijning te zien en in sommige graven was nog tandglazuur waar te nemen. Ook de beenderen van het paard uit het paardengraf waren volledig vergaan, op enkele tanden en gewrichtsknobbels na. De meeste graven bevonden zich op een diepte van 160 tot 180 centimeter (ROOSENS & GYSELINCK 1975, p. 6-7; ROOSENS & VAN DOORSELAER 1966, p. 27, 41).

Uitzonderlijk, en anders dan de andere graven, was de rijke eikenhouten grafkamer. De grafkamer was 3,70 meter op 2,30 meter groot. De diepte van dit graf bedroeg 210 centimeter en was tot in de ijzerhoudende zandsteenlaag uitgehouwen. De hele grafkamer was opgetrokken uit eikenhouten planken waarvan enkel de bodem bewaard bleef. In de

noordwestelijke helft van de ruime grafkamer had de lijk-kist op twee houten dwarsliggers gestaan. De dwarsliggers waren nog waar te nemen in rotte toestand, maar het geraamte was volledig verteerd. Enkel hoofdhaar en enkele weefselfragmenten waren herkenbaar. Op basis van de grafkisten veronderstelde men dat het om een vrouwelijke overledene moest gaan (ROOSENS 1977, p. 138-142).

Het terrein waarop de begraafplaats werd aangelegd lag op het hoogste deel van de gemeente en helt, vanaf een hoogte van 60 meter, in zuidwestelijke richting naar de dorpskern af, die 700 meter verder op 40 meter hoogte ligt. Iets ten zuiden hiervan vloeit de Munkbosbeek. Vermoedelijk liep er in de Merovingische periode nog een waterloop ten oosten van het dorpscentrum, wat men afleidt uit een depressie en enkele ontspringende bronnen op die plaats. Op het plateau bestaat de bodem, volgens de opgravers, uit een ongeveer 50 centimeter dikke leemlaag die rust op een laag zand afkomstig van een harde, ondoordringbare ijzerhoudende zandsteenlaag daaronder (ROOSENS 1959, p. 138; ROOSENS & VAN DOORSELAER 1966, p. 26-27).

Via de CAI verkregen we Lambertcoördinaten die slechts tot op 150 meter nauwkeurig waren. Na vergelijking van de opgravingskaarten en de topografische kaart kwamen we tot meer nauwkeurigere coördinaten gelegen in een Lba-bodem, een droge zandleemgrond met textuur B-horizont. Zoals in de vorige site van Erps-Kwerps hebben we te maken met een droge zandleemgrond met textuur B-horizont (VAN RANST & SYS, 2000, p. 226-227, 231, 267). Het is een lemige textuur (L.) met een samenstelling van gemiddeld 30% zand, 60% silt en 10% klei (AMERYCKX et al. 1989, p. 67). De natuurlijke drainering (.b.) is niet gleyig, droog, met een gunstige waterhuishouding en roestverschijnselen die dieper dan 120 centimeter liggen (AMERYCKX et al. 1989, p. 115; VAN RANST & SYS, 2000, p. 226, 267).

In de opgravingsverslagen wordt vermeld dat de bodem van deze site erg zuur is³¹. Ondanks de lemige textuur en goede drainering van deze bodem staan wij verstoeld dat het hier om een zure bodem gaat. Toch bevestigen de lijkschaduwten de lage zuurgraad die tot totale degradatie van het skeletmateriaal leidde. Vermoedelijk heeft deze lage zuurgraad te maken met de zandige ondergrond die onder de leemlaag rust. De grovere textuur van zand zorgt ervoor dat een sterke uitloging zal plaatsvinden en de bodem zal verzuren. Hierdoor geraakt

³¹ Ook hier stoten we weer op een verwarring tussen lage en hoge zuurgraad. Men spreekt contradictorisch over een zure bodem en een hoge zuurgraad. Vermoedelijk trad bij dit laatste een vergissing op en bedoelde men een lage zuurgraad (LEFÈVE 1959, p. 152).

ook het anorganische hydroxyapatite van het bot aangetast waardoor het volledig zal vergaan (HEDGES 2002, p. 323; JANS & CUYPERS 2006, p. 58).

De graven lagen op een diepte van 160 tot 180 centimeter, terwijl roestverschijnselen dieper dan 120 centimeter beginnen. Toch moet hier nog genoeg zuurstof aanwezig zijn geweest voor de afbraak van het hout van de kisten en meer bepaald de lignine die in anaerobe situaties niet wordt afgebroken.

Van de vrouw in de eikenhouten grafkamer bleef evenmin botmateriaal over. Enkel wat hoofdhaar en enkele weefselfragmenten bleven bewaard. Deze inhumatie is te classificeren onder categorie 6 'keratine'. De grafomgeving moet op deze plaats zo zuur geweest zijn dat de keratine van het haar bewaard bleef en het botmateriaal volledig decalcificeerde. Ook de eikenhouten planken van de bodem van het graf en de twee dwarsliggers van de kist bleven bewaard. Volgens de opgravingsverslagen is dit te danken aan de grondlagen rond het graf (ROOSENS 1959, p. 138). Hiermee wordt bedoeld dat opvolging van een leemlaag op een laag zand en tenslotte op een zandsteenlaag, gezorgd hebben voor de betere bewaring. Volgens ons is dit zeker niet de reden. De hele site was uit deze grondlagen opgebouwd en overal was het hout verdwenen. Ook het botmateriaal bevond zich in dezelfde toestand over de gehele site. Het bot was overal vergaan, ook in de grafkamer van de vrouw.

De reden waarom het hout in de bodem van de grafkamer bewaard bleef, zou kunnen liggen in de diepte van de begraafing. De bodem van de grafkamer lag in de zandsteenlaag op een diepte van 2,10 meter. Vermoedelijk hield de zandsteenlaag het insijpelende regenwater tegen waardoor een laag water in de bodem van de grafkamer bleef staan. Dit creëerde een anaerobe situatie waarin het hout bewaard bleef.

De grafkamer was opgebouwd uit eikenhout. Er zijn voorbeelden van inhumaties uit de bronstijd die in eiken kisten werden begraven en waarvan het organische materiaal heel goed bewaard bleef. Terwijl men eerst vermoedde dat de goede bewaring te danken was aan het eiken materiaal, ontdekte men na onderzoek dat niet de eik, maar de bedekking met graslagen, het lichaam bewaarde (BREUNING-MADSEN et al. 2003, p. 343-350). De eik van de grafkamer kan dus geen reden zijn van betere bewaring, temeer omdat enkel de bodem van de grafkamer in deze site bewaard bleef.

De verklaring voor de bewaring van weefselresten in de grafkamer van de vrouw is tweeledig. Langs de ene kant gaat het hier om de bewaring van MPO's of *Mineral Preserved Organics* en langs de andere kant zorgde de erg zure omgeving voor de bewaring van het organisch materiaal. Bij de opsomming van de gevonden weefselresten in dit graf merken we dat een

deel van de textielresten bewaard bleef in relatie tot metalen voorwerpen. Er bleven weefselresten over bij een zilveren ketting, onder een tinnen schotel en bij een bronzen sierschijf, waarvan de metalen voorwerpen zich in een slechte gecorrodeerde bewaringstoestand bevonden (LEFÈVE 1959, p. 152; ROOSENS 1959, p. 143-150). Voornoemde weefselresten zijn te klasseren onder MPO's waarbij stukjes organisch materiaal bewaard blijven doordat de corrosieproducten van de geassocieerde metalen een soort laag overheen de restjes leggen en zo een plaatselijk verdelgmiddel voor microben creëren zodat de textielresten bewaard blijven (cf. casus Lindel en casus Meer). De MPO's komen vooral voor in goed gedraineerde, zure en zuurstofrijke sites, wat de corrosieve omgeving van Beerlegem bevestigt.

Langs de andere kant bleven er ook weefselresten bewaard die ter hoogte van benen en knieën moeten gelegen hebben (LEFÈVE 1959, p. 152; ROOSENS 1959, p. 143-150). De bewaring hiervan is vermoedelijk te danken aan de erg zure omgeving die eveneens een antibiotische werking teweeg brengt. De Sphagna mossen die in zure omgevingen ontstaan, binden de voedingsstoffen van de micro-organismen zodat deze zich niet meer kunnen voortplanten. Op die manier bieden ze een algemene bescherming tegen de activiteit van micro-organismen (cf. p. 26) (JANAWAY 1996, p. 76; KARS & SMIT 2003, p. 74).

Ter besluit stellen wij dat deze Lba-bodem geklasseerd kan worden onder de corrosieve bodems met een lage zuurgraad die leiden tot een totale degradatie van hout en skeletresten. Enkel de bodem van een eikenhouten grafkamer bleef bewaard, vermoedelijk door de anaerobe condities van een laag water in de grafkamer. De lage zuurgraad zorgde eveneens voor een bewaring van het haar van de overledene en enkele resten textiel. De metalen bijgaven bleken gecorrodeerd en zorgden op hun beurt voor de bewaring van enkele MPO's.

5.4.5. *Grafveld uit volle en late middeleeuwen in Kruishoutem*



Sinds de jaren '80 werd er op de Kapellekouter van Kruishoutem (provincie Oost-Vlaanderen) aan oppervlakteprospectie gedaan, wat een uitgebreide verzameling vondsten opleverde van Romeinse tijd tot late middeleeuwen. Tijdens de zomers van 1989 en 1990 werden op deze plaats opgravingscampagnes georganiseerd. Naast enkele werktuigen uit de

late en midden steentijd bleek het zwaartepunt van menselijke occupatie in de Romeinse en middeleeuwse periode te liggen. Enkele godenbeeldjes en een altaar wezen op een heiligdom uit de Romeinse periode. Er werden kuilen en paalsporen aangetroffen van een Germaanse nederzetting uit de 5^{de} en de 6^{de} eeuw. Verder vond men ook een Merovingisch grafveld uit de late 6^{de} eeuw en begin van de 7^{de} eeuw waarvan de inhumaties sterk verstoord waren en een sterk verstoord Karolingisch graf uit de 8^{ste} of 9^{de} eeuw. Tenslotte stootte men op een christelijke begraafplaats waarvan zo'n 250 inhumaties werden blootgelegd (ROGGE & VERMEULEN 1990, p. 45-46; ROGGE & VERMEULEN 1991, p. 269; VERMEULEN & ROGGE 1991, p. 44-55). Voor deze casus zullen we dieper ingaan op de christelijke graven uit Kruishoutem.

Aan de hand van de graven uit de Merovingische en Karolingische periode vermoedde men dat hier een continue begraving moet geweest zijn. De christelijke graven dateren uit de periode na de volledige kerstening. De inhumaties bestonden uit twee groepen lichamen waarvan de eerste groep de tweede groep doorsneed en bijgevolg werd geïnterpreteerd als van een latere fase. Uit de weinige bijgaven en aan de hand van de bouw van de dorpskerk leidde men af dat de eerste oudere begravingfase te plaatsen was in de volle middeleeuwen en de tweede jongere begravingfase in de late middeleeuwen (VERMEULEN & ROGGE 1991, p. 52; LEFEVER et al. 1993, p. 177-180). Op die manier ligt het postmortem interval ongeveer rond de 500 tot 1100 jaar.

Doordat de begraafplaats gedurende meerdere eeuwen in gebruik bleef, kwamen er verschillende oversnijdingen en verstoringen van grafcontexten voor. Niet al het bewaarde skeletmateriaal verkeerde in een even goede staat. Van 110 graven verkeerde het botmateriaal in een vrij goede toestand. Van andere graven kon slechts fragmentair botmateriaal worden gerecupereerd, en nog andere beenderen bleken erg broos zodat ze bij het uitgraven verbrokkelden en niet te recupereren waren. Opvallend hierbij was dat het merendeel van het beter bewaarde skeletmateriaal tot de oudste begravingsgroep behoorde (VERMEULEN & ROGGE 1991, p. 52; LEFEVER et al. 1993, p. 181).

De graven waren vooral oostwest en noordoost-zuidwest georiënteerd. De meeste overledenen werden zonder kist aan de aarde toevertrouwd. Bij drie graven uit de oudere fase en één graf uit de jongere fase werden verkleuringen vastgesteld die als kist werden geïnterpreteerd en in 18 graven, vooral uit de jongste fase, werden nagels gevonden die op het gebruik van houten kisten wezen. Het hout van de kisten bleef nergens bewaard (LEFEVER et al. 1993, p. 177-178, 194).

Volgens de opgravingsverslagen ligt de Kapellekouter op een hooggelegen heuvelrug, ruim een kilometer ten zuiden van de Kruishoutemse dorpskern. Het betreft een lichtjes naar het noorden afhellend plateau dat zich 70 meter boven de zeespiegel bevindt. Op die manier is de Kapellekouter het meest dominante punt van Kruishoutem en omgeving met uitzicht over zowel de Leie- als een deel van de Scheldevlakte (VERMEULEN & ROGGE 1991, p. 41; BRAECKMAN & VERMEULEN 1993, p. 23).

De Lambertcoördinaten uit het opgravingsverlag en de iets andere Lambertcoördinaten uit de CAI kwamen in dezelfde Scs-bodempolygoon terecht. Deze Scs-bodem is een matig droge lemige zandgrond met verbrokkelde textuur B-horizont (VAN RANST & SYS 2000, p. 226-227, 253).

De lemige zandgrond (S..) wil zeggen dat 75% bestaat uit zandfractie gemengd met gemiddeld 20% silt en 5% klei (AMERYCKX et al. 1989, p. 67). De drainage van deze zandige textuur (.c) is matig droog. Ze is minder sterk dan een drainage-b bodem en valt tussen matig en sterk (AMERYCKX et al. 1989, p. 115).

Op gebied van profielontwikkeling is het een grond met een sterk verbrokkelde textuur B-horizont en een uitgeloopte bodem (.c). Deze bodemserie kenmerkt zich door een goede waterhuishouding in de winter, maar een droogtegevoeligheid tijdens droge zomers. Deze bodem heeft een bouwvoor van 20 tot 30 centimeter dik met een iets hoger humusgehalte. Roestverschijnselen beginnen tussen de 60 en 90 centimeter (VAN RANST & SYS 2000, p. 252-253).

De zandige textuur wijst op een grove korrelgrootte en doorlaatbare bodem. In combinatie met de sterke tot matige drainage kan hier sterke uitloging plaatsvinden. Er is een kans dat dit een zure bodem is, wat ook wordt vermeld in het opgravingsverslag (LEFEVER et al. 1993, p. 181).

110 van de 250 inhumaties verkeerden in een vrij goede toestand waardoor ze gebruikt konden worden voor fysisch antropologische analyse. Deze beenderen zijn te klasseren onder categorie 2 'aangetast bot'. Daarnaast bleken een groot deel van de skeletten bij aanraking uit elkaar te brokkelen en niet meer recupereerbaar zodat ze in te delen zijn onder categorie 3 'broos bot' en categorie 4 'beendermeel'. De meeste gebitten bleven wel bewaard zodat de tanden aanvullende odontologische informatie konden bieden. Dat bijna de helft van de skeletten recupereerbaar was, doet ons twijfelen of deze bodem wel zo zuur was. Waarschijnlijk had de bodem hier een gemiddelde tot iets lagere zuurgraad.

Dat de weinige houten doodskisten volledig vergaan waren, is waarschijnlijk te wijten aan de grove korrelgrootte die zorgde voor een goede hoeveelheid zuurstof om de hoofdbestanddelen van hout te doen vergaan.

Dat het merendeel van het beter bewaarde skeletmateriaal tot de oudste begravingsgroep behoorde, kan met de diepte van de begravingen te maken hebben. Zoals we in de literatuurstudie (cf. 4.2.4.2.2, p. 64-65) besproken, speelt de diepte van de begraving een rol bij de preservatie. Hoe dieper een lichaam begraven wordt, hoe beter de bewaring zal zijn. Dit heeft vooral te maken met de meer beperkte fauna en flora op grote diepte en de verminderde aanwezigheid van zuurstof (HENDERSON 1987, p. 52; JANAWAY 1996, p. 59; RODRIGUEZ 1997, p. 459). De exacte diepte van de oudste begravingen is niet gekend, maar roestverschijnselen zouden beginnen tussen 60 en 90 centimeter diepte wat kan wijzen op een geringere uitloging zodat dit waarschijnlijk ook een reden is voor een betere preservatie van de oudste fasen.

Tenslotte hebben we nog een kritische kanttekening. In een kuil zou er in een gebroken potje laatmiddeleeuws aardewerk een beentje zijn gevonden dat afkomstig was van een ongebornen of pasgeboren menselijk kind. Er wordt een link gelegd naar het middeleeuwse gebruik waarbij men er vanuit ging dat foetussen geen ziel hebben en dus buiten het eigenlijke grafveld dienden begraven te worden. Spijtig genoeg ging het botje tijdens de opgraving verloren en was geen verdere verificatie mogelijk (LEFEVER et al. 1993, p. 195).

Wij stellen ons grote vragen bij de aanwezigheid van een foetaal of pasgeboren botje. Omdat het merendeel van de beenderen van foetussen of pasgeborenen uit kraakbeen bestaat is de kans op degradatie erg groot (cf. 4.1.2). Zeker in deze situatie met zandige textuur waarin zelfs volwassen skeletmateriaal niet goed bewaard blijft. Ondanks de aanwezigheid van het aardewerk als beschermend omhulsel, betwijfelen we of dit wel een foetaal beentje moet geweest zijn. Het is alleszins niet de eerste keer dat baby of foetale beenderen worden verwisseld met de beenderen van kleine dieren, zoals kippenbotjes (DUPRAS et al. 2006, p. 163). Of dit een gefossiliseerd botje was, betwijfelen we evengoed. Fossilisatie ontstaat door veranderingen in de chemische samenstelling van het bot. Meestal vindt dit plaats in een sedimentaire matrix, maar ook omgevingscondities zoals de bodemvochtigheid of temperatuur spelen een rol (LYMAN 1994, p. 37). In deze situatie is absoluut geen sprake van sedimentatie waardoor we vermoeden dat de kans klein is dat dit op een gefossiliseerd kinderbot gaat. Nader onderzoek hieromtrent is niet mogelijk wegens het kwijt spelen van dit botje.

Ter conclusie stellen wij dat deze Scc-bodem, een matig droge lemige zandgrond met verbrokkelde textuur B-horizont, leidde tot een gedeeltelijke degradatie van het botmateriaal te plaatsen in categorie 2 ‘aangetast bot’ en categorie 4 ‘beendermeel’. Hierdoor vermoeden wij dat deze bodem een gemiddelde zuurgraad vertoonde. De houten kisten bleken wel volledig vergaan, wat waarschijnlijk te wijten is aan de hoeveelheid zuurstof die door de grove korrelgrootte in de bodem aanwezig was. Het feit dat de oudere begravingen een betere preservatie vertoonden heeft vermoedelijk te maken met de diepte en de verminderde uitloging.

5.4.6. Soldatengraven uit WOI in Zonnebeke



Begin september 2006 werden in Zonnebeke (provincie West-Vlaanderen) de menselijke resten geborgen van vijf Australische soldaten uit de Eerste Wereldoorlog. De skeletresten van de vijf gesneuvelde werden door de politie van Ieper overgebracht naar een kazerne in Houthulst-Poelkapelle, waar ze een forensisch onderzoek ondergingen en zouden worden overgedragen aan de Belgische Dienst Oorlogsgraven.

Alle slachtoffers droegen bruinleren bottines, een geribde broek en een vest van typisch Australische makelij, duidelijk te onderscheiden van de Britse modellen. De Australische nationaliteit werd verder bevestigd door de vondst van kraagtekens met de ‘*rising sun*’ en schouderkentekens van ‘*Australia*’. Bij een van de slachtoffers lag op de rechtermouw een cirkelvormige stoflap, zoals die enkel gedragen werd door de infanteriebataljons van de *12th en 13th Brigade* van de *4th Division*. Aan de hand van de vondst van deze kentekens en een historisch onderzoek naar de Slag van Passendale, leidde men af dat deze soldaten vermoedelijk tussen 22 en 30 september 1917 zijn omgekomen (BOSTYN & BLIECK 2006, p. 8). Het postmortem interval is dus exact 89 jaar.

Bij de zoektocht naar de identificatie van de slachtoffers werden alle slachtoffers van de *12th en 13th Brigade* in aanmerking genomen. Verder onderzoek gebeurde aan de hand van de lijsten van de *Commonwealth War Graves Commission* van al wie tussen 22 en 30 september 1917 vermist werd en behoorde tot de bataljons 45 tot en met 52. Dit leverde 136 namen op. Aan de hand van plaatsbepaling van de graven en reeds geïdentificeerde slachtoffers bleven er

uiteindelijk 25 kandidaat-vermisten over die deze vijf slachtoffers zouden kunnen zijn (BOSTYN & BLIECK 2006, p. 8-11).

Wij willen hierbij opmerken dat steeds opgepast dient te worden met de identificatie van slachtoffers aan de hand van kledij. Binnen de forensische wetenschappen verschaft kleding een voorlopige identificatie. Zeker op plaatsen waar langdurig oorlog wordt gevoerd, gevochten wordt, of waar vluchtelingen zich verplaatsen. Om in harde omstandigheden als deze te overleven, nemen mensen gemakkelijk kledij van dode familieleden of dode vreemdelingen mee. Hierdoor mag nooit aan de hand van kleren geïdentificeerd worden (KOFF 2004, p. 80-81). In deze situatie kan men er waarschijnlijk wel vanuit gaan dat dit om echte soldaten ging, temeer omdat historisch onderzoek de exacte locaties van begraafplaatsen van gesneuvelde Australische soldaten bevestigt.

De slachtoffers lagen ongeveer op een diepte van 100 centimeter. Vier van de vijf individuen waren gewikkeld in dekens en dichtgebonden met koperdraad. Het vijfde slachtoffer was bedekt met een rubberen grondzeil. Eén van de vier soldaten lag op de zijkant, de anderen lagen op hun rug met de armen rustend op het bekken of de borstkas. Ze waren duidelijk begraven. De skeletten waren nog zo goed als volledig. De schedels waren beschadigd en van één slachtoffer bleven slechts enkele fragmenten van de schedel over. De borstkas van een andere soldaat bleek zwaar toegetakeld. Het botmateriaal was algemeen goed bewaard, al waren de beenderen van het slachtoffer gewikkeld in het grondzeil beter bewaard dan die in de dekens. Ook de kledingresten in het zeil waren minder gedegradeerd dan die van in de dekens. Zoals eerder vermeld droegen de vijf soldaten een vest, een broek en bottines. De schoenen waren erg goed bewaard zodat de slachtoffers op het eerste zicht op een skelet met bottines aan leken.

Twee soldaten bleken tandprotheses te hebben. Er waren maar weinig persoonlijke bezittingen, waardoor men vermoedt dat deze werden weggenomen bij het begraven. Men vond nog twee verbandpakjes, een potlood, een zakmes en een pennenmesje.

Er dient opgemerkt te worden dat op verschillende beenderen van de slachtoffers helblauwe vlekken werden aangetroffen. Omdat dit fenomeen ook voorkomt op botten van andere slachtoffers van de Slag bij Passendale vermoedt men dat dit gaat om de neerslag van een sterk ontsmettingsproduct.

Tenslotte vond men iets verder nog een armbeen en een schedelfragment. Hieruit leidde men af dat deze plek vermoedelijk een *battlefield cemetery* moet geweest zijn. Na de oorlog vond er een overbrenging plaats naar een permanente begraafplaats waarbij waarschijnlijk een

aantal beenderen en deze vijf slachtoffers per ongeluk achterbleven (BOSTYN & BLIECK 2006, p. 4-5).

De bodem van deze site wordt getypeerd als het complex s-PDx, een matig droge en matig natte lichte zandleemgrond met niet bepaalde profielontwikkeling. Deze kaartenheden komen voor waar een dun licht zandleemlaagje de Tertiaire ontsluitingen bedekt (VAN RANST & SYS 2000, p. 226-228, 264). Het lichte zandleem (P..) bestaat uit gemiddeld 60% zand, 35% silt en 5% klei (AMERYCKX et al. 1989, p. 67). De drainage (.D.) van deze zandige textuur is matig droog (.c.) tot matig nat (.d.) door een sterk tot matige drainering (AMERYCKX et al. 1989, p. 115). De profielontwikkeling hiervan werd niet bepaald (..x) (VAN RANST & SYS 2000, p. 264).

We hebben hier te maken met een vochtige, zandige textuur die door zijn vrij grove korrelgrootte vermoedelijk genoeg zuurstof bevat. Een vochtige omgeving met genoeg zuurstof is meestal niet erg positief voor de bewaringstoestand van beenderen of organisch materiaal. De combinatie van aerobe en vochtige omstandigheden is ideaal voor microbiële degradatie. Maar ook chemische degradatie komt in deze omstandigheden gemakkelijk voor waarbij het vocht dient als een medium waarin reacties plaatsvinden en transport van stoffen gebeurt. De doorlaatbaarheid van de bodem bepaalt mee in welke mate water door het bot kan bewegen en bijgevolg zorgt voor degradatie (KARS & SMIT 2003, p. 55; JANS & CUIJPERS 2006, p. 58).

Toch kunnen we de bewaringstoestand van het botmateriaal van deze vijf oorlogsslachtoffers plaatsen in categorie 1 'sterk bot' en categorie 2 'aangetast bot'. Wij vermoeden dat de jonge leeftijd van de begraving hier mee te maken heeft. De lichamen waren tenslotte maar 89 jaar begraven. Microscopische analyse zou hier vermoedelijk meer kunnen verklaren. Het feit dat twee van de vijf slachtoffers zich onder een later aangelegd wegdek in asfalt bevonden, blijkt geen invloed te hebben gehad vanwege dezelfde bewaringstoestand van vier slachtoffers. Ook invloed van eventuele verwondingen op de degradatie is niet duidelijk, gezien het forensisch verslag van deze slachtoffers niet mocht worden vrijgegeven.³²

De skeletresten van het slachtoffer dat in het rubberen zeil was gewikkeld, vertoonde een betere preservatie, wat te maken heeft met de verschillende bedekking. Ook de kledij van de slachtoffers was beter bewaard in het zeil dan in de dekens. De reden van verschillende preservatie ligt in het materiaal. Zowel de wollen dekens als het rubberen zeil vergaan in de

³² Persoonlijke communicatie op 04-05-2007 met K. Blicck.

juiste omstandigheden. Alleen zal het rubberen zeil de ontbindingssnelheid en degradatie meer afremmen omdat rubber minder snel degradeert dan wol en het zeil het lichaam meer afsluit van vocht, zuurstof en aaseters (HENDERSON 1987, p. 51; HUNTER 1996b, p. 45). In beide grafomstandigheden was het zachte weefsel vergaan, maar hing er nog een sterke lijkengeur in de kledingresten.³³ Dit kan enkel te wijten zijn aan de jonge leeftijd van de begraafing. Ook verkleuring ten gevolge van ontbinding van het lichaam was nog duidelijk waar te nemen rond de skeletten, waar de geelbruine leemgrond blauwgrijs was gekleurd (BOSTYN & BLIECK 2006, p. 5).

Wol bestaat voor 90% uit keratine en kan goed bewaard worden in zure omstandigheden (JANAWAY 2002, p. 381-382). Deze grafomgeving was niet zuur genoeg voor de bewaring van huid, haar of wol, al vond men wel restjes terug van dit organisch materiaal. Over de degradatie van rubber is in de literatuur niet veel te vinden. In deze situatie was het zeil goed bewaard rond het lichaam zodat het een mummy-achtige indruk maakte bij de opgraving (BOSTYN & BLIECK 2006, p. 4). Toch moet hierin genoeg zuurstof en vocht aanwezig zijn geweest om de decompositie te vervolledigen en het lichaam geheel te skeletteren.

De goede bewaring van de bruinleren bottines kan ook te danken zijn aan de omgevingsomstandigheden. Leer overleeft in archeologische sites wanneer ze een vochtigheid van maximum 50% vertonen of onder water in anaerobe omstandigheden (JANAWAY 2002, p. 395). De matig droge tot matig natte bodem van deze site zal waarschijnlijk hebben voldaan aan een vochtigheid van minder dan 50% waardoor de schoenen van de soldaten slechts een weinig degradeerden.

Wij besluiten dat in dit s-PDx-complex, een matig droge en matig natte lichte zandleemgrond met niet bepaalde profielontwikkeling, een goede preservatie van de skeletresten van deze vijf slachtoffers plaatsvond. In welke mate de bodem invloed had op deze bewaringstoestand is niet duidelijk. Waarschijnlijk hebben de beschermende bedekkingen van dekens en zeil en de jonge leeftijd van de begraafing hiermee te maken. Wij stellen ons de vraag in welke mate de degradatie zou geweest zijn indien de lichamen enkele honderden jaren langer in deze bodem hadden gelegen. Toch is het duidelijk dat hier aerobe, vochtige omstandigheden waren die leidden tot de decompositie van het zachte weefsel. Vooral de leren bottines bleven in deze omstandigheden erg goed bewaard.

³³ *Idem.*

5.4.7. Conclusie

Indien men de overzichtstabel van de casussen van de zandleemstreek bekijkt (bijlage 4), valt onmiddellijk een gediversifieerde botpreservatie op.

De sites uit Donk, Kruishoutem en Zonnebeke zijn te klasseren onder de zandige texturen. Hun bodem heeft een grove korrelgroottesamenstelling waarbij de natuurlijke drainering erg sterk zal verlopen wanneer deze bodems zich op een hoogte bevinden.

Enkel in Donk is sprake van een zeer sterke drainering (.b.) die vermoedelijk leidde tot een lage pH, wat een totale degradatie van organisch en botmateriaal tot gevolg had.

De sites uit Kruishoutem en Zonnebeke vertoonden een goede drainage (.c. en .D.) waardoor er een gemengde bewaring van de beenderen optrad, gaande van aangetast bot en beendermeel in Kruishoutem tot sterk bot en aangetast bot in Zonnebeke.

Het feit dat het hout van de grafkisten in Kruishoutem volledig gedegradeerd was, is waarschijnlijk te verklaren in de hoeveelheid zuurstof die door de grove korrelgrootte in de bodem aanwezig was. De soldatengraven uit Zonnebeke kunnen een goede bewaring vertonen door hun jonge leeftijd.

Wij willen hieruit besluiten dat drainage vermoedelijk een belangrijke invloed heeft op de preservatie van botmateriaal. Bij deze zandige texturen zien we dat hoe sterker de drainage verloopt, hoe zuurder de bodem is en hoe meer gedegradeerd de organische resten zullen zijn.

Net zoals in de Lba casussen uit de zandstreek, leiden de Lba-bodems uit Erps-Kwerps en Beerlegem tot een gemengde bewaring gaande van aangetast bot en broos bot in Erps-Kwerps, tot lijkschaduw en keratine in Beerlegem.

Beide bodems vertonen hier dezelfde textuurklasse, natuurlijke drainering en profielontwikkeling. Het is waarschijnlijk het verschil in zuurgraad die verantwoordelijk is voor de gemengde bewaringstoestand. De site uit Beerlegem bleek een erg zure bodem te zijn. Toch leidden beide bodems tot een volledige degradatie van de houten kisten, met uitzondering van een grafkamer uit Beerlegem. De bodem van deze grafkamer bleef wel bewaard, vermoedelijk door de aanwezigheid van stilstaand water dat een anaerobe omgeving creëerde.

5.5. Leemstreek

5.5.1. Inleiding

In de literatuur worden de leemstreek en de zandleemstreek gemakkelijk bij elkaar genomen. Ze bestaan beiden hoofdzakelijk uit alfisols, uitstekende landbouwgronden.

In België wordt het woord 'leem' gebruikt voor zowel grondsoort als textuurklasse. Eigenlijk is leem een grondsoort (A..) die bestaat uit gemiddeld 5% zand, 85 % silt en 10% klei. Silt is de textuurklasse die tussen zand en klei wordt ingedeeld en een korrelgrootte heeft tussen de 2 en 50 micrometer (AMERYCKX et al. 1989, p. 67).

Doordat silt lichter en fijner is dan zandleem, werd het tijdens het Weichsel-glaciaal verder meegevoerd door de wind en als een lössdek van soms meer dan tien meter dikte in een brede zone in Midden-België afgezet. Deze zone wordt de leemstreek genoemd.

Ten noorden ervan grenst ze aan de zandleemstreek, in het zuiden wordt ze begrensd door Samber en Maas (cf. figuur 15, p. 70).

De leemstreek is evenals de zandleemstreek een golvend gebied, al ligt ze, met een gemiddelde tussen 40 en 200 meter, hoger dan de zandleemstreek. Ook hier vindt op de plateaus en de hellingen erosie plaats (AMERYCKX et al. 1989, p. 237-239).

Na de IJstijd overheerste er een gemengd oerbos met de eik als overwegende boomsoort. Hoewel de vruchtbare leem oorspronkelijk kalkhoudend was, werd ze onder deze vegetatie ontkalkt tot op enkele meters diepte. Voorts had nieuwvorming van kleimineralen plaats en migreerde een deel ervan uit de A- naar de B-horizont zodat op geringe diepte een klei-aanrijnings- of Bt-horizont van een meter dik of dikker ontstond.

Leemgronden die sinds eeuwen in cultuur zijn en goed bemest worden, zijn hoogwaardige landbouwgronden en behoren tot de meest productieve bodems van heel de wereld. Hun voedingstoestand is uitstekend door de diep doorgespoelde humus en de grote biologische activiteit van de bodemfauna. Ook de natuurlijke drainering is meestal ideaal. De fijnere textuur van deze bodems zorgt voor een constante vochtigheid in het profiel en het langer ophouden van infiltrerend water. Op die manier hebben de bodems van de leemstreek ook binnen België de beste landbouwwaarde (AMERYCKX 1979, p. 61-65; AMERYCKX et al. 1989, p. 237-239).

Omdat de leemstreek slechts een kleine oppervlakte van het Vlaamse Gewest beslaat, was het niet gemakkelijk in deze bodem een diachronisch overzicht te vinden van archeologische sites met inhumaties. We selecteerden slechts twee bruikbare opgravingen in Neerhespen en Engelmanshoven.

5.5.2. *Frankische inhumaties in Neerhespen*



In 1983 werd tijdens opgravingen op een heuvel in Neerhespen (gemeente Linter, provincie Vlaams-Brabant) een klein Frankisch grafveld ontdekt. Het grafveld bleek geplunderd te zijn, maar aan de hand van de weinige bijgaven kon het gedateerd worden in de 5^{de} eeuw (LODEWIJCKX 1990, p. 48; LODEWIJCKX 1991, p. 46). Het grafveld heeft dus een postmortem interval van ongeveer 1500 tot 1600 jaar. Tot welke Frankische stam dit grafveld behoorde is niet duidelijk. In het opgravingsverslag worden enkel de Franken vernoemd, zonder een specificatie naar Salische Franken of Merovingers toe.

De overledenen lagen met hun hoofd naar het zuidwesten georiënteerd. De graven bestonden uit komvormige kuilen waarin de skeletresten ordeloos aan de kant lagen. Dit laatste is waarschijnlijk te wijten aan grafrovers die rond diezelfde periode aan de hand van 50 centimeter brede sleuven tot op de kalkrijke leem groeven om bijgaven te plunderen (LODEWIJCKX 1990, p. 46-47; LODEWIJCKX 1991, p. 45). Zo werden in het kalkrijke colluvium onderaan de helling nog verschillende skeletresten en bijgaven gevonden “waaruit bleek dat de grafrovers weinig eerbied hadden voor de overledenen” (LODEWIJCKX 1990, p. 47).

Tussen de verspreide botten werden nog enkele restanten van grafgiften gevonden, bestaande uit kleine bronzen en ijzeren voorwerpen zoals gespen, fibulae en nagels.

Twee graven bleken ongeschonden. Onderaan de helling, op de rand van de moerassige valleibodem, werd een ongeplunderd graf gevonden van een vrouw van ongeveer 35 jaar met grafgiften als een glazen flesje, een tuimelbeker, een ketting uit glazen kraaltjes, een grotere glazen opaakgroene kraal met geel motief en een bronzen fibula. Iets hoger op de helling vond men nog een mannengraf zonder bijgiften (LODEWIJCKX 1990, p. 46-48; LODEWIJCKX 1991, p. 45-46).

De meeste beenderen waren erg fragmentarisch en in minder goede conditie waarbij het best bewaarde skeletmateriaal in contact lag met de kalkrijke leemgrond. Ook de beenderen uit de ongeplunderde graven bleken nog in goede conditie (LODEWIJCKX 1991, p. 45-46).

Het grafveld lag op de noordelijke helling van een heuveltje, gericht naar de vallei van de Kleine Gete. Op de bodemkaart wordt het gebied getypeerd als een A1-bodem, een droge

leemgrond met textuur B-horizont en een dunne A-horizont van minder dan 40 centimeter (VAN RANST & SYS 2000, p. 286-290, 299). Zoals in de inleiding vermeld, bestaat deze leembodem (A..) gemiddeld uit 5% zand, 85 % silt en 10% klei (AMERYCKX et al. 1989, p. 67).

Deze serie ontwikkelde zich uit het Pleistocene lössdek. De bouwvoor bevat een donkerbruin homogeen humushoudend leem. De textuur B-horizont bestaat uit bruin zwaar leem, met een gehalte van 20 % klei. Het kleigehalte neemt sterk af in de diepte en verdwijnt geleidelijk zodat de kleur geelbruin wordt.

Deze bodem vertoont normaal geen watergebrek en geen wateroverlast dankzij de gunstige drainage en het hoog waterbergend vermogen. Roestverschijnselen beginnen dieper dan 120 centimeter. Op sterk hellende terreinen dienen voorzorgsmaatregelen genomen te worden tegen erosie (AMERYCKX et al. 1989, p. 115; VAN RANST & SYS 2000, p. 299).

Het bepalen van de bewaringstoestand van de minst goed bewaarde beenderen was niet gemakkelijk wegens de oppervlakkige beschrijving ervan. Omdat er nergens sprake is van beenderen die in beendermeel uiteen brokkelen, vermoeden wij dat de bewaringstoestand van het botmateriaal te plaatsen is tussen categorie 3 'broos bot' voor de minder goed bewaarde skeletresten en categorie 1 'sterk bot' of categorie 2 'aangetast bot' voor de betere bewaarde beenderen.

De lemige textuur en de goede waterhuishouding leidden vermoedelijk tot een gemiddelde bewaring van het botmateriaal van categorie 3.

Opvallend is de vermelding van de betere bewaring van het botmateriaal uit de ongeplunderde graven en het skeletmateriaal in contact met de kalkrijke leemgrond.

In de literatuurstudie werd al besproken dat het verstoren van graven leidt tot een acceleratie van de decompositie. Een reden hiervan is de toevoer van zuurstof die het proces doet versnellen. Ook op botmateriaal kan een toevoer van zuurstof en een verminderde compactie van de bodem door de plunderingen leiden tot een grotere microbiële activiteit en een snellere degradatie (MANT 1987, p. 71-72).

Een aanvullende reden waarom de vrouw uit het intacte graf een betere bewaring vertoonde kan zijn omdat ze zich "aan de rand van de moerasachtige vallei" bevond. Onderaan de vallei is de drainage minder sterk wat een betere bewaring van het botmateriaal kan teweeg brengen. Verder is op hellingen van deze bodem sprake van erosie. Het erosiemateriaal dat aan de voet van de helling terecht kwam, het colluvium, kan mogelijk een beschermend effect op deze begraving hebben gehad.

Dat botmateriaal beter bewaard kan blijven in een kalkrijke bodem, werd uitgebreid beschreven in de casus van Sint-Gillis-bij-Dendermonde uit de zandstreek (p. 85). Vermoedelijk veroorzaakt het contact van skeletresten met kalkrijke bodem een reductie van de oplossing van de anorganische hydroxyapatite-kristallen in bot waardoor de beenderen beter bewaard blijven (COLLINS et al. 2002, p. 385).

Tenslotte willen wij dieper ingaan op de vermelding dat “de verspreide skeletresten en bijgaven gevonden onderaan de helling, wijzen op de lage eerbied die de grafrovers hadden voor de overledenen” (LODEWIJCKX 1990, p. 47). De opgraving dateert uit 1983 en het verslag waarin deze zin voorkomt uit 1990. In het verslag uit 1991 wordt de lage eerbied van de grafrovers niet meer aangehaald en spreekt men over erosie.

De bodemkaart geeft aan dat er bij hellingen met deze bodem problemen kunnen optreden met erosie. Hierbij moet de archeoloog onmiddellijk denken aan colluviatie. Bij colluviatie wordt aan de basis van de helling een colluvium gevormd. Dit kan ontstaan door afspoelingserosie waarbij door afstromend water een hellingafwaartse verplaatsing van de bodemdeeltjes plaatsvindt. Of door bewerkingserosie, waarbij tijdens het ploegen op een helling meer bodemdeeltjes hellingafwaarts dan hellingopwaarts worden verplaatst (GOLDBERG & MACPHAIL 2006, p. 46; Persoonlijke communicatie op 22-06-2007 met M. Van Molle).

Wanneer botmateriaal aan de voet van de helling terecht komt, en wanneer het niet meer in anatomische positie ligt, zoals blijkt uit het opgravingsverslag, moet eerder gedacht worden aan de processen van colluviatie dan aan grafrovers met weinig respect. Ten gevolge van colluviatie kunnen ook grafgiften van de helling zakken en gemengd geraken.

Dit trekt natuurlijk ook de andere geroofde graven in vraag, hoewel toch duidelijk kon beschreven worden dat de grafrovers via 50 centimeter brede sleuven hadden toegeslagen.

Wij besluiten dat deze Aa1-bodem, een droge leemgrond met textuur B-horizont, leidde tot een vrij goede bewaring van het botmateriaal tussen categorie 1 ‘sterk bot’ en categorie 3 ‘broos bot’.

De lemige textuur en de goede drainering leidde vermoedelijk tot een gemiddelde bewaring van het botmateriaal rond categorie 3. Het beter bewaard botmateriaal in contact met de kalkrijke bodem is vermoedelijk te verklaren doordat kalk de oplossing van kalkzouten in bot reduceert.

De twee ongeschonden graven met betere botbewaring van de vrouw onderaan de helling en het mannengraf iets hoger op de helling is vermoedelijk te danken aan het feit dat ze niet geplunderd werden en daarom geen extra zuurstoftoevoer kregen. Het vrouwengraf onderaan de helling kan meer beschermd zijn geweest door colluvium en de minder sterke drainering.

5.5.3. Merovingisch grafveld in Engelmanshoven



Tijdens opgravingen die plaatsvonden in Engelmanshoven (gemeente Sint-Truiden, provincie Limburg) in het najaar van 1953, 1954 en 1955, werd systematisch een Merovingisch grafveld blootgelegd.

27 van de 60 graven kwamen in aanmerking voor datering aan de hand van grafgiften. Hieruit werd afgeleid dat de grote meerderheid van de graven uit de 6^{de} eeuw kwamen. Enkelen behoorden tot de overgangsjaren van de 6^{de} tot de 7^{de} eeuw en slechts een minderheid was in de 7^{de} eeuw te plaatsen. Meer dan de helft van de graven bleek van oudsher geplunderd of door recente vergravingen verstoord (DE SCHAETZEN & VANDERHOEVEN 1954a, p. 15; DE SCHAETZEN & VANDERHOEVEN 1954b, p. 3; VANDERHOEVEN 1977, p. 30). De graven moeten dus ongeveer 1400 tot 1500 jaar in de bodem hebben gezeten.

De graven waren zuidwest-noordoost georiënteerd. Aan de hand van de wapens konden 21 graven aan mannen worden toegeschreven. Op basis van kralen werden negen graven aan vrouwen gekoppeld. Er waren duidelijk twee kindergraven, afgeleid uit de afmetingen van de kisten. Bij de overige graven was het niet mogelijk een toeschrijving te doen.

De diepte van de graven varieerde van 75 centimeter tot 200 centimeter met een gemiddelde diepte van 148 centimeter.

De skeletten waren bijna allemaal volledig vergaan. Af en toe tekende zich een lijkschaduw af. Slechts in 4 van de 60 graven werden stukjes van botmateriaal teruggevonden die zich in een zeer slechte staat bevonden. Slechts enkele keren stootte men nog op tanden. Ook het hout van de kisten was volledig gedegradeerd. Slechts bij een derde van de graven was nog een aflijning van de kist zichtbaar, waardoor de archeologen vermoedden dat slechts een derde van de inhumaties in een kist was begraven (VANDERHOEVEN 1977, p. 30-31). De grafgiften bestonden uit vaatwerk in ceramiek en glas, wapens, sieraden, gespen, riembeslagen en gebruiksvoorwerpen. Ook de houten gebruiksvoorwerpen zoals houten emmers of houten

koffertjes waren volledig vergaan, maar nog te herkennen aan de ijzeren beslagbanden of ijzeren hoekbeslagen. In hoeverre het metaal aan corrosie onderhevig was, is niet duidelijk (VANDERHOEVEN 1977, p. 22-27).

De begraafplaats was gelegen op de zuidwestelijke helling van een heuvel in het noorden van Engelmanshoven. Onderaan de heuvel bevond zich een beekje. Op het perceel werd sinds enkele jaren voor de opgraving zand ontgonnen. Het is dan ook via deze ontginningswerken dat de begraafplaats ontdekt werd. Waarschijnlijk werden op deze manier verschillende niet gekende graven vernield (DE SCHAETZEN & VANDERHOEVEN 1954a, p. 16; DE SCHAETZEN & VANDERHOEVEN 1954b, p. 4).

De Lambertcoördinaten van deze site bleken, ondanks dezelfde omschrijving, te verschillen tussen het Acces databestand van de CAI en hun internetbestand. Aan de hand van de beschrijving van de site, het kaartje van de locatie en de aanwezigheid van een zandgroeve, verkozen wij verder te gaan op de oorspronkelijke coördinaten van de CAI. Op die plaats wordt de bodem getypeerd als een SAx-complex, een droge tot matig natte lemige zandgrond met niet bepaalde profielontwikkeling (VAN RANST & SYS 2000, p. 286-288, 314-315). Het lemig zand (S..) heeft een grove korrelgroottesamenstelling met een gemiddelde van 75% zand, 20% silt en 5% klei. De drainage is complex (.A. = .a.+b.+c.+d.) en loopt van droog tot matig nat (AMERYCKX et al. 1989, p. 67; VAN RANST & SYS 2000, p. 287). De profielontwikkeling (..x) werd niet bepaald. Oorspronkelijk was de profielontwikkeling die van een bruine podsolachtige grond, maar door menselijke tussenkomst als ontginning, bewerking en bemesting werd dit podsolachtige profiel herwerkt en vormde zich een humeuze Ap-horizont. De lemige zandgronden worden aangetroffen op plaatsen waar erosie sterk heeft ingewerkt, zoals hier op een helling (VAN RANST & SYS 2000, p. 314-315).

Deze lemige zandgrond heeft een hoog percentage aan grove korrels waardoor de bodem erg doorlaatbaar is. Ondanks de complexe drainage, vermoeden we dat het hier toch om een sterke drainage gaat met een hoog zuurstofgehalte en een lage pH. De bewaringstoestand van het botmateriaal is voor de meerderheid van de skeletten te plaatsen onder categorie 7 'volledig vergaan'. Af en toe waren lijkschaduw en tandresten waar te nemen zodat deze botresten kunnen geplaatst worden onder categorie 5 'lijkschaduw'. In slechts vier van de 60 graven vond men stukjes botmateriaal terug. Volgens de archeologen bevond het zich "in zeer slechte staat en slechts gedeeltelijk bewaard onder de vorm van vezels" (DE SCHAETZEN &

VANDERHOEVEN 1954a, p. 16; DE SCHAETZEN & VANDERHOEVEN 1954b, p. 4). Hiervoor leiden wij categorie 4 'beendermeel' af.

Deze bodem kan bijgevolg duidelijk geplaatst worden onder de corrosieve bodems. Deze bodems hebben een (licht) zure pH, zandige samenstelling en sterke drainage waarin zowel het anorganisch als het organisch gedeelte van botmateriaal volledig in vergaat.

De afwezigheid van de houten kisten of emmers wijst op de aerobe omstandigheden van de bodem die de cellulose, hemicellulose en lignine van het hout volledig afbraken. De aanwezigheid van zuurstof bevestigt de grove korrelgrootte en de sterke drainage.

De aanwijzingen voor deze minder goede bewaringsomstandigheden doen ons twifelen of effectief maar één derde van de onderzochte graven voorzien was van een houten kist. Het is best mogelijk dat meer graven een kist hadden, maar dat deze in de corrosieve bodem volledig verging en geen aflijning meer naliet.

Of de erosie van de site veel invloed heeft gehad op de bewaring van de resten is niet duidelijk. In de opgravingsverslagen is geen sprake van vermenging van beenderen, graven of grafgiften. Dit kan te wijten zijn aan de redelijke diepte van de inhumaties.

Opmerkelijk was graf negen waar kleine plantenwortels de vorm van de schedel hadden aangenomen, en men zo, ondanks de volledige degradatie van het hele skelet, de positie van het hoofd kon afleiden (DE SCHAETZEN & VANDERHOEVEN 1954a, p. 34; DE SCHAETZEN & VANDERHOEVEN 1954b, p. 22). Zoals beschreven werd in de literatuurstudie (cf. 4.2.4.2, p. 51) zullen plantenwortels naar het lichaam toegroeien om zich te goed te doen aan de rijke voedingsstoffen die door de ontbinding geproduceerd worden. Ook plantenwortels kunnen een invloed hebben op de degradatie, al is die invloed in deze situatie vermoedelijk miniem omdat alle graven zo goed als dezelfde bewaringstoestand vertonen. Toch stellen wij ons de vraag of zelfs na het vergaan van de schedel, de plantenwortels op deze manier kunnen worden teruggevonden en niet zelf degraderen na al die jaren.

Wij concluderen dat dit SAx-complex, een droge tot matig natte lemige zandgrond met niet bepaalde profielontwikkeling leidde tot een totale destructie van het organisch materiaal. Slechts sporadisch werden nog beender- of tandresten teruggevonden. De oorzaak hiervan ligt waarschijnlijk in de combinatie van de grove korrelgroottesamenstelling, de aanwezigheid van zuurstof, de droge drainering en de vermoedelijk lage zuurgraad.

5.5.4. *Conclusie*

Uit de leemstreek werden slechts twee sites besproken die een totaal verschillende bodem en bewaringstoestand vertonen (bijlage 5).

De lemige textuur van de Aba-bodem leidde tot een vrij goede bewaring tussen categorie 1 'sterk bot' en categorie 3 'broos bot', terwijl de zandige textuur van de SAx-bodem leidde tot een totale destructie van skelet- en houtresten.

Dit verschil is vermoedelijk te verklaren door het verschil in textuur. Korrelgrootte heeft een direct effect op factoren zoals drainage, temperatuur en bodematmosfeer (WHITE 1979, p. 13-14).

De fijnere textuur van de leem zorgt voor een goede drainering en minder destructieve uitloging dan de grove textuur van de S-bodem. Hierdoor bleek het botmateriaal uit de A-bodem in een betere bewaringstoestand dan de beenderen uit de S-bodem. En dit binnen eenzelfde postmortem interval van ongeveer 1500 jaar.

De kalkrijke bodem, de diepte van de graven en de erosie hebben vermoedelijk ook een invloed gehad.

5.6. Kuststreek

5.6.1. *Inleiding*

Zoals in de algemene inleiding van dit hoofdstuk werd vermeld, wordt het morfogenetisch bodemclassificatiesysteem niet toegepast op de Kuststreek omdat deze bodems geen profielontwikkeling vertonen vanwege hun jonge leeftijd. De bodemkartering van de Kuststreek berust op een classificatie die rekening houdt met geomorfologische en lithostratigrafische criteria.

De bodemkartering van de Kuststreek is gebaseerd op de oude theorie over de Holocene kustontwikkeling die stelt dat de kustvlakte ontwikkelde door een opeenvolging van regressies en transgressies. Ondertussen zijn hierover meer recente opvattingen. Toch zal hieronder eerst de oude theorie worden beschreven, gezien we werken met bronmateriaal dat zich hierop baseert.

Men ging ervan uit dat het ontstaan van de kustvlakte voornamelijk het gevolg was van postglaciale stijgingen van het zeeniveau en transgressies die hierop volgden.

De eerste transgressie zou zich hebben voorgedaan gedurende het Atlanticum (4500-2800 vr. Chr.), één van de vijf klimaatfasen van het Holoceen. Vanuit deze Flandriaanse transgressie zouden de waddenafzettingen dateren, de zandige en kleiige sedimenten uit de Assise van

5.6. Kuststreek

5.6.1. Inleiding

Zoals in de algemene inleiding van dit hoofdstuk werd vermeld, wordt het morfogenetisch bodemclassificatiesysteem niet toegepast op de Kuststreek omdat deze bodems geen profielontwikkeling vertonen vanwege hun jonge leeftijd. De bodemkartering van de Kuststreek berust op een classificatie die rekening houdt met geomorfologische en lithostratigrafische criteria.

De bodemkartering van de Kuststreek is gebaseerd op de oude theorie over de Holocene kustontwikkeling die stelt dat de kustvlakte ontwikkelde door een opeenvolging van regressies en transgressies. Ondertussen zijn hierover meer recente opvattingen. Toch zal hieronder eerst de oude theorie worden beschreven, gezien we werken met bronmateriaal dat zich hierop baseert.

Men ging ervan uit dat het ontstaan van de kustvlakte voornamelijk het gevolg was van postglaciale stijgingen van het zeeniveau en transgressies die hierop volgden.

De eerste transgressie zou zich hebben voorgedaan gedurende het Atlanticum (4500-2800 vr. Chr.), één van de vijf klimaatfasen van het Holoceen. Vanuit deze Flandriaanse transgressie zouden de waddenafzettingen dateren, de zandige en kleiige sedimenten uit de Assise van

Calais die aan de oppervlakte komen in de Frans-Belgische Moeren. Ook overblijfselen van een oude duinengordel die bewaard bleef tussen Ghijvelde en Adinkerke, zou afkomstig zijn uit deze periode. Gedurende het Subboreaal ontwikkelde zich achter die oude duinen oppervlakteveen (AMERYCKX 1959, p. 378; VAN RANST & SYS 2000, p. 23).

De laatste mariene transgressie zou plaats hebben gevonden gedurende het Subatlanticum (700 v. Chr. tot heden) en ontwikkelde zich in verschillende fasen. Hiervan zijn de bodembenamingen van de Kuststreek afkomstig.

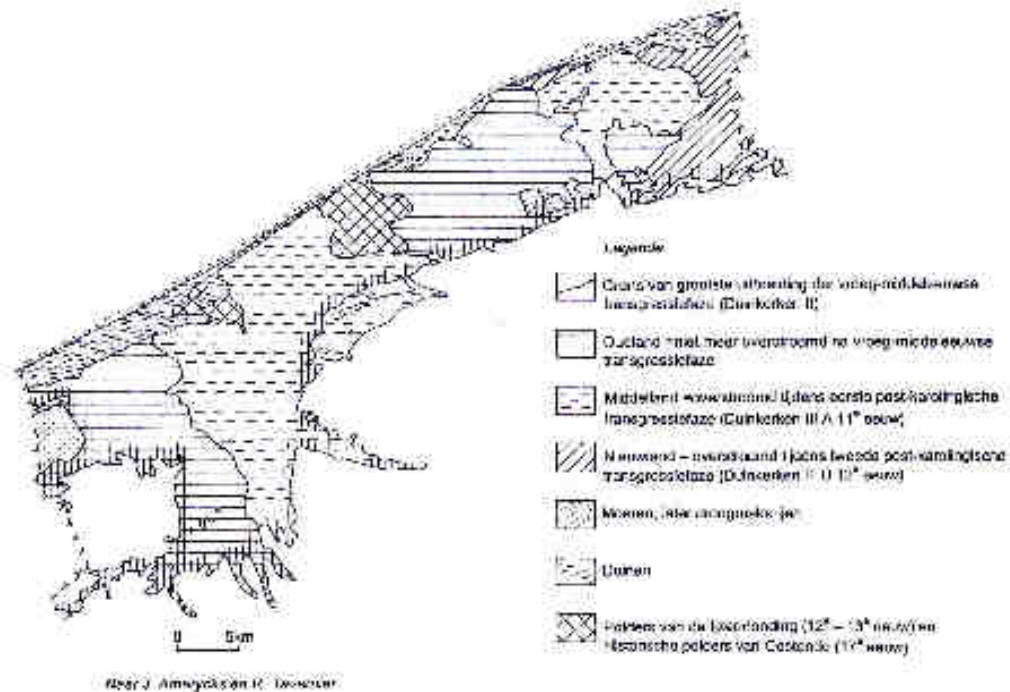
De eerste fase zou plaats hebben gevonden rond 300 vr. Chr. en werd Duinkerken I (3^{de} eeuw vr. Chr.-1^{ste} eeuw na Chr.) genoemd. Ze is relatief weinig belangrijk omdat deze gevormde afzettingen steeds bedolven werden onder meer recente afzettingen.

De tweede fase Duinkerken II (4^{de} eeuw na Chr. tot 8^{ste} eeuw na Chr.) zou plaats hebben gevonden op het einde van de 3^{de} eeuw na Chr.. Het was de belangrijkste fase omdat hierbij de hele kustvlakte werd overspoeld. Hierbij werd een sterk vertakt net van getijdegeulen in het veen en in de onderliggende sedimenten uitgeschuurd, terwijl tussen deze geulen veenplaten bleven bestaan. De geulen werden opgevuld met min of meer zandige materialen, terwijl de veenplaten bedekt werden met kleiige afzettingen. Tijdens de eindfase van de opvulling werd ook in de geulen klei afgezet. De polders die later niet meer zouden worden overspoeld en waarbij dit Duinkerken II-sediment komt dagzomen werden de oudlandpolders genoemd.

De derde fase, Duinkerken III, zou dateren uit de 11^{de} eeuw. Er zou slechts een gedeelte van de kustvlakte zijn overstroomd met nieuwe afzettingen die vooral kleiig waren. Wanneer deze laag aan de oppervlakte kwam, werden het middellandpolders genoemd.

Het estuarium van de IJzer aan Nieuwpoort werd pas ingedijkt in de 12^{de} eeuw. In de streek van het Zwin zou zich een nieuwe transgressie hebben voorgedaan rond 1130. Indijking had hier pas plaats in de 13^{de} en 14^{de} eeuw. Deze zones werden de nieuwlandpolders genoemd.

Tenslotte zouden de polders in de omgeving van Oostende om strategische redenen onder water zijn gezet in het begin van de 17^{de} eeuw waarbij afzetting van een nieuwe kleilaag plaatsvond. Deze polders droogden later opnieuw op en vormden vandaag de Historische polders van Oostende. Tot dit type polder behoren de meeste Scheldepolders uit de provincies Oost-Vlaanderen en Antwerpen (cf. figuur 15, p. 70) (AMERYCKX 1959, p. 379-392; VAN RANST & SYS 2000, p. 24).



Figuur 20: De landbouwstreken van de Kuststreek.

De karteringseenheden van de Kuststreek zijn grotendeels geïnspireerd op voorgaande afzettingsgeschiedenis en op de geomorfologische eenheden die er van uitdrukking zijn, namelijk de duinstreek en de polderstreek, die verder wordt ingedeeld in de oudlandpolders, de middellandpolders en de nieuwlandpolders (figuur 20).

Toch is deze theorie ondertussen wetenschappelijk voorbijgestreefd door een hele reeks nieuwe ontwikkelingen op het vlak van onderzoek naar de Holocene ontwikkeling van de kustvlakte van het zuidelijke Noordzeegebied. Zo blijkt het in de praktijk onmogelijk om afzettingen in de kustvlakte van elkaar te onderscheiden in termen van transgressie- en regressiefasen. De verschillende afzettingsprocessen die geleid hebben tot de sedimentatie van de Belgische kustvlakte zijn namelijk veel complexer. Het eenvoudige model over het afzetten van zand en klei bij zeespiegelstijging en het vormen van veen bij zeespiegeldaling of -stabilisatie gaat bijgevolg niet op. Bovendien zijn de verschillende afzettingsmilieus dynamisch waardoor ze lateraal kunnen verschuiven naargelang de beweging van getijdengeulen. Het gevolg hiervan is dat lithologie nooit identiek is over grote afstanden en evenmin kan samenvallen met afzettingsfasen. Het is dus niet mogelijk de zogenaamde Duinkerken-afzettingen te onderscheiden op basis van bepaalde sedimentologische eigenschappen of ze samen te brengen onder chronostratigrafische zones zoals oudland, middelland of nieuwland.

Voorts blijkt uit ¹⁴C-dateringen dat de gemiddelde zeespiegelrijzing sinds ongeveer 3000 vr. Chr. stabiel was en er geen sterke stijgingen of dalingen van het zeespiegelniveau meer plaatsvonden. Dit is in tegenspraak met de veronderstelling dat het zeespiegelniveau drie keer een aanzienlijke stijging en daling kende tijdens de Duinkerkenfases (TYS 2001, p. 23-28).

De bodem van de duin- en poldergronden worden geklasseerd onder een entisol, een bodem waarin enkel een A-horizont ontwikkelde vanwege het recente karakter ervan.

Duingronden zijn bijna allemaal kalkhoudende, droge zandgronden zonder noemenswaardige profielontwikkeling. Ze zijn zwak ontwikkeld met een dunne, humusarme A-horizont. De landbouwwaarde van duingronden is meestal zeer slecht (AMERYCKX 1979, p. 54; AMERYCKX et al. 1989, p. 227).

Polders hebben een heel andere bodemgesteldheid. De oppervlaktelaag bestaat overwegend uit kalkhoudende klei die werd afgezet tijdens de overstromingen. De ondergrond is zand of veen. Poldergronden zijn natte gronden vanwege hun lage ligging. Ze behoren tot de draineringsklassen matig gleyig (bij klei op zand) tot gereduceerd (bij klei op veen). Het zijn jonge bodems waar de uitloging nog niet ver gevorderd is. Het belangrijkste bodemvormende proces is ontkalking van de oppervlaktelaag. De uitspoeling van CaCO₃ verloopt aan een ratio van 10% in 500 jaar. Maar naast de factor tijd is vegetatie van groot belang. Zo ontkalkt gras veel sneller dan akkerteelten. Op die manier kan de bovengrond op bepaalde plaatsen veel meer ontkalkt zijn zoals op oud weiland of in bodems met een zeer slechte bovengrondstructuur (AMERYCKX 1979, p. 55; AMERYCKX et al. 1989, p. 227-232).

Oorspronkelijk hadden onderzoekers het idee dat er geen occupatie plaats vond gedurende de Duinkerken II transgressie vanwege de ontoegankelijkheid van het kustgebied. Dit model is intussen ook achterhaald. Het kustgebied moet zowel in de Romeinse tijd als in de vroege middeleeuwen toegankelijk geweest zijn (ERVYNCK et al. 1999, p. 97-121; TYS 2001, p. 20). Toch was het niet mogelijk per landbouwstreek in de Kuststreek een diachronisch overzicht van archeologische sites te vinden. In dit hoofdstuk werd de Kuststreek als een geheel genomen. Achtereenvolgens komen twee Romeinse inhumaties uit de oudlandpolders van Plassendale aan bod, midden- en laatromeinse inhumaties uit de oudlandpolders in Oudenburg, middeleeuwse menselijke resten in de middellandpolders van Dudzele en een middeleeuws grafveld uit de duinen in Koksijde.

De inhumaties uit Walraversijde werden niet in dit verslag opgenomen omdat de Lambertcoördinaten van deze site een kunstmatige bodem aangaven. Ondanks de -

waarschijnlijk terechte - overtuiging van de archeoloog dat dit om polderklei ging³⁴, kunnen wij niet om de informatie van de bodemkaart heen.

5.6.2. Romeinse skeletten in de oudlandpolders van Plassendale



Na een prospectie in 1999 startte in Plassendale (deelgemeente Zandvoorde, provincie West-Vlaanderen) een archeologisch onderzoek. Er kwamen zowel Romeinse sporen als sporen uit de volle middeleeuwen aan het licht. Tussen de Romeinse resten en sporen trof men twee menselijk skeletten aan die te dateren waren in de 2^{de} of de 3^{de} eeuw na Christus. Een van de twee bevond zich in situ in anatomische volgorde en bleek van een vrouw tussen 22 en 27 jaar te zijn (ERVYNCK 1999, p. 115; HOLLEVOET 2000a, p. 1-7). De skeletresten bevonden zich in goede bewaringstoestand.³⁵

Op de bodemkaart bevindt het gebied zich in de oudlandpolders (POLO) waar het wordt getypeerd als een kreekruiggrond van de serie A2. Deze serie omvat gronden van de met zand en met klei opgevulde Duinkerken II getijdenkreeken. De aard en de dikte van het aanwezige kleidek is lichte klei tot zand waarbij het op meer dan 60 centimeter diepte geheel overgaat tot zand (VAN RANST & SYS 2000, p. 38-39, 41-42).

Ondanks dat we hier te doen hebben met een mengeling tussen zand en klei, heeft de aanwezigheid van de klei hier vermoedelijk gezorgd voor een goede bewaring die te plaatsen is onder de categorieën 1 'sterk bot' en 2 'aangetast bot', omdat het vermoedelijk een lichte vorm van vertering zal hebben ondergaan.

Klei heeft een erg fijne korrelgroottesamenstelling wat gevolgen heeft naar drainage en algemene bodematmosfeer toe (WHITE 1979, p. 13-14). De fijne textuur van klei zorgt voor een constante vochtigheid in het profiel en het langer ophouden van infiltrerend water. Op die manier vindt er geen goede drainage plaats en zal veel minder zuurstof aanwezig zijn. Het gevolg hiervan is dat aerobe bacteriën zich niet in deze bodem kunnen handhaven en pas terug actief worden wanneer er circulatie in de bodem plaatsvindt (JANAWAY 1996, p. 59-60).

³⁴ Persoonlijke communicatie op 29-05-2007 met M. Pieters.

³⁵ Persoonlijke communicatie op 19-04-2007 met Y. Hollevoet.

Door het hoge waterbergingsvermogen, de verminderde aanwezigheid van zuurstof en de slechte drainage is het botmateriaal in een kleigrond veel minder onderhevig aan zowel chemische als biologische degradatie.

De doctoraatstudie van Jans (2005, p. 36-37) toonde aan dat bodems zoals polders geplaatst kunnen worden onder mariene vindplaatsen die in het meeste geval gunstig zijn voor bewaring. In mariene vindplaatsen worden microscopisch pyrietkristallen op het botmateriaal aangetroffen. Deze mineralen ontstaan onder zuurstofloze, reducerende omstandigheden en zijn een indicator voor gunstige bodemomstandigheden. In de aanwezigheid van zuurstof en water worden deze kristallen afgebroken.

Ook in forensische omstandigheden zorgt klei voor een langere bewaring van het zacht weefsel. Experimenten van Turner en Wiltshire (1999, p. 113-122) bewijzen dat het postmortem interval van lichamen die in klei begraven lagen, verkeerd werd ingeschat door wetsdokters. Het lijkt dat het lichaam veel minder lang overleden is. Slechts door entomologisch onderzoek kan men het juiste postmortem interval achterhalen.

In tegenstelling tot chemische en biologische degradatie, is de kans op mechanische verwerking veroorzaakt door de klei zelf, wel groot. Het botmateriaal kan te maken hebben met verstoring door kleimineralen. Wanneer het botmateriaal omgeven is door een matrix van kleimineralen, kan de ruimtelijke positie van deze beenderen veranderen of zal het botmateriaal fragmenteren door het uitzetten en krimpen van de klei. Kleimineralen zijn in min of meerdere mate onderhevig aan hydratatie. Hydratatie en dehydratatie hebben zwellen en krimpen van de kleimineralen tot gevolg. Ze zwellen wanneer ze vochtig worden en krimpen bij uitdroging. Door hun structuur kunnen sommige kleimineralen grote hoeveelheden water opnemen, wat gepaard kan gaan met een volumetrische uitzetting. Wanneer de klei zich constant onder water bevindt, zal deze steeds gezwollen zijn. Als een artefact of bot in de klei aanwezig is, kan het onderworpen worden aan de rek- of drukweerstand van het zwellen en krimpen, waardoor het zal fragmenteren of naar een andere meer recente stratigrafische laag verplaatst kan worden. Dit laatste ontstaat wanneer door het zwellen van de klei, het bot naar boven zal worden geduwd, en bij het krimpen, het bot nooit meer in zijn originele positie kan terugvallen.

De rek- of drukspanning die door klei wordt uitgeoefend is afhankelijk van de mineralen die zich in de klei bevinden en zal bijgevolg niet bij alle kleien dezelfde effecten hebben (WATERS 1992, p. 299-300; VAN MOLLE 2006, p. 83-84).

Wij besluiten dat het botmateriaal uit deze m.A2-bodem leidde tot een goede bewaring, vermoedelijk veroorzaakt werd door de fijne korrelgrootte van de klei die de chemische en biologische degradatie in deze bodem verminderde.

5.6.3. *Midden- en laatromeinse inhumaties in de oudlandpolders van Oudenburg*



In Oudenburg (provincie West-Vlaanderen) werden veel archeologische resten en sporen teruggevonden van Romeinse occupatie. Op verschillende plaatsten in de stad kwamen zowel crematies als inhumaties aan het licht. Vlakbij het castellum werden in 1962 en 1963 twee grafvelden ontdekt. Op het meest noordelijke grafveld, grafveld A, uit de tweede helft van de 4^{de} eeuw zal niet dieper worden ingegaan omdat deze zich niet in een kustbodem bevond.

Het zuidelijk gelegen, grafveld B aan de Goede Boterstraat, was te dateren op het einde van de 3^{de} eeuw tot het begin van de 4^{de} eeuw, waardoor het PMI ongeveer 1650 tot 1700 jaar was (MERTENS 1964a, p. 220-221; MERTENS 1964b, p. 25-27; MERTENS 1971; p. 10-11, 18-19).

Verder werden bij opgravingen aan de Millebeek vier of vijf inhumaties³⁶ ontdekt die te dateren waren in het Hoge Keizerrijk (HOLLEVOET 1992, p. 197-198). Een tiental inhumaties werden gevonden bij opgravingen aan de verkaveling van de Groeningestraat en de Hoveniersstraat. Ook deze begravingen waren te dateren in het Hoge Keizerrijk (HOLLEVOET 1993, p. 208-209). In Oudenburg wordt met het Hoge Keizerrijk de periode van ongeveer 70 tot 270 na Chr. bedoeld.³⁷ We kunnen dus stellen dat deze graven zich ongeveer 1730 tot 1930 jaar in de bodem bevonden.

Het botmateriaal van alle drie de opgravingen bevond zich in een slechte staat. In veel gevallen kon het gewoon mee afgeschraapt worden met het truweel en was het niet meer recupereerbaar.

Slechts een van de vijf graven aan de Millebeek bevond zich in een betere bewaringstoestand. Dit graf lag dieper dan de anderen, onder de grondwatertafel en bevatte als enige resten van

³⁶ Er werden nog stukken van een gebit aangetroffen waarvan men niet zeker was of deze behoorden tot een vijfde inhumatie of tot een nabij gelegen brandgraf.

³⁷ Persoonlijke communicatie op 10-05-2007 met S. Vanhoutte.

een houten kist. Deze graven aan de Millebeek hadden een uiteenlopende oriëntatie. De doden lagen op hun rug met hun handen al dan niet samengebracht op het bekken. Hier werden geen grafgiften gevonden, met uitzondering van een gecorrodeerde ijzeren armband (HOLLEVOET 1992, p. 197-198).³⁸

Ook de inhumaties aan de verkaveling van de Groeningestraat waren nauwelijks meer recupereerbaar. De doden waren slordig bijgezet en een vaste oriëntering ontbrak. Slechts zelden werden resten van een houten kist aangetroffen. Grafgiften kwamen niet voor; slechts één dode vertoonde resten van een ijzeren armband aan beide bovenarmen. Iets verder werd een paardengraf aangetroffen in een kleilig spoor. Hierbij bevond zich een deel van een lijkbegroaving waarvan de beenderen beter bewaard waren. Dit paardengraf met inhumatie was iets jonger en dateerde uit de laatromeinse periode (HOLLEVOET 1993, p. 208-209).³⁹

Het kleine grafveld aan de Goede Botersstraat kwam aan het licht na het uitgraven van een fundering voor een huis. De graven waren oostwest georiënteerd, enkele grafgiften in ceramiek werden teruggevonden. De bewaringstoestand van deze beenderen was ook niet goed (MERTENS 1964a, p. 220-221).⁴⁰

Alle drie de opgravingen bevonden zich in een m.P2-bodem. Het zijn overdekte Pleistocene gronden bestaande uit gebroken poldermateriaal op Pleistoceen zand (VAN RANST & SYS 2000, p. 38-39). Het gebroken poldermateriaal slaat vermoedelijk op het breken van de oorspronkelijke oppervlakkige bedekking van zware klei zodat een betere infiltratie plaatsvindt. Dit breken kan bijvoorbeeld met een ploeg gebeuren.⁴¹

Deze bodem leidde op de drie sites tot een slechte bewaringstoestand waarbij het botmateriaal bijna niet meer recupereerbaar was, zodat het geplaatst kan worden in categorie 4 'beendermeel' en eventueel in categorie 3 'broos bot'.

De slechte bewaringstoestand is waarschijnlijk te wijten aan de betere drainage die plaatsvond door het breken van het oppervlakkige poldermateriaal. Zo kan de klei niet meer functioneren als bufferende zone en zal een sterke infiltratie tot in het Pleistocene zand plaatsvinden. De bewaringstoestand vertoont opmerkelijk overeenkomsten met de categorieën die terugkomen in een zandbodem. Het is goed mogelijk dat het botmateriaal dat zich 60 tot 70 centimeter diep bevond, een grote invloed onderging van het Pleistocene zand. De grove textuur hiervan leidt tot een sterke drainage en een hoog zuurstofgehalte, wat de degradatie in de hand werkt.

³⁸ Deze informatie werd bevestigd door Y. Hollevoet op 19-04-2007 en 26-06-2007.

³⁹ *Idem.*

⁴⁰ Deze informatie werd bevestigd door S. Vanhoutte op 25-06-2007 en Y. Hollevoet op 26-06-2007.

⁴¹ Persoonlijke communicatie op 03-07-2007 met M. Van Molle.

De slechte bewaringsomstandigheden van de bodem verklaren eveneens de aanwezigheid van enkele sterk gecorrodeerde ijzeren armbanden. Zoals reeds werd aangehaald in hoofdstuk 5.2 (cf. p. 80), behoort ijzer tot de metalen die snel corroderen en geen beschermlaag creëren zodat ze totaal kunnen vergaan. De bodem waarin deze zware corrosie plaatsvindt, is veelal een goed gedraineerde, zure, zandbodem (JANAWAY 1996, p. 78-79; JANAWAY 2002, p. 396). Het feit dat op de sites slechts drie ijzeren armbanden werden aangetroffen kan ook te verklaren zijn door de slechte bewaringsomstandigheden van de bodem. Er bestaat een mogelijkheid dat verschillende andere ijzeren grafgiften of armbanden reeds volledig degradeerden.

Toch werden op de drie sites twee betere begravingen teruggevonden. Het betreft een inhumatie aan de Millebeek in een houten kist die zich onder de grondwatertafel bevond en het paardengraf met inhumatie uit de site aan de Groeningestraat die zich bevonden in een kleilig spoor.

Wanneer archeologisch materiaal zich onder de grondwatertafel bevindt, wordt het meestal opmerkelijk goed bewaard. Onder de grondwatertafel is namelijk geen zuurstof meer aanwezig waardoor aerobe bacteriën en schimmels niet te werk kunnen gaan. Verder ontstaan er onder water humuszuren die een conserverende werking op het botmateriaal hebben en de afbraak van collageen afremmen (JANAWAY 1996, p. 59; KARS & SMIT 2003, p. 55). Ook het kisthout van deze inhumatie zal onder water beter bewaard blijven door de verminderde chemische en biologische degradatieprocessen (KARS & SMIT 2003, p. 36). Er dient opgemerkt te worden dat wanneer botmateriaal of hout in een mariene omgeving wel blijkt aangetast te zijn door schimmels, dit te wijten is aan een veranderende waterhuishouding waarbij zuurstof ter beschikking komt. Schimmels kunnen niet leven zonder zuurstof, hebben optimale temperaturen nodig tussen 15 en 45 C° en een brede zuurgraad tussen 3 en 8 pH (KARS & SMIT 2003, p. 37, JANS 2006, p. 37).

De betere bewaring van het paardengraf met inhumatie is vermoedelijk te wijten aan de aanwezigheid van het kleilig spoor. Zoals we reeds besproken zal de fijne textuur van klei zorgen voor een hoog waterbergingsvermogen, een verminderde aanwezigheid van zuurstof en een slechte drainage waardoor het botmateriaal in klei veel minder onderhevig zal zijn aan chemische en biologische degradatie. Daarbij zullen de beenderen van het paard zich sowieso in een betere bewaringstoestand bevinden door de andere samenstelling van dierlijk botmateriaal zoals we besproken in hoofdstuk 2.4.2.

Wij concluderen dat deze m.P2-bodem met gebroken poldermateriaal op Pleistoceen zand, op drie sites leidde tot een slechte bewaringstoestand in categorie 4 'beendermeel' en categorie 3 'broos bot'. Ondanks de oppervlakkige bedekking van zware klei vermoeden wij dat het breken van deze bodem zorgde voor een betere infiltratie tot in het Pleistocene zand. Waarschijnlijk onderging het botmateriaal een invloed van de grove textuur van het zand waardoor deze grafomgeving leidde tot een slechte bewaringstoestand.

5.6.4. *Middeleeuwse menselijke resten in de middellandpolders van Dudzele*



In 1997 en 1998 legde de gasmaatschappij Fluxis de vTn-leiding (versterking van het transport- en transit-netwerk), een gasleiding van bijna 300 kilometer tussen Zeebrugge aan de kust en Eynatten aan de

Duitse grens. Voor het VIOE was dit het eerste grote infrastructuurproject waarin het archeologische aspect systematisch werd geïntegreerd. Het tracé leverde een gemiddelde van iets minder dan één archeologisch feit per kilometer op. Aan de Zeelaan in Dudzele bij Brugge (provincie West-Vlaanderen) vond men in een kuil menselijke resten van minstens drie individuen vermengd met dierlijk botmateriaal.

Na ¹⁴C-datering werden deze resten met 95,4% zekerheid in de periode van de 7^{de} tot de 9^{de} eeuw gedateerd. De foutmarge van deze datering werd niet vermeld (IN 'T VEN et al., p. 13-27). Het postmortem interval van de graven is dus ongeveer 1100 tot 1400 jaar.

De individuen bleken twee volwassenen en een juveniel te zijn. Er was een oudere man bij met een leeftijd tussen 40 en 45 jaar, een vrouw tussen 30 en 35 jaar met een lengte van 1,62 meter en een jonge persoon, vermoedelijk een meisje, tussen 13 en 14 jaar oud met een lengte van 1,39 meter (IN 'T VEN et al., p. 18-20).

De kwantitatieve bewaringstoestand van de volwassenen was redelijk goed, van de jonge persoon was vrij weinig bewaard. Toch bevonden de skeletten zich vooral in brokstukken. Kwalitatief waren de botstukken nog erg hard en stevig.⁴²

Omdat de menselijke resten niet in anatomisch verband lagen en werden aangetroffen in een kuil met dierlijke resten wijst dit vermoedelijk op een secundaire begraving. Waarschijnlijk

⁴² Persoonlijke communicatie op 29-05-2007 met M. Vandenbruaene.

werden oudere graven verstoord en de resten hiervan later op een andere plaats gedeponeerd (IN 'T VEN et al., p. 24).

De inhumaties waren deze keer niet terug te vinden in de gegevensbank van de CAI, maar bijlage 1 in het boekdeel van het opgravingsverslag (IN 'T VEN & DE CLERCQ 2005, p. 220) gaf een gedetailleerd overzicht van alle sites van het vTn-project met vermelding van de Lambertcoördinaten. De site van Dudzele bleek in bodemtype DI4 van de middellandpolders (POLM) te liggen, waarbij middelland materiaal kreekruggronden van oudlandpolders overdekt (VAN RANST & SYS 2000, p. 46-47). Overdekte kreekruggronden nemen slechts een klein gedeelte van het middelland in. Hun bodemprofiel verlicht min of meer geleidelijk van boven naar onder. Het bodemprofiel bestaat uit lichte klei tot zavel tussen 20 en 40 centimeter diepte, die rust op Duinkerken II-klei die op minder dan 60 centimeter overgaat tot lichter materiaal (.I4).

De overdekte kreekruggronden zijn geheel kalkhoudend, hoewel de bovenste horizonten in sterke mate ontkalkt zijn.

Ten gevolge van het voorkomen van een weinig doorlatende laag op geringe diepte heeft deze bodem een gestoorde waterhuishouding waardoor ze oppervlakkig vrij nat is (VAN RANST & SYS 2000, p. 47, 50).

Ondanks het feit dat het hier om een secundaire begraving gaat, waarvan het botmateriaal meestal gevoeliger door de verplaatsing en het hernieuwde contact met zuurstof, is het erg goed bewaard gebleven. De goede bewaring van het botmateriaal is te plaatsen in categorie 1 'sterk bot' en categorie 2 'aangetast bot', dat waarschijnlijk te wijten is aan de combinatie van de klei en de kalkrijke bodem. Door het hoge waterbergingsvermogen, de verminderde zuurstof en de slechte drainage van de kleibodem was het botmateriaal slechts in geringe mate onderhevig aan zowel chemische als biologische degradatie. In deze situatie werd de betere bewaring waarschijnlijk versterkt door de weinig doorlatende laag op geringe diepte en de gestoorde waterhuishouding.

De kalkrijke omgeving heeft vermoedelijk ook een goede invloed gehad op de bewaringstoestand omdat de basische condities hiervan de oplossing van de kalkzouten uit het bot reduceren (COLLINS et al. 2002, p. 385).

Ter besluit stellen wij dat dit bodemtype DI4 uit de middellandpolders, waarbij het middellandmateriaal kreekruggronden van oudlandpolders overdekt, leidde tot een goede bewaring die vermoedelijk te wijten is aan de kalkrijke en kleiige bodem.

5.6.5. *Middeleeuws grafveld in de duinen van Koksijde*



Over de site Ten Duinen in Koksijde (West-Vlaanderen) zijn heel veel publicaties en interim-rapporten van opgravingen verschenen. Vanwege discussies over de tijdsperiode zullen wij

ons vooral beperken tot de meest recente opgravingsverslagen omdat men de datering hier baseert op de geologische opbouw van de site.⁴³ Een goede stand van zaken en duidelijk literatuuroverzicht is te vinden in de publicatie van Van Neer (1985, p. 39-57).

In verband met de bewaringstoestand kijken we wel naar oudere publicaties, omdat hieromtrent geen meningsverschillen bestaan.

Sinds 1949 werden op deze plaats systematische opgravingen uitgevoerd op zoek naar de geschiedenis van de Onze-Lieve-Vrouw Ten Duinenabdij, een grote cisterciënzerabdij. In 1985 waren reeds 1300 individuen opgegraven, wat een grote belangstelling van antropologen opwekte.⁴⁴ Meningsverschillen ontstonden over het feit of het oudste grafveld behoorde tot de vroegste fase van de duinenabdij of afkomstig was van een middeleeuws dorp (THOEN & MILIS 1974, p. 11-44; VAN NEER 1985, p. 40, 56; DEWILDE & DE MEULEMEESTER 2005, p. 189).

Door afwezigheid van historische bronnen over het dorp, ¹⁴C-dateringen uitgevoerd op enkele menselijke beenderen en de aanwezigheid van overwegend mannelijke inhumaties werd

⁴³ Antropologisch onderzoek van skeletresten bracht schedelvervormingen aan het licht (SCHITTEKAT 1961, p. 25-33; SCHITTEKAT & VAN GANSBEKE-GROTHAUSEN 1962, p. 25-31). Volgens Schittekat is deze schedelvervorming typerend voor oorspronkelijk Gallo-Romeinse bevolking die tot de 9^{de} eeuw op de plaats van de latere abdij woonde en verdween ten gevolge van invallen van de Noormannen (SCHITTEKAT 1960, p. 20-25; SCHITTEKAT & VAN GANSBEKE-GROTHAUSEN 1962, p. 27-30; SCHITTEKAT 1963, p. 31-63; SCHITTEKAT 1966, p. 25-35). Deze hypothese was echter enkel op antropologische veronderstellingen gebaseerd. Geologisch werd afgeleid dat de site zowel de Romeinse Duinkerken I-transgressie als de laat-Romeinse en vroeg-middeleeuwse Duinkerken II-transgressie had ondergaan. De oudste nederzetting bleek gevestigd op een jong duincomplex dat zich vormde in een opgevlude kreekrugbedding van de Duinkerken II-transgressie (THOEN & MILIS 1974, p. 7-9; DEWILDE & DE MEULEMEESTER 2005, p. 190).

⁴⁴ Er werd veel antropologisch onderzoek verricht op de skeletten, onder andere naar gebit en voeding, pathologieën, metingen van de schedels, leeftijd, geslacht, lengte. Hieruit volgden de discussies of het nu om een Gallo-Romeinse of middeleeuwse bevolking ging (VAN NEER 1985, p. 39-57).

bepaald dat het oudste 12^{de} eeuwse grafveld te maken had met de abdij van Fulco. De andere grafvelden behoorden tot verschillende bouwfases van de abdij Ten Duinen (VAN NEER 1985, p. 40, 56; DEWILDE 1988, p. 77-78; DEWILDE 1989, p. 7-29; DEWILDE & DE MEULEMEESTER 1991, p. 213, 225-229; DEWILDE & DE MEULEMEESTER 2005, p. 193).

De drie grafvelden, daterend uit de overgang 11^{de}-12^{de} eeuw, de 12^{de} eeuw en de 13^{de}-14^{de} eeuw, vertoonden een klein verschil in oriëntatie. De meeste inhumaties waren westoost georiënteerd, een klein aantal had een zuidoost-noordwest oriëntatie. De meerderheid van de inhumaties waren mannelijk omdat dit een abdij voor monniken was. Toch werden ook vrouwen- en kinderskeletten gevonden die vanuit twee invalshoeken worden verklaard. In de abdij levende dienstboden konden op het kerkhof worden begraven en elke monnik had het recht zijn ouders of twee van zijn kennissen in het abdijsgrafveld bij te laten zetten. In veel gevallen vond kistaflijningen en nagels van kisten terug. De bijzettingen waren arm aan grafgiften. De graven bevonden zich op een diepte tot meer dan 2 meter (figuur 21). Er werden veel oversnijdingen vastgesteld. De bewaringstoestand van de skeletten was vrij goed zodat allerlei fysisch antropologisch onderzoek mogelijk was (THOEN & MILIS 1974, p. 13-14; Van Neer, 1985, p. 51; DE MEULEMEESTER & HOUBAERT 1986, p. 93-104; DEWILDE & DE MEULEMEESTER 1991, p. 213-216; 225-229; DEWILDE & DE MEULEMEESTER 2005, p. 189-193).

Bij alle inhumaties die uit de verschillende grafvelden gedocumenteerd zijn, werden dezelfde geologische vaststellingen gedaan (figuur 21). Stratigrafisch zijn de grafkuilen tot de beginfase, net voor de bouw van de abdij, te dateren, namelijk in het begin van de 12^{de} eeuw. De grafkuilen werden afgedekt door een oude bodem. Vermoedelijk was dit grafveld maar in gebruik tot de 14^{de} eeuw omdat de dikke, humeuse bodem geen sporen vertoonde van onderliggende grafstructuren en waarschijnlijk werd gevormd in de 15^{de} en de 16^{de} eeuw (fig. 21, nr. 4). Hierop vormde zich een tweede bodem (fig 21, nr. 3) die plaatselijk een puin en kleipakket overdekte (fig. 21, nr. 5 & 6). Op deze tweede humeuse bodem (fig. 21, nr. 3) ontstond een dik pakket duinzand (fig. 21, nr. 2) afkomstig van de “Hoge Blekker”, een wandelende duin die de abdij in de loop van de 17^{de} eeuw volledig onder het zand bedolf (DEWILDE 1989, p. 7-9; DEWILDE & DE MEULEMEESTER 1991, p. 213-216, 225-229; DEWILDE & DE MEULEMEESTER 2005, p. 193).

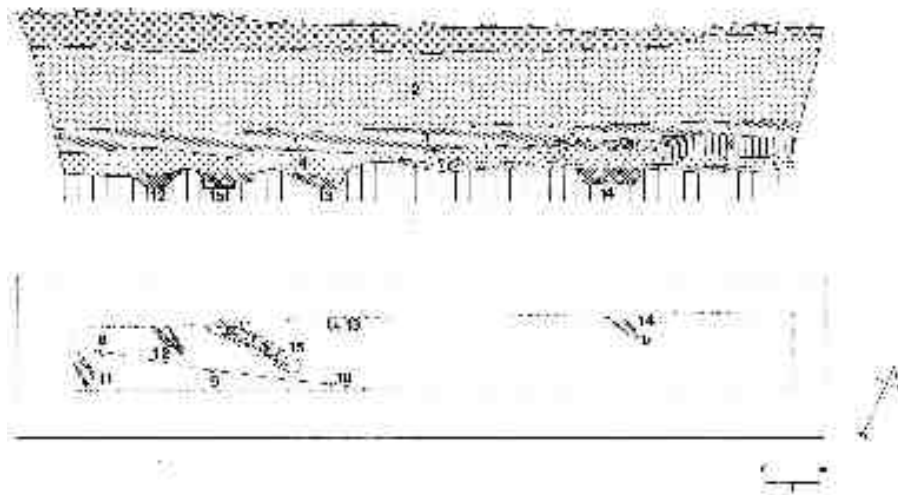


Fig. 21: Voorbeeld van een zoeksleuf uit 1987. 1. Bouwlaag, 2. Duinzand, 3. Zwart-grijze humeuse laag (baksteenpuin), 4. Zwarte, humeuse laag (+uitloging), 5. Puinpakket, 6. Kleiig pakket, 7. Bruin-zwart humeuse laag, 8-10. Palen, 11-15. Bijzettingen

De bodemkaart typeert dit gebied als een d.B1-bodem, duingronden van serie B die bestaan uit grotere duinpannen en lage kleine duintjes met hoogteverschillen van 1 meter tot 2,5 meter op geringe afstand. Het zijn droge duinen waarvan de begroeiing vooral gekenmerkt wordt door duingras en een reeks struiken. Bij B1-gronden is de humushoudende bovenlaag iets dikker dan bij andere duinen. Roestvlekken komen soms binnen boorbereik voor, maar dan op meer dan 90 centimeter diepte (VAN RANST & SYS 2000, p. 31-33).

Wanneer naar deze bodemclassificatie wordt gekeken, zou men vermoeden dat deze duingrond te klasseren valt onder de corrosieve bodems. De grove korrelgrootte, sterke drainage, hoog zuurstofgehalte en vermoedelijk lage pH zou dan leiden tot een volledige degradatie van skelet- en kistmateriaal. Toch zien we hier een uiterst gemengde bewaringstoestand. De houten kisten blijken volledig te zijn vergaan waarbij enkel een aflijning en nagels overbleven. Daartegenover zien we een goede bewaringstoestand van het botmateriaal dat te plaatsen is in categorie 1 'sterk bot' en 2 'aangetast bot'.

Vanwege de complexe stratigrafie van deze bodem (figuur 21), kunnen wij echter niet alleen afgaan op de bodemkaart. Bij de bodemkartering wordt het terrein slechts tot een diepte van 125 centimeter bestudeerd (AMERYCKX et al. 1989, p. 195). De graven blijken echter tot meer dan 200 centimeter diep te liggen en bevinden zich onder een oude bodem.

Vermoedelijk verklaart de complexe stratigrafie de goede bewaringstoestand van het botmateriaal. De afdekking door de verschillende lagen en de diepte hebben waarschijnlijk een beschermend effect gehad op de inhumaties, wat afremming van micro-organismen en chemische verwerking teweeg bracht. In hoeverre grondwater een degraderende invloed zou hebben gehad is niet duidelijk. Toch denken we dat deze invloed gering was omdat het

grondwater vermoedelijk erg diep zat en indien de inhumaties zich onder de grondwatertafel bevonden, het hout van de kisten bewaard zou gebleven zijn.

De degradatie van het kisthout kan wel gelinkt worden aan de corrosieve duingrond, al moet ook hier de stratigrafie een beschermend effect hebben gehad. Toch is er genoeg zuurstof nodig voor de degradatie van het moeilijkst afbreekbare bestanddeel lignine. Zou het kunnen dat het kisthout onmiddellijk werd afgebroken voor de bedekking van de bodem in de 14^{de} eeuw? En dat de skeletten net door die bodems beschermd werden tegen verdere degradatie?

Wij besluiten dat het botmateriaal in deze droge kustduingrond d.B1 zich in een goede bewaring bevond, wat vermoedelijk niet te wijten is aan de zandige duinbodem, maar eerder aan de complexe en beschermde stratigrafie.

De reden voor de degradatie van de houten kisten in deze beschermende bodemomgeving is niet duidelijk.

5.6.6. Conclusie

Wanneer we naar de overzichtstabel kijken (bijlage 6), valt een gemengde bewaringstoestand op. De m.A2-bodem uit Plassendale en de m.DI4-bodem uit Dudzele leiden in beide gevallen tot een goede bewaringstoestand in categorie 1 ‘sterk bot’ en categorie 2 ‘aangetast bot’. Dit heeft vermoedelijk te maken met de aanwezigheid van klei in de bodem. Zoals we reeds uitgebreid besproken, heeft klei een fijne textuur die zorgt voor een constante vochtigheid in het profiel en het langer ophouden van infiltrerend water. Op die manier vindt er geen sterke drainage plaats en zal veel minder zuurstof aanwezig zijn. Het gevolg hiervan is dat aerobe bacteriën zich niet in deze bodem kunnen handhaven en pas terug actief worden wanneer er circulatie in de bodem plaatsvindt. Op die manier is skeletmateriaal veel minder onderhevig aan chemische en biologische degradatie. Daarbij komt dat deze kleibodems meestal kalkrijk zijn waardoor oplossing van het anorganisch gedeelte van botmateriaal wordt afgeremd.

Deze kleihoudende bodems zijn daarom te plaatsen onder de conserverende bodems. Deze bodems zijn zuurstofarm en worden gekenmerkt door een hoge calciumconcentratie en bijgevolg hoge pH (VAN DEN BERG et al. 2006, p. 24).

We zijn echter niet geneigd om de kustduingrond d.B1 uit de site van Koksijde ook onder de conserverende bodems te plaatsen. Ondanks de goede conservatie van het botmateriaal, betwijfelen we of de oorzaak hiervan ligt in de droge duingrond. In deze situatie was het waarschijnlijk de complexe en beschermde stratigrafie die leidde tot een goede bewaring.

Meer onderzoek naar degradatie in duingrond is nodig om verdere conclusies naar bewaringstoestand te trekken.

De drie sites die zich bevonden in de m.P2, overdekte Pleistoceenbodems van de oudlandpolders, leidden naar een slechte bewaringstoestand in categorie 3 'broos bot' en categorie 4 'beendermeel', wat vermoedelijk te wijten is aan het breken van de oppervlakkige bedekking van de zware klei zodat het botmateriaal invloed onderging van het Pleistocene zand.

5.7. Kunstmatige bodems

5.7.1. Inleiding

Kunstmatige bodems zijn een gevolg van menselijke activiteiten. Het is onmogelijk hiervan een korrelgroottesamenstelling, drainage of profielontwikkeling te geven omdat deze bodems artificieel door de mens werden aangelegd. Het zijn heterogene bodems waarvan de samenstelling een mengeling van grond uit verschillende plaatsen kan zijn.⁴⁵ Meestal worden ze ook gekenmerkt door een hogere concentratie aan organische stoffen en fosfaten (JANS 2005, p. 35).

Zoals in de methodologie werd vermeld, ontwikkelden de huidige steden zich uit de laatmiddeleeuwse kernen en is het bijgevolg moeilijk om postmiddeleeuwse begravingen buiten het stadsgedeelte te vinden. Omdat het Vlaamse Gewest in grote mate verstedelijkt is, bevindt de meerderheid van de archeologische sites zich in kunstmatige bodems.

Ook de federale politie en het DVI worden regelmatig geconfronteerd met begraven lichamen in antropogene gronden. Om voorgaande redenen werd voor dit thesisonderzoek gekozen ook begravingen in antropogene bodem op te nemen en trachten wij na te gaan of antropogene bodems leiden tot eenzelfde categorie van bewaring.

Tussen de veelheid aan sites in antropogene bodem was het noodzakelijk keuzes te maken. Uit de Romeinse periode verkozen wij een site uit Tongeren waarin de bewaringstoestand van de beenderen per graf beschreven werd. Uit de Merovingische periode werd de site uit Orsmaal-Gussenhoven verkozen waarin eveneens, ondanks de oudere opgravingsverslagen, een duidelijke beschrijving van de bewaringstoestand van het botmateriaal werd vermeld. Verder verkozen we de site uit Munsterbilzen wegens de uitzonderlijke boomstamkistgraven.

⁴⁵ Persoonlijke communicatie op 21-05-2007 met M. Van Molle.

5.7. Kunstmatige bodems

5.7.1. Inleiding

Kunstmatige bodems zijn een gevolg van menselijke activiteiten. Het is onmogelijk hiervan een korrelgroottesamenstelling, drainage of profielontwikkeling te geven omdat deze bodems artificeel door de mens werden aangelegd. Het zijn heterogene bodems waarvan de samenstelling een mengeling van grond uit verschillende plaatsen kan zijn.⁴⁵ Meestal worden ze ook gekenmerkt door een hogere concentratie aan organische stoffen en fosfaten (JANS 2005, p. 35).

Zoals in de methodologie werd vermeld, ontwikkelden de huidige steden zich uit de laatmiddeleeuwse kernen en is het bijgevolg moeilijk om postmiddeleeuwse begravingen buiten het stadsgedeelte te vinden. Omdat het Vlaamse Gewest in grote mate verstedelijkt is, bevindt de meerderheid van de archeologische sites zich in kunstmatige bodems.

Ook de federale politie en het DVI worden regelmatig geconfronteerd met begraven lichamen in antropogene gronden. Om voorgaande redenen werd voor dit thesisonderzoek gekozen ook begravingen in antropogene bodem op te nemen en trachten wij na te gaan of antropogene bodems leiden tot eenzelfde categorie van bewaring.

Tussen de veelheid aan sites in antropogene bodem was het noodzakelijk keuzes te maken.

Uit de Romeinse periode verkozen wij een site uit Tongeren waarin de bewaringstoestand van de beenderen per graf beschreven werd. Uit de Merovingische periode werd de site uit Orsmaal-Gussenhoven verkozen waarin eveneens, ondanks de oudere opgravingsverslagen, duidelijke beschrijvingen van de bewaringstoestand van het botmateriaal werden vermeld.

Verder verkozen we de site uit Munsterbilzen vanwege de uitzonderlijke boomstamkistgraven.

⁴⁵ Persoonlijke communicatie op 21-05-2007 met M. Van Molle.

Er komt een 15^{de} eeuwse graf uit Boekhoute aan bod, 17^{de} eeuwse begravingen uit Oostende en tenslotte worden drie recente begravingen aangehaald.

5.7.2. Laatromeinse inhumaties in Tongeren



In augustus 1995 werden op een perceel aan de Jaminéstraat te Tongeren in de provincie Limburg, zes laatromeinse inhumaties opgegraven. Het onderzochte terrein lag op het noordoostelijke grafveld

buiten de 2^{de} eeuwse stadsmuur en was te dateren in de laatromeinse periode, namelijk de 4^{de} eeuw en de vroege 5^{de} eeuw (VANDERHOEVEN et al. 1996, p. 85-86, 94). Hieruit kan worden afgeleid dat het postmortem interval ongeveer 1600 tot 1700 jaar is.

Alle inhumaties lagen met hun hoofd naar het westen georiënteerd. Vijf van de zes graven hadden een kist waarvan slechts sporen zichtbaar waren. Het hout was in de meeste gevallen bijna geheel vergaan.

De eerste inhumatie was een kistbegraving in een rechthoekige grafkuil. Het skelet bleek van een vrouw te zijn met een leeftijd tussen 27 en 34 jaar. Het was goed bewaard en volledig. Op de achterhoofdsschedel van deze vrouw werd een schijfvormige groene verkleuring aangetroffen. Wellicht is dit te relateren aan een koperen of bronzen voorwerp die bij de begraving geplaatst werd onder de nekstreek en nu volledig was vergaan. Buiten de kist bevond zich het skelet van een kind tussen 12 en 18 maanden oud, dat minder goed bewaard was. Buiten een volledig rechter dijbeen bleven slechts botfragmenten over.

De tweede inhumatie lag eveneens in een kist waarvan op twee plaatsen nog spijkers zichtbaar waren. Het was vermoedelijk een man, ouder dan 27 jaar. Het botmateriaal van deze persoon was slechts gedeeltelijk bewaard maar bevond zich in goede toestand.

De derde inhumatie vertoonde geen sporen van een kist. Er werden wel twee verroeste fragmenten ijzer geregistreerd. Het graf bleek van een vrouw met een leeftijd boven 20 jaar te zijn, waarvan slechts de onderste ledematen bewaard bleven.

De vierde inhumatie was een kistgraf van een man van ouder dan 40 jaar. In de grafvulling werden twee fragmenten van een bronzen speld teruggevonden. Het skelet was volledig maar bevond zich in een zeer broze conditie.

Het vijfde inhumatiegraf had eveneens een kist en was van een vrouw die ouder dan 40 jaar was. Het skelet was zo goed als volledig, maar sterk gefragmenteerd en in broze conditie.

Ook het laatste graf was een kistbegruving. Het bleek van een man te zijn die ouder was dan 20 jaar waarvan het skelet door oversnijding met graf vijf niet meer in anatomisch verband lag. Mogelijk was dit een secundaire begraving. De beenderen waren fragmentair maar toch erg hard (VANDERHOEVEN et al. 1996, p. 86-92).

De site wordt op de bodemkaart getypeerd als een kunstmatige bodem met code OB, wat staat voor een bebouwde zone (VAN RANST & SYS 2000, p. 335). Op het perceel bleken lange tijd garages te hebben gestaan die vlak voor de opgraving werden afgebroken om vervangen te worden door nieuwbouw. Verder vermeldt het opgravingsverslag dat het perceel in de 19^{de} en 20^{ste} eeuw regelmatig doorwoeld werd (VANDERHOEVEN et al. 1996, p. 85-86).

We kunnen stellen dat deze site een gemengde bewaringstoestand opleverde gaande van categorie 1 'sterk bot' en categorie 2 'aangetast bot' tot categorie 3 'broos bot', waarvan antropologische gegevens af te leiden waren.

Relaties leggen tussen de bewaringstoestand en de textuur of drainering is onmogelijk aangezien de samenstelling van deze kunstmatige bodem enkel via bodemstalen is af te leiden. Opvallend zijn de verroeste nagels, fragmenten van een bronzen speld en een vergaan bronzen of koperen voorwerp uit de eerste inhumatie. Meestal treedt een versnelde corrosie op in een zuur milieu en een goed doorlatende bodem met veel zuurstof. Toch kunnen we dit niet doortrekken naar deze site omdat de geschiedenis van het perceel niet gekend is. Hoe was de bodemsituatie tijdens de middeleeuwen? Heeft de bouw van de garages een beschermend effect gehad waardoor de bewaringstoestand zo goed is? Of had het doorwoelen van de bodem in de 19^{de} en 20^{ste} eeuw een negatief effect dat leidde tot de broze bewaring van de beenderen?

Een laatste opmerking betreft andere begravingen die in de stad Tongeren werden opgegraven. Een ander deel van de noordoost begraafplaats die in de jaren '82, '88 en '90 werd onderzocht, bevatte skeletmateriaal dat zich in uiterst slechte conditie bevond. Hiervan kon het menselijk botmateriaal niet gerecupereerd worden of onderworpen worden aan antropologisch onderzoek. Van de meer dan 200 inhumatiegraven bleken slechts enkele fragmenten van de lange beenderen en wat tandglazuur bewaard gebleven (VANVINCKENROYE 1982, p. 88-89; VANVINCKENROYE 1995, p. 152, 160).

Het voorgaande maakt duidelijk dat op dezelfde begraafplaats in antropogene bodem een uiterst gemengde bewaring kan optreden gaande van stevig bot tot onrecupereerbaar bot.

Wij besluiten dat op deze site aan de Jaminéstraat een gemengde bewaringstoestand waar te nemen was gaande van categorie 1 ‘sterk bot’ en categorie 2 ‘aangetast bot’ tot categorie 3 ‘broos bot’, waarvan de oorzaak niet te achterhalen is, omdat de site zich in een kunstmatige en bebouwde bodem bevond.

5.7.3. Merovingisch grafveld te Orsmaal-Gussenhoven



In Orsmaal-Gussenhoven (gemeente Linter, provincie Vlaams-Brabant) werd in 1900, 1968, 1982 en 1983 archeologisch onderzoek uitgevoerd naar een Merovingisch grafveld. De werkzaamheden vonden plaats in de achtertuinen van verschillende bewoners op het zogenaamde ‘Begijnhof’.

De voorwerpen in de graven waren kenmerkend voor de Merovingers, waardoor het grafveld te dateren was in de 6^{de} en het begin van de 7^{de} eeuw (BOSCHMANS 1974, p. 32; PROVOOST 1984, p. 60). We kunnen stellen dat de menselijke resten ongeveer 1400 tot 1500 jaar in de grond lagen.

De meeste kuilen waren sterk verstoord door eigentijdse plunderingen, door de opgravingen in 1900, maar ook door de bewoners en hun tuinhobby’s. De opgravingen vonden plaats tussen tuinhuizen, loodsen, duiventillen, werkhuizen, muren en tuinweggetjes (BOSCHMANS 1974, p. 28; BOSCHMANS 1991, p. 1).

Het rapport van de eerste opgraving in 1900 is vrij beperkt en vermeldt geen bewaringstoestand van de menselijke resten. Er werden alleszins niet veel beenderen verzameld (RAEYMAEKERS 1903, p. 83-89). Volgens de Boschmans (1974, p. 27; 1983, p. 1) verliep die eerste opgraving erg oppervlakkig en gebrekkig.

De tweede opgraving in 1968 leverde een tiental graven op, waarvan de bewaringstoestand van de inhumaties onder te brengen was in categorie 2 ‘aangetast bot’, categorie 3 ‘broos bot’ en categorie 4 ‘beendermeel’. In sommige graven waren geen skeletresten meer aanwezig, wat vermoedelijk eerder te wijten was aan plundering dan aan volledige degradatie van het botmateriaal. Het antropologisch onderzoek vermeldt een zeer slechte bewaring van het aangetroffen botmateriaal. De gemiddelde diepte van deze graven was 120 centimeter. Bij de meeste van deze graven moet er een kist aanwezig zijn geweest, afgeleid uit de afleiding in de indruk van dwarse steunbalkjes, al waren de kisten zelf volledig gedegradeerd. Op gebied van

oriëntering lagen de graven met het hoofdeinde naar het zuidwesten of naar het westen. De bijgiften bestonden vooral uit ceramiek, ijzeren en bronzen voorwerpen en kralen (BOSCHMANS 1974, p. 27-32; DRIESENS 1981, p. 268-315).

De derde opgraving in 1982 en de laatste in 1983 leverden ongeveer dezelfde resultaten op. Er wordt vermelding gemaakt van broze botten, maar ook van stevigere botfragmenten. De diepte was gemiddeld rond 100 centimeter en de graven waren allen zuidwest-noordoost georiënteerd. Van de kisten konden enkel nog aflijningen worden waargenomen (BOSCHMANS 1983, p. 1-27; BOSCHMANS 1991, p. 1-7).

De site wordt op de bodemkaart aangegeven als kunstmatige bodem met code OB, bebouwde zone. De zogenaamde begijnhofbuurt was inderdaad bebouwd, waarbij de opgravingen plaatsvonden in de tuinen van de bewoners. Dit bevestigt dat het hier om een antropogeen vervuilde bodem gaat. Vermoedelijk bevatten deze tuinen ook een grote concentratie aan fosfaten. De plunderingen en andere graafactiviteiten zullen het botmateriaal evenmin ten goede zijn gekomen.

De bewaringstoestand van de beenderen kan ondergebracht worden in de categorieën ‘aangetast bot’, ‘broos bot’ en ‘beendermeel’.

Opvallend is dat het houten kistmateriaal overal gedegradeerd is, wat ons doet vermoeden dat er genoeg zuurstof in de bodem moet aanwezig zijn geweest om alle bestanddelen uit hout te doen vergaan (JANAWAY 1996, p. 80; KARS & SMIT 2003, p. 35; VAN DEN BERG et al. 2006, p. 21-22). Het is echter onmogelijk verdere afleidingen van de bodem te maken omdat de samenstelling ervan niet gekend is. Toch stellen we ons de vraag in hoeverre een verhoogde concentratie aan fosfaten invloed kan hebben op bewaring van botmateriaal.

Als besluit stellen wij dat deze site in Orsmaal-Gussenhoven met kunstmatige bodem een uiterste gemengde bewaringstoestand van het botmateriaal opleverde, te plaatsen in de categorieën ‘aangetast bot’, ‘broos bot’ en ‘beendermeel’. Bodemstalen zijn nodig om hierover meer uitspraken te doen.

5.7.4. Middeleeuwse boomstamkistgraven in Munsterbilzen



Tijdens noodopgravingen in de zomer van 2006 werden in Munsterbilzen bij Bilzen (provincie Limburg) 68 inhumaties geregistreerd. De graven hoorden bij een kerkhof van een van de kerken die daar had

gestaan. Tot welke kerk de graven hoorden was niet duidelijk. Uitzonderlijk aan deze opgraving was de aanwezigheid van boomstambegravingen (DE WINTER 2007).

De ouderdom van de graven was niet met zekerheid vast te stellen. Vanwege de totale afwezigheid van grafgiftten konden de graven na 700 gedateerd worden. Het aardewerk uit de grafvullingen was te klein om dateringen op te verrichten en dendrochronologisch onderzoek leverde niets op. Eén boomstamkistgraf werd met een C¹⁴ datering gedateerd tussen 716 en 949 na Christus. Samenvattend zijn de graven vermoedelijk te plaatsen in de vroege en volle middeleeuwen.⁴⁶ We kunnen hierbij stellen dat de graven 1300 tot 1600 jaar oud waren.

De graven bevonden zich in twee opgravingsvlakken die zich op een diepte van 40 centimeter en 120 tot 140 centimeter bevonden.

Er werden met zekerheid negen boomstamkistgraven aangetroffen (figuur 23). Bij acht van de boomstamkisten bleef enkel de dikke eiken bodem bewaard. Van het negende graf was ook het voeteinde in de hoogte nog intact. De bodems van deze graven bevonden zich in een zeer goede staat, terwijl van de rechthoekige houten deksels en de opstaande wanden enkel vermolmd hout achterbleef. In deze graven werd weinig of geen botmateriaal teruggevonden. Het resterende botmateriaal hieruit was erg broos. Door verstoringen lagen niet alle skeletten meer in anatomische volgorde. De boomstamkisten waren groter dan een klassiek kistgraf. Hun lengte was soms meer dan twee meter met een breedte die schommelde tussen 40 tot 90 centimeter. De eiken bodem had een dikte van meer dan 10 centimeter.

Drie overledenen bleken zonder een kist in een grafkuil begraven te zijn. Twee van deze graven waren afgedekt met een houten plank, het derde graf was enkel bedekt met aarde. Zowel het hout als de skeletten van deze graven waren heel goed bewaard. Slechts een deel van een skelet was brozer, wat vermoedelijk te wijten was aan de aanleg van een waterleiding.

⁴⁶ Persoonlijke communicatie op 17-04-2007 met N. De Winter.

Tenslotte waren nog 23 graven met zekerheid bijzettingen in een eenvoudige rechthoekige kist uit houten planken (figuur 22). Hierbij werd ook herbegraven stoffelijk overschot uit geruimde graven vastgesteld. Van de niet verstoorde graven bevonden het hout van de kisten en de skeletten zich in een zeer goede bewaringstoestand. Bovendien lagen ze in een kleiige en vochtige ondergrond. Het hout en het botmateriaal van de verstoorde kistgraven waren veel minder goed bewaard (DE WINTER 2007).

Alle graven hadden een west-oost of zuidwest-noordoost oriëntatie. Er werden geen bijgaven teruggevonden en de grafvulling bestond uit Gallo-Romeins bouwpuin zoals brokken silex, fragmenten van Romeinse tegels en dakpannen, stukjes verbrande leem of natuursteen (DE WINTER 2007).



Fig 22: Onverstoord, goed bewaard kistgraf met skeletmateriaal in cat. 1 'sterk bot'



Fig. 23: Onverstoord, best bewaard boomstamkistgraf met skeletmateriaal in cat. 3 'broos bot'.

Op de bodemkaart wordt het gebied getypeerd als kunstmatige bodem in bebouwde zone (OB). De site bevond zich inderdaad in het midden van het stadscentrum aan de huidige kerk. Er dient opgemerkt te worden dat de ondergrond de laatste 50 jaar enorm verstoord werd door de aanleg van telefoon- en elektriciteitskabels, riolering en waterleiding. Op de Ferrariskaart loopt op de plaats van de aangetroffen graven een weg, wat wil zeggen dat het kerkhof in de tweede helft van de 18^{de} eeuw al genivelleerd moet zijn geweest (DE WINTER 2007).

Het skeletmateriaal uit de boomstamkistgraven is te plaatsen onder categorie 3 'broos bot' (figuur 23).⁴⁷ Terwijl het hout van de dikke houten eikenbodern erg goed bewaard bleef.

Bij de graven met een normale kist of zonder kist zien we eenzelfde tendens. Het hout en het skeletmateriaal waren goed bewaard in de onverstoorden graven, waarbij het botmateriaal te plaatsen is in categorie 1 'sterk bot' en categorie 2 'aangetast bot' (figuur 22). De verstoorden graven vertoonden broos bot uit categorie 3 en bijna volledig vergaan hout. Hieruit leiden we af dat de verstoringen vermoedelijk de oorzaak zijn van een minder goede bewaring. Waarschijnlijk veroorzaakten de graafwerken een zuurstof en/of watertoevoer waardoor het hout en het botmateriaal veel sterker werden gedegradeerd.

Opvallend is de goede bewaring van het botmateriaal en het kisthout in de vochtige, kleiige ondergrond. Zoals we reeds besproken in de kuststreek zal de fijne textuur van klei zorgen voor een constante vochtigheid in het profiel en een verminderde aanwezigheid van zuurstof. Zo zal het skeletmateriaal en het hout veel minder onderhevig zijn aan chemische en biologische degradatie.

Ook de boomstamkistgraven bleken verstoord. Hierin bleef de dikke eiken bodern goed bewaard, maar was het skeletmateriaal broos. Eik bevat veel looizuur waardoor het goed bestand is tegen bacteriën en schimmels. Dit zou de oorzaak kunnen zijn van de betere bewaring van het eikenhout, al is de houtsoort van de normale kistgraven niet gekend en zouden deze ook uit eik kunnen gemaakt zijn. Een andere oorzaak van de betere bewaring kan gezien worden in de grafbodern die door de dikte van meer dan 10 centimeter uit zichzelf al minder gemakkelijk wordt afgebroken.

Of het looizuur van de eik ook het botmateriaal beter bewaart, is niet duidelijk. Fiedler & Graw (2003, p. 294) stellen dat eik verantwoordelijk is voor een vertraagde ontbinding en betere bewaring van het botmateriaal. Eik zou ook gemakkelijker leiden tot de vorming van adipocere. Al is volgens deze onderzoekers ook de bedekking van de grafbodern niet te verwaarlozen.

Experimenten van Breuning-Madsen et al. (2003, p. 343-350) tonen aan dat het niet de eik is die instaat voor een betere bewaring van het lichaam, maar de bedekking van de kistbodern. Zo zal een bodernbedekking van gras leiden tot anaerobische condities die de putrefactie doen uitstellen en een lichaam langer doen bewaren. Toch zal uiteindelijk ook de eik degraderen waardoor een aerobe situatie wordt gecreëerd, waarin verdere degradatie van het lichaam plaatsvindt.

⁴⁷ Persoonlijke communicatie op 16-07-2007 met N. De Winter.

In deze situatie zien we alleszins geen goede bewaring van de beenderen. Is het looizuur van de eik te verwaarlozen of zorgt het voor een betere of minder goede bewaring van het botmateriaal? Zorgt eik voor een minder goede bewaring? Of speelt hier ook de negatieve invloed van de verstoringen een rol?

Wij besluiten dat het skeletmateriaal in deze kunstmatige bodem van Munsterbilzen een gemende bewaringstoestand vertoonde van categorie 1 ‘sterk bot’ tot categorie 3 ‘broos bot’. Opvallend is dat het hout en het botmateriaal van de niet verstoorte begravingen het best bewaard bleven. Of de goede bewaringstoestand van de eiken bodems van de boomstamkistgraven te wijten is aan het looizuur of aan de dikte van de eiken bodem is niet duidelijk. Ook de invloed van eik op skeletmateriaal werd niet achterhaald, al lijkt deze in Munsterbilzen niet goed te zijn geweest. In de toekomst dient verder onderzoek naar de bewaringscapaciteiten van eiken materiaal te gebeuren.

5.7.5. 15^{de} eeuwse of jongere skeletresten in Boekhoute



In oktober 2003 vonden spelende kinderen een aantal menselijke beenderen op de dijk van Boekhoute (gemeente Assenede, provincie Oost-Vlaanderen). De lokale politie van Assenede werd verwittigd en het parket werd op de hoogte gebracht. Op het verzoek van het parket werden de beenderen overgebracht naar de Vakgroep Gerechtelijke Geneeskunde van Gent waar ze werden onderzocht door een archeoloog en een professor gerechtelijke geneeskunde. Er was in die buurt namelijk tien jaar een vrouw verdwenen waardoor men wilde achterhalen of dit haar stoffelijke resten waren.

De beenderen waren afkomstig uit een sleuf van minder dan een meter diep, die was uitgegraven in een straat op een historische dijk voor het aanleggen van een afwateringssysteem. Deze dijk werd na de stormvloed van 1374-1375 opgericht tegen overstromingen. Aangezien de dode duidelijk in het dijklichaam begraven had gezeten, werd afgeleid dat de inhumatie recenter was dan de aanleg van de dijk. De begraving zou dus dateren van na de 14^{de} eeuw. Aan de hand van attritie van de molaren en de afwezigheid van amalgaamvullingen, aangevuld met een fluorescentietest op de humerus, kon bepaald worden

dat het skelet ouder was dan 100 jaar. Zo was de inhumatie te dateren tussen de 15^{de} en de 19^{de} eeuw en kan het postmortem interval 100 tot 600 jaar geweest zijn.

Het skelet was van een man tussen 22 en 26 jaar oud, hij was 1,75 meter groot en de doodsoorzaak was onbekend. De beenderen waren erg poreus. Aan de hand van de datering, geslacht en lengte was af te leiden dat het hier niet ging om de vermiste vrouw (BOUTERS et al. 2004, p. 132-139).

De Lambertcoördinaten, afgeleid uit de CAI, waren slechts tot op 250 meter nauwkeurig. De bodemkaart gaf op deze plaats een kunstmatige bodem aan in bebouwde zone (OB). Ondanks de onnauwkeurigheid van de coördinaten gaan wij er van uit dat de inhumatie waarschijnlijk ook in antropogene bodem lag. Dit komt overeen met de aanwezigheid van de aangelegde dijk. De grond die hiervoor gebruikt werd in de 14^{de} eeuw, was vermoedelijk van verschillende plaatsen afkomstig. Ook in het opgravingsverslag is sprake over verplaatste en gemengde grond (BOUTERS et al. 2004, p. 133). Hierdoor is het onmogelijk verklaringen te vinden voor de degradatiegraad van het skelet. Het botmateriaal in deze bodem is te plaatsen onder categorie 3 'broos bot'. Het verslag stelt dat "alle beenderen vrij licht en poreus waren, waardoor deze op minstens tientallen jaren oud kunnen geraamd worden" (BOUTERS et al. 2004, p. 138). Met deze uitspraak dient voorzichtig te worden omgesprongen. De graad van verwerking van een bot geeft geen tijdsindicatie (LYMAN & FOX 1997, p. 223, 242). Vet verdwijnt pas 30 jaar na het overlijden uit de mergkanalen, waardoor de uitspraak dat het skelet "minstens tientallen jaren oud is" niet als verkeerd kan worden aanzien. Uitspraken als "hoe brozer de beenderen, hoe ouder" (TIMPERMAN & PIETTE 1988, p. 47), zijn echter volledig fout en dienen vermeden te worden.

We kunnen besluiten dat de beenderen van dit skelet, dat tussen 100 tot 600 jaar begraven moet zijn geweest, een bewaringstoestand vertoonde in categorie 3 'broos bot'. Omdat dit een kunstmatige bodem is, zijn de oorzaken van deze degradatiegraad niet te achterhalen.

5.7.6. 17^{de} en 18^{de} eeuwse begravingen in Oostende



In de Oostendse binnenstad worden regelmatig menselijke skeletten aangetroffen op plaatsen waar nooit een reguliere begraafplaats is geweest. Meestal zijn deze skeletten in verband te brengen

met het Beleg van Oostende (provincie West-Vlaanderen), dat plaatsvond tussen 1601 en 1604. Voor deze casus worden de sites besproken van het Mijnplein, de Wittenonnenstraat, de Visserskaai en de Van Iseghemlaan die in de loop van de jaren '90 werden opgegraven.

In totaal werden de skeletresten van 62 individuen opgegraven waarvan er 52 in verband te brengen waren met het Beleg van Oostende in het begin van de 17^{de} eeuw, zeven wellicht te maken hadden met een andere belegering in het begin van de 18^{de} eeuw en drie skeletten buiten beschouwing werden gelaten door de haastige manier van inzamelen. Deze datering werd gebaseerd op C¹⁴-onderzoek van het botmateriaal en onderzoek naar een musketkogel en een metalen broeksknoop die in de graven gevonden werden (VANDENBRUAENE et al. 2000, p. 281-287, 303-304; PIETERS et al. 2005, p. 100).

De skeletten bevonden zich meestal hoog in de stratigrafie, boven de schommelende watertafel. Een exacte diepte werd niet in het opgravingsverslag vermeld.

De meeste individuen waren jonge mannen die gestorven waren op een leeftijd tussen 16 en 29 jaar. De drie skeletten van de Wittenonnenstraat waren vrouwelijk. De meerderheid vertoonde verschillende pathologische afwijkingen die verwijzen naar povere levensomstandigheden tijdens de kinderjaren ten gevolge van slechte hygiëne en een arm dieet. De doodsoorzaak van de individuen was niet op de beenderen te achterhalen. Uit de begravingen waren vijf verschillende oriëntaties af te leiden; namelijk zuidwestelijk, noordwestelijk, oostwestelijk, westoostelijk en zuidoostelijk.

De meeste lichamen van het Mijnplein zouden begraven zijn geweest in houten kisten of houten draagberries waarvan slechts hier en daar houtresten bewaard bleven en verkleuringen van het hout waarneembaar waren. De inhumaties van de Visserskaai en de Van Iseghemlaan werden vermoedelijk in volle grond begraven omdat geen sporen van eventuele bekisting waren waar te nemen. Met uitzondering van een metalen broeksknoop en een musketkogel werden geen grafgiften of resten van kledij teruggevonden waardoor men vermoedt dat de

individuen naakt of in een stuk textiel begraven werden zonder toebehoren als metalen knopen of gespen (VANDENBRUAENE et al. 2000, p. 277-304; PIETERS et al. 2005, p. 100-103). Volgens het antropologisch onderzoek was de kwalitatieve bewaringstoestand van het botmateriaal goed; het botweefsel was hard en solide (VANDENBRUAENE et al. 2000, p. 290). In tegenstelling tot het antropologisch verslag wordt in het archeologisch verslag vermeld dat “slechts enkele graven van het Mijplein goed bewaard waren” (VANDENBRUAENE et al. 2000, p. 279). Ook de zeven personen uit een gemeenschappelijke kuil aan de Visserskaai vertoonden “broos bot dat lastig was op te graven in de kuil, gevuld met zware polderklei” (VANDENBRUAENE et al. 2000, p. 280). De drie vrouwen van de Wittenonnenstraat vertoonden een betere bewaringstoestand (VANDENBRUAENE et al. 2000, p. 304; PIETERS et al. 2005, p. 103).

Omdat deze graven zich midden in het historische gedeelte van de stad Oostende bevonden, ligt het voor de hand dat de bodemkaart dit gebied als kunstmatige bodem typeert. Ook hier is sprake van bebouwde zone (OB). De graafwerken hadden tot doel een parkeergarage of een particuliere bouw neer te zetten. In deze antropogene bodem kunnen de skeletresten in categorie 2 ‘aangetast bot’ en categorie 3 ‘broos bot’ geplaatst worden. Sommigen waren hard en solide, maar vertoonden sporen van verwerking. Anderen hadden een broos karakter.

Hoe het komt dat de kuil met zware polderklei net de broze beenderen bevatte, is niet te verklaren. Wij zouden vermoeden de fijne textuur van de polderklei zou leiden tot een betere bewaring.

De individuen werden begraven zonder kledij, wat een minder beschermend effect zou kunnen hebben gehad op het skeletmateriaal. Buiten de skeletten uit de kuil met polderklei, stellen we bij de andere inhumaties toch een goede bewaringstoestand vast. Zou dit kunnen te wijten zijn aan het feit dat het om jonge personen gaat omdat het botmateriaal op die leeftijd minder poreus is? Vermoedelijk niet, want deze jonge mensen vertoonden verschillende stressindicatoren en pathologische afwijkingen die niet bevorderlijk zijn voor de bewaring.

Het hout van de grafkisten en berries uit het mijplein was bijna geheel vergaan en liet enkel nog verkleuringen achter. Wij leiden hieruit dat op die plaats genoeg zuurstof in de bodem aanwezig was om de bestanddelen cellulose, hemicellulose en vooral lignine uit het hout volledig te degraderen (JANAWAY 1996, p. 80; KARS & SMIT 2003, p. 35; VAN DEN BERG et al. 2006, p. 21-22).

Tenslotte willen wij nog een opmerking maken omtrent de drie jong volwassen vrouwen uit de Wittenonnenstraat. Er wordt gesteld dat “Niet alleen het feit dat het botweefsel veel beter bewaard is dan dat van de overige skeletresten, maar vooral omdat de basisinformatie zoals het geslacht en de lichaamslengte verschillend is, rees het vermoeden dat deze drie jonge vrouwen niet behoren tot eenzelfde skeletpopulatie als de andere skeletten.” (VANDENBRUAENE et al. 2000, p. 304). Ook Pieters et al. (2005, p. 103) vermelden dat “samen met de betere bewaringstoestand van de botten laat dit vermoeden dat ze ook aan een andere gebeurtenis dan de belegeringen gekoppeld dienen te worden.”

Net zoals in Boekhoute willen we opmerken dat een andere of betere bewaringstoestand niet automatisch te koppelen is aan een andere of meer recente gebeurtenis. We herhalen dat de graad van verwerking van botmateriaal geen tijdsindicatie is (LYMAN & FOX 1997, p. 223, 242). Zeker in een kunstmatige bodem moet voorzichtig worden omgesprongen met afleidingen als deze. De skeletten van de Wittenonnenstraat waren afkomstig van een andere plaats en andere site dan de andere individuen. Het is goed mogelijk dat hier een geheel andere grondsamenstelling aanwezig was. Hetzelfde geldt voor bebouwing. Skeletresten uit eenzelfde periode begraven in een open vlakte van antropogene bodem kunnen een andere bewaring vertonen dan skeletten uit een bebouwde en dus meer beschermde site.

Tot besluit kan gesteld worden dat deze antropogene bodem uit Oostende leidde tot beenderen die te plaatsen zijn in de categorieën ‘aangetast bot’ en ‘broos bot’. Een verklaring hiervoor is niet duidelijk.

5.7.7. Zevenjarige begraafing in een chemisch vervuilde bodem



Enkele jaren geleden ging het DVI in de provincie Antwerpen op zoek naar een vermoorde jongeman die zeven jaar ervoor bleek begraven te zijn door de daders. De adolescent had een leeftijd van rond de 20

jaar en werd op een diepte van 70 centimeter begraven. In dit korte postmortem interval bleek het lichaam geheel geskeletteerd en was er geen zacht weefsel meer waar te nemen.

Bij het skeletmateriaal was een synthetisch T-shirt bewaard gebleven. Van de broek werden slechts flarden van een jeans teruggevonden. Zijn onderbroek was wel nog te herkennen. De

lederen broeksriem met metalen gesp bleek nog goed bewaard. De jongen droeg bergbottinnen en wollen sokken die zich eveneens in een goede bewaringstoestand bevonden. Het botmateriaal vertoonde drie schotwonden en postmortem schade die was aangebracht door de graafmachine van de opgravende onderzoekers. Het skelet bevond zich in een goede bewaringstoestand en was zo goed als volledig, slechts enkele polsbeentjes en handkootjes ontbraken. Op het gebit kon een grondig odontologisch onderzoek uitgevoerd worden.⁴⁸

Vanwege het geheim van het onderzoek is het onmogelijk de Lambertcoördinaten te vermelden. Op de bodemkaart wordt het gebied van de opgraving getypeerd als een kunstmatige bodem, meer bepaald bebouwde zone (OB). Toch werd op deze plaats geen bebouwing of vroegere bebouwing vastgesteld. Het gebied was een voormalig natuurgebied dat in verschillende fasen werd opgestort. In de jaren '60 en '70 werd er naar schatting drie miljoen kubieke meter grond, puin en huishoudelijk afval gestort. Een volgende storting dateert van de jaren '80 waarbij een erkende verwerker van chemisch, giftig afval verschillende tonnen hiervan in de ondergrond deed verdwijnen. Tenslotte werd de oppervlakte nog gebruikt als stort van oude voertuigen.⁴⁹

Het is vermoedelijk de chemische vervuiling die de grootste invloed kan hebben op de bewaringstoestand van menselijke resten.

We hebben hier te maken met een geskeletteerd lichaam tijdens een postmortem interval van zeven jaar tot categorie 1 'sterk bot' of categorie 2 'aangetast bot'. In de literatuur is terug te vinden dat een begraven lichaam kan geskeletteerd worden in een tijdsperiode van drie tot zeven jaar, afhankelijk van de diepte (TIMPERMAN & PIETTE 1988, p. 47; RODRIGUEZ 1997, p. 460-461). We kunnen dus niet besluiten dat het lichaam in deze ondergrond sneller of trager is geskeletteerd.

De grondwatertafel heeft vermoedelijk ook weinig invloed gehad op het lichaam aangezien deze zich in het voorjaar op een diepte van 160 centimeter bevond, terwijl het lijk slechts op een diepte van 70 centimeter was begraven.

Ook in verband met de kledij is het moeilijk afleidingen te doen. Het T-shirt bleef goed bewaard, vermoedelijk vanwege de synthetische samenstelling ervan. Ook de wollen kousen werden gerecupereerd. Wol bestaat, zoals haar, uit keratine en zal enkel bewaard blijven in

⁴⁸ Persoonlijke communicatie op 05-07-2007 met R. Verschoren.

⁴⁹ Informatie verkregen van Natuurpunt. Exacte informatie wordt hierbij niet vermeld wegens mogelijke plaatsherkenning.

erg zure omstandigheden (JANAWAY 2002, p. 381). Dat dit een zure bodem was, is niet uitgesloten. Maar het hoofdhaar bleef niet bewaard, waardoor we vermoeden dat de bottinnen een beschermende werking hebben gehad voor de kousen die daarin zaten.

De lederen riem in de broek was nog intact, zoals in vele archeologische situaties. De jeans was in grote mate vergaan. De exacte samenstelling van deze jeans is niet gekend, maar meestal bestaat jeans uit een combinatie van katoen en polyester. Zoals we op p. 108 (cf. 5.3.5) besproken, bestaat een commerciële jeans voor een groot deel uit synthetisch materiaal dat langer bewaard blijft in de bodem, dan een authentieke jeans die vooral uit katoen is samengesteld (JANAWAY 2002, p. 392). Toch moeten we voorzichtig zijn de afleiding te maken dat deze jeans vermoedelijk vooral uit katoen bestond. Er is namelijk niet geweten welke invloed de chemische vervuiling van deze site had op organisch materiaal.

Bepaalde chemische samenstellingen kunnen een lichaam balsemen en het goed bewaren (MICOZZI 1991, p. 29). Een voorbeeld hiervan is het onderzoek van Yamada et al. (1990, p. 383-392) waarin een relatie wordt gelegd tussen de aanwezigheid van kwik in de grafkist en de bewaring van zacht weefsel.

Toch bleef in deze chemische grafomgeving geen zacht weefsel over. De invloed van het giftig afval op de bewaring van botmateriaal is ongekend. Hiervoor was het lichaam een te korte tijd begraven. Wij stellen ons de vraag hoe het botmateriaal er na enkele honderden jaren had uitgezien.

We besluiten dat deze chemisch vervuilde bodem leidde tot een preservatie van het botmateriaal tot categorie 1 'sterk bot' of categorie 2 'aangetast bot'. Het zachte weefsel was volledig vergaan. In hoeverre de chemische grafomgeving zou kunnen leiden tot preservatie of degradatie van het botmateriaal of de verdere kledij is niet duidelijk gezien het kleine postmortem interval. Verder onderzoek over begraving in vervuilde bodems over een langer termijn is nodig.

5.7.8. Zevenjarige begraafing in een metaal vervuilde bodem



Ook in de provincie Antwerpen werd een paar jaar later eveneens een zevenjarige begraafing ontdekt. Het DVI werd erbij geroepen om de opgraving te doen.

Deze keer was het lichaam van een 30-jarige vrouw die aan de hand van mesteken om het leven was gebracht. Het lichaam lag begraven op een diepte van 100 centimeter. Het zachte weefsel was volledig vergaan. Enkel goed bewaard botmateriaal bleef over zodat een grondig antropologisch onderzoek mogelijk was. Slechts enkele pols- en handbeentjes ontbraken. Ook de tanden bevonden zich in een goede conditie zodat het slachtoffer aan de hand van odontologisch onderzoek kon geïdentificeerd worden.

De vrouw droeg een sportbeha en een katoenen onderbroek. Daarover moet ze vermoedelijk een T-shirt hebben gedragen waarvan slechts stukken werden teruggevonden. Verder droeg ze een jeans en sportkousen in lederen bottinnen. Aan de bottinnen hingen metalen sporen die sterk gecorrodeerd waren. Verder werden in haar graf verroeste sleutels gevonden en moet ze een aantal gouden oorringen en een neusring hebben gedragen.⁵⁰

Ook deze casus bevond zich volgens de bodemkaart in kunstmatige bodem onder de code OB, bebouwde zone. De plaats van het graf was niet bebouwd, maar lag op het terrein van een metaalverwerkingsbedrijf. Tijdens het opgraven kwamen de onderzoekers vele metaalslakken tegen wat de vraag deed rijzen of het hier om een metaal vervuilde bodem ging.

Voorts lag het graf vlakbij een gracht waardoor de grafomgeving erg drassig en vochtig was.⁵¹ De bewaring van het botmateriaal is te plaatsen tussen categorie 1 'sterk bot' en categorie 2 'aangetast bot'. Met een postmortem interval van zeven jaar zien we dat ook hier een volledige skelettering plaatsvond.

Van de kledij was enkel het T-shirt bijna geheel gedegradeerd, wat ons doet vermoeden dat deze gemaakt was uit organisch materiaal. De andere kledijstukken waren vermoedelijk synthetisch of gedeeltelijk synthetisch.

De corrosie op de sleutels en op de sporen van de bottinnen bevestigt een aanwezigheid van water en zuurstof. Opmerkelijk is de betere bewaring van de gouden oorringen en de neusring.

⁵⁰ Persoonlijke communicatie op 05-07-2007 met R. Verschorren.

⁵¹ *Idem*

Zoals uitgebreid vermeld op p. 80 (cf. 5.2.3) behoren goud en chirurgisch staal, waaruit de neusring vermoedelijk gemaakt was, tot de corrosie resistente metalen (JANAWAY 1996, p. 79; JANAWAY 2002, p. 396).

Wat de invloed van de vochtige omgeving op het botmateriaal had, is niet duidelijk vanwege het korte postmortem interval. Normaal gezien is een combinatie van aerobe en vochtige omstandigheden ideaal voor microbiële en chemische degradatie. Omdat de drainage niet gekend is, mogen we hierover geen verdere conclusies trekken.

Tenslotte stellen wij de vraag of de mogelijke metaalvervuiling van de bodem een invloed zou hebben gehad op de degradatie of preservatie van het lichaam.

Concentraties van metaalionen in de grafomgeving, afkomstig van erts in de bodem of afkomstig van corrosie van begraven metalen artefacten, kunnen leiden tot lokaal andere condities die erg giftig zijn voor micro-organismen. Hierdoor kan de ontbinding worden afgeremd. Toch komt gehele preservatie van zacht weefsel ten gevolge van metaal in de bodem slechts uitzonderlijk voor (JANAWAY 1996, p. 77). Ook in deze situatie zien we geen bewaring van zacht weefsel meer. Wij stellen ons de vraag in hoeverre een metaalvervuilde bodem invloed zou kunnen hebben op de preservatie van het botmateriaal over een langer termijn.

Wij concluderen dat deze antropogene bodem in zeven jaar tijd leidde tot een degradatie van het zachte weefsel en een preservatie van het botmateriaal tot categorie 1 ‘sterk bot’ of categorie 2 ‘aangetast bot’. In hoeverre de vochtige omgeving en een mogelijke metaalvervuiling invloed zou hebben gehad op preservatie of degradatie is niet duidelijk.

Ook bij deze casus stellen wij de vraag hoe het botmateriaal in deze grafomgeving er na een langer postmortem interval zou uitzien.

5.7.9. *Negen maanden begraven lichaam in een kunstmatig bos*



Recent geleden werd in de provincie Antwerpen een begraven lijk ontdekt door een voetganger die stootte op een uitstekend lichaamsdeel. Het lichaam bleek van een 40-jarige man te zijn die negen

maanden ervoor door daders in de grond was gestoken. Het graf was erg ondiep op 15 tot 20 centimeter waardoor het rechter been van het slachtoffer en een stukje van de schedel, het rechter os temporale (het slaapbeen), uit de grond stak.

De kleine, magere man was naakt begraven en vertoonde nog overal zacht weefsel. Enkel aan een klein gedeelte van zijn hoofd was bot van het os temporale waar te nemen. Hierop waren sporen van dierenvraat aanwezig. In de nek, aan de romp en rondom het linker been bevond zich adipocere, ook lijkenvet genoemd. De vingerkootjes van de linkerhand ontbraken omdat ze waren afgegeten door dieren. Het rechter been dat uit de grond stak, was geheel uitgedroogd. Er konden zo goed als geen entomologische data verzameld worden.

Het lichaam verkeerde in een zeer goede staat om een grondige autopsie en odontologisch onderzoek op uit te voeren. Ook de interne organen bevonden zich in optimale conditie. Sporen van geweldpleging werden niet gevonden.⁵²

Op de bodemkaart wordt het gebied, waarvan de Lambertcoördinaten niet mogen worden vrijgegeven, getypeerd als een kunstmatige bodem in bebouwde zone (OB). De plaats van de opgraving was echter niet bebouwd maar bestond uit een kunstmatig aangelegd bos met naaldbomen. De ondergrond was zandig waarop een humuslaag van een vijftal centimeter lag. Op het lichaam werden door de moordenaars takken gelegd, om het lichaam beter te verbergen.

In de meeste omstandigheden vertoont een lichaam dat negen maanden en erg oppervlakkig begraven is, een verregaande staat van ontbinding. Normaal gezien vindt de putrefactie plaats, krioelt het lichaam van de maden en doen ook andere dieren zich te goed aan het vlees. In deze situatie bleek echter enkel het scrotum gezwollen te zijn ten gevolge van rottingsgassen. De inwendige organen waren zeer goed bewaard.

⁵² Informatie afkomstig van eigen notities tijdens de aanwezigheid bij de opgraving en autopsie van dit lichaam.

Deze goede bewaring van het hele lichaam is te wijten aan de adipocere (figuur 24). Dit lijkenvet heeft het uitzicht van een witte, min of meer droge, soms kruimelige massa van zachte consistentie. Het vormt een soort omhulsel dat een sterke weerstand biedt aan ontbinding en zo ook de interne organen perfect kan bewaren (TIMPERMAN & PIETTE 1988, p. 44-45; FIEDLER & GRAW 2003, p. 292).



Fig. 24: Partiële adipocerevorming

De vorming van adipocere start binnen de zes weken na de dood, maar de omzetting van een heel lichaam naar een adipocere-omhulsel kan jaren in beslag nemen (FORBES et al. 2002, p. 225).

Het is nog steeds onvoorspelbaar in welke situaties er adipocere zal optreden aangezien de vorming ervan afhankelijk is van een combinatie van factoren.

Eerst en vooral zijn er intrinsieke factoren die van invloed kunnen zijn op de vorming van adipocere. Zo zou een dikkere persoon gevoeliger zijn voor de ontwikkeling van lijkenvet dan een magere. Ook een vrouw is er opvallend gevoeliger voor dan een man. Beide elementen hebben te maken met een grotere aanwezigheid van vetweefsel (FIEDLER & GRAW 2003, p. 293). Toch zien we bij deze casus het tegenovergestelde. Het slachtoffer was klein, mager en mannelijk.

De aanwezigheid van een grafkist en het dragen van kledij zou gunstig zijn voor de vorming van adipocere omdat deze elementen vocht kunnen ophouden en zo hydrolyse in de hand werken (MANT 1987, p. 68-69; FIEDLER & GRAW 2003, p. 294; FORBES et al. 2005c, p. 50-51). Maar ook dit wordt in deze casus tegengesproken. De man werd naakt begraven zonder grafkist.

Over het seizoen waarin eerder adipocere gevormd wordt, bestaat ook discussie. Volgens Evans (1963, p. 145) zullen lichamen die begraven werden in lente en zomer, minder gemakkelijk adipocere vormen. Mant (1987, p. 76-77) daarentegen beschrijft een hogere graad van adipocere bij lichamen die in vochtige zomers werden begraven. Deze casus werd in de zomer begraven.

Volgens Forbes et al. (2005a, p. 32-33) zou een licht basische omgeving tussen pH 5 en pH 9 erg bevorderlijk zijn voor de vorming van adipocere. Een zure grafomgeving zou minder gevoelig zijn voor de vorming van dit lijkenvet. Dit spreekt echter het oudere onderzoek van Mant (1987, p. 77) tegen, dat stelt dat adipocere zich goed ontwikkelt in een meer zure omgeving tussen een pH van 4,5 en 5,5. Toch stellen beide auteurs dat dit te maken heeft met de aanwezigheid van bacteriën. Zo zou een kalkachtige omgeving minder snel leiden tot adipocerevorming vanwege de verminderde aanwezigheid van bacteriën (FORBES et al. 2005a, p. 33).

Verder zijn temperaturen tussen 22 en 40 °C zijn ideaal voor adipocerevorming vanwege de goede groei van bacteriën rond deze warmere temperaturen. Een koude omgeving zou niet gemakkelijk leiden tot adipocere (FORBES et al. 2005a, p. 33).

Lijkenvet zal zich pas vormen onder een minimum aan vochtige condities. Wanneer de grafomgeving erg droog is, zal het vocht gehaald worden uit het lichaam zelf, waardoor de weefsels zullen uitdrogen. In dit geval wordt een samengaan van mummificatie en adipocerevorming verkregen (CLARK et al. 1997, p. 158; MANHEIN 1997, p. 472; FORBES et al. 2005a, p. 33). Een overvloed aan vocht is niet noodzakelijk voor de vorming van adipocere. Maar uit onderzoek blijkt dat de aanwezigheid van veel water de vorming van grotere hoeveelheden adipocere kan teweeg brengen (RODRIGUEZ 1997, p. 461; FORBES et al. 2005a, p. 33).

Tenslotte zal adipocere enkel gevormd worden in anaerobe condities of omgevingen met een erg laag zuurstofgehalte. Een aerobe grafomgeving is ideaal voor de groei van maden, larven, bacteriën en schimmels op het lichaam. Hierdoor zal het lichaam snel ontbinden en zo de preservatie en vorming van adipocere tegengaan (MANT 1987, p. 77; FORBES et al. 2005a, p. 33).

Samenvattend leiden we uit de literatuur af dat adipocere gevormd wordt in vochtige, warme, anaerobe condities. Wanneer we de periode van de begraafing van het lichaam uit deze casus nagaan, merken we op dat dit gebeurde in een zomermaand met een gemiddelde temperatuur van 18,7°C. De maximumtemperatuur was gemiddeld 23,1°C en de gemiddelde minimumtemperatuur 14,3°C. Uit deze gegevens blijkt dat dit een warme maand was waarbij de temperatuur 1,5°C hoger lag dan dezelfde maand tijdens andere jaren. De relatieve vochtigheid bedroeg die maand gemiddeld 80%. Dit komt overeen met het jaargemiddelde waaruit we afleiden dat het die maand niet bepaald vochtiger of droger is geweest. De neerslagtabellen geven de eerste tien dagen van de maand veel regen aan (47,9 l/m²), gevolgd door een uiterst droge tien dagen (0,4 l/m²), die opnieuw werd opgevolgd door 10 dagen met veel neerslag (45,0 l/m²).⁵³

De exacte datum van de begraafing is niet gekend, waardoor het moeilijk is uit voorgaande gegevens afleidingen te maken. Wij vermoeden dat het lichaam begraven werd in de middenperiode met weinig regenval. Uit de gegevens van het KMI blijkt dat die middenperiode ook erg warme tien dagen waren met een gemiddelde temperatuur van 20,3°C. Extreem vochtig was het niet. De relatieve vochtigheid gedurende die tien dagen bedroeg 75,4%. Door de warmte en afwezigheid van neerslag werd voor de adipocerevorming vermoedelijk veel vocht uit het lichaam zelf gehaald waardoor het uitdroogde. Op die manier was het niet meer aantrekkelijk voor insecten of andere aaseters. De dieren peuzelden enkel aan de vingers van de linker hand en kauwden een klein stuk hoofdhuid weg aan het os temporale, waarvan nog knaagsporen op het bot waren af te leiden. Maar lieten het uitstekende, volledig verdroogde been met rust.

Naast de algemene grafomgeving werd ook onderzoek gevoerd naar adipocerevorming in bepaalde bodemtypes. Uit deze studies blijkt dat adipocere kan ontstaan in alle bodems waar een anaerobe, vochtige omgeving gecreëerd wordt. Toch zijn bodems met een zandige textuur gevoeliger voor de vorming van adipocere, wat veroorzaakt wordt door de sterke drainage van deze bodems. Hierbij dient opgemerkt te worden dat een droge zandbodem eerder zal leiden tot mummificatie, terwijl een vochtige zandbodem leidt tot adipocere, hoewel de processen kunnen samengaan (MANT 1957, p. 33; FORBES et al. 2005b, p. 37, 42-43). Toch staan hiertegenover studies die observeerden dat de vorming van lijkenvet vooral voorkomt in vochtige, zwak drainerende bodems zoals klei (RODRIGUEZ 1997, p. 460; FIEDLER & GRAW

⁵³ Gegevens verkregen van het Koninklijk Meteorologisch Instituut, gebaseerd op metingen van de klimatologische dienst het dichtst bij de begraafplaats van het slachtoffer.

2003, p. 295). Andere onderzoeken benadrukken dat de adipocerevorming afhankelijk is van subtiele verschillen in de minerale samenstelling en de textuur van de bodem (FORBES et al. 2002, p. 229; FIEDLER et al. 2004, p. 565; VANE & TRICK 2005, p. 21-23).

Wanneer we voorgaande onderzoeken vergelijken met deze casus, merken we op dat het lichaam begraven was in een zandige ondergrond die leidde tot een combinatie van mummificatie en adipocere.

Ook bij deze casus stellen we de vraag hoe het lichaam er zou hebben uitgezien na een groter postmortem interval. Uit de literatuur blijkt dat adipocere voor een lange tijd in stand kan worden gehouden en nog honderden jaren na de dood kan blijven bestaan. Toch mag het niet worden gezien als een eindproduct omdat het zelfs na een lange periode, kan vergaan onder invloed van een veranderde grafomgeving (FIEDLER & GRAW 2003, p. 293; FORBES et al. 2005c, p. 45). Om die reden is het onmogelijk het postmortem interval te bepalen van een lichaam met adipocere (JANAWAY 1996, p. 70).

Wij concluderen dat de zandige textuur van deze bodem in combinatie met warme, anaerobe condities vermoedelijk leidde tot adipocerevorming en mummificatie, waardoor de ontbinding werd afgeremd en het lichaam niet meer aantrekkelijk was voor insecten of andere aaseters. Waarschijnlijk werd hier een ideale situatie gecreëerd waarbij subtiele verschillen in minerale samenstelling en textuur van de bodem in combinatie met een ideaal klimaat, leidden tot de vorming van adipocere. De literatuur bevestigt dat de vorming van adipocere bepaald wordt door een combinatie van verschillende site-afhankelijke factoren.

5.7.10. Conclusie

De overzichtstabel (bijlage 7) van de casussen uit de kunstmatige bodems geeft een uiterst gemengde bewaringstoestand weer, gaande van categorie 1 'sterk bot' tot categorie 4 'beendermeel'. Vermoedelijk heeft de verschillende bewaringstoestand te maken met de gemengde bodemsamenstelling die van plaats tot plaats kan verschillen. Ook het bodemgebruik heeft waarschijnlijk een invloed. Graven die worden beschermd door gebouwen zijn vermoedelijk minder onderhevig aan omgevingsinvloeden dan graven uit een kunstmatig aangeplant bos. Wij stellen ons hierbij de vraag of de beschermende werking van bebouwing ook de reden zou kunnen zijn voor de afwezigheid van categorie 6 'keratine en leer' vanwege een, vermoedelijk neutrale zuurgraad van de grond. Heeft bebouwing ook te maken met de afwezigheid van categorie 5 'lijkschaduw' en categorie 7 'volledig vergaan',

doordat het botmateriaal niet kans kreeg volledig te degraderen? Of worden beenderen uit deze categorieën tijdens graaf- of verbouwingwerken niet opgemerkt?

Onderzoek van Jans (2005, p. 35-36) kwam tot de bevinding dat botmateriaal in antropogene bodems tot een goede bewaringstoestand leidt. Toch werd hierbij de kanttekening gemaakt dat de gemiddelde ouderdom van deze vindplaatsen erg jong was en dat vooral dierlijk botmateriaal werd onderzocht. Op die manier kon ook Jans geen conclusie trekken over de bewaring van menselijke resten in kunstmatige bodems. Ze benadrukte wel de neutrale zuurgraad van de door haar onderzochte antropogene bodems.

Opvallend aan voorgaande casussen is de vermelding van broos bot in een vulling van zware polderklei uit de casus van Oostende. Wij zouden verwachten dat polderklei omwille van de fijne textuur leidt tot een betere bewaring. De kleiige bodem van de gewone kistgraven uit Munsterbilzen zorgde dan weer wel voor een goede bewaring. Zijn de eigenschappen van een fijne textuur uit een kleibodem niet hetzelfde in een antropogene bodem? Of waren hier andere mechanismen verantwoordelijk?

Voorts zou de invloed van eik verder moeten onderzocht worden. Ook stellen we ons de vraag welke effecten een sterk vervuilde bodem, zoals een chemische of metaalvervuilde bodem, heeft op de degradatie van botmateriaal na een postmortem interval van enkele honderden jaren.

Wat de recente casussen betreft, sluiten wij ons aan bij de mening van Janaway (1996, p. 69). Hij stelt dat tijdens de initiële decompositie van het zachte weefsel, de lokale bodemomgeving erg belangrijk is. Wanneer het zachte weefsel is vergaan, zal de algemene bodemomgeving belangrijk worden. In de laatste drie casussen merken we inderdaad dat kledij, klimaat en de aanwezigheid van bepaalde meso- en macrofauna bepalend zijn. Wanneer botmateriaal langere tijd in de bodem begraven is, wordt teruggevallen op de algemene bodemchemie zoals zuurstof, textuur, pH en waarschijnlijk ook specifieke vervuilingen, die samen bepalen in hoeverre het botmateriaal zal degraderen. Dit laatste kan echter niet bevestigd worden door het korte postmortem interval van de laatste casussen.

5.8. Besluit

Het hoofddoel van dit onderzoek was na te gaan of er een diachronische constante is tussen de bewaringstoestand van begraven menselijke resten en een bepaald bodemtype in het Vlaamse Gewest. In de overzichtstabel van bijlage 8 werden de casussen geschikt volgens bodemtype. Er werd een rangschikking gemaakt op basis van textuur, gaande van de zandige texturen Z, S en P tot de lemige texturen L en A. Kleiige texturen als E en U kwamen bij de onderzochte sites niet voor. Klei was wel aanwezig in de polderbodems van de kuststreek. Voorts werden de kustduingrond d.B1 en de duingrond uit Binnen-Vlaanderen samen geschikt, gevolgd door de bodems van de kuststreek. Op het einde van de tabel zijn de kunstmatige bodems te vinden. Een volgende rangschikking gebeurde op basis van de natuurlijke draineringsklasse, gaande van droog of zwak gleyig naar matig nat. De andere kolommen geven het postmortem interval weer, de categorieën van de botpreservatie en de bewaring van het hout van eventueel aanwezige kisten.

Uit de tabel blijkt dat de streekindeling geen voorspellende waarde heeft. Eenzelfde streek leidt niet steeds tot dezelfde categorie van bewaringstoestand. We concluderen dat niet de streek, maar het bodemtype van belang is voor de degradatie of preservatie van botresten.

Wanneer we kijken naar de zandige texturen zand (Z.), lemig zand (S.) en licht zandleem (P.) valt op dat, wanneer deze texturen gecombineerd worden met een droge drainering (.b.) of complexe drainering (.A.), ze allen leiden tot een botdegradatie in categorie 5 'lijkschaduw' en eventueel categorie 7 'volledig vergaan'. Dit is af te leiden uit de casussen van Sint-Andries (Molendorp), Varsenare, Ouwen, Engelmanshoven, Lindel, Donk en Broechem. Hieruit besluiten we dat een zandige textuur in combinatie met een droge drainering leidt tot een sterke degradatie van het botmateriaal. Wij vermoeden dat de chemische degradatie in deze bodems de overhand heeft ten gevolge van een lage zuurgraad, al dient dit bevestigd te worden door microscopisch onderzoek.

De profielontwikkeling speelt vermoedelijk geen belangrijke rol, al moet ook hier verder onderzoek naar gebeuren.

De matig droge (.c.) en matig natte (.d.) drainages in de zandige texturen leiden tot de categorieën 3 'broos bot' en 4 'beendermeel'. Dit is af te leiden uit de casussen Sint-Andries (Refuge), Kruishoutem en Meer. Toevallig zijn dit ook jongere sites van ongeveer 170 tot 1100 jaar oud. Wij stellen ons de vraag of de oorzaak van deze bewaringscategorieën ligt in de drainage, of het jonge PMI. Het is mogelijk dat de beenderen uit deze sites uiteindelijk ook zullen leiden tot lijkschaduw en een volledige degradatie na een langer PMI. Toch leren we

uit de pedologie dat een sterkere drainage door uitloging kan leiden tot een zuur milieu. Bij matige drainages is de kans hiertoe minder groot, waardoor het voorkomen van lijkschaduwen of volledige degradatie in deze bodems vermoedelijk ook minder groot is.

Het botmateriaal uit de casus van Zonnebeke met een zandige textuur vertoont een goede bewaring. Hier is sprake van een PMI van 89 jaar. Ook de recente casus Duingrond met een landduin als bodem en PMI van 2 tot 3 jaar, bevat goed bewaard botmateriaal naast de aanwezigheid van zacht weefsel. Wij vermoeden dat de invloed van grondsoort en drainage bij een kort PMI gering is en slechts tot uiting komt na een langere tijdsspanne.

De enige uitzondering op deze stelling is de duingrond uit Koksijde die na 600 tot 900 jaar PMI nog een goede bewaringstoestand van het botmateriaal vertoonde. Maar zoals in de casus reeds werd aangehaald, heeft dit waarschijnlijk te maken met de complexe en beschermende stratigrafie die specifiek was aan de site. Deze casus bewijst dat elke site specifiek in zijn eigen niche moet worden geanalyseerd, waarbij de bodem slechts één van de beïnvloedingsfactoren is.

Wat de preservatie van botresten betreft in de zandlemige bodemtypes (L..) zien we een uiterst gemiddelde bewaring gaande van categorie 2 tot categorie 7. Deze vier sites zijn goed te vergelijken omdat ze allen dezelfde draineringsklasse (.b.) en horizontenopeenvolging (..a) vertonen. Bij de casus uit Beerlegem wordt melding gemaakt van een zeer lage pH, wat de degradatie tot lijkschaduwen, keratine en leer kan verklaren. Een oorzaak voor de gemiddelde bewaringstoestand van de andere drie sites is niet duidelijk. Ze vertonen geen uiteenlopend PMI, en bij de jongste site uit Edegem is de betere categorie 2 'aangetast bot' niet eens te vinden.

Toch is het duidelijk dat beenderen in Zb-bodems geheel leiden tot lijkschaduwen, terwijl het botmateriaal in Lb-bodems, na eenzelfde PMI van gemiddeld 1300 jaar, slechts gedeeltelijk degradeert tot lijkschaduwen en verder nog andere categorieën van bewaring vertoont. Vermoedelijk heeft de gemiddelde bewaringstoestand te maken met het verminderde percentage aan grove textuur in de L-bodems. De Z-bodems bevatten namelijk gemiddeld 90% zand, terwijl de L-bodems slechts uit 30% zand bestaan. De goede natuurlijke drainering (.b.) heeft waarschijnlijk ook een invloed. De goed gedraineerde bodem en het hoog percentage aan zuurstof, bevestigt de degradatie van het hout in deze sites. Hierdoor is het mogelijk dat een deel van de beenderen volledig verging of een lijkschaduw achterliet.

De leembodem (A..) uit Neerhespen die gemiddeld slechts 5% zand bevat, naast 85% silt en 10% klei vertoont een goede bewaringstoestand in de categorieën 1, 2 en 3 na een PMI van

ongeveer 1500 tot 1600 jaar. De kans is groot dat ook dit te maken heeft met de fijnere textuur, al hebben we geen andere Ab-bodems die dit kunnen bevestigen.

In de sites uit de kustbodems werd steeds botmateriaal teruggevonden. De beenderen waren in geen enkele site gereduceerd tot lijkschaduw of volledig gedegradeerd. De oorzaak hiervan ligt waarschijnlijk ook in de fijne klei-textuur van de bodem. Het botmateriaal uit de sites in Plassendale en Dudzele werd erg goed bewaard, vermoedelijk door de aanwezigheid van klei in de kreekruggronden. De beenderen uit de drie sites van Oudenburg zijn broos of gereduceerd tot beendermeel waarbij de oorzaak kan liggen in het breken van de oppervlakkige bedekking van de zware klei zodat het botmateriaal invloed onderging van het Pleistocene zand. Meer onderzoek naar botmateriaal in kustbodems is echter nodig om deze veronderstellingen te bevestigen. Ook zou de kustbodem in verder onderzoek op een andere manier benaderd moeten worden, aangezien het Duinkerken-model volledig is voorbijgestreefd en de kustvlakte eigenlijk niet meer in oudland-, middelland of nieuwlandzones kan worden ingedeeld.

De bewaring van het botmateriaal in de kunstmatige bodems is meestal goed tot broos met in Orsmaal-Gussenhoven de aanwezigheid van beendermeel. Opvallend hierbij is dat de categorieën 5, 6 en 7 niet aanwezig zijn. Wij stellen ons de vraag of dit te maken heeft met de beschermende werking van bebouwing of straataanleg waardoor de ondergrond minder onderhevig is aan invloeden van buitenaf.

Wanneer de zuurgraad wordt geobserveerd, zouden we kunnen afleiden dat een zure bodem steeds leidt tot lijkschaduw, keratine en leer of volledige degradatie. De basische bodems zorgen voor een goede bewaring. Toch moet hiermee voorzichtig worden omgesprongen aangezien de zuurgraad gebaseerd is op een vermoeden (in *Italic*), omdat er slechts in enkele opgravingsverslagen een specifieke vermelding werd over gemaakt.

We willen hierbij nogmaals het voorkomen van keratine en leer benadrukken. Deze categorie mag bij opgravingen niet uit het oog worden verloren omdat het wijst op een heel zure omgeving. Een voorbeeld hiervan is terug te vinden in de casus van Beerlegem uit de zandleemstreek.

Bij de aanvang van dit onderzoek werd ook de vraag gesteld naar het belang van de tijdsperiode van begraving in relatie tot de bewaringstoestand van het botmateriaal. Met andere woorden, leidt een langer postmortem interval tot een minder goede bewaring? Een overzicht van de casussen, geschikt volgens PMI is te vinden in bijlage 9.

De jongste sites uit Zonnebeke, Chemisch vervuilde bodem, Metaal vervuilde bodem, Duingrond en Kunstmatig bos vertonen allen een goede bewaring van het botmateriaal of nog zacht weefsel. Hieruit leiden we af dat de eerste 100 jaar de bodem waarschijnlijk geen grote invloed heeft. Dit bevestigt de stelling van Janaway (1996, p. 69) dat tijdens de initiële decompositie de lokale grafomgeving bepalend is en pas later de algemene bodem, namelijk het bodemtype, van invloed zal zijn.

Vanaf een PMI van meer dan 100 jaar komen alle categorieën van bewaring voor. De stelling “hoe brozer de beenderen, hoe ouder”, is dus niet van toepassing. Zo is bijvoorbeeld waar te nemen dat in Plassendale, Tongeren of Neerhespen de beenderen nog een goede bewaringstoestand kunnen vertonen na een PMI van meer dan 1500 jaar.

Toch dient een opmerking gemaakt te worden omtrent de indeling in categorie 1 ‘sterk bot’ en categorie 2 ‘aangetast bot’. In de onderzoeksmethodiek van deze verhandeling werd aangegeven dat beenderen uit categorie 1 geen sporen van vertering, planten of dieren vertonen, terwijl botmateriaal uit categorie 2 hier wel in lichte mate door is aangetast. Toch bevatten beide categorieën sterk en hard bot. Het was echter niet eenvoudig een onderscheid te maken tussen deze twee categorieën op basis van de opgravingsverslagen, waardoor categorie 1 en 2 regelmatig samen voorkomen.

De casestudies waarvan de diepte gekend is, zijn geschikt in bijlage 10. Opmerkelijk was dat de diepte niet met regelmaat vermeld werd in de opgravingsverslagen.

In de literatuur is terug te vinden dat hoe dieper een lichaam begraven is, hoe beter het bewaard zal zijn (cf. p. 64-65). Dit is echter niet uit dit thesisonderzoek af te leiden. Zo vinden we bij de diepste begravingen zoals in Ouwen, Koksijde en Beerlegem zowel lijkschaduw als goed bewaard botmateriaal terug. Hetzelfde geldt voor de ondiepe begravingen.

Toch dient bij deze conclusies een kanttekening geplaatst te worden. Dit onderzoek was niet nauwkeurig genoeg om afleidingen te maken over de diepte. Naast de diepte zou de grondwatertafel ook een rol spelen. Beenderen en hout die zich constant onder de grondwatertafel bevinden, blijven meestal goed bewaard. Specifiek onderzoek naar de diepte en grondwatertafel dient in de toekomst te gebeuren, waarbij graven van verschillende dieptes uit eenzelfde bodem moeten vergeleken worden.

De aanwezigheid van een kist in relatie tot de categorie van botpreservatie, werd niet in een aparte tabel weergegeven omdat in veel sites zowel begravingen met als zonder kist voorkwamen. Toch kan uit bijlage 8 worden afgeleid dat een kist waarschijnlijk geen invloed heeft op de bewaringstoestand van de botresten, aangezien de kist zelf mee degradeert. Zo zien we dat in de meeste sites het hout van de kisten was vergaan. We sluiten ons aan bij Henderson (1987, p. 51) die stelt dat de kist de ontbindingssnelheid hoogstens kan afremmen, maar niet als significante factor kan worden aanzien voor de preservatie van menselijke resten. Bij de jongste inhumaties met een PMI van minder dan 100 jaren, bleken geen kisten aanwezig te zijn die het afremmen van de ontbinding zouden kunnen bevestigen. Wel blijkt uit de site Duingrond dat de aanwezigheid van kledij eveneens een afremmend effect kan teweeg brengen.

Dat het hout van de kisten in de meeste situaties degradeert, is ook opmerkelijk en lijkt verbonden te zijn met de aanwezigheid van zuurstof en vocht. Enkel in anaeorbe situaties, als onder water, heeft het hout de meeste kans op preservatie. Dit zien we in de sites van Beerlegem en Oudenburg 1.

Bijlage 11 geeft de overzichtstabel van de botpreservatie per oriëntering van de graven weer. Hoewel met deze samenvatting voorzichtig moet worden omgegaan omdat niet bij elke site exact geweten is welke oriëntering welke botpreservatie opleverde, leiden we af dat de oriëntatie vermoedelijk niets te maken heeft met de bewaring van de beenderen.

Vervolgens leren we uit de studie van de casussen dat de aanwezigheid van materiële cultuur geen grootschalige invloed zal hebben op de bewaring van het botmateriaal. Toch zagen we dat kleine restjes organisch materiaal kunnen bewaard blijven bij een contact met een geassocieerd metalen voorwerp. Deze elementen werden MPO's genoemd, *Mineral Preserved Organics*.

Over de invloed van trauma's op de bewaringstoestand kan geen conclusie worden getrokken vanwege het ontbreken van trauma's in de meeste van de graven. Enkel uit de casus van Oostende leren we dat pathologische afwijkingen ten gevolge van povere levensomstandigheden brozer botmateriaal tot gevolg heeft. Gedetailleerde studie over de invloed van trauma's op de bewaringstoestand van beenderen zou in de toekomst moeten plaatsvinden.

Samenvattend besluiten wij uit dit onderzoek dat het bodemtype, meer bepaald de grondsoort en de draineringsklasse, wel degelijk een invloed heeft op de kwalitatieve bewaringstoestand van begraven botmateriaal na een PMI van minstens 100 jaar. De zuurgraad speelt ook een rol. Hierdoor vermoeden we dat het mogelijk kan zijn voorspellingen te doen over het preservatiepotentieel van een bepaalde site.

De tijdsperiode, de diepte, de aanwezigheid van een kist, de oriëntering van de graven en de materiële cultuur, hebben in deze studie geen duidelijke invloed op de macroscopische bewaringstoestand van menselijke resten. Toch moet met deze resultaten kritisch worden omgesprongen, aangezien ze gebaseerd zijn op secundaire bronnen, namelijk de opgravingsverslagen. Het is eveneens goed mogelijk dat microscopisch onderzoek andere resultaten oplevert.

6. TOEKOMSTPERSPECTIEVEN IN HET ONDERZOEK NAAR DE DEGRADATIE EN PRESERVATIE VAN BEGRAVEN MENSELIJKE RESTEN

Dit onderzoek is bedoeld als een voorstudie voor verder en meer gedetailleerde research omtrent de degradatie en preservatie van begraven menselijke resten in bepaalde bodemtypes. Ondanks de beperkingen van deze studie, kon worden afgeleid dat het bodemtype een belangrijke rol speelt op gebied van de bewaringstoestand van botmateriaal bij begravingen op lange termijn. Dit positieve resultaat benadrukt de noodzaak aan verder onderzoek. Toch is een studie op macroniveau echter niet voldoende. In de toekomst dient uitgebreid microscopisch onderzoek op botstalen te gebeuren, om de exacte degradatiemechanismen specifiek aan elk bodemtype, te achterhalen.

Daarnaast is onderzoek nodig naar de degradatie van begraven botmateriaal in antropogene en vervuilde bodems. Heeft een verhoogde concentratie aan fosfaten een invloed op de degradatie van beenderen? Ook moet het verschil in microscopische degradatie achterhaald worden tussen verstoorde en onverstoorde graven.

Elke begraving bestaat uit zijn eigen specifieke niche. Er dient gedetailleerde studie te gebeuren binnen eenzelfde grafomgeving tijdens het onder controle houden van bepaalde parameters. Speelt de diepte van de begraving toch een rol? Wat is de gedetailleerde invloed van de grondwatertafel? Kan op microscopisch niveau worden achterhaald of specifieke houtsoorten zoals eik door het looizuur een andere invloed hebben op de bewaringstoestand van botmateriaal?

In de toekomst is het ook belangrijk na te gaan of de aanwezigheid van synthetisch materiaal bij begraving een rol speelt. Verder zou het interessant zijn de invloed van kalk op de bewaringstoestand van botmateriaal dieper te bestuderen.

Na het lezen van vele opgravingsverslagen stellen wij vast dat noch de kwalitatieve, noch de kwantitatieve bewaringstoestand van het botmateriaal veel aan bod komt. De kwantitatieve beschrijving van de bewaringstoestand komt vooral voor in antropologische verslagen.

Naar de toekomst toe, raden wij archeologen aan hierin een duidelijk onderscheid te maken. Niet alleen de hoeveelheid van een overblijvend skelet geeft interessante informatie, ook de kwaliteit van dit resterende botmateriaal dient beschreven te worden. Hetzelfde geldt voor fysisch antropologisch onderzoek, al stellen wij vast dat vooral de beenderen uit de

categorieën 1 'sterk bot', 2 'aangetast bot' en sporadisch uit categorie 3 'broos bot', het antropologische labo bereiken. De andere categorieën zijn te vergankelijk voor transport.

Indien consequent de kwaliteit van het opgegraven botmateriaal per graf en per bot, beschreven wordt, kan zelfs op macroscopisch niveau gedetailleerde studie naar de specifieke grafomgeving worden uitgevoerd. Maar ook voor de lezer van deze verslagen, is het belangrijk de kwalitatieve bewaringstoestand van het botmateriaal te laten weten. Op die manier krijgt niet alleen de onderzoeker, maar ook een breder publiek, de kans afleidingen over de grafomgeving te maken.

De moderne archeologie is een interdisciplinaire samenwerking geworden tussen de sociale en de exacte wetenschappen. Het beantwoorden van openstaande onderzoeksvragen kan enkel gebeuren vanuit een samenwerking tussen de geologische, pedologische, microbiologische, forensische en archeologische wetenschappen. De toekomst van het onderzoek naar degradatie en preservatie van begraven menselijke resten ligt in deze integratie.

Casusnummer
Archeoloog / Verantwoordelijke
Plaats
Lambertcoördinaten
Jaar van de opgraving
Postmortem Interval
Periode

Preservation zacht weefsel

Goed
Matig
Slecht

Botpreservatie

1. Sterk Bot
2. Aangetast Bot
3. Broos Bot
4. Beendermeel
5. Lijkschaduw
6. Keratine en Leer
7. Volledig vergaan

Adipocerevorming

Afwezig
Minimaal
Veel

Bodem

pH

Aantal graven

Oriëntering graf

Diepte van begraving

Oppervlakte
Minder dan 2 meter
Meer dan 2 meter

Bedekking van de begraving

Geen
Kledij: beschrijf.
Kist welk materiaal?
Andere

Trauma's

Materiële cultuur

Opmerkingen

Bijlage 2: Overzichtstabel casussen zandstreek

Casus	Sint-Andries (Molendorp)	Broechem	Sint-Gillis-bij-Dendermonde	Varsenare	Edegem	Sint-Andries (Refuge)
	Brugge - West-Vlaanderen	Antwerpen	Dendermonde - Oost-Vlaanderen	Jabbeke - West-Vlaanderen	Antwerpen	Brugge - West-Vlaanderen
Lambertcoördinaten						
	X 66002.72	165492.13	129979.02	64905.32	156109.37	67548.67
	Y 210308.39	207722.99	190689.88	209888.55	204779.08	211050.36
Periode	Romeins of later	Merovingisch (6de-7de eeuw)	Vroegchristelijk (7de-8ste eeuw)	Vroege middeleeuwen (=5de-10de eeuw)	Volle middeleeuwen (10de-12de eeuw)	Post-middeleeuwen (16e-17de eeuw)
Postmortem Interval	ongeveer 2000 jaar of minder	ongeveer 1300-1500 jaar	ong. 1200-1400 jaar	ong. 1000-1600 jaar	ong. 800-1100 jaar	ong. 300-500 jaar
Preservation zacht weefsel	neen	neen	neen	neen	neen	neen
Botpreservatie	categorie 5: lijkschaduw (met email) en/of categorie 7: volledig vergaan	cat. 5: lijkschaduw (met email) en/of cat. 7: volledig vergaan	cat. 2: aangetast bot , cat. 3: broos bot , cat. 5: lijkschaduw en cat. 7: volledig vergaan	cat. 5: lijkschaduw (met email) en/of cat. 7: volledig vergaan	cat. 5: lijkschaduw , cat. 4: beendermeel en cat. 3: broos bot	cat. 3: broos bot en cat. 4: beendermeel
Adipocerevorming	/	/	/	/	/	/
Bodem						
Streek	ZS	ZS	ZS	ZS	ZS	ZS
Code	ZbG	Pbey	Lbaz	ZbG	w-Lba	ZdG
Layer	Droog zand	Droge zandleem	Droge zandleem	Droog zand	Droge zandleem	Vochtig zand
Naam	Droge zandgrond met overwegend verbokkelende humus en/of ijzer B-horizont	Droge, lichte zandleemgrond met een verbrokkelde textuur B horizont	Droge zandleemgrond met textuur B horizont	Droge zandgrond met overwegend verbokkelende humus en/of ijzer B-horizont	Droge zandleemgrond met textuur B horizont	Matig natte zandgrond met verbrokkelde humus en/of ijzer B horizont
pH	Vermoedelijk heel laag door te sterke drainage van de zandgrond	Lage pH door te sterke drainage en hoge bemesting in het verleden	/	Vermoedelijk heel laag door te sterke drainage van de zandgrond	/	/
Aantal graven	3 structuren	195 inhumaties	3 graven	5 structuren	22 structuren	1 inhumatie

Oriëntering graf	WO	OW & NZ	WO	1 NZ / 4 OW	1 NZ / 21 OW	/
Diepte van begraving	/	Tussen 97 cm en 154 cm	bodem op 160 cm	/	> 100 cm, kindergraven iets minder diep	40 à 50 cm
Bedekking van de begraving:						
Kledij	/	/	Vermoedelijk wel, niet bewaard	/	/	Geen kledij
Kist	Geen sporen meer van mogelijke bekisting	Ja, soms op dwarsbalken	2 houten kisten en 1 gemetseld graf zonder kist	4 vd 5 structuren vertonen sporen van houten bekisting	7 rechthoekige graven met resten van een houten kist, 12 rechthoekige graven zonder kist, 2 trapeziumvormige graven zonder kist, 1 antropomorf graf	Houten kist
Toestand materiaal kist	Hout volledig vergaan of niet aanwezig geweest?	Hout volledig vergaan	Houten kisten volledig vergaan	Hout volledig vergaan	Hout volledig vergaan	Hout in slechte conditie
Andere	/	Ook paardengraven	/	/	/	/
Trauma's	/	/	/	/	/	/
Materiële cultuur	/	Aardewerk, metaal, munten, glazen beker, glaspasta	1 mantelspeld	Niets gevonden	Geen grafgiften	Geen grafgiften
Opmerkingen	/	Plunderkuilen	/	/	Had mergelontginning invloed op de bewaringstoestand?	Archeologisch materiaal vermoedelijk onderhevig aan wisselende grondwatertafel

Bijlage 3: Overzichtstabel casussen Kempen

Casus	Lindel	Ouwen	Meer	Duingrond
	Overpelt - Limburg	Grobbendonk - Antwerpen	Hoogstraten - Antwerpen	Antwerpen
Lambertcoördinaten				
	X 222486.09	175274.44	174558.63	XXXXXX.XX
	Y 210387.05	209929.38	238600.88	XXXXXX.XX
Periode	Merovingisch (600-700 n. Chr.)	Merovingisch (2de helft 7de eeuw)	18de eeuw (1750-1830)	21ste eeuw
Postmortem Interval	ongeveer 1300-1400 jaar	ong. 1300-1350 jaar	ong. 170-250 jaar	ong. 2-3 jaar
Preservation zacht weefsel	/	/	/	ja, daar waar kledij zat
Botpreservatie	categorie 5: lijkschaduw	categorie 5: lijkschaduw	Tussen categorie 3: broos bot en categorie 4: beendermeel	lichaamsdelen zonder kledij geskeletteerd tot cat. 1: sterk bot en cat. 2: aangetast bot .
Adipocerevorming	/	/	/	/
Bodem				
	Streek K	K	K	K
	Code Sbpo(o)	Zbmy	Scm	X
	Layer Droog zand	Droog zand antr.	Vochtig zand ant	Duingrond
	Naam Droge grond op lemig zand zonder profielontwikkeling	Droge zandgrond met diepe antropogene humus A horizont	Matig droge lemige zandgrond met diepe antropogene humus A horizont	Landduin
pH	vermoedelijk laag	/	/	/
Aantal graven	20-tal graven	meerdere graven, aantal niet gekend	1 inhumatie	1 inhumatie

Oriëntering graf	NZ / ZN / WO	OW	ZWNO	/
Diepte van begraafing	/	vrij diep tot op 260 cm diepte	spoor tot 45 cm diepte bewaard	50 centimeter
Bedekking van de begraafing:				
Kledij	Vermoedelijk wel, vergaan	/	Enkel sporen van overjas (knopen en MPO's)	2 T-shirts, boxershort, jeans, sokken
Kist	Houten kisten	Graven met kist, zonder kist en antropogene graven	Geen spoor van kist	Geen kist
Toestand materiaal kist	Volledig vergaan	Vergaan tot afschaduwing	/	/
Andere	Stukjes bewaard weefsel	/	/	/
Trauma's	/	/	/	steek- en schotwonden
Materiële cultuur	Wapens, persoonlijke opsmuk en keramiek	Aardewerk, wapens, persoonlijke opsmuk	Niets	/
Opmerkingen	Aanwezigheid van MPO's	/	Aanwezigheid van MPO's / Secundaire vergraving of verzakking	Hoe degradatie synthetische kledij op lange termijn?

Bijlage 4: Overzichtstabel casussen zandleemstreek

Casus	Donk	Erps-Kwerps	Beerlegem	Kruishoutem	Zonnebeke
	Herk-De-Stad - Limburg	Kortenberg - Vlaams-Brabant	Zwalm - Oost-Vlaanderen	Oost-Vlaanderen	West-Vlaanderen
Lambertcoördinaten					
	X 203122.07	164195.69	104617.23	90748.63	50800.00
	Y 182354.94	177930.52	178008.77	176213.42	172800.00
Periode	Romeins (2de helft 2de eeuw tot 3de eeuw)	Merovingisch (eind 6de - begin 8ste eeuw)	Merovingisch (eind 6de - 7de eeuw)	2 fases uit volle en late middeleeuwen (=10de tot 15de eeuw)	Tussen 22 en 30 september 1917 (WOI)
Postmortem Interval	ongeveer 1700-1850 jaar	ong. 1300-1400 jaar	ong. 1300-1400 jaar	ong. 500-1100 jaar	89 jaar
Preservation zacht weefsel	/	/	/	/	/
Botpreservatie	cat. 5: lijkschaduw	cat. 2: aangetast bot en cat. 3: broos bot	cat. 5: lijkschaduw en cat. 6: keratine	cat. 2: aangetast bot , cat. 3: broos bot en cat. 4: beendermeel	cat. 1: sterk bot en cat. 2: aangetast bot
Adipocerevorming	/	/	/		/
Bodem					
	Streek ZLS	ZLS	ZLS	ZLS	ZLS
	Code Sbm	Lba0	Lba	Scc	s-PDx
	Layer Droog zand antr	Droge zandleem	Droge zandleem	Vochtig zand	Vochtig zandleem
	Naam Droge lemige zandgrond met diepe antropogene humus A horizont	Droge zandleemgrond met textuur B horizont	Droge zandleemgrond met textuur B horizont	Matig droge lemige zandgrond met verbrokkelde textuur B horizont	Matig droge en matig natte lichte zandleemgrond met niet bepaalde profielontwikkeling
pH	vermoedelijk laag	vermoedelijk neutraal	heel laag	vermoedelijk gemiddelde zuurgraad	/
Aantal graven	2 inhumaties	39 graven	149 graven	ongeveer 250 graven	5 begravingen

Oriëntering graf	/	ZWNO	ZWNO	OW en NOZW	/
Diepte van begraving	/	Door erosie soms slechts enkele centimeters	160-180 cm / houten grafkamer op 210 cm	/	ongeveer 100 cm
Bedekking van de begraving:	Kuil met kist	Kuil met kist / Kuil met zijwanden puin en kist / Gemetseld graf / Kuil met dwarsbalken	Meestal kuil met houten kist en dwarsbalken. 1 graf had houten grafkamer	Meestal kuil zonder kist, enkelen hadden een kist	4 slachtoffers gewikkeld in dekens, 1 in een grondzeil, allen dichtgebonden met koperdraad
	Kledij	Vermoedelijk wel, geen resten. Wel resten bespijkerde zolen	Vermoedelijk wel, geen resten	Enkele weefselfragmenten	/
	Kist	Ja, in hout	Ja, in hout	Ja, in hout	soms houten kisten
Toestand materiaal kist	Houten kist vergaan	Houten kist vergaan	Volledig vergaan met uitzondering van bodem grafkamer	Houten kisten volledig vergaan	Nee
Andere	/	/	/	/	/
Trauma's	/	1 vrouw vermoedelijk gewurgd	/	/	<i>Forensisch onderzoek niet vrijgegeven</i>
Materiële cultuur	1 graf: schotel, bekertje; andere graf: niets.	In 8 graven grafgiften	Metalen voorwerpen, kralen	Bijna geen grafgiften	Weinig; 2 verbandpakjes, potlood, zakmes, penmes
Opmerkingen	/	/	Aanwezigheid van MPO's en bewaring textielresten door zure omgeving	Vondst van een foetaal botje?	/

Casus	Neerhespen	Engelmanshoven
Lambertcoördinaten	Linter - Vlaams-Brabant	Sint-Truiden - Limburg
	X 197585.91	213146.29
	Y 164766.24	162862.74
Periode	Frankisch (5de eeuw)	Merovingisch (vooral 6de eeuw)
Postmortem Interval	ongeveer 1500-1600 jaar	ong. 1400-1500 jaar
Preservation zacht weefsel	/	/
Botpreservatie	categorie 1: sterk bot , cat. 2: aangetast bot en cat. 3: broos bot	sporadisch categorie 4: beendermeel , vooral cat. 5: lijkschaduw en/of cat. 7: volledig vergaan
Adipocerevorming	/	/
Bodem		
	Streek LS	LS
	Code Aba1	SAX
	Layer Droge leem	Droog zand
	Naam Droge leemgrond met textuur B horizont	Droge tot matig natte lemige zandgrond met niet bepaalde profielontwikkeling
pH	Kalkrijke ondergrond: vermoedelijk hoge pH	vermoedelijk laag
Aantal graven	/	60 graven
Oriëntering graf	ZWNO	ZWNO
Diepte van begraving	/	gemiddeld 148 cm
Bedekking van de begraving:		
	Kledij /	vermoedelijk wel
	Kist neen, komvormige kuilen	1/3de had zeker een houten kist.
Toestand materiaal kist	/	Hout van de kisten volledig vergaan
Andere	/	/
Trauma's	/	/
Materiële cultuur	Geplunderd. Nog enkele bronzen en ijzeren voorwerpen	Vaatwerk, wapens, sieraden, gespen, riemen en gebruiksvoorwerpen
Opmerkingen	Onrespectvolle grafrovers of colluvium?	/

Bijlage 6: Overzichtstabel casussen kuststreek

Casus	Plassendale	Oudenburg 1	Oudenburg 2	Oudenburg 3	Dudzele	Koksijde
	Zandvoorde - West-Vlaanderen	West-Vlaanderen	West-Vlaanderen	West-Vlaanderen	Brugge - West-Vlaanderen	West-Vlaanderen
		Millebeek	Verkaveling Groeningestraat/Hoveniersstraat	Goede Boterstraat		
Lambertcoördinaten						
	X 53250.51	54896.96	54726.18	54159.42	68300.00	28331.63
	Y 211832.81	208854.15	208753.46	208842.79	218350.00	201426.93
Periode	Romeins (2de-3de eeuw)	Hoge Keizerrijk (=70-270 na Chr.)	Hoge Keizerrijk (=70-270 na Chr.)	Einde 3de-begin 4de eeuw	Middeleeuwen (7e-9de eeuw)	Middeleeuwen (12de-14de eeuw)
Postmortem Interval	ongeveer 1700-1900 jaar	ong. 1730-1930 jaar	ong. 1730-1930 jaar	ong. 1650-1700 jaar	ong. 1100-1400 jaar	ong. 600-900 jaar
Preservation zacht weefsel	/	/	/	/	/	/
Botpreservatie	cat. 1: sterk bot en cat. 2: aangetast bot	cat. 3: broos bot en cat. 4: beendermeel	cat. 3: broos bot en cat. 4: beendermeel	cat. 3: broos bot en cat. 4: beendermeel	cat. 1: sterk bot en cat. 2: aangetast bot	cat. 1: sterk bot en cat. 2: aangetast bot
Adipocerevorming	/	/	/	/	/	/
Bodem						
	Streek POLO (Oudlandpolders)	POLO (Oudlandpolders)	POLO (Oudlandpolders)	POLO (Oudlandpolders)	POLM (Middellandpolders)	DUIN
	Code m.A2	m.P2	m.P2	m.P2	m.DI4	d.B1
	Layer Kreekrug	Overdekt pleistoceen	Overdekt pleistoceen	Overdekt pleistoceen	Kreekrug	Kustduingrond
	Naam Kreekruggrond met slibhoudend zand tot klei.	Gebroken poldermateriaal op pleistoceen zand	Gebroken poldermateriaal op pleistoceen zand	Gebroken poldermateriaal op pleistoceen zand	Overdekte kreekruggronden. Middelland materiaal over oudland kreekrugmateriaal	Kustduingrond van serie B, droge duin.

pH	/	/	/	/	Kalkhoudend, dus basische condities	/
Aantal graven	2 inhumaties	4 of 5 inhumaties	10tal inhumaties	3 inhumaties	minimum 3 individuen	meer dan 1000
Oriëntering graf	/	geen vaste oriëntering	geen vaste oriëntering	OW	/	WO & ZONW
Diepte van begraving	/	4 minder dan 100 cm, 1 dieper dan 100 cm	/	/	/	tot meer dan 200 cm
Bedekking van de begraving:					In kuil	Meestal kist
Kledij	/	/	/	/	/	/
Kist	Geen kist	Diepste graf in houten kist	Zelden resten van een houten kist	/	/	Hout
Toestand materiaal kist	/	Slechts enkele houtresten bewaard onder de grondwatertafel	Indien kist, slechts resten van het hout bewaard	/	/	Houten kisten vergaan
Andere	/	/	/	/	/	/
Trauma's	/	/	/	/	/	/
Materiële cultuur	Geen	Ontbreken van grafgiften, slechts 1 gecorrodeerde armband	Geen grafgiften, slechts 1 inhumatie resten van 2 gecorrodeerde armbanden	Cerameik	/	Arm aan grafgiften
Opmerkingen	/	1 inhumatie onder de grondwatertafel beter bewaard	Paardengraf en inhumatie in een kleig spoor beter bewaard	/	Waarschijnlijk secundaire begraving	Complexe stratigrafie

Bijlage 7: Overzichtstabel casussen kunstmatige bodem

Casus	Tongeren	Orsmaal-Gussenhoven	Munsterbilzen	Boekhoute	Oostende	Chemisch vervuilde bodem	Metaal vervuilde bodem	Kunstmatig bos
Lambertcoördinaten	Limburg	Linter - Vlaams-Brabant	Bilzen - Limburg	Assenede - Oost-Vlaanderen	West-Vlaanderen	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
	X 227859.32	199243.44	231458.34	104682.49	48793.33	XXXXXX.XX	XXXXXX.XX	XXXXXX.XX
	Y 164173.81	166447.53	176061.47	216939.61	214653.12	XXXXXX.XX	XXXXXX.XX	XXXXXX.XX
Periode	Laatromeins (4de eeuw- begin 5de eeuw)	Merovingisch (6de eeuw-begin 5de eeuw)	Vroege en volle middeleeuwen (700 - 12de eeuw)	15de eeuw of jonger	begin 17de eeuw en begin 18de eeuw	21ste eeuw	21ste eeuw	21ste eeuw
Postmortem Interval	ong. 1600-1700 jaar	ong. 1400-1500 jaar	ong. 1300-1600 jaar	ong. 100-600 jaar	ong. 300 - 400 jaar	7 jaar	7 jaar	9 maanden
Preservation zacht weefsel	/	/	/	/	/	/	/	zacht weefsel bewaard
Botpreservatie	cat. 1: sterk bot , cat. 2: aangetast bot en cat. 3: broos bot	categorie 2: aangetast bot , cat. 3: broos bot en cat. 4: beendermeel	cat. 1: sterk bot , cat. 2: aangetast bot en cat. 3: broos bot	cat. 3: broos bot	cat. 2: aangetast bot en cat. 3 broos bot	cat. 1: sterk bot en cat. 2: aangetast bot	cat. 1: sterk bot en cat. 2: aangetast bot	bot beschermd door zacht weefsel
Adipocerevorming	/	/	/	/	/	/	/	adipocere en mummificatie
Bodem								
	Streek KUNST	KUNST	KUNST	KUNST	KUNST	KUNST	KUNST	KUNST
	Code OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB	OB
	Layer Antropogeen	Antropogeen	Antropogeen	Antropogeen	Antropogeen	Antropogeen	Antropogeen	Antropogeen
	Naam Kunstmatige bodem, bebouwde zone	Kunstmatige bodem, bebouwde zone	Kunstmatige bodem, bebouwde zone	Kunstmatige bodem, bebouwde zone	Kunstmatige bodem, bebouwde zone	Kunstmatige bodem, bebouwde zone	Kunstmatige bodem, bebouwde zone	Kunstmatige bodem, bebouwde zone
pH	/	/	/	/	/	/	/	/
Aantal graven	6 graven	20-tal graven	68 graven	1 inhumatie	62 individuen	1 inhumatie	1 inhumatie	1 inhumatie

Oriëntering graf	WO	ZWNO en WO	ZWNO en WO	/	ZW, NW, OW, WO en WN	/	/	/
Diepte van begraving	/	100 tot 120 cm	vlak 1 = 40 cm, vlak 2 = 120-140cm	minder dan 100 cm	Boven de grondwatertafel	70 cm	100 cm	15 tot 20 cm
Bedekking van de begraving								
Kledij	/	/	/	/	Vermoedelijk naakt begraven of in een stuk textiel. Slechts 1 metalen knoop gevonden	T-shirt, kousen, bottinnen en lederen riem bewaard, van jeans slechts flarden over.	Beha, onderbroek, jeans, flarden van t-shirt, sportkousen en leren bottinnen.	Naakt begraven
Kist	5 graven met houten kist	Meestal houten kist	Zonder kist, houten kistgraven en eikenhouten boomstamkistgraven	Geen kist	Soms houten kisten of draagberries	Geen kist	Geen kist	Geen kist
Toestand materiaal kist	Hout bijna volledig vergaan	Houten kisten vergaan	Eiken bodem boomstamkisten goed bewaard, hout andere kisten goed bewaard wanneer niet verstoord	/	Slechts sporadisch resten van hout bewaard	/	/	/
Andere	/	/	/	/	Pathologische afwijkingen die verwijzen naar povere levensomstandigheden	/	/	/
Trauma's	/	/	/	/	/	3 schotwonden	Messteken	Geen zichtbare trauma's
Materiële cultuur	Bijna geen grafgiften	Aardewerk, bronzen en ijzeren voorwerpen, kralen	Geen grafgiften	Geen grafgiften	Geen grafgiften. 1 musketkogel	Geen grafgiften	Sleutels, oor- en neusringen	Geen grafgiften
Opmerkingen	Garages op gebouwd	/	Veel verstoringen	In historisch dijklichaam	/	/	/	/

Bijlage 8: Overzichtstabel per bodemtype

Casus	Bodemtype	Streek	PMI: jaren	Botpreservatie: categorie	pH	Houtpreservatie
Sint-Andries (Molendorp)	ZbG	ZS	<2000	5 & 7	<i>laag</i>	hout volledig vergaan?
Varsenare	ZbG	ZS	1000-1600	5 & 7	<i>laag</i>	hout volledig vergaan
Ouwen	Zbmy	K	1300-1350	5	/	hout volledig vergaan
Sint-Andries (Refuge)	ZdG	ZS	300-500	3 & 4	/	hout in slechte conditie
Engelmanshoven	SAx	LS	1400-1500	5 & 7	<i>laag</i>	hout volledig vergaan
Lindel	Sbpo(0)	K	1300-1400	5	<i>laag</i>	hout volledig vergaan
Donk	Sbm	ZLS	1700-1850	5	<i>laag</i>	hout volledig vergaan
Kruishoutem	Scs	ZLS	500-1100	2, 3 & 4	<i>neutraal</i>	hout volledig vergaan
Meer	Scm	K	170-250	3 & 4	/	/
Broechem	Pbcy	ZS	1300-1500	5 & 7	<i>laag</i>	hout volledig vergaan
Zonnebeke	s-PDx	ZLS	89	1 & 2	/	/
Beerlegem	Lba	ZLS	1300-1400	5 & 6	<i>laag</i>	hout volledig vergaan, behalve gedeelte onder water
Erps-Kwerps	Lba0	ZLS	1300-1400	2 & 3	<i>neutraal</i>	hout volledig vergaan
Sint-Gillis-bij-Dendermonde	Lbaz	ZS	1200-1400	2, 3, 5 & 7	/	hout volledig vergaan
Edegem	w-Lba	ZS	800-1100	3, 4 & 5	/	hout volledig vergaan
Neerhespen	Aba1	LS	1500-1600	1, 2 & 3	<i>basisch</i>	/
Duingrond	X	K	2 of 3	1 & 2 + zacht weefsel	/	/
Koksijde	d.B1	DUIN	600-900	1 & 2	/	hout volledig vergaan

Plassendale	m.A2	POLO	1700-1900	1 & 2	/	/
Oudenburg 1	m.P2	POLO	1730-1930	3 & 4	/	houtresten onder grondwatertafel
Oudenburg 2	m.P2	POLO	1730-1930	3 & 4	/	enkele houtresten bewaard
Oudenburg 3	m.P2	POLO	1650-1700	3 & 4	/	/
Dudzele	m.DI4	POLM	1100-1400	1 & 2	basisch	/
Tongeren	OB	KUNST	1600-1700	1, 2 & 3	/	hout bijna volledig vergaan
Orsmaal-Gussenhoven	OB	KUNST	1400-1500	2, 3 & 4	/	hout volledig vergaan
Munsterbilzen	OB	KUNST	1300-1600	1, 2 & 3	/	gemengde bewaring hout
Boekhoute	OB	KUNST	100-600	3	/	/
Oostende	OB	KUNST	300-400	2 & 3	/	sporadisch resten van hout
Chemisch vervuilde bodem	OB	KUNST	7	1 & 2	/	/
Metaal vervuilde bodem	OB	KUNST	7	1 & 2	/	/
Kunstmatig bos	OB	KUNST	9 maanden	zacht weefsel / adipocere	/	/

Casus	PMI: jaren	Botpreservatie: categorie
Sint-Andries (Molendorp)	<2000	5 & 7
Oudenburg 1	1730-1930	3 & 4
Oudenburg 2	1730-1930	3 & 4
Plassendale	1700-1900	1 & 2
Donk	1700-1850	5
Oudenburg 3	1650-1700	3 & 4
Tongeren	1600-1700	1, 2 & 3
Neerhespen	1500-1600	1, 2 & 3
Munsterbilzen	1300-1600	1, 2 & 3
Varsenare	1000-1600	5 & 7
Engelmanshoven	1400-1500	5 & 7
Orsmaal-Gussenhoven	1400-1500	2, 3 & 4
Broechem	1300-1500	5 & 7
Lindel	1300-1400	5
Beerlegem	1300-1400	5 & 6
Erps-Kwerps	1300-1400	2 & 3
Sint-Gillis-bij-Dendermonde	1200-1400	2, 3, 5 & 7
Dudzele	1100-1400	1 & 2
Ouwen	1300-1350	5
Edegem	800-1100	3, 4 & 5
Kruishoutem	500-1100	2, 3 & 4
Koksijde	600-900	1 & 2
Boekhoute	100-600	3
Sint-Andries (Refuge)	300-500	3 & 4
Oostende	300-400	2 & 3
Meer	170-250	3 & 4
Zonnebeke	89	1 & 2
Chemisch vervuilde bodem	7	1 & 2
Metaal vervuilde bodem	7	1 & 2
Duingrond	2 of 3	1 & 2 + zacht weefsel
Kunstmatig bos	9 maanden	zacht weefsel + adipocere

Casus	Diepte: centimeter	Botpreservatie: categorie
Ouwen	tot 260	5
Koksijde	> 200	1 & 2
Beerlegem	160 - 210	5 & 6
Sint-Gillis-bij-Dendermonde	160	2, 3, 5 & 7
Engelmanshoven	148	5 & 7
Orsmaal-Gussenhoven	100-120	2, 3 & 4
Broechem	97-154	5 & 7
Munsterbilzen	40-140	1, 2 & 3
Edegem	> 100	3, 4 & 5
Zonnebeke	100	1 & 2
Metaal vervuilde bodem	100	1 & 2
Oudenburg 1	< 100	3 & 4
Boekhoute	< 100	3
Chemisch vervuilde bodem	70	1 & 2
Duingrond	50	1 & 2 + zacht weefsel
Meer	45	3 & 4
Kunstmatig bos	15-20	zacht weefsel + adipocere

Casus	Overheersende oriëntering: hoofd-voeten	Botpreservatie: categorie
Sint-Andries (Molendorp)	WO	5 & 7
Sint-Gillis-bij-Dendermonde	WO	2, 3, 5 & 7
Lindel	WO	5
Koksijde	WO	1 & 2
Tongeren	WO	1, 2 & 3
Orsmaal-Gussenhoven	WO	2, 3 & 4
Munsterbilzen	WO	1, 2 & 3
Oostende	WO	2 & 3
Broechem	OW	5 & 7
Varsenare	OW	5 & 7
Edegem	OW	3, 4 & 5
Ouwen	OW	5
Kruishoutem	OW	2 & 4
Oudenburg 3	OW	3 & 4
Oostende	OW	2 & 3
Meer	ZWNO	3 & 4
Erps-Kwerps	ZWNO	2 & 3
Beerlegem	ZWNO	5 & 6
Neerhespen	ZWNO	1, 2 & 3
Engelmanshoven	ZWNO	5 & 7
Orsmaal-Gussenhoven	ZWNO	2, 3 & 4
Munsterbilzen	ZWNO	1, 2 & 3
Broechem	NZ	5 & 7
Lindel	NZ	5
Lindel	ZN	5
Oostende	NW	2 & 3
Oostende	WN	2 & 3
Oostende	ZW	2 & 3
Kruishoutem	NOZW	2 & 4
Koksijde	ZONW	1 & 2

BIJLAGE 12: GLOSSARIUM

A

Adipocere

Lijkenvet, ook wel saponificatie of *grave wax* genoemd.

Aeroob

Luchtminnend.

Alfisol

Goed ontwikkelde bodem die meestal betrekkelijk diep is met klei-aanrijkingshorizont en hoge basenverzadiging. Deze bodem heeft een profiel van het type A-Bt-C/R.

Ze komt meestal voor op rijke substraten.

Algor mortis

Het afkoelen van het lichaam na overlijden.

Alluvium

Sediment afgezet door een rivier of stromend water.

Amalgaam

Verbinding van kwikzilver met metaal. Gebruikt als tandvulling.

Anaeroob

Zonder lucht.

Antemortem

Voor de dood.

Atlanticum

Eén van de vijf klimaatfasen van het Holoceen. Het duurde ongeveer van 7000 tot 4000 vr. Chr. en werd gekenmerkt door een betrekkelijk warm en vochtig klimaat.

Attritie

Tandslijtage.

Autolyse

Zelfoplossing. Ontledingsproces binnen cellen, veroorzaakt door enzymen.

B

Biosfeer

Het deel van de aarde dat door levende organismen bewoond wordt.

Biotisch

De invloed van levende organismen.

Bioturbatie

Verstoring door levende organismen.

Bloating

Opzwellen door ontbindingsgassen.

Botmatrix

De intercellulaire substantie van bot dat bestaat uit een organisch en een anorganisch gedeelte.

C**Capillair**

Haarvat.

Capillaire werking

Het verschijnsel dat een vloeistof in een nauwe doorgang aangezogen of weggedrukt wordt.

Cellulose

Eén van de bestanddelen waaruit hout is opgebouwd. Cellulose is het hoofdbestanddeel van de celwand van een plantencel. In hout zorgt het voor de structuur ervan.

Cement

Substantia ossea. Beenweefsel waarin de tandwortels zijn gevat. De laag die om het tandbeen van de wortel zit.

Chondrocyten

Kraakbeencellen.

Colluviatie

De vorming van colluvium aan de basis van een helling.

Colluvium

Erosiemateriaal.

Cryoturbatie

Verstoring door vorstwerking.

Cytochemisch

Chemie betreffende de cellen.

Cytologie

Celleer.

D

Dentine

Tandbeen.

Desmale verbening

Intramembraneuse verbening. Beenvorming vanuit het bindweefsel.

Diafyse

Het middelste deel van een pijpbeen tussen beide eindheden, figuur 4, nr. 6, p. 33.

Diagenese

Uitwisseling van elementen tussen organisch materiaal en de grafomgeving.
Degradatie van bot in de bodem.

E

Eluviatie

Uitspoeling.

Email

Ook email of glazuur genoemd. De dunne harde laag glanzend witte stof die om het tandbeen van de kroon van de tanden en kiezen ligt.

Endosteum

Binnenbeenvlies dat de mergholte bekleedt.

Endotheel

Inwendige bekleding van bloed en lymfevaten.

Enamel

Ook email of glazuur genoemd. De dunne harde laag glanzend witte stof die om het tandbeen van de kroon van de tanden en kiezen ligt.

Enchondrale verbening

Verbening vanuit het kraakbeen.

Entisol

Weinig ontwikkelde bodem gekenmerkt door een dunne A-horizont die rechtstreeks rust op het nagenoeg onverweerde moedermateriaal. Deze bodem heeft een A-C of A-R profiel en komt voor onder alle klimaten en op bijna alle moedermaterialen.

Entomologie

Insectenkunde.

Epidermolyse

Loslating van de opperhuid ten gevolge van autolyse.

Epifisairschijven

De groeischijven.

Epifyse

Eindeel van een pijpbeen, figuur 4, nr. 7, p. 33.

Epitheel

Bovenste laag van huid en slijmvliezen. Het uit cellen bestaande weefsel dat de uitwendige oppervlakte van het lichaam en vele lichaamsholten bedekt.

Evaporatie

Rechtstreekse verdamping van water uit de bodem.

Evapotranspiratie

De combinatie van transpiratie en evaporatie.

Exostose

Verbening, benig aangroeiSEL.

F**Fungus(-i)**

Schimmel(s)

G**Getuigeheuvels**

Heuvel als overblijfsel van een oud tertiair oppervlak.

Geomorfologisch

Het beschrijven van de vorm binnen de geologische wetenschappen.

Glazuur

Ook email of enamel genoemd. De dunne harde laag glanzend witte stof die om het tandbeen van de kroon van de tanden en kiezen ligt.

Gleyverschijnselen

Ook wel roestverschijnselen genoemd. De roestige vlekken die voorkomen in de schommelingszone van de grondwatertafel.

H

Hemicellulose

Eén van de bestanddelen waaruit hout is opgebouwd.

Histologie

Weefselleer. De leer van de microscopische bouw van plantaardige, dierlijke of menselijke weefsels.

Holoceen

Geologisch tijdvak dat 10 000 jaar geleden van start ging en loopt tot heden.

Horizonten

Lagen die in de bodem te onderscheiden zijn ten gevolge van processen van bodemvorming.

Horizontenopeenvolging

Profielontwikkeling.

Humificatie

De omzetting van organisch afval naar humus door micro-organismen in de bodem.

Humus

Een organische stof die voortkomt uit planten- en dierenresten.

Hydroxyapatite

Kalkzouten; $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Het anorganisch gedeelte in bot en tandglazuur.

Hyfen

Schimmeldraden.

I

Illuviatie

Inspoeling.

L

Lamellair bot

Secundair bot. Bestaande uit verschillende lagen dunne platen.

Lignine

Eén van de bestanddelen van hout. Het zorgt voor de sterkte en hardheid van hout en wordt enkel aangetast in aerobe omgevingsomstandigheden.

Lithosfeer

De aardkorst.

Lithostratigrafie

Stratigrafie die zich bezig houdt met lithologische kenmerken.

Livor mortis

Lijkvlekken.

Löss

Ook wel gekend onder loess. De afzetting van silt tijdens de IJstijd ten gevolge van windactie.

M

Mesotheel

Eenlagig plaveiselepitheel dat de bekleding vormt van de sereuze vliezen zoals buikvlies, hartzakje, pleurabladen.

Mfd

Microscopical foci of destruction. Degradatie op microscopische schaal veroorzaakt door fungi en bacteriën.

Micrometer

$1\mu\text{m} = 0,001 \text{ millimeter} = 10^{-6} \text{ meter}$.

Molaar

Dens molaris. De ware kies.

Morfogenetisch

Gebaseerd op het ontstaan van de vormen.

MPO

Mineral Preserved Organics. Stukjes organisch materiaal die bewaard blijven doordat ze in contact zijn met corrosie van een geassocieerd materiaal.

O

Odonthologie

Tandheelkunde.

Ossificatie

Botvorming.

Os Temporale

Het slaapbeen aan de schedel.

Osteoblast

Beenvormer.

Osteoclast

Beenvreter.

Osteocyt

Beencel.

Osteoid

Botmatrix.

P**Pedogenese**

Bodemvorming

Perimortem

Tijdens de dood.

Periosteum

Beenvlies dat de beenderen aan de buitenzijde bekleedt.

Plexiform bot

Primair bot. In de vorm van een vlecht.

Postmortem Interval

PMI. Het interval gemeten vanaf het intreden van de dood.

Postmortem

Na de dood.

Premolaar

Dens premolaris. Valse kies.

Profielontwikkeling

= Horizontenopeenvolging.

Putrefactie

Het rottingsproces.

R

Redoxreactie

Chemische reactie tussen een reductor en een oxidator.

Reductiehorizont

De zone onder de laagste grondwaterstand waar de bodem steeds verzadigd is. De kleur is meestal blauw of grijs.

Regoliet

Verweringslaag.

Rigor mortis

Lijkstijfheid.

Roestverschijnselen

Ook wel gleyverschijnselen genoemd. De roestige vlekken die voorkomen in de schommelzone van de grondwatertafel.

S

Scrotum

Balzak.

Sediment

Afzetting.

Septikemie

Een bloedvergiftiging waarbij pathogene micro-organismen van een primaire ontstekingshaard uit de bloed- of lymfestroom binnendringen, zich daarin handhaven en vermenigvuldigen.

Spodosol

Goed ontwikkelde bodem met A-Bh/Bs-C/R profiel op zandig en/of zuur moedermateriaal. Deze bodem komt voor in zowel tropische als boreale vochtige klimaten. De natuurlijke vegetatie ervan is naaldhout of heide.

Spongieus

Sponsachtig.

Subatlanticum

Jongste tijdperk van de vijf klimaatfasen van het Holoceen, waarin we ons nog steeds bevinden. Het klimaat is vochtiger en koeler dan het voorafgaande Subboreaal.

Subboreaal

Voorlaatste stadium van het Holoceen. Ongeveer te plaatsen tussen 3000 en 750 voor Christus. Het subboreaal had een continentaal klimaat.

T

Tabulair

Platte vorm.

Tafonomie

De wetten van begraving. De studie van alles wat er met een organisme of artefact gebeurt tussen de depositie en de ontdekking.

Tandpulpa

De vulling van de tandholte die bestaat uit bindweefsel, bloedvaten en zenuwen.

Textuur

Grondsoort, korrelgroottesamenstelling.

Thanatologie

De kennis van de verschijnselen van het sterven en de dood.

Transgressie

Het landwaarts verschuiven van de kustlijn.

Transpiratie

Verdamping van water door planten.

Triëns

Latijn voor derde deel. Naam van gouden Romeinse munten van een derde solidus, die vooral in de 5de en 6de eeuw werden gebruikt. In het Frankische Rijk was ten tijde van de Merovingers de gouden triëns vrijwel de enige muntsoort.

Tubulair

Langwerpig.

U

Uitloggen

Proces in de bodemkunde waarbij bepaalde grondbestanddelen worden opgelost en in een bodemprofiel benedenwaarts worden getransporteerd.

W

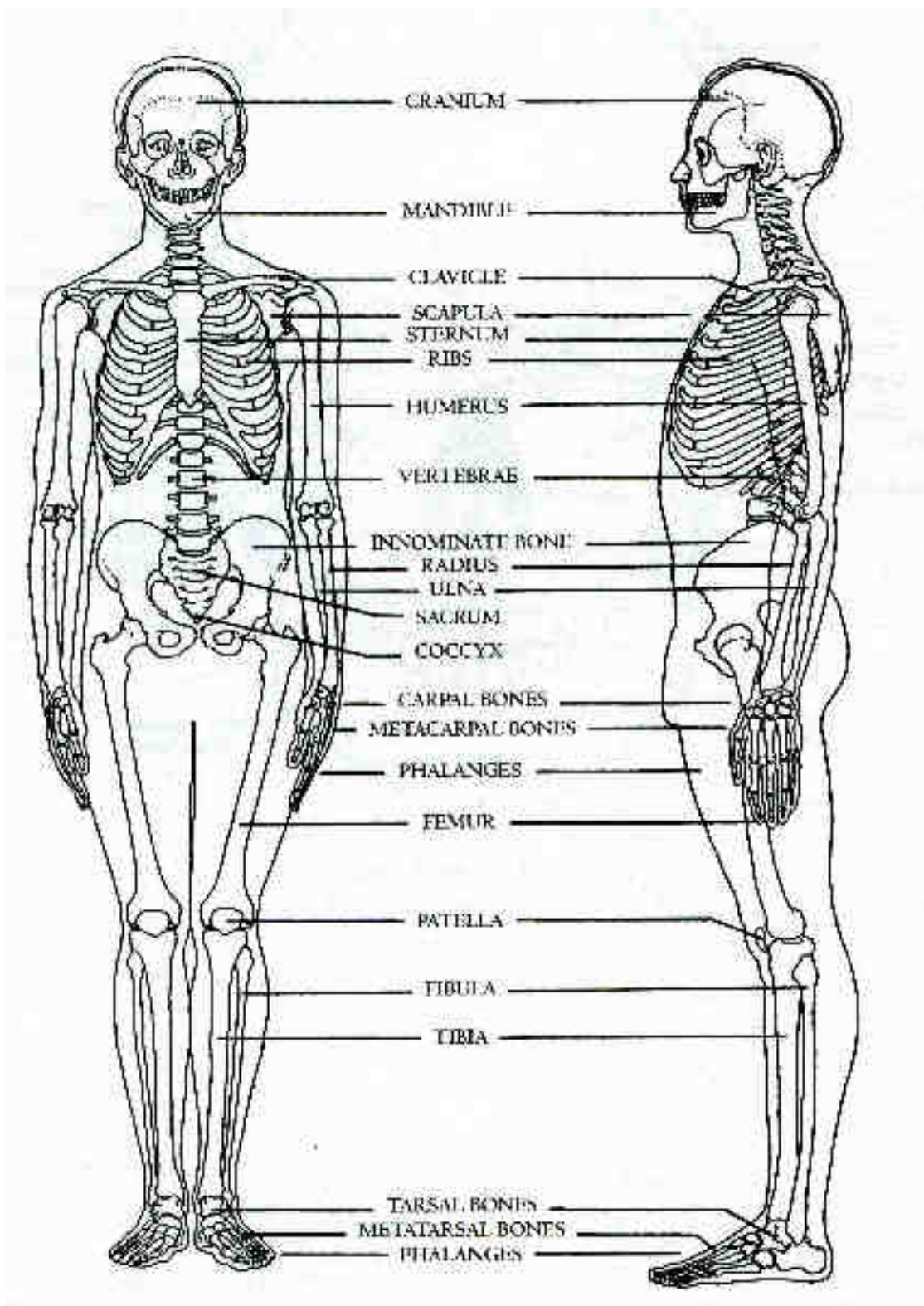
Wedl tunnels

Een type *mfd* veroorzaakt door schimmels.

Weichsel

De laatste ijstijd van het Pleistoceen in Noordwest Europa.

BIJLAGE 13: DE BEENDEREN VAN HET MENSELIJKE SKELET



Figuur 25: Latijns-Engelse benamingen van de beenderen van het menselijke skelet.

ILLUSTRATIELIJST

Tabel 1: E. SCHOTSMANS.

Figuur 1: Y. HOLLEVOET, “d’Hooghe Noene van midden Bronstijd tot volle Middeleeuwen. Archeologisch onderzoek in een verkaveling langs de Zandstraat te Varsenare (gem. Jabbeke, prov. West-Vlaanderen)”, *Archeologie in Vlaanderen* 6 (1998), p. 179, figuur 18.

Figuur 2: R. ANNAERT & J. VAN HEESCH, “Een gouden muntschat uit het Merovingisch grafveld te Broechem (gem. Ranst, prov. Antwerpen)”, *Archeologie in Vlaanderen* 8 (2002), p. 233, figuur 8.

Figuur 3: T. BELLENS, Stad Antwerpen, Stadsontwikkeling, Afdeling Archeologie, Kloosterstraat 15, 2000 Antwerpen.

Figuur 4: W. PLATZER, *Bewegingsapparaat (Sesam Atlas van de anatomie 1)* (oorspr. titel: *Bewegungsapparat*, Stuttgart 1975), vertaald door BURGER & SCHWARZ, Baarn 1986, p. 21.

Figuur 5: *Idem*, p. 15.

Figuur 6: *Ibidem*.

Figuur 7: L.-L. KIRCHMANN, *Anatomie en fysiologie van de mens*, Maarssen 1997, p. 96, figuur 3.14.

Figuur 8: E. SCHOTSMANS.

Figuur 9: E. SCHOTSMANS.

Figuur 10: M. VAN MOLLE, *Fysische Geografie*, syllabus Vrije Universiteit Brussel 2006, p. 71, figuur 3.1.

Figuur 11: E. VAN RANST & C. SYS, *Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen*, Gent 2000, p. 9, figuur 1.

Figuur 12: J. AMERYCKX, W. VERHEYE & R. VERMEIRE, *Bodemkunde*, Gent 1989, p. 65, figuur 17.

Figuur 13: *Idem*, p. 96, figuur 25.

Figuur 14: M. VAN MOLLE, *Fysische Geografie*, syllabus VUB, Brussel 2006, p. 86, fig. 3.12.

Figuur 15: VLAAMSE OVERHEID, “Landbouwstreken van België”, in: *Beleidsdomein Landbouw en Visserij* (online), januari 2005. <http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/landbouw/info/b/index.html> (12 april 2007).

Figuur 16: R. L. LYMAN, *Vertebrate Taphonomy*, Cambridge 1994, p. 80, fig. 4.5.

- Figuur 17: H. HEYMANS, “De topografie van de Merovingische grafvelden in Belgisch Limburg en Maastricht”, *Acta Archaeologica Lovaniensia* 17 (1978), p. 69.
- Figuur 18: MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP, “Randinformatie”, in: *Patrimonium* (online), s.d. <http://www.binnenland.vlaanderen.be/patrimonium/randinformatie.htm> (7 juni 2007).
- Figuur 19: M. A. CLARK, M. B. WORREL & J. E. PLESS, “Postmortem Changes in Soft Tissues”, in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 157, figuur 7.
- Figuur 20: E. VAN RANST & C. SYS, *Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen*, Gent 2000, p. 29, figuur 5.
- Figuur 21: M. DEWILDE, “Het grafveld van de duinenabdij te Koksijde”, *De Duinen* 19 (1989), p. 8, figuur 2.
- Figuur 22: N. DE WINTER, ARON bvba, Archeologisch Projectbureau, Grote Markt 12/2, 3700 Tongeren.
- Figuur 23: *Idem*.
- Figuur 24: R. C. JANAWAY, “The Decay of Buried Human Remains and their Associated Materials”, in J. HUNTER, C. ROBERTS & A. MARTIN (eds.), *Studies in Crime: an Introduction to Forensic Archaeology*, London 1996, p. 71, figuur 4.3.
- Figuur 25: B. BASS & J. JEFFERSON, *Death’s Acre. Inside the Legendary Forensic Lab the Body Farm, Were the Dead Do Tell Tales*, New York 2003, p. 281, app. 1.

BIBLIOGRAFIE

Afkortingen

BAR	British Archaeological Reports
Hona	Homo et Natura
IAP	Instituut voor het Archeologisch Patrimonium
NAR	Nederlandse Archeologische Rapporten
OLL	Oude Land van Loon
VIOE	Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed

Bibliografie

AMERYCKX 1959

J. AMERYCKX, “De ontstaansgeschiedenis van de zeepolders”, *Biekorf* 60 (1959), p. 377-400.

AMERYCKX 1979

J. AMERYCKX, “De Bodems”, in R. Tavernier (ed.), *Fysische Geografie (Twintig eeuwen Vlaanderen 7)*, Hasselt 1979.

AMERYCKX et al. 1989

J. AMERYCKX, W. VERHEYE & R. VERMEIRE, *Bodemkunde*, Gent 1989.

ANDERSON & CERVENKA 2002

G. S. ANDERSON & V. J. CERVENKA, “Insects Associated with the Body, their Use and Analyses”, in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Advances in Forensic Taphonomy. Method, Theory and Archaeological Perspectives*, Florida 2002, p. 173-200.

ANNAERT & VAN HEESCH 2002

R. ANNAERT & J. VAN HEESCH, “Een gouden muntschat uit het Merovingisch grafveld te Broechem (gem. Ranst, prov. Antwerpen)”, *Archeologie in Vlaanderen* 8 (2002), p. 229-256.

ANNAERT 2003a

R. ANNAERT, “Merovingisch grafveld uit de 6de – 7de eeuw te Broechem (Ranst - Prov. Antwerpen)”, in: G. CUYT & K. SAS, *Vlekken in het zand. Archeologie in en rond Antwerpen*, Antwerpen 2003, p. 47-56.

ANNAERT 2003b

R. ANNAERT, “Merovingisch grafveld uit de 6^{de}-7^{de} eeuw te Broechem”, *Archaeologia Mediaevalis* 36 (2003), p. 11-12.

ARTS & NOLLEN 2006

N. ARTS & J. NOLLEN, *Een bed van botten*, 's-Hertogenbosch 2006.

ATURALIYA & LUKASEWYCZ 1999

S. ATURALIYA & A. LUKASEWYCZ, “Experimental Forensic and Bioanthropological Aspects of Soft Tissue Taphonomy: Factors Influencing Postmortem Tissue Desiccation Rate”, *Journal of Forensic Science* 44 (1999) 5, p. 893-896.

BASS & JEFFERSON 2003

B. BASS & J. JEFFERSON, *Death's Acre. Inside the Legendary Forensic Lab the Body Farm, Were the Dead Do Tell Tales*, New York 2003.

BEHRENSMEYER 1978

A. K. BEHRENSMEYER, “Taphonomic and Ecologic Information from Bone Weathering”, *Paleobiology* 4 (1978), p. 150-162.

BELLENS & VANDENBRUAENE 2006

T. BELLENS & M. VANDENBRUAENE, “Het Allerheiligenklooster van de Antwerpse augustijnen (prov. Antwerpen): archeologische en fysisch-antropologische gegevens” *Relicta* 2 (2006), p. 197-234.

BETHELL & CARVER 1987

P. H. BETHELL & M. O. H. CARVER, “Detection and Enhancement of Decayed Inhumations at Sutton Hoo”, in: A. BODDINGTON, A. N. GARLAND & R. C. JANAWAY (eds.), *Death, Decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*, Manchester 1987, p. 10-21.

BETHELL 1989

P. H. BETHELL, "Chemical Analysis of Shadow Burials" in: C. A. ROBERTS, F. LEE & J. J. BINTLIFF (eds.), *Burial Archaeology. Current Research, Methods and Developments (BAR British Series 211)*, Oxford 1989, p. 205-214.

BOSCHMANS 1974

A. BOSCHMANS, "Merovingisch grafveld te Orsmaal-Gussenhoven", *Hona* 9 (1974) 1, p. 27-33.

BOSCHMANS 1981

A. BOSCHMANS, "Waarnemingen op een Merovingische begraafplaats te Orsmaal (Linter)", *Mens en Grondspoor* (1981) 1, p. 1-27.

BOSCHMANS 1991

A. BOSCHMANS, "Derde opgraving op het Merovingisch grafveld van Orsmaal-Gussenhoven", *Mens en Grondspoor* (1991) 1, p. 1-7.

BOSTYN & BLIECK 2006

F. BOSTYN & K. BLIECK, *Missing in Flanders. Vijf vermiste Australiërs teruggevonden bij Westhoek (Zonnebeke-België) (historisch en archeologisch rapport v.01)*, Passendale 2006.

BOUTERS et al. 2004

L. BOUTERS, J. P. BEAUTHIER, E. DE LETTER, P. LEFÈVRE, M. PIETTE & G. SYS, "Archeologisch onderzoek 'Silent Witness' in Boekhoute. Archeologen en menselijke beenderen", in: A. DE KEGEL (ed.), *Monumentenzorg en Cultuurpatrimonium. Jaarverslag van de Provincie Oost-Vlaanderen 2003*, Gent 2004, p. 132-139.

BOVYN 1976

M. BOVYN, "Een gemetseld graf bij de parochiekerk op Zwijvekouter", *Gedenkschriften van de Oudheidkundige Kring van het Land van Dendermonde* 4 (1976), p. 163-165.

BRAECKMAN & VERMEULEN 1993

K. BRAECKMAN & F. VERMEULEN, "Historiek van het archeologisch onderzoek te Kruishoutem", in: F. VERMEULEN, M. ROGGE & L. VAN DURME, *Terug naar de bron, Kruishoutem archeologisch doorgelicht (Archeologische Inventaris Vlaanderen. Buitengewone reeks)*, Gent 1993, p. 15-24.

BREUNING-MADSEN et al. 2003

H. BREUNING-MADSEN, M. K. HOLST, M. RASMUSSEN & B. ELBERLING, "Preservation within Log Coffins before and after Barrow Construction", *Journal of Archaeological Science* 30 (2003), p. 343-350.

BRIGGS & KEAR 1993

D. E. G. BRIGGS & A. J. KEAR, "Decay and Preservation of Polychaetes: Taphonomic Thresholds in Soft Bodied Organisms", *Paleobiology* 19 (1993), p. 107-135.

CHARLIER 1994

C. CHARLIER, "Les enfants mérovingiens d'Erps-Kwerps. Problèmes de croissance", *Acta Archaeologia Lovaniensia* 33 (1994), p. 91-100.

CHAZOTTES et al. 2004

V. CHAZOTTES, C. BROCARD & B. PEYROT, "Particle Size Analysis of Soils under Simulated Scene of Crime Conditions: the Interest of Multivariate Analyses", *Forensic Science International* 140 (2004), p. 159-166.

CHILD 1995

A. M. CHILD, "Towards an Understanding of the Microbial Decomposition of Archaeological Bone in the Burial Environment", *Journal of Archaeological Science* 22 (1995), p. 165-174.

CLAASSEN 1960

A. CLAASSEN, "Het Merovingisch grafveld van het Lindel (Overpelt)", *OLL* 15 (1960), p. 53-58.

CLARK 1967

F. E. CLARK, "Bacteria in Soil", in: A. BURGESS & F. RAW (eds.), *Soil Biology*, London 1967, p. 15-49.

CLARK et al. 1997

M. A. CLARK, M. B. WORRELL & J. E. PLESS, "Postmortem Changes in Soft Tissues", in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 151-164.

COELHO 1997

COELHO, *Zakwoordenboek der geneeskunde*, Arnhem 1997.

COLLINS et al. 2002

M. J. COLLINS, C. M. NIELSEN-MARSH, J. HILLER, C. I. SMITH, J. P. ROBERTS, R. V. PRIGODICH, T. J. WESS, J. CSAPO, A. R. MILLARD & G. TURNER-WALKER, "The Survival of Organic Matter in Bone", *Archaeometry* 44 (2002), p. 383-394.

CORREIA 1997

P. M. CORREIA, "Fire Modification of Bone: A Review of the Literature", in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 275-293.

CORREIA & BEATTIE 2002

P. M. CORREIA & O. BEATTIE, "A Critical Look at Methods for Recovering, Evaluating and Interpreting Cremated Human Remains", in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Advances in Forensic Taphonomy. Method, Theory and Archaeological Perspectives*, Florida 2002, p. 435-450.

COUSSERIER et al. 2003

K. COUSSERIER, B. BOGAERTS & T. VANDERBEKEN, "De Centrale Archeologische Inventaris, een hulpinstrument voor toekomstgericht archeologisch beheer" in: G. CUYT & K. SAS, *Vlekken in het zand, archeologie in en rond Antwerpen*, Antwerpen 2003, p. 35-45.

CURREY 1984

J. CURREY, *The Mechanical Adaptations of Bones*, Princeton 1984.

DELARUELLE et al. 2004

S. DELARUELLE, C. VERBEEK, J. BUNGENEERS & M. VANDENBRUAENE, “De omstandigheden van de vondst en het antropologisch onderzoek”, in: C. VERBEEK, S. DELARUELLE & J. BUNGENEERS (eds.), *Verloren voorwerpen, archeologisch onderzoek op het HSL-traject in de provincie Antwerpen*, Antwerpen 2004, p. 315-317.

DE MEULEMEESTER & HOUBAERT 1986

J. DE MEULEMEESTER & I. HOUBAERT, “De kerk van de O.-L.-Vrouw Ten Duinenabdij te Koksijde”, *De Duinen 16* (1986), p. 93-104.

DE SCHAETZEN & VANDERHOEVEN 1954a

P. DE SCHAETZEN & M. VANDERHOEVEN, “Merovingisch grafveld te Engelmanshoven (provincie Limburg)”, *OLL 9* (1954), p. 15-35.

DE SCHAETZEN & VANDERHOEVEN 1954b

P. DE SCHAETZEN & M. VANDERHOEVEN, “Merovingisch grafveld te Engelmanshoven (België)”, *Archaeologia Belgica 18* (1954), p. 3-23.

DEWILDE 1988

M. DEWILDE, “Het grafveld van de duinenabdij te Koksijde”, *De Duinen 18* (1988), p. 77-78.

DEWILDE 1989

M. DEWILDE, “Het grafveld van de duinenabdij te Koksijde”, *De Duinen 19* (1989), p. 7-29.

DEWILDE & DE MEULEMEESTER 1991

M. DEWILDE & J. DE MEULEMEESTER, “De opgravingscampagnes van 1987 en 1988 in de Onze-Lieve-Vrouw-Ten Duinenabdij te Koksijde”, *Archeologie in Vlaanderen 1* (1991), p. 213-230.

DEWILDE & DE MEULEMEESTER 2005

M. DEWILDE & J. DE MEULEMEESTER, “Archeologie, geschiedenis en bouwhistorie”, in D. VANCLOOSTER (ed.), *De duinenabdij van Koksijde. Cisterciënziers in de Lage Landen*, Tielt 2005, p. 180-195.

DE WINTER 2007

N. DE WINTER, *Archeologische begeleiding en opgraving in kader van de herinrichting van de N730 te Munsterbilzen (Aron rapport 12)*, Tongeren 2007.

DRIESENS 1981

L. DRIESENS, “Antropologisch onderzoek van de skeletresten van het Merovingisch grafveld te Orsmaal-Gussenhoven”, *Mededelingen van de Geschied- en Oudheidkundige Kring voor Leuven en omgeving* 21 (1981), p. 268-315.

DUPRAS et al. 2006

T. L. DUPRAS, J. J. SCHULTZ, S. M. WHEELER & L. J. WILLIAMS, *Forensic Recovery of Human Remains, Archaeological Approaches*, New York 2006.

DUTHIE & BENTLY 1996

R. B. DUTHIE & G. BENTLY, *Mercer's Orthopaedic Surgery*, London 1996 (9 ed.).

ERVYNCK et al. 1999

A. ERVYNCK, C. BAETEMAN, H. DEMIDDELE, Y. HOLLEVOET, M. PIETERS, J. SCHELVIS, D. TYS, M. VAN STRYDONCK & F. VERHAEGHE, “Human Occupation Because of a Regression, or the Cause of a Transgression? A Critical Review of the Interaction Between Geological Events and Human Occupation in the Belgian Coastal Plain During the First Millennium AD”, in: E. STRAHL (ed.), *Probleme de Küstforschung im südlichen Nordseegebiet*, Oldenburg 1999, p. 97-121.

EVANS 1963

W. E. EVANS, “Adipocere Formation in a Relatively Dry Environment”, *Journal for Medical Science and Law* 3 (1963), p. 145-153.

FARADAY 1938

M. FARADAY, "Recent Discovery of Roman Sepulchral Relics in One of the Greater Barrows at Bartlow in Ashdon, Essex", *Archaeologia* 26 (1938), p. 30-31.

FIEDLER et al. 2004

S. FIEDLER, K. SCHNECKENBERGER & M. GRAW, "Characterisation of Soils Containing Adipocere", *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 47 (2004) 4, p. 561-568.

FIEDLER & GRAW 2003

S. FIEDLER & M. GRAW, "Decomposition of Buried Corpses, with Special Reference to the Formation of Adipocere", *Naturwissenschaften* 90 (2003) 7, p. 291-300.

FIEDLER & GRAW 2005

S. FIEDLER & M. GRAW, "Rest in Peace, but Ensure that you Do Within the Given Resting Time. A Regional Study of Decomposition Problems in Cemetery Soils of Bavaria", *Die Erde* 136 (2005) 4, p. 431-448.

FORBES et al. 2002

S. L. FORBES, B. H. STUART & B. B. DENT, "The Identification of Adipocere in Grave Soils", *Forensic Science International* 127 (2002), p. 225-230.

FORBES et al. 2005a

S. L. FORBES, B. H. STUART & B. B. DENT, "The Effect of the Burial Environment on Adipocere Formation", *Forensic Science International* 154 (2005), p. 24-34.

FORBES et al. 2005b

S. L. FORBES, B. H. STUART & B. B. DENT, "The Effect of Soil Type on Adipocere Formation", *Forensic Science International* 154 (2005), p. 35-43.

FORBES et al. 2005c

S. L. FORBES, B. H. STUART & B. B. DENT, "The Effect of the Method of Burial on Adipocere Formation", *Forensic Science International* 154 (2005), p. 44-52.

FRENCH 2003

C. FRENCH, *Geoarcheology in Action. Studies in Soil Micromorphology and Landscape Evolution*, London 2003.

GARLAND 1987

A. N. GARLAND, "A Histological Study of Archaeological Bone Decomposition", in: A. BODDINGTON, A. N. GARLAND & R. C. JANAWAY (eds.), *Death, Decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*, Manchester 1987, p. 109-126.

GARLAND & JANAWAY 1989

A. N. GARLAND & R. C. JANAWAY, "The Taphonomie of Inhumation Burials", in: C. A. ROBERTS, F. LEE & J. J. BINTLIFF (eds.), *Burial Archaeology. Current Research, Methods and Developments (BAR British Series 211)*, Oxford 1989, p. 15-38.

GILL-KING 1997

H. GILL-KING, "Chemical and Ultrastructural Aspects of Decomposition", in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 93-108.

GIS-VLAANDEREN 2001

GIS-VLAANDEREN, *Bodemkaart van Vlaanderen* (cd-rom), Brussel 2001.

GOLDBERG & MACPHAIL 2006

P. GOLDBERG & R. I. MACPHAIL, *Practical and Theoretical Geoarchaeology*, Blackwell 2006.

GORDON & BUIKSTRA 1981

C. C. GORDON & J. E. BUIKSTRA, "Soil, Ph, Bone Preservation and Sampling Bias at Mortuary Sites", *American Antiquity* 46 (1981) 3, p. 566-571.

GRUPE 1995

G. GRUPE, 'Preservation of Collagen in Bone from Dry, Sandy Soil', *Journal of Archaeological Science* 22 (1995), p. 193-199.

GRUPE et al. 1997

G. GRUPE, E. M. SCHMID & J. SOIKA, 'Identification of Medieval Human Soft Tissue Remains in an Advanced State of Decomposition', *Biotechnic & Histochemistry* 72 (1997), p. 135-140.

HAGLUND & SORG 1997

W. D. HAGLUND & M. H. SORG, "Method and Theory of Forensic Taphonomic Research", in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 13-26.

HARSANYI 1993

L. HARSANYI, "Differential Diagnosis of Human and Animal Bone", in: G. GRUPE & A. N. GARLAND (eds.), *Histology of Ancient Human Bone: Methods and Diagnosis*, Berlin 1993, p. 79-94.

HEDGES et al. 1995

R. E. M. HEDGES, A. R. MILLARD & A. W. G. PIKE, "Measurements and Relationships of Diagenetic Alteration of Bone from Three Archaeological Sites", *Journal of Archaeological Science* 22 (1995), p. 201-209.

HEDGES & MILLARD 1995

R. E. M. HEDGES & A. R. MILLARD, "Bones and Groundwater: Towards the Modelling of Diagenetic Process", *Journal of Archaeological Science* 22 (1995), p. 155-164.

HEDGES 2002

R. E. M. HEDGES, "Bone Diagenesis: an Overview of Processes", *Archaeometry* 44 (2002), p. 319-328.

HENDERSON 1987

J. HENDERSON, "Factors Determining the State of Preservation of Human Remains", in: A. BODDINGTON, A. N. GARLAND & R. C. JANAWAY (eds.), *Death, Decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*, Manchester 1987, p. 43-54.

HERRMANN et al. 1990

B. HERRMANN, G. GRUPE, S. HUMMEL, H. PIEPENBRINK & H. SCHUTKOWSKI, *Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden*, Berlin 1990.

HEYMANS 1978

H. HEYMANS, “De topografie van de Merovingische grafvelden in Belgisch Limburg en Maastricht”, *Acta Archaeologica Lovaniensia* 17 (1978), p. 66-69.

HILLEWAERT & HOLLEVOET 1997

B. HILLEWAERT & Y. HOLLEVOET, *Archeologisch Project Molendorp*, Interimverslag VIOE 1997.

HOCHREIN 2002

M. J. HOCHREIN, “An Autopsy of the Grave: Recognizing, Collecting and Preserving Forensic Geotaphonomic Evidence”, in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Advances in Forensic Taphonomy. Method, Theory and Archaeological Perspectives*, Florida 2002, p. 45-70.

HOLLEVOET 1992

Y. HOLLEVOET, “Speuren onder het sportveld. Romeinse en middeleeuwse sproen ten zuiden van de Stedebeek te Oudenburg (prov. West-Vlaanderen)”, *Archeologie in Vlaanderen* 2 (1992), p. 195-207.

HOLLEVOET 1993

Y. HOLLEVOET, “Ver(r)assingen in een verkaveling. Romeins grafveld te Oudenburg (prov. West-Vlaanderen)”, *Archeologie in Vlaanderen* 3 (1993), p. 207-216.

HOLLEVOET & HILLEWAERT 1997

Y. HOLLEVOET & B. HILLEWAERT, *Archeologisch project Refuge*, Eindverslag IAP 1997.

HOLLEVOET 1998

Y. HOLLEVOET, “d’Hooghe Noene van midden Bronstijd tot volle Middeleeuwen. Archeologisch onderzoek in een verkaveling langs de Zandstraat te Varsenare (gem. Jabbeke, prov. West-Vlaanderen)”, *Archeologie in Vlaanderen* 6 (1998), p. 161-189.

HOLLEVOET & HILLEWAERT 1998

Y. HOLLEVOET & B. HILLEWAERT, “Het archeologisch onderzoek achter de voormalige vrouwengevangenis Refuge te Sint-Andries, Brugge (prov. West-Vlaanderen). Nederzettingssporen uit de Romeinse tijd en de Middeleeuwen”, *Archeologie in Vlaanderen 6* (1998), p. 191-207.

HOLLEVOET & HILLEWAERT 1999

Y. HOLLEVOET & B. HILLEWAERT, *Archeologisch Project Molendorp*, Eindverslag VIOE 1999.

HOLLEVOET 2000a

Y. HOLLEVOET, *Archeologisch onderzoek op de toekomstige industrieterreinen Plassendale II & III te Oostende-Zandvoorde*, Interimrapport VIOE 2000.

HOLLEVOET 2000b

Y. HOLLEVOET, “Romeinse off site-fenomenen en vroegmiddeleeuwse nederzettingssporen in de verkaveling Moldendorp te Sint-Andries/Brugge (prov. West-Vlaanderen)”, *Archeologie in Vlaanderen 7* (2000), p. 65-82.

HOLLEVOET 2002

Y. HOLLEVOET, “Waar Jabbeek en Zandstraat elkaar kruisen”, *Brugs Ommeland 42* (2002), p. 32-54.

HUISMAN 2006

D. J. HUISMAN, “Non-Carbonised Wood”, *Archaeological Monitoring Standard (NAR 33)*, Amersfoort 2006, p. 62-65.

HUNTER 1996a

J. R. HUNTER, “Locating Buried Remains”, in J. HUNTER, C. ROBERTS & A. MARTIN (eds.), *Studies in Crime: an Introduction to Forensic Archaeology*, London 1996, p. 86-100.

HUNTER 1996b

J. R. HUNTER, “Recovering Buried Remains”, in J. HUNTER, C. ROBERTS & A. MARTIN (eds.), *Studies in Crime: an Introduction to Forensic Archaeology*, London 1996, p. 40-57.

IN 'T VEN & DE CLERCQ 2005

I. IN 'T VEN & W. DE CLERCQ (eds.), *Een lijn door het landschap I. Archeologie en het vTn-project 1997-1998*, Brussel 2005.

IN 'T VEN et al. 2005

I. IN 'T VEN, Y. HOLLEVOET, B. HILLEWAERT, J. DESCHIETER, A. ERVYNCK, M. VANDENBRUAENE & B. COOREMANS, “Vroeg- en volmiddeleeuwse sporen aan de Zeelaan te Dudzele/Brugge (provincie West-Vlaanderen)”, in: I. IN 'T VEN & W. DE CLERCQ (eds.), *Een lijn door het landschap II. Archeologie en het vTn-project 1997-1998*, Brussel 2005, p. 13-27.

JANAWAY 1987

R. C. JANAWAY, “The Preservation of Organic Materials in Association with Metal Artefacts Deposited in Inhumation Graves”, in: A. BODDINGTON, A. N. GARLAND & R. C. JANAWAY (eds.), *Death, Decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*, Manchester 1987, p. 127-148.

JANAWAY 1996

R. C. JANAWAY, “The Decay of Buried Human Remains and their Associated Materials”, in J. HUNTER, C. ROBERTS & A. MARTIN (eds.), *Studies in Crime: an Introduction to Forensic Archaeology*, London 1996, p. 58-85.

JANAWAY 2002

R. C. JANAWAY, “Degradation of Clothing and Other Dress Materials Associated with Buried Bodies of Both Archaeological and Forensic Interest”, in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Advances in Forensic Taphonomy. Method, Theory and Archaeological Perspectives*, Florida 2002, p. 379-402.

JANS 2005

M.E. JANS, *Histological Characterisation of Diagenetic Alteration of Archaeological Bone (Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 4)*, Amsterdam 2005.

JANS & CUIJPERS 2006

M. E. JANS & S. CUIJPERS, “Unburnt Bone”, *Archaeological Monitoring Standard (NAR 33)*, Amersfoort 2006, p. 54-61.

JANSSENS & ROOSENS 1963

P. JANSSENS & H. ROOSENS, “Lijkverbranding en lijkbegroving op het Merovingisch grafveld te Grobbendonk”, *Helenium* 3 (1963), p. 265-272.

JARVIS 1997

D. R. JARVIS, “Nitrogen Levels in Long Bones from Coffin Burials Interred for Periods of 26-90 years”, *Forensic Science International* 85 (1997), p. 199-208.

JEHAES et al. 1994

E. JEHAES, H. HABEX, R. DECORTE, C. CHARLIER, H. VAN DEN BERGHE & J. J. CASSIMAN, “Isolation and Characterization of Mitochondrial DNA from Ancient Remains: Application to Bone Samples from the Archaeological Site at Erps-Kwerps” , *Acta Archaeologia Lovaniensia* 33 (1994), p. 101-106.

JUNQUEIRA et al. 1998

L. C. JUNQUEIRA, J. CARNEIRO & R. O. KELLY, *Functionele histologie*, Maarssen 1998.

KARS & SMIT 2003

H. KARS & A. SMIT, *Handleiding Fysiek Behoud Archeologisch Erfgoed, Degradatiemechanismen in sporen en materialen. Monitoring van de conditie van het bodemarchief, (Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 4)*, Amsterdam 2003.

KIRCHMANN 1997

L.-L. KIRCHMANN, *Anatomie en fysiologie van de mens*, Maarssen 1997.

KOFF 2004

C. KOFF, *The Bone Woman*, Sydney 2004.

KRIPPENDORFF 1980

K. KRIPPENDORFF, *Content Analysis: an Introduction to its Methodology*, London 1980.

LARSEN 1997

C. L. LARSEN, *Bioarchaeology. Interpreting Behaviour from the Human Skeleton*, Cambridge 1997.

LAUWERIER 2004

R. C. LAUWERIER, “The Economic and Non-Economic Animal: Roman Depositions and Offerings”, in: S. J. O’DAY, W. VAN NEER & A. ERVYNCK (eds.), *Behaviour Behind Bones. The Zooarchaeology of Ritual, Religion, Status and Identity*, Oxford 2004, p. 66-72.

LAVIEDOR 2002

LAVIEDOR , “Kalkbehandeling”, in: *Afvalwerwerkingsselectiesysteem* (online), 22 juni 2002. <http://www.emis.vito.be> (25 juni 2007).

LEFÈVE 1959

R. LEFÈVE, “Onderzoek van de Merovingische textielresten uit Beerlegem”, *Archaeologia Belgica* 44 (1959), p. 152-156.

LEFEVER et al. 1993

L. LEFEVER, P. VAN DER PLAS & H. VERBEEK, “Het middeleeuwse grafveld”, in: F. VERMEULEN, M. ROGGE & L. VAN DURME, *Terug naar de bron. Kruishoutem archeologisch doorgelicht*, Gent 1993, p. 175-196.

LODEWIJCKX 1990

M. LODEWIJCKX, “Linter, onderzoek naar de Romeinse en vroeg middeleeuwse infrastructuur”, *Archeologie* 1990, p. 46-48.

LODEWIJCKX 1991

M. LODEWIJCKX, “Preliminary Report on the Roman and Early Medieval Period in the Region of the Kleine Gete at Landen and Linter (Central Belgium)”, *Acta Archaeologica Lovaniensia* 30 (1991), p. 41-47.

LOPES DE CARVALHO & LINHARES 2001

L. M. LOPES DE CARVALHO & A. X. LINHARES, “Seasonality of Insect Succession and Pig Carcass Decomposition in a Natural Forest Area in Southeastern Brazil”, *Journal of Forensic Science* 46 (2001) 3, p.604-614.

LYELL 1832

C. LYELL, *Principles of Geology*, London 1832.

LYMAN 1994

R. L. LYMAN, *Vertebrate Taphonomy*, Cambridge 1994.

LYMAN & FOX 1997

R. L. LYMAN & G. L. FOX, "A Critical Evaluation of Bone Weathering as an Indication of Bone Assemblage Formation", in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 223-248.

MAAT & MASTWIJK 2005

G. J. R. MAAT & R. W. MASTWIJK, *Manual for the Physical Anthropological Report*, Leiden 2005 (5 ed.).

MANHEIN 1997

M. H. MANHEIN, "Decomposition Rates of Deliberate Burials: A Case Study of Preservation", in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 469-482.

MANT 1957

A. K. MANT, "Adipocere, a Review", *Journal of Forensic Medicine* 4 (1957), p. 18-35.

MANT 1987

A. K. MANT, "Knowledge Acquired from Post-War Exhumations", in: A. BODDINGTON, A. N. GARLAND & R. C. JANAWAY (eds.), *Death, Decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*, Manchester 1987, p. 65-78.

MAYS 1998

S. MAYS, *The Archaeology of Human Bones*, London 1998.

MCKINLEY 1989

J. I. MCKINLEY, "Cremations: Expectations, Methodologies and Realities", in: C. A. ROBERTS, F. LEE & J. J. BINTLIFF (eds.), *Burial Archaeology. Current Research, Methods and Developments (BAR British Series 211)*, Oxford 1989, p. 65-76.

MERTENS 1964a

J. MERTENS, “Laat-Romeins graf te Oudenburg”, *Helenium* 4 (1964), p. 219-234.

MERTENS 1964b

J. MERTENSb, “Oudenburg, Laat-Romeins grafveld”, *Archeologie* 1964, p. 25-27.

MERTENS & VAN IMPE 1971

J. MERTENS & L. VAN IMPE, “Het Laat-Romeins grafveld van Oudenburg”, *Archaeologia Belgica* 135 (1971), p. 1-221.

MERTENS 1976

J. MERTENS, “Grobbendonk, la chapelle de Ouwen”, *Archaeologia Belgica* 187 (1976), p. 14-27.

MERTENS et al. 1977

J. MERTENS, L. VAN IMPE & W. VANDERPIJPEN, “Het middeleeuwse kerkhof van Ouwen”, *Archaeologia Belgica* 196 (1977), p. 68-71.

MEYLEMANS 2004

E. MEYLEMANS, *Drie jaar Centrale Archeologische Inventaris: een overzicht van de stand van zaken (IAP Rapporten 14)*, Brussel 2004, p. 9-28.

PANHUYSEN 2006

R. G. A. M. PANHUYSEN, *Chemical Analysis of Human Remains*, syllabus Universiteit Leiden 2006.

MICOZZI 1991

M. S. MICOZZI, *Postmortem Changes in Human and Animal Remains: a Systematic Approach*, Springfield 1991.

MICOZZI 1997

M. S. MICOZZI, “Frozen Environments and Soft Tissue Preservation” in: W. D. HAGLUND, M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 171-180.

NIELSEN-MARSH & HEDGES 2000

C. M. NIELSEN-MARSH & R. E. M. HEDGES “Patterns of Diagenesis in Bone I: the Effects of Site Environments”, *Journal of Archaeological Science* 27 (2000), p. 1139-1150.

NIELSEN-MARSH et al. 2006

C. M. NIELSEN-MARSH, C. I. SMITH, M. M. E. JANS, A. NORD, H. KARS & M. J. COLLINS, “Bone Diagenesis in the European Holocene II: Taphonomic and Environmental Considerations”, *Journal of Archaeological Science* 2006, in druk.

OWSLEY & COMPTON 1997

D. W. OWSLEY & B. E. COMPTON, “Preservation in Late 19th Century Iron Coffin Burials”, in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 511-528.

PERRY et al. 1988

W. L. PERRY, W. M. BASS, W. S. RIGGSBY & K. SIROTKIN, “The Autodegradation of Deoxyribonucleic Acid (DNA) in Human Rib Bone and its Relationship to the Time Interval Since Death”, *Journal of Forensic Sciences* 33 (1988), p. 144-153.

PICKERING & BACHMAN 1997

R. B. PICKERING & D. C. BACHMAN, *The Use of Forensic Anthropology*, Florida 1997.

PIETERS et al. 2005

M. PIETERS, L. SCHIETECATTE & I. ZEEBROEK, *Oostende, stadsvernieuwing en archeologie. Een balans van 10 jaar archeologisch onderzoek van het Oostendse bodemarchief*, Brussel 2005.

PLATZER 1986

W. PLATZER, *Bewegingsapparaat (Sesam Atlas van de anatomie 1)* (oorspr. titel: *Bewegungsapparat*, Stuttgart 1975), vertaald door BURGER & SCHWARZ, Baarn 1986.

PREUSS et al. 2006

J. PREUSS, M. STREHLER, J. DRESSLER, M. RIBE, S. ANDERS & B. MADEA, “Dumping after Homicide Using Setting in Concrete and/or Sealing with Bricks-Six Case Reports”, *Forensic Science International* 159 (2006), p. 55-60.

PROVOOST 1984

A. PROVOOST, “Orsmaal-Gussenhoven: Merovingisch grafveld”, in: A. PROVOOST (ed.), *Blik op het bodemarchief van Oost-Brabant*, Leuven 1984, p. 59-61.

PYE et al. 2006

K. PYE, S. J. BLOTT, D. J. CROFT & S. J. WITTON, “Discrimination between Sediment and Soil Samples for Forensic Purposes Using Elemental Data: an Investigation of Particle Size Effects”, *Forensic Science International* 2006, in druk.

RAEYMAEKERS 1903

D. RAEYMAEKERS, “Rapport sur les fouilles d’un cimetière franc et d’un atelier de potier du XIIe siècle à Orsmaal-Gussenhoven (Brabant) ”, *Annales de la société archéologique de Bruxelles* 17 (1903), p. 83-89.

RENFREW & BAHN 1991.

C. RENFREW & P. BAHN, *Archaeology, Theories, Methods and Practice*, London 1991.

ROBERTS 1996

C. A. ROBERTS, “Forensic Anthropology: The Contribution of Biological Anthropology to Forensic Contexts”, in J. HUNTER, C. ROBERTS & A. MARTIN (eds.), *Studies in Crime: an Introduction to Forensic Archaeology*, London 1996, p. 58-85.

RODRIGUEZ 1997

W. C. RODRIGUEZ, “Decomposition of Buried and Submerged Bodies”, in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 459-468.

ROGGE & VERMEULEN 1990

M. ROGGE & F. VERMEULEN, “Kruishoutem: Romeins en Middeleeuws”, *Archeologie* 1990, p. 45-46.

ROGGE & VERMEULEN 1991

M. ROGGE & F. VERMEULEN, “1500 jaar bewoning en begraving te Kruishoutem – Kapellekouter: een archeologisch project van het AMZOV en de RUG”, *Zottegems Genootschap voor Geschiedenis en Oudheidkunde* 5 (1991), p. 269-272.

ROOSENS 1949

H. ROOSENS, *De Merovingische begraafplaatsen in België*, Gent 1949.

ROOSENS 1959

H. ROOSENS, “Houten 7^{de} eeuwse grafkamer met vrouwensieraden te Beerlegem”, *Archaeologia Belgica* 44 (1959), p. 138-150.

ROOSENS & VAN DOORSELAER 1966

H. ROOSENS & A. VAN DOORSELAER, “Enkele merkwaardige graven uit de Merovingische begraafplaats van Beerlegem”, *Archaeologia Belgica* 91 (1966), p. 26-45.

ROOSENS & GYSELINCK 1975

H. ROOSENS & J. GYSELINCK, ‘Een Merovingisch grafveld te Beerlegem’, *Archaeologia Belgica* 170 (1975), p. 6-34.

ROOSENS 1977

H. ROOSENS, “Dendrochronologie van Graf 111 van Beerlegem”, *Archaeologia Belgica* 196 (1977), p. 60-62.

SCHITTEKAT 1960

P. SCHITTEKAT, “Over nieuwe vondsten in het Koksijde grafveld”, *De Duinen* 2 (1960), p. 20-25.

SCHITTEKAT 1961

P. SCHITTEKAT, “Een opzettelijke schedelmisvorming”, *De Duinen* 3 (1961), p. 25-33.

SCHITTEKAT & VAN GANSBEKE-GROTHAUSEN 1962

P. SCHITTEKAT & M. VAN GANSBEKE-GROTHAUSEN, "Aanvullende opmerkingen over een opzettelijke schedelmisvorming", *De Duinen* 5 (1962), p. 25-31.

SCHITTEKAT 1963

P. SCHITTEKAT, "Opgravingen 1962, overzicht van de werken in 1962", *De Duinen* 6 (1963), p. 31-63.

SCHITTEKAT 1966

P. SCHITTEKAT, "Opgravingen 1965", *De Duinen* 10 (1966), p. 25-35.

SCHULTZ 1997

M. SCHULTZ, "Microscopic Structure of Bone", in: W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 187-200.

SCOTT & TURNER 1997

G. R. SCOTT & C. G. TURNER, *The Anthropology of Modern Human Teeth. Dental Morphology and its Variation in Recent Human Populations*, Cambridge 1997.

SLEDZIK & MICOZZI 1997

P. S. SLEDZIK & M. S. MICOZZI, "Autopsied, Embalmed and Preserved Human Remains: Distinguishing Features in Forensic and Historic Contexts", in W. D. HAGLUND & M. H. SORG (eds.), *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, Florida 1997, p. 483-495.

SLEDZIK 1998

P. S. SLEDZIK, "Forensic Taphonomy: Postmortem Decomposition and Decay", in K. J. REICHS (ed.), *Forensic Osteology: Advances in the Identification of Human Remains*, Springfield 1998, p. 109-119.

STEPHAN 1997

E. STEPHAN, "Patterns of Chemical Change in Fossil Bones and various States of Bone Preservation Associated with Soil Conditions", *Anthropozoologica* 25 (1997) 6, p. 173-180.

STROOBANTS et al. 1981

A. STROOBANTS, F. HANSSSENS, D. STEYLAERT, J. LEYBAERT & M. VAN VOSSOLE, "Archeologische Kroniek Dendermonde 1979-1980", *Gedenkschriften van de Oudheidkundige Kring van het Land van Dendermonde* 5 (1981), p. 185-202.

SWIFT 1998

B. SWIFT, "Dating Human Skeletal Remains. Investigating the Variability of Measuring the Equilibrium between ^{210}Po and ^{210}Pb as a Means of Estimating the Post-Mortem Interval, *Forensic Science International* 98 (1998), p. 119-126.

SWIFT et al. 2001

B. SWIFT, I. LAUDER, S. BLACK & J. NORRIS, "An Estimation of the Post-Mortem Interval in Human Skeletal Remains: a Radionuclide and Trace Element Approach, *Forensic Science International* 117 (2001), p. 73-87.

TAYLER et al. 1989

R. E. TAYLOR, P. J. ENNIS, P. J. SLOTA, J. R. PAYEN & L. A. PAYEN, "Non-Age Related Variations in Aspartic Acid Racemization in Bone from a Radiocarbon-Dated Late Holocene Archaeological Site" *Radiocarbon* 31 (1989) p. 1048-1056.

THOEN & MILIS 1974

H. THOEN & L. MILIS, "Het site Ten Duinen te Koksijde: archeologisch, geologisch, historisch", *Handelingen der Maatschappij voor Geschiedenis en Oudheidkunde te Gent* 28 (1974), p. 11-44.

TIMPERMAN & PIETTE 1988

J. TIMPERMAN & M. PIETTE, *Gerechtelijke geneeskunde*, Brussel 1988.

TURNER & WILTSHIRE 1999

B. TURNER & P. WILTSHIRE, "Experimental Validation of Forensic Evidence: a Study of the Decomposition of Buried Pigs in a Heavy Clay Soil", *Journal of Forensic Science* 101 (1999), p. 113-122.

TYS 2001

D. TYS, “De verwerping van het zgn. Duinkerke-transgressiemodel en nieuwe inzichten in de vroegste bedijking van de kustvlakte”, in E. HUYS & M. VANDERMAESEN (eds.), *Polders en Wateringen. Studiedag georganiseerd te Damme op 19 mei 2000*, Brussel 2001, p. 17-53.

VAN DAELE et al. 2004

K. VAN DAELE, E. MEYLEMANS & M. DE MEYER, *De Centrale Archeologische Inventaris: een databank van archeologische vindplaatsen (IAP Rapporten 14)*, Brussel 2004, p. 29-48.

VANDAMME & DE LEENHEER 1970

J. VANDAMME & L. DE LEENHEER, “Bodemtextuur van de bouwvoor, landschapsindeling en bodemassociaties in de provincie Antwerpen”, *Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Gent 35* (1970) 3, p. 869-986.

VAN DEN BERG et al. 2006

M. M. VAN DEN BERG, G. AALBERSBERG & R. H. VAN HEERINGEN, *Archeologische kwaliteit op peil. Bestaande grondwatermeetnetten en het erfgoedbeheer, (Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 5)*, Amsterdam 2006.

VANDENBRUAENE et al. 2000

M. VANDENBRUAENE, M. PIETERS, A. ERVYNCK, M. VAN STRYDONCK, L. SCHIETECATTE & A. MAES, “Fysisch-antropologisch onderzoek van postmiddeleeuwse menselijke skeletten aangetroffen te Oostende (prov. West-Vlaanderen) buiten reguliere begraafplaatsen”, *Archeologie in Vlaanderen 7* (2000), p. 277-318.

VANDENBRUAENE 2003

M. VANDENBRUAENE, “Forensische antropologie”, in: W. VAN DE, J. GOETHALS, M. NIEUWDORP (eds.), *Multidisciplinair forensisch onderzoek. Juridische en wetenschappelijke aspecten*, Leuven 2003, p. 251-263.

VAN DER GUCHT 1981

K. VAN DER GUCHT, “Het Merovingisch grafveld van Sint-Gillis-Dendermonde” *Gedenkschriften van de Oudheidkundige Kring van het Land van Dendermonde 5* (1981), p. 97-104.

VANDERHOEVEN 1977

M. VANDERHOEVEN, "Een Merovingisch grafveld te Engelmanshoven", *Archaeologia Belgica* 194 (1977), p. 5-31.

VANDERHOEVEN et al. 1996

A. VANDERHOEVEN, G. VYNCKIER, M. VANDENBRUAENE & A. ERVYNCK, "Het oudheidkundig bodemonderzoek aan de Jaminéstraat te Tongeren", *Archeologie in Vlaanderen* 5 (1996), p. 85-96.

VANDEVELDE & ANNAERT 2006

J. VANDEVELDE & R. ANNAERT, *Archeologisch onderzoek Edegem-Buizegem 2005-2006*, Intern Rapport VIOE 2006.

VAN DOORSELAER 1958

A. VAN DOORSELAER, "De Merovingische begraafplaats te Sint-Gillis-bij-Dendermonde", *Archaeologia Belgica* 41 (1958), p. 1-116.

VANE & TRICK 2005

C. H. VANE & J.K. TRICK, "Evidence of Adipocere in a Burial Pit from the Foot and Mouth Epidemic of 1967 Using Gas Chromatography-mass Spectrometry", *Forensic Science International* 154 (2005), p. 19-23.

VAN IMPE 1981

L. VAN IMPE, "Nederzetting uit de ijzertijd en de Romeinse tijd te Donk", *Archaeologia Belgica* 238 (1981), p. 47-51.

VAN IMPE 1983

L. VAN IMPE, "Het oudheidkundig bodemonderzoek in Donk 1977-1982", *Archaeologia Belgica* 255 (1983), p. 65-94.

VAN IMPE et al. 1984

L. VAN IMPE, P. STROBBE & P. VYNCKIER, "Romeinse nederzetting en begraafplaats te Donk: het onderzoek in 1983", *Archaeologia Belgica* 258 (1984), p. 79-82.

VAN IMPE et al. 1987

L. VAN IMPE, K. MAES & G. VYNCKIER, “Archeologie tussen Gete en Herk (gem. Herk-de-Stad)”, *Archaeologia Belgica* 3 (1987), p. 117-126.

VAN MOLLE 2006

M. VAN MOLLE, *Fysische Geografie*, syllabus Vrije Universiteit Brussel 2006.

VAN NEER 1985

W. VAN NEER, “Antropologisch onderzoek over het grafveld der Duinenabdij te Koksijde: een kritische literatuurstudie”, *De Duinen* 15 (1985), p. 39-57.

VAN PASSEN 1974

R. VAN PASSEN, *Geschiedenis van Edegem*, Edegem 1974.

VAN RANST & SYS 2000

E. VAN RANST & C. SYS, *Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen*, Gent 2000.

VANVINCKENROYE 1982

W. VANVINCKENROYE, “Tongeren: oost-nekropool. Christelijke begraafplaats”, *Archeologie* 1982, p. 88-89.

VANVINCKENROYE 1995

W. VANVINCKENROYE, “De Romeinse oost-begraafplaats van Tongeren”, *Limburg* 74 (1995), p. 151-184.

VASS 2001

A. A. VASS, “Beyond the Grave – Understanding Human Decomposition”, *Microbiology* 28 (2001), p. 190-192.

VASS et al. 2002

A. A. VASS, S. A. BARSHICK, G. SEGA, J. CATON, J. T. SKEEN, J. C. LOVE & J. A. SYNSTELIEN, “Decomposition Chemistry of Human Remains: A New Methodology for Determining the Postmortem Interval”, *Journal of Forensic Science* 47 (2002) 3, p. 542-553.

VERBEECK 1987

M. VERBEECK, “Erps-Kwerps: Romeinse villa en Merovingisch grafveld”, *Archeologie* 1987, p. 136.

VERBEECK 1988a

M. VERBEECK, “Erps-Kwerps: Romeinse villa en Merovingisch grafveld”, *Archeologie* 1988, p. 146.

VERBEECK 1988b

M. VERBEECK, “De Merovingische begraafplaats te Erps-Kwerps (prov. Brabant). Drie ongestoorde graven van naderbij bekeken”, *Acta Archaeologia Lovaniensia* 27 (1988), p. 41-60.

VERBEECK 1990a

M. VERBEECK, “Erps-Kwerps: Romeinse villa en Merovingisch grafveld”, *Archeologie* 1990, p. 44-45.

VERBEECK 1990b

M. VERBEECK, “Enkele beschouwingen rond het Merovingisch rijengrafveld te Erps-Kwerps”, *Meer Schoonheid* 37 (1990), p. 4-17.

VERBEECK 1994

M. VERBEECK, “Vijf opgravingscampagnes te Erps-Kwerps (1987-1991). Een bewoningscontinuïteit van de prehistorie tot de middeleeuwen”, *Acta Archaeologia Lovaniensia* 33 (1994), p. 67-90.

VERMEULEN & ROGGE 1991

F. VERMEULEN & M. ROGGE, “Kruishoutem – Kapellekouter: van Romeins heiligdom tot roomse bidplaats”, *Gentse Bijdragen tot de Kunstgeschiedenis en Oudheidkunde* 29 (1991), p. 41-56.

VON ENDT & ORTNER 1984

D. W. VON ENDT & D. J. ORTNER, “Experimental Effects of Bone Size and Temperature on Bone Diagenesis”, *Journal of Archaeological Science* 11 (1984), p. 247-253.

WATERS 1992

M. R. WATERS, *Principles of Geoarchaeology, a North American Perspective*, Arizona 1992.

WEINIG 1958

E. WEINIG, “Die Nachweisbarkeit von Giften in exhumierten Leichen”, *Deutsch Zeitung Gesamte Gerichtliche Medizin* 47 (1958), p. 397-416.

WHITE 1979

R. E. WHITE, *Introduction to the Principles and Practice of Soil Science*, London 1979.

WHITE & FOLKENS 2005

T. WHITE & P. A. FOLKENS, *The Human Bone Manual*, London 2005.

WILLIAMS et al. 1989

P. L. WILLIAMS, R. WARWICK, M. DYSON & L. H. BANNISTER (eds.), *Gray's Anatomy*, Edinburgh 1989 (37 ed.).

WILLIAMS & OOSTROM 2000

M. D. WILLIAMS & M. OOSTROM, “Oxygenation of Anoxic Water in a Fluctuating Water Table System: an Experimental and Numerical Study”, *Journal of Hydrology* 230 (2000), p. 70-85.

WORLEY 2005

F. WORLEY, “Taphonomic influences on cremation burial deposits: implication for interpretation”, in: T. O’CONNOR (ed.), *Biosphere to Lithosphere, New Studies in Vertebrate Taphonomy*, Oxford 2005, p. 63-68.

YAMADA et al. 1990

T. K. YAMADA, T. KUDOU & H. TAKAHASHI-IWANAGA, “Some 320 year Old Soft Tissue Preserved by the Presence of Mercury”, *Journal of Archaeological Science* 17 (1990), p. 383-392.

YOSHINO et al. 1991

M. YOSHINO, T. KIMIJIMA, S. MIYASAKA, H. SATO & S. SETA, "Microscopical Study on Estimation of Time Since Death in Skeletal Remains", *Forensic Science International* 49 (1991), p. 143-158.