
SYNTAR

Synthese-onderzoek op
archeologisch materiaal
uit Vlaanderen.

Agentschap
Onroerend
Erfgoed



SYNTAR 13

Synthese-onderzoek op
archeologisch materiaal
uit Vlaanderen.

MerovingerDNA

De genetische en archeologische synthese van een
Merovingisch grafveld aan de Vlaamse kust

Maarten H.D. Larmuseau, Stefania Sasso, Alexander Lehouck, Jan Geypen,
Rachèl Spros, Christophe Snoeck, Kristiina Tambets & Toomas Kivisild

COLOFON

TITEL

MerovingerDNA
De genetische en archeologische synthese van een Merovingisch grafveld aan de Vlaamse kust

REEKS

SYNTAR nr. 13

AUTEURS

Maarten H.D. Larmuseau, Stefania Sasso, Alexander Lehouck, Jan Geypen,
Rachèl Spros, Christophe Snoeck, Kristiina Tambets & Toomas Kivisild

JAAR VAN UITGAVE

2023

Een uitgave van agentschap Onroerend Erfgoed
Wetenschappelijke instelling van de Vlaamse Overheid, Beleidsdomein Omgeving
Published by the Flanders Heritage Agency
Scientific Institution of the Flemish Government, policy area Environment

VERANTWOORDELIJKE UITGEVER

Peter De Wilde

OMSLAGILLUSTRATIE

Opgraving laat-Merovingisch grafveld, Koksijde januari 2017
Copyright agentschap Onroerend Erfgoed, foto: Kris Vandevorst

agentschap Onroerend Erfgoed
Havenlaan 88 bus 5
1000 Brussel
T +32 2 553 16 50
info@onroerenderfgoed.be
www.onroerenderfgoed.be

Dit werk is beschikbaar onder de Modellicentie Gratis Hergebruik v1.0.
This work is licensed under the Free Open Data Licence v.1.0.

Dit werk is beschikbaar onder een Creative Commons Naamsvermelding 4.0
Internationaal-licentie. Bezoek <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> om een
kopie te zien van de licentie.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

<https://doi.org/10.55465/BWAA4337>
ISSN 2736-6057
ISBN 978-9-0752-3067-3
D/2023/3241/007

MerovingerDNA

De genetische en archeologische
synthese van een Merovingisch
grafveld aan de Vlaamse kust

Syntheseproject Archeologie

**Maarten H.D. Larmuseau, Stefania Sasso, Alexander Lehouck,
Jan Geypen, Rachèl Spros, Christophe Snoeck,
Kristiina Tambets & Toomas Kivisild**

september 2022

Abstract

Na de melding van een toevalsvondst in Koksijde (Ter Duinenlaan) werd begin 2017 een Laat-Merovingische bewoning en grafveld opgegraven door het agentschap Onroerend Erfgoed. Deze Koksijdse site bleek bijzonder waardevol te zijn door de aanwezigheid van zowel gebouwstructuren, culturele artefacten als ecologisch vondstmateriaal voor een vroegmiddeleeuwse vindplaats langs de Vlaamse kust. Intrigerend was bovendien de vaststelling dat de bewoningsfase kort nadien (misschien zelfs deels gelijktijdig) werd opgevolgd door een grafveld met inhumaties. De opgegraven populatie bestaat uit 53 individuen waarop kort na de ontdekking reeds wetenschappelijk onderzoek werd uitgevoerd, waaronder fysisch antropologische studies, radiokoolstofdateringen en stabiele isotopenanalyses. Hieruit werd geconcludeerd dat het grafveld maximaal een eeuw lang werd gebruikt en dat het hoogstwaarschijnlijk om één of een beperkt aantal familiegroepen betreft. Toch bleven er hierover nog heel wat cruciale onderzoeksvragen onbeantwoord, wat de archeologische synthese van deze site sterk bemoeilijkte. Een *state-of-the-art* genetisch onderzoek op het skeletmateriaal van de Koksijdse site zou op essentiële vragen rond afkomst, verwantschapsrelaties en gezondheidstoestand de nodige antwoorden geven om een synthese mogelijk te maken.

Het unieke karakter van de archeologische site in Koksijde bood de opportuniteit om voor het eerst in Vlaanderen een uitgebreid oudDNA-onderzoek op menselijk botmateriaal uit te voeren. Dit was de aanleiding voor het syntheseproject archeologie getiteld 'MerovingerDNA'. Het uitgebreide genetische onderzoek op de Koksijdse skeletten startte in het najaar van 2019 aan de KU Leuven in samenwerking met University of Tartu (Estland). Een bijkomend isotopisch onderzoek werd uitgevoerd in samenwerking met de VUB. Al van bij de start van het project werden tal van initiatieven ondernomen door Histories vzw en het Abdijmuseum Ten Duinen in Koksijde om rond de inhoud van het syntheseonderzoek aansluiting en participatie te stimuleren onder academici, professionele archeologen, erfgoedwerkers, erfgoedvrijwilligers én het brede publiek.

In dit inhoudelijk rapport worden eerst de onderzoeksvragen en de meest opvallende resultaten van het uitgebreid genetisch onderzoek besproken, aangevuld met

informatie van de extra isotoopanalyses. Vooral het erg lage aantal aan geobserveerde biologische verwantschappen tussen de opgegraven individuen resulteert in een nieuwe interpretatie van het grafveld in Koksijde. Bovendien toont de oudDNA-analyse dat de afkomst van Koksijdse Merovingen vooral gelinkt is aan noordoostelijke eerder dan Scandinavische of Zuid-Europese populaties, dit zowel op basis van moderne genomen als oudDNA gegevens van Europese populaties. Deze nieuwe informatie en inzichten voor de Koksijdse casus demonstreren het immense potentieel van oudDNA in Vlaams archeologisch onderzoek en bevorderen bovendien het internationaal wetenschappelijk onderzoek. In het tweede deel van het rapport worden de concrete initiatieven voorgesteld om de archeologische context, methodologie en resultaten van dit MerovingerDNA project via diverse kanalen uit te dragen naar alle betrokken doelgroepen. Onder deze succesvolle initiatieven behoren de druk bijgewoonde conferentie, website, podcast, artikels, lezingen en tentoonstelling. Op die manier is de publieke ontsluiting van de nieuwe synthese en de start van oudDNA-onderzoek in Vlaanderen verzekerd.

Trefwoorden: Laat-Merovingische periode, grafveld, oudDNA, verwantschapsrelaties, afkomst, genetisch erfgoed, publieke participatie

1. Uitgangssituatie

Tijdens het uitgraven van een bouwput voor de aanleg van het nieuwe kantoor voor de politie Westkust werd op 22 december 2016 een archeologische toevalsvondst aan de Ter Duinenlaan te Koksijde aangetroffen. Als toepassing van de toevalsvondstprocedure werd op 10 januari 2017 het archeologisch veldwerk opgestart door het agentschap Onroerend Erfgoed onder coördinatie van Marc Dewilde en Franky Wyffels. Dit veldwerk duurde tot 27 januari 2017. In 2019 werd na uitgebreid wetenschappelijk studie het finale onderzoeksrapport afgerond¹.

Het uitgebreide onderzoeksrapport toont de uitzonderlijke waarde aan van de Koksijdse site. De oudste teruggevonden sporen op de archeologische site waren agrarische bewerkingssporen in de bodem, die uit de Romeinse periode dateren. Met deze observatie is dit al meteen het oudste gekende duinenakkertje voor de directe omgeving. Nochtans ligt het voornaamste belang van deze site in de aanwezigheid van een Laat-Merovingische boerderijnederzetting en grafveld.

De opgraving van deze Merovingische nederzetting is bijzonder doordat er een combinatie van gebouwstructuren, culturele artefacten *in situ* en ecologisch vondstmateriaal werd gevonden. Geen enkele vroegmiddeleeuwse vindplaats langs de Vlaamse kust biedt dit brede spectrum. Op de site werden vier bewoningsconstructies onderscheiden. De vondsten van de culturele artefacten, de natuurwetenschappelijke datering van de bewoningsfase en de vergelijking met andere archeologische sites in de Vlaamse kuststreek tonen aan dat deze gebouwen gebruikt werden tijdens de tweede helft van de zevende eeuw. Het aanwezige organisch materiaal toont aan dat bij de bewoning de nadruk voornamelijk lag op het houden van schapen. Historisch kan de bewoning hierdoor vereenzelvigd worden met

¹ Dewilde M., Annaert R., Van de Vijver K., Ervynck A., Boudin M., Cooremans B., Deforce K., Haneca K., Lehouck A., Lentacker A. & Wyffels F. (2019). *Een Merovingische nederzetting en grafveld aan de Vlaamse kust. Een toevalsvondst aan de Ter Duinenlaan te Koksijde*, Onderzoeksrapporten agentschap Onroerend Erfgoed. Brussel: agentschap Onroerend Erfgoed.

de *mariscus*, de boerderij die zich toelegde op het houden van schapen op de hogere gronden in of nabij het intergetijdengebied langs de Vlaamse en Zeeuwse kust^{2,3,4}.

Het meest intrigerende aspect van de Koksijde site is de stratigrafische opvolging van de bewoningsfase door een grafveld met inhumaties. Qua datering blijken beide fasen erg nauw op elkaar aan te sluiten. Het is zelfs niet uit te sluiten dat de bewoning en begraving elkaar in tijd overlappen. Een aanwijzing hiervoor is dat de twee noordelijke gebouwen volledig plaats hebben moeten maken voor het grafveld maar dat is niet het geval bij de twee zuidelijke gebouwen. Slechts één zuidelijke bouwstructuur is slechts in een hoek doorsneden door een grafstructuur (zie Figuur 1).

Bij de opgraving van het grafveld werden in totaal 47 grafstructuren vastgesteld. Belangrijk was dat er sommige hiervan leeg of verstoord waren, en dat verscheidene grafstructuren meervoudige individuen of grafgiften inhielden. Maar ook buiten een grafcontext werden enkele menselijke resten gevonden. In totaal bestaat de opgegraven populatie uit 53 individuen. Hierbij werden er individuen van alle leeftijden en beide geslachten geregistreerd, wat aangeeft dat er bij het gebruik van het grafveld geen selectie op basis van leeftijd of geslacht werd uitgeoefend. Op basis van het uitgebreide onderzoek waaronder fysisch antropologische studies, radiokoolstofdateringen en stabiele isotopenanalyses, werd geconcludeerd dat het hoogstwaarschijnlijk om één of een beperkt aantal familiegroepen betreft die van het grafveld gebruik maakten in de periode van de tweede helft van de 7de eeuw tot het midden van de 8ste eeuw. Dit wil zeggen dat het grafveld hooguit een eeuw in gebruik is gebleven.

² Lehouck A., et al. (2018) Golf ter Hille. Een archeologische opgraving (Gemeente Koksijde, prov. W-VL). Archeologierapport – verslag van resultaten, Koksijde.

³ Ervynck A., et al. (2012) *'Leffinge – Oude Werf': the first archaeozoological collection from a terp settlement in coastal Flanders*. In: Raemaekers D.C.M., et al. (Eds), A bouquet of archaeozoological studies. Essays in honour of Wietske Prummel, Groningen, 152-162.

⁴ Van Remoorter O., Sadones S. & Vanoverbeke R. (2016) *Archeologische opgraving Blankenberge, Lissewegestraat*. BAAC Vlaanderen Rapport 300, 147-157.



Figuur 1 Overzicht van de opgravingsite in Koksijde (Ter Duinenlaan), met aanduiding van gebouw 1 (nr 1 in legende), gebouw 2 (nr 2 in legende), gebouw 3 (nr 3 in legende), gebouw 4 (nr 4 in legende), omheiningen (nr 5 in legende), andere sporen (nr 6 in legende), en kisten en grafkuilen (nr 7 in legende). Aan de grafstructuren op de kaart zijn ook de toegewezen vondstnummers aangeduid. Deze figuur is overgenomen van het finale onderzoeksrapport agentschap Onroerend Erfgoed⁵.

⁵ Dewilde et al. (2019), zie eerder

Het onderzoek heeft ook gegevens aangebracht omtrent het grafritueel en de begravingspraktijken in deze tijdsperiode. Vooral de zes waargenomen tweevoudige begravingen zijn opmerkelijk aangezien verschillen in bewaring van de botten een gelijktijdige begraving van de twee individuen tegenspreken. Ook omtrent de levensomstandigheden en –kwaliteit van vroegmiddeleeuwse bevolkingsgroepen in Kust-Vlaanderen werden nieuwe gegevens ingezameld. Zo toonde het stabiele isotopenonderzoek ($\delta^{13}\text{C}$ en $\delta^{15}\text{N}$) van slechts zes skeletten dat betreft het dieet er zich twee groepen aftekenen. Of dit om individuele of interfamiliale verschillen dan wel om immigranten in de populatie gaat is onduidelijk.



Figuur 2 De opgraving van het Laat-Merovingische grafveld in Koksijde resulteerde in skeletmateriaal afkomstig van (minstens) 53 individuen. Foto: Kris Vandevorst, agentschap Onroerend Erfgoed.

Rond het midden van de 8ste eeuw werd het grafveld aan de huidige Ter Duinenlaan opgegeven. Er werd hierdoor geen link met de Koksijdse Duinenabdij gevonden die pas eeuwen later zijn ontstaan kende. Dat werd aanvankelijk nochtans vermoed aangezien de locatie van de laat-Merovingische site ongeveer 300 meter verwijderd is van de kerk van de – in de 16de eeuw opgegeven - Duinenabdij. Een overlap tussen

beide archeologische sites is niet mogelijk aangezien de eerste fase van de abdij met de behuizingen van een gemeenschap van kluizenaars in de periode 1107-1128 plaatsvond. Toch blijft de Merovingische site voor heem- en lokale geschiedkundige kringen een intrigerende link met de Duinenabdij hebben. Men heeft op de plaats van de abdij immers lang het bestaan van een vroegmiddeleeuwse begraafplaats met bijhorende vondsten verondersteld. Daarvoor is tot op vandaag geen enkel bewijs, maar nog veel materiaal over de oudste begraafplaats van de abdijsite bleef voorlopig onbestudeerd⁶.

⁶ Dirk Vanclooster, Jan Van Acker & Alexander Lehouck (2016) *Idesbald: gedenken en begraven in de Duinenabdij*. Uitgeverij Van de Wiele, Brugge, 96 pagina's.

2. Onderzoekshiaten voor de start van het syntheseproject

Ondanks het lijvige onderzoeksrapport in 2019 bleven nog heel wat cruciale onderzoeksvragen over de laat-Merovingische bewoning en grafveld onbeantwoord. **De fundamentele vraag bleef wie deze mensen in de opgegraven populatie zijn en vooral hoe ze zich hebben verhouden ten opzichte van elkaar, de andere humane populaties uit die tijd, en met de huidige Vlaamse populatie.** Het gebrek aan een antwoord hierop bemoeilijkte de synthese van deze archeologische site. Enerzijds is de reden de relatief slechte bewaring van de aangetroffen skeletten. Hierdoor kon zelfs het geslacht van een individu slechts bij de helft (27 op 53 individuen) bepaald worden en dit zelfs met de nodige voorzichtigheid, waardoor er weinig vaststellingen over gendergerichte depositie van grafgiften of over meervoudige begravingen gerealiseerd werden. Anderzijds ontbrak het vooral nog aan informatie over de verwantschapsrelaties tussen de individuen binnen de site, en over hun afkomst en link met andere populaties in de regio en in West-Europa zowel in de vroege Middeleeuwen als vandaag. Op basis van opvallende isotopenwaarden voor $\delta^{18}\text{O}$ werd zelfs een vermoeden geuit dat deze populatie van Koksijdse Merovingers een grote migratie heeft meegemaakt vanuit het verre zuiden (huidig Spanje), al kon men dat (nog) niet hardmaken.

Een *state-of-the-art* genetisch onderzoek op het skeletmateriaal van de Koksijdse site zou het belangrijke onderzoekshiaat opvullen en een synthese van de site mogelijk maken. Via de analyse van oudDNA – DNA afkomstig van oud biologisch materiaal – is het immers mogelijk om het geslacht, de fysieke kenmerken en de erfelijke aanleg voor ziekten van elk individu – inclusief de aanwezigheid van pathogenen – te achterhalen. Bovendien is het mogelijk om de biologische verwantschap tussen de individuen op de site vast te stellen en een vergelijking te maken met andere humane populaties om de afkomst en evolutie van de laat-Merovingische individuen in Koksijde in kaart te brengen.

3. Onderzoeksvragen van het syntheseproject

De algemene onderzoeksvraag van dit syntheseproject was wie de individuen van het Merovingische grafveld aan de Vlaamse kust waren. Een genetische analyse beantwoorde hierbij verschillende concrete onderzoeksvragen en dit op **drie verschillende niveaus**: namelijk dat van het individu, dat tussen individuen van het opgegraven grafveld en dat tussen individuen van andere humane populaties doorheen tijd en ruimte.



Figuur 3 Na het eerste uitgebreide onderzoek van de opgegraven skeletten op het laat-Merovingische grafveld in Koksijde bleven er nog heel wat cruciale vragen onbeantwoord over wie die mensen waren. Deze vragen waren de aanleiding voor het syntheseproject MerovingerDNA. Foto: Kris Vandevorst, agentschap Onroerend Erfgoed.

a) Het individu:

- Wat zijn de **geslachten** van de opgegraven individuen van het grafveld waarvoor dit niet met zekerheid kon bepaald worden door het fysisch antropologisch onderzoek? Is er hierdoor een wijziging van de geobserveerde seks-ratio en een bewijs voor gendergerichte depositie van grafgiften (waaronder messen en aardewerk)?

- Wat zijn de **fysieke kenmerken** van de opgegraven individuen van het grafveld? Hoe zagen ze fysiek eruit op basis van hun erfelijk materiaal?
- Is er een **genetische aanleg voor ziekten** aanwezig bij de individuen van het grafveld? Is er een verband tussen een genetische aanleg en een fysisch antropologische vaststelling op het skelet?
- Zijn er sporen van **pathogenen** aanwezig? Hadden eventuele pathogenen invloed op de levenskwaliteit en/of doodsoorzaak van de laat-Merovingische individuen in Koksijde?

b) Het grafveld:

- Hoe zijn de individuen in de opgegraven populatie **biologisch verwant** aan elkaar? **Hoeveel familiale groepen** zijn er aanwezig in het opgegraven deel van het grafveld?
- Hoe verhoudt de verwantschap zich tussen individuen in **tweevoudige graven** onderling en met de begraven individuen rondom deze specifieke grafstructuren?
- Is er een verband tussen familiale afkomst op basis van genetische informatie met het **dieet** en de **migratieachtergrond** op basis van de stabiele isotopenwaarden?
- Is er een verband tussen de biologische verwantschap en de **positie** van de individuen in het grafveld zodat dit een beeld geeft over de **chronologische evolutie en sociale indeling van het grafveld**? Zijn de oudere familieleden eerder in het noorden te vinden dan in het zuiden van de bewoning?

c) Populatie:

- Hoe verhoudt het Merovingisch grafveld in Koksijde zich **t.o.v. andere archeologisch opgegraven populaties in West-Europa** over de periodes van het mesolithicum tot de late middeleeuwen? Kan hier iets over hun afkomst teruggevonden worden?
- Hoe verhoudt zich het Merovingisch grafveld **t.o.v. de huidige Vlaamse en West-Europese populatie**? Is er sprake van continuïteit of eerder breuk tussen de laat-Merovingische populatie met de huidige Vlaamse populatie?

- Hoe verhoudt zich het Merovingische grafveld t.o.v. **de oudste grafcontexten in de archeologische site van de Duinenabdij**?
- Hoe genetisch homogeen zijn de individuen van het Merovingische grafveld in relatie tot de andere humane populaties in het West-Europa van die tijd? Is er hierbij sprake van een **uniforme of een heterogene populatie**?

4. Genetische resultaten in het syntheseproject

De analyse van oudDNA wordt door de gemiddelde archeoloog vaak ervaren als complex indien genetica nog onbekend terrein is. Genetica is inderdaad een brede wetenschappelijke discipline die heel wat voorkennis in biologie en chemie vereist. Bovendien nemen de inzichten en mogelijkheden binnen het DNA-onderzoek dagelijks toe, wat nog een extra moeilijkheid met zich meebrengt om resultaten helder te communiceren naar een breder publiek. Hiervan zijn we ons erg bewust en daarom geven we in dit inhoudelijk rapport de analyse en resultaten zo beknopt mogelijk weer op basis van een inzichtelijke en stapsgewijze aanpak, zonder al te veel voorkennis te verwachten van de lezer. De moleculaire analyse van oudDNA vereist trouwens een heel specifieke aanpak die schematisch wordt uitgelegd in het bijgevoegd vademecum aan het eind van dit rapport.

De hieronder weergegeven analyse is niet onderverdeeld in de drie verschillende niveaus zoals weergegeven in de onderzoeksvragen, maar gebeurt stapsgewijs volgens het protocol waarbij genetische diversiteit algemeen wordt bestudeerd. In de sectie 6 'Antwoorden op de onderzoeksvragen van het syntheseproject' worden vervolgens de vooropgestelde onderzoeksvragen dan wel volgens de drie niveaus beantwoordt.

4.a. Staalafname

De eerste stap om de doelstellingen van het syntheseproject te realiseren was de DNA-staalafname. Voor elk geselecteerd skelet in het onderzoek werd ten minste één kies of maaltand bemonsterd. Indien er geen maaltand (meer) aanwezig was, werd een andere tand gekozen, het rotsbeen in de schedel, of het sprongbeen in de enkel. Voor één individu werden ook de drie aanwezige gehoorbeentjes bemonsterd.

Er werden vier collecties bemonsterd:

- Collectie 1 = Deze collectie bevat de skeletten van het Merovingische grafveld in Koksijde, en is dus de kerncollectie binnen dit syntheseproject. Deze collectie wordt momenteel bewaard in het erfgoeddepot van het agentschap Onroerend Erfgoed in Vilvoorde. Voor acht van de 53 individuen die tijdens de opgravingen werden gevonden op de Koksijdse site, werd geen bruikbaar materiaal voor

oudDNA-analyse aangetroffen. Daarom werden in totaal 45 unieke individuen bemonsterd. Van sommige individuen werd voor de zekerheid meerdere stalen genomen. Bij 32 individuen werd een bewaarde tand genomen, bij zeven het rotsbeen en bij zes het sprongbeen. Ook het individu waarvoor de gehoorbeentjes werden verzameld, bevond zich in deze collectie.



Figuur 4 Het opgegraven skeletmateriaal van het laat-Merovingische grafveld wordt vandaag bewaard in het depot van het agentschap Onroerend Erfgoed in Vilvoorde. Foto: Jan Geypen, Histories vzw.

- Collectie 2 = Een schedel afkomstig uit de archeologische opgravingen van het laatmiddeleeuwse kerkhof van de Koksijdse Ten Duinenabdij in 1951 werd bemonsterd. Sinds de opgraving werd een schedelmisvorming verondersteld bij dit individu en daardoor is het uitzonderlijk bewaard gebleven binnen de collectie van het abdijmuseum Ten Duinen. Een maaltand werd bemonsterd voor de DNA-analyse.
- Collectie 3 = Vijf andere skeletten uit de opgravingen van het laatmiddeleeuwse kerkhof van de Ten Duinenabdij in 1951 werden bemonsterd. Momenteel bevinden deze skeletten zich in de collectie van het Koninklijk Belgisch Instituut van Natuurwetenschappen (KBIN) te Brussel (inventaris KBIN-IRSN 18.922). De skeletnummers onder deze bijzonder grote collectie zijn 82, 91, 96, B46 en C3. Zij werden allen bemonsterd door de extractie van een maaltand.
- Collectie 4 = Skeletten afkomstig uit het laatmiddeleeuwse kerkhof van de parochie in Wulpen (Kerkwijk) werden geselecteerd als referentiepopulatie. Deze individuen van het kerkhof werden opgegraven in 2017⁷. De collectie

⁷ Nijssen Emmy *et al.* (2018) Wulpen, Kerkwijk: een walgrachtsite en een begraafplaats bij de dorpskerk (Koksijde, W.-VI.). *Archaeologia Mediaevalis*, 41^{ste} Colloquium, Gent, 15-16/03/2018.

wordt momenteel bewaard in het archeologisch depot van ABO Gent. In totaal werden zes individuen geselecteerd, met inventarisnummers 49, 50, 54, 68, 70 en 72. Zij werden bemonsterd door extractie van een maaltand.



Figuur 5 Reeds bij de extractie van een maaltand voor oudDNA-onderzoek wordt uiterst steriel gewerkt, zoals hier bij de bemonstering van een skelet in oktober 2019 tijdens de lancering van het syntheseproject MerovingerDNA. Rechts staat Prof. dr. Toomas Kivisild afgebeeld en links Prof. dr. Maarten Larmuseau (beiden KU Leuven).

4.b. Extractie en kwantificatie oudDNA

Na de bemonstering werd het DNA geëxtraheerd in het oudDNA-laboratorium van de University of Tartu. Vervolgens werden de geëxtraheerde DNA-fragmenten in zogenaamde DNA *libraries* (DNA-bibliotheken) bewaard om uiteindelijk in verschillende fases *gesequenced* te worden binnen de Genomics Core van de KU Leuven (voor meer informatie over deze verschillende stappen: zie het vademecum op het einde van dit rapport).

De eerste belangrijke vaststelling na DNA-extractie was het volledige gebrek aan oudDNA-moleculen voor het skelet uit 'collectie 2' en de vijf individuen uit 'collectie 3'. Beide collecties waren het resultaat van archeologische opgravingen in 1952 en het is opmerkelijk dat geen enkele van deze zes individuen nog bruikbaar oudDNA droegen. Hoogstwaarschijnlijk werden zij gezamenlijk op een welbepaalde manier voor conservering behandeld die nefast was voor de DNA-moleculen afkomstig van deze individuen. Uiteraard zijn dergelijke resultaten steeds mogelijk bij genetisch onderzoek door de hoge gevoeligheid van oudDNA.

De tweede vaststelling was de relatief grote aanwezigheid van oudDNA bij alle zes individuen van het laatmiddeleeuwse kerkhof in Wulpen ('collectie 4'). Deze collectie werd toegevoegd aan het project na de negatieve DNA-extracties voor collecties 2 en 3.

De derde vaststelling was de aanwezigheid van oudDNA voor 32 van de 45 bemonsterde individuen uit 'collectie 1', de kerncollectie voor het syntheseproject. Voor 27 individuen werd zelfs voldoende DNA gesequenced om doorgedreven bioinformatische analyse mogelijk te maken. Net als de fysieke bewaring van de skeletfragmenten was de aanwezigheid van oudDNA algemeen vrij laag en zeer verschillend tussen de individuen, zoals te verwachten is bij een dergelijke opgraving. Hierdoor werden ook verschillende fases van sequencing en mapping-analyses uitgevoerd op basis van de individuele kwaliteit van elk staal afzonderlijk. De uiteindelijke *genoom-coverage* voor elk individu – dit is de maat hoeveel van het volledige genoom werd uitgelezen bij sequencing – is weergegeven in Tabel 1 voor de 27 individuen met voldoende gegevens die doorgedreven analyse mogelijk maakten. Het oudDNA van individu S26 was het best bewaard gebleven en hiervoor realiseerden we een 10x *genoom-coverage*. Voor de meerderheid van de stalen, namelijk 19 individuen, werd een relatief lage coverage van <1x gerealiseerd (zie Tabel 1).

Tabel 1 Genoom-coverage van de 27 individuen uit het laat-Merovingische grafveld van Koksijde ('collectie 1') met voldoende oudDNA-gegevens die een doorgedreven analyse mogelijk maken.

Coverage	Aantal individuen	Staalnaam in laboratorium	Staalnaam in inventaris
>0,01x	4	KOS005	S5
		KOS026	S22
		KOS035A	S40
		KOS039	S51
>0,1x	15	KOS001	S1
		KOS003	S3
		KOS007	S7
		KOS010	S11
		KOS011	S15
		KOS012	S23
		KOS013	S24
		KOS015	S94
		KOS016	S36
		KOS022	S13
		KOS024	S20
		KOS033	S38
		KOS036	S41
		KOS038	S43
KOS040	S54		
>1x	5	KOS002	S2
		KOS008C	S8
		KOS009	S9
		KOS032	S34
		KOS034	S39
6x	1	KOS006	S6
7x	1	KOS017	S50
10x	1	KOS028	S26

4.c. Geslachtsbepaling

De genetische geslachtsbepaling was de eerste analyse die werd gerealiseerd op basis van de DNA-gegevens uit collectie 1 en 4. Dit gebeurde op basis van de aan- of afwezigheid van het Y-chromosoom en de relatieve hoeveelheid van het X-chromosoom. Vanuit genetisch oogpunt hebben mannelijke individuen een X- en Y-chromosoom als geslachtschromosomen, en hebben vrouwelijke individuen twee X-chromosomen [uiteraard willen we benadrukken dat het genetische geslacht slechts één aspect is van gender].

De genetische geslachtsbepaling binnen de Koksijdse site ('collectie 1') werd gerealiseerd voor alle 32 individuen waarbij oudDNA werd vastgesteld na extractie. Het voorafgaand fysisch antropologisch onderzoek deed eerder al uitspraak over 27 individuen, waaronder slechts tien individuen met grote zekerheid en 17 individuen met slechts een waarschijnlijke bepaling. Voor de 10 individuen met grote zekerheid kwam

de fysische geslachtsbepaling overeen met de genetische geslachtsbepaling. Voor de 17 individuen met een waarschijnlijke geslachtsbepaling op basis van fysisch botmateriaal kon slechts 15 individuen genetisch getest worden. Twee van deze 'waarschijnlijke geslachtsbepalingen' kwamen daarbij niet overeen met de genetische geslachtsbepaling (Tabel 2). Alle andere waarschijnlijke geslachtsbepalingen werden bevestigd.

De genetische geslachtsbepaling binnen de site van Wulpen ('collectie 4') gaf een gelijke verdeling aan, namelijk drie vrouwen en drie mannen. Hier vonden we een verschil tussen de fysische en genetische geslachtsbepaling bij één individu terug.

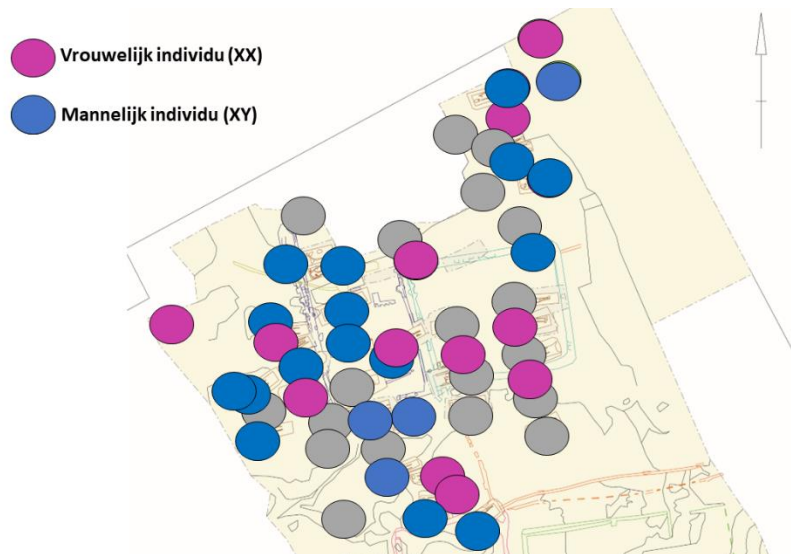
Deze resultaten wijzen op het belang van genetische geslachtsbepaling om inzicht te krijgen over de man-vrouw verdeling op een grafveld wanneer de fysische bepaling onzeker is door een gebrek aan botmateriaal. Ook is de geslachtsbepaling van bepaalde skeletten relevant zoals voor individu S23 in Koksijde waarbij een Friese sceatta werd gevonden ter hoogte van de schedel/schouders, wat doet vermoeden dat het als zogenaamde Charonpenning in de mond werd meegegeven. Dit individu werd door het fysische antropologisch onderzoek als mogelijk vrouwelijk aangegeven maar de genetische geslachtsbepaling geeft aan dat het om een mannelijk individu ging. Dergelijke resultaten kunnen in verder onderzoek naar het gebruik van Charonpenningen in archeologische context en Merovingische grafvondsten relevant zijn.

Tabel 2 De fysisch antropologische en genetische geslachtsbepaling voor de individuen opgegraven in het laat-Merovingische grafveld van Koksijde en in het laatmiddeleeuwse kerkhof van Wulpen. ‘M’ is een toeschrijving aan een genetisch mannelijk individu; ‘F’ is een toeschrijving aan een genetisch vrouwelijk individu; een ‘?’ wijst op de onzekerheid van de toeschrijving bij de fysisch antropologische geslachtsbepaling. De fysische geslachtsbepalingen met hoge zekerheden worden in het vet weergegeven.

Site	Staalnaam in inventaris	Staalnaam in laboratorium	Fysische geslachtsbepaling	Genetische geslachtsbepaling
Koksijde	S1	KOS001	F	F
Koksijde	S2	KOS002	F?	M
Koksijde	S3	KOS003	F?	F
Koksijde	S4	KOS004A	-	M
Koksijde	S4B	KOS004B	-	M
Koksijde	S5	KOS005	M??	M
Koksijde	S6	KOS006	M	M
Koksijde	S7	KOS007	M	M
Koksijde	S8	KOS008C	F?	F
Koksijde	S9	KOS009	M	M
Koksijde	S11	KOS010	M?	M
Koksijde	S13	KOS022	-	F
Koksijde	S15	KOS011	M?	M
Koksijde	S20	KOS024	M?	M
Koksijde	S22	KOS026	M?	M
Koksijde	S23	KOS012	F??	M
Koksijde	S24	KOS013	F?	F
Koksijde	S24B	KOS027	-	M
Koksijde	S26	KOS028	-	F
Koksijde	S31	KOS014	-	M
Koksijde	S34	KOS032	M	M
Koksijde	S36	KOS016	M	M
Koksijde	S38	KOS033	F	F
Koksijde	S39	KOS034	F??	F
Koksijde	S40	KOS035A	F??	F
Koksijde	S41	KOS036	-	F
Koksijde	S42	-	M?	-
Koksijde	S42b	-	M?	-
Koksijde	S43	KOS038	F?	F
Koksijde	S50	KOS017	M	M
Koksijde	S51	KOS039	M	M
Koksijde	S54	KOS040	-	F
Koksijde	S81	-	F??	-
Koksijde	S90	KOS018	-	M
Koksijde	S93	-	F??	-
Koksijde	S94	KOS015	M	M
Wulpen	49	WPK001A	M	M
Wulpen	50	WPK002	F	M
Wulpen	54	WPK003	F	F
Wulpen	68	WPK004	M?	F
Wulpen	70	WPK005	M	M
Wulpen	72	WPK006	F	F

De verhouding van de geslachten voor de Koksijdse individuen is vrij homogeen: namelijk 15 vrouwelijke en 17 mannelijke individuen werden met hoge zekerheid aangegeven. De verspreiding van deze mannelijke en vrouwelijke individuen op het Koksijdse grafveld geeft echter geen duidelijke structuur weer, zoals geïllustreerd in Figuur 6. Er lijken wat kleine clusteringen van mannelijke of vrouwelijke individuen

aanwezig te zijn maar deze lijken betekenisloos te zijn en zijn dus eerder toevallig van aard.



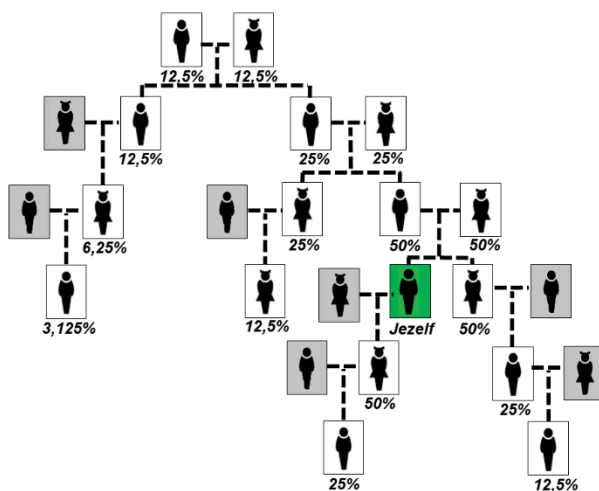
Figuur 6 Weergave van de genetische geslachtsbepalingen op het laat-Merovingische grafveld van Koksijde. De kleur geeft de geslachtsbepaling aan.

4.d. Verwantschapsbepaling

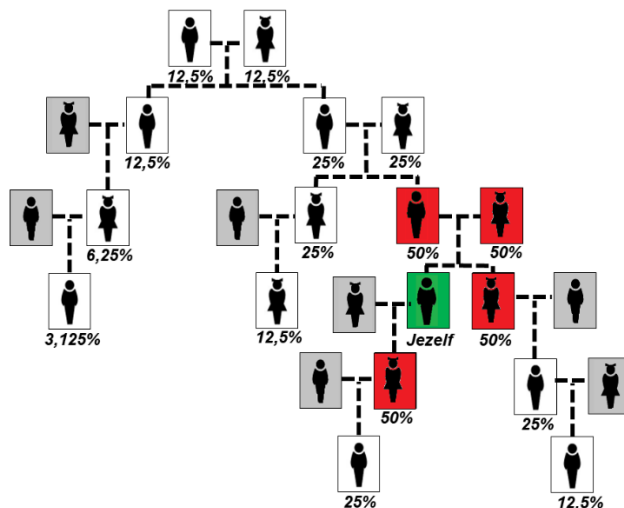
Bij een *state-of-the-art* biologische verwantschapsonderzoek nemen we het volledige genoom van de individuen in rekening. Zo kunnen we de onderlinge biologische verwantschap in brede zin vaststellen. Dit was tot voor enkele jaren niet mogelijk toen oudDNA-analyse enkel nog bestond uit mitochondriaal DNA-onderzoek waarbij slechts verwantschap in directe moederlijke lijn kon achterhaald worden.

Vandaag berekenen genetici het aandeel van gemeenschappelijke DNA-fragmenten - verspreid over het ganse genoom - tussen individuen. Het percentage DNA dat de individuen onderling delen, geeft aan hoe sterk zij aan elkaar verwant waren. Als er zo'n 50 procent gemeenschappelijk DNA vastgesteld wordt tussen twee individuen, dan waren deze verwant in eerste lijn. Ze waren dan ouder en kind of broer en zus van elkaar (Figuur 7). Bij 25 procent gemeenschappelijk DNA wordt gesproken over biologische verwantschap in tweede lijn. De mogelijke relaties waren dan grootouder en kleinkind, nonkel of tante en neef of nicht, of halfbroer of halfzus (Figuur 8). Bij verwantschap in derde lijn delen de individuen 12,5 procent DNA. Dat laat nog meer

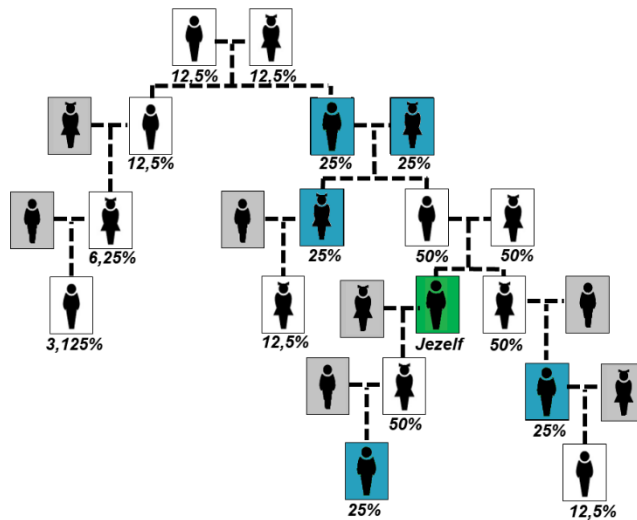
mogelijkheden voor onderlinge relaties, zoals Figuur 9 weergeeft. Genetische informatie kan enkel aangeven in welke lijn/graad twee individuen aan elkaar verwant zijn; de concrete verwantschapsrelatie kan zonder verdere contextgegevens niet achterhaald worden. Die lijn of graad van biologische verwantschap is trouwens verschillend aan de verwantschapsgraad die binnen de genealogie normaal gebruikt wordt om een familierelatie aan te duiden. Zo zijn broer en zus biologisch verwant in eerste lijn of graad, maar genealogisch spreken we van een tweedegraads verwantschap door de aanwezigheid van twee meioses tussen de individuen.



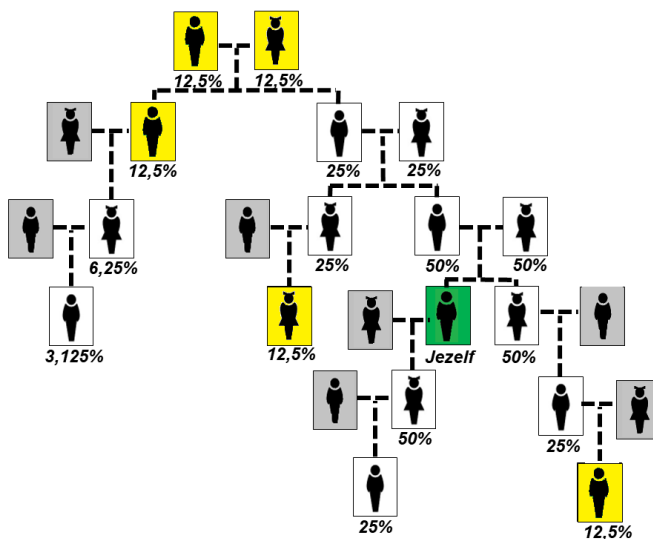
Figuur 7 Dit genetisch genealogisch overzicht laat zien hoeveel percentage DNA twee verwanten met elkaar gemeenschappelijk hebben. (Bron: Maarten Larmuseau)



Figuur 8 Dit genetisch genealogisch overzicht toont wie er biologisch verwant is in eerste lijn of graad, namelijk wie er 50% DNA gemeenschappelijk heeft. (Bron: Maarten Larmuseau)



Figuur 9 Dit genetisch genealogisch overzicht toont wie er biologisch verwant is in tweede lijn of graad, namelijk wie er 25% DNA gemeenschappelijk heeft. (Bron: Maarten Larmuseau)

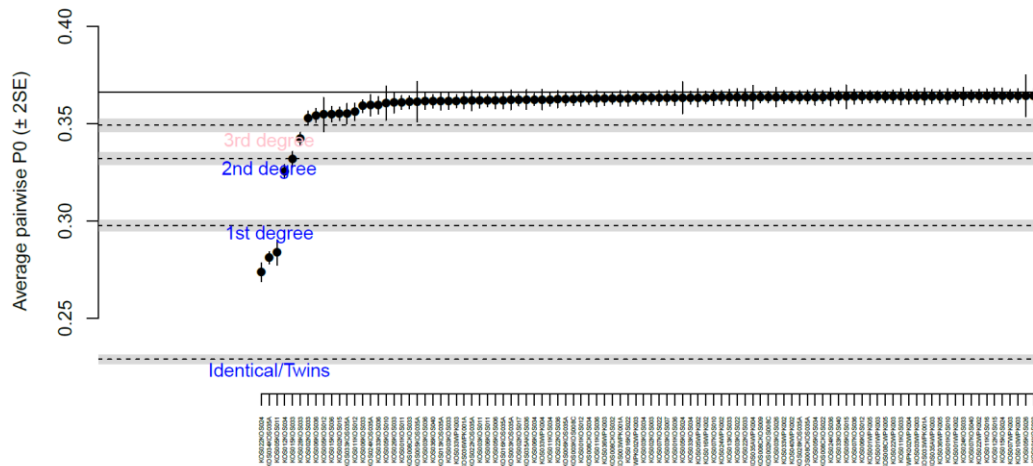


Figuur 10 Dit genetisch genealogisch overzicht toont wie er biologisch verwant is in derde lijn of graad, namelijk wie er 12,5% DNA gemeenschappelijk heeft. (Bron: Maarten Larmuseau)

De verwantschapsanalyse met oudDNA gebeurt via de READ (Relationship Estimation from Ancient DNA) software⁸. Voor alle 27 individuen met voldoende oudDNA resultaten uit het Koksijdse grafveld, werden de biologische verwantschappen bepaald op 1^{ste}, 2^{de} en 3^{de} graad. Er werden in totaal slechts drie

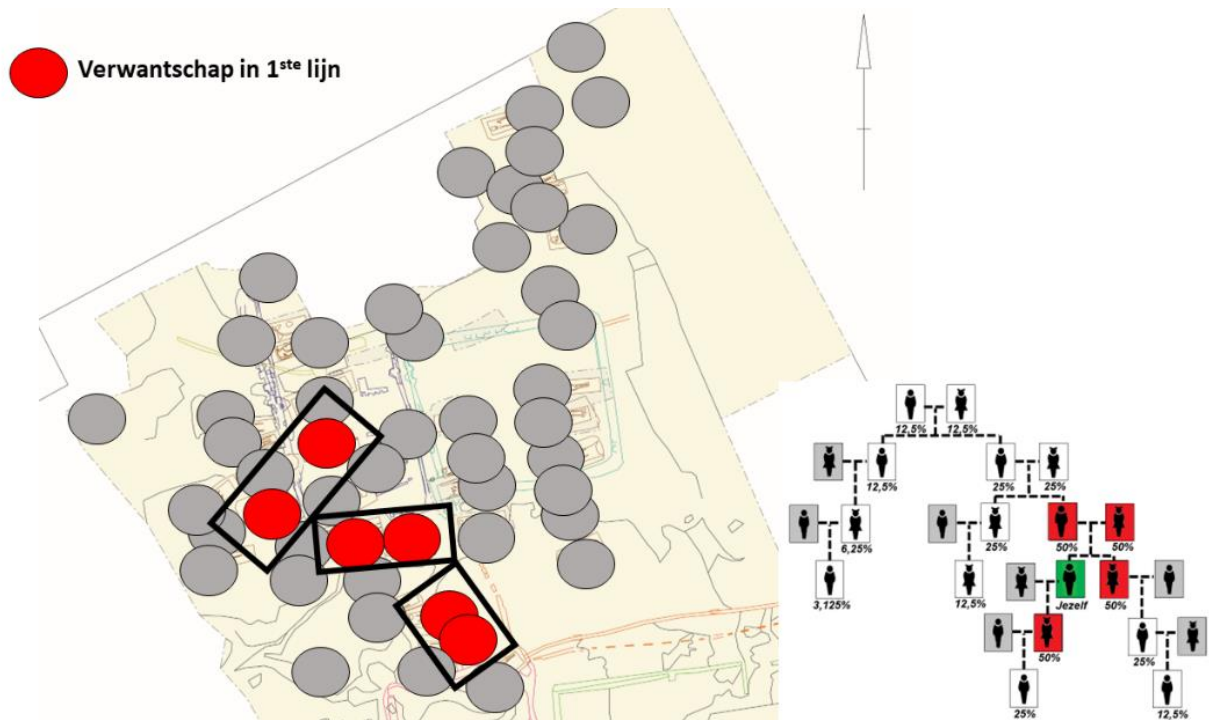
⁸ Kuhn Jose *et al.* (2018) Estimating genetic kin relationships in prehistoric populations. PLoS ONE, 13: e0195491.

verwantschappen in 1^{ste} graad, twee in 2^{de} graad, en twee in 3^{de} graad gevonden (Figuur 11). (Opgepast: dit is één verwantschap in eerste graad en één verwantschap in derde graad meer dan eerder meegedeeld bij de bekendmaking van de eerste resultaten, toen minder individuen de genetische kwaliteitscontrole hadden doorstaan om meegenomen te worden in de verwantschapsanalyse).



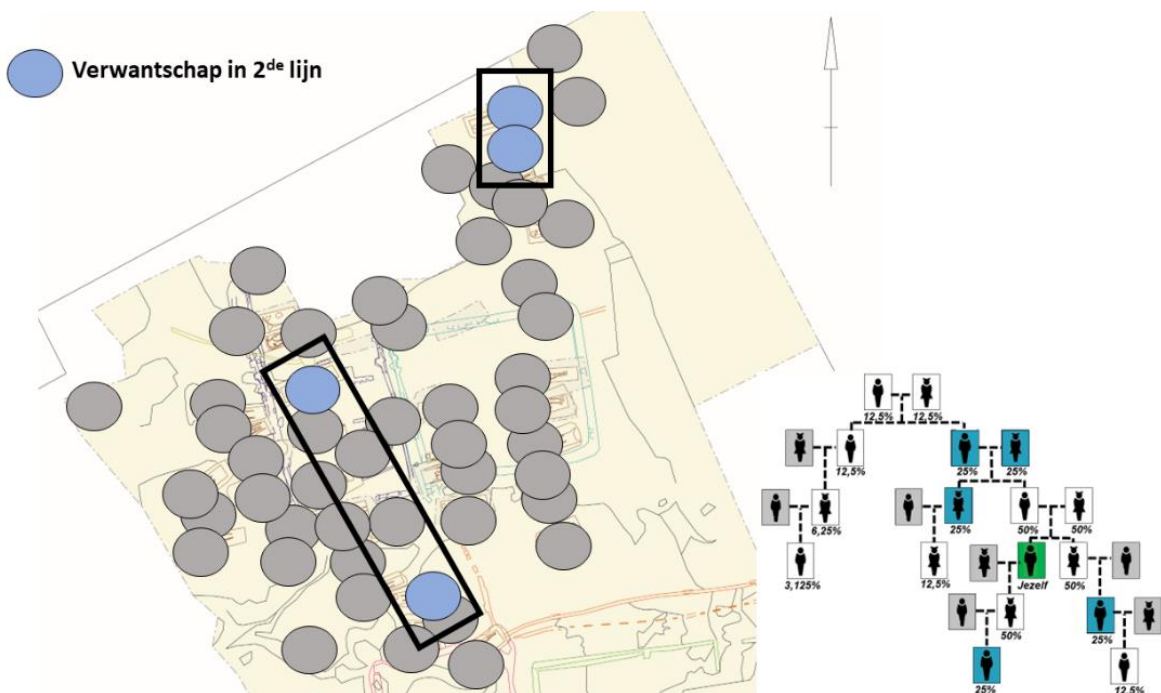
Figuur 11 De READ verwantschapsanalyse geeft zeven nauwe biologische verwantschappen aan binnen het laat-Merovingische grafveld in Koksijde, waaronder drie in eerste graad, twee in tweede graad en twee in derde graad.

In eerste graad zijn er drie verwantschappen gevonden: namelijk S13 met S20, S39 met S40, en S5 met S15. Al deze koppels liggen naast elkaar begraven op het grafveld (Figuur 12).



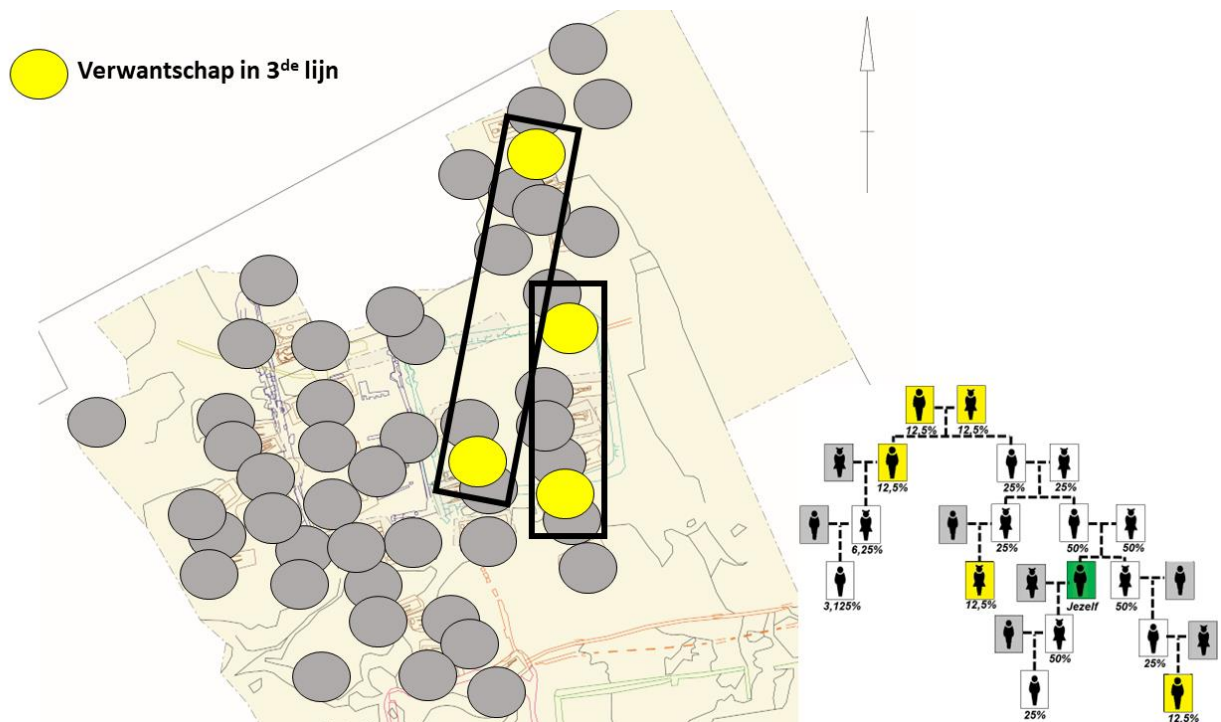
Figuur 12 De posities van de biologische verwantschapsrelaties in 1^{ste} lijn op het laat-Merovingische grafveld in Koksijde.

In biologisch 2^{de} graad werden twee verwantschapsrelaties gevonden, namelijk tussen S23 met S39, en S94 met S38. Enkel bij één van deze verwantschappen liggen de individuen naast elkaar begraven op het grafveld (Figuur 13).



Figuur 13 De posities van de biologische verwantschapsrelaties in 2^{de} lijn op het laat-Merovingische grafveld in Koksijde.

In 3^{de} graad werd twee biologische verwantschap gevonden, namelijk S26 met S38, en S31 met S54. Deze verwanten liggen niet naast elkaar begraven op het grafveld (Figuur 14).



Figuur 14 De posities van de twee biologische verwantschapsrelatie in 3^{de} lijn op het laat-Merovingische grafveld in Koksijde.

Alle nauwe biologische verwantschappen (3^{de} graad en lager) tussen de 27 individuen van dit Koksijdse grafveld met voldoende genetische informatie, zijn hierbij met grote zekerheid gedetecteerd. Verwacht wordt echter dat er in de toekomst mogelijks nog diepere verwantschappen (hoger dan 3^{de} graad) zullen aangewezen worden. Momenteel worden immers nieuwe methodes ontwikkeld om alsnog via imputatie (zie verder) nog diepere verwantschappen te vinden op basis van gemeenschappelijke korte DNA-fragmenten. Verwacht wordt dat er logischerwijze verschillende diepe verwantschappen zullen gevonden worden tussen de individuen op het Koksijdse grafveld onderling. Alsook kan imputatie in de toekomst nog bijkomende informatie

geven over de concrete relatie tussen biologische verwanten in eerste graad (vb onderscheid tussen ouder-kind en zus-broer).

4.e. Haploïde merkers

De volgende stap in de oudDNA-analyse is het bepalen van de diversiteit op haploïde merkers, namelijk het mitochondriaal DNA (verder mtDNA) en het Y-chromosoom. Deze twee merkers zijn haploïd omdat we ze integraal via slechts één ouder overerven: het mtDNA krijgt iedereen enkel via de moeder en het mannelijke Y-chromosoom krijgt elke man enkel via zijn vader. Door het haploïde karakter kunnen we de maternale en paternale afkomst in kaart brengen en dit door de evolutionaire lijnen of zogenaamde haplogroepen te bepalen die weergegeven worden in fylogenetische stambomen. Individuen die in directe moederlijke of vaderlijke lijn nauw verwant zijn aan elkaar, behoren respectievelijk tot dezelfde mtDNA of Y-chromosomale haplogroep.

Voor de genetische analyse van de opgegraven skeletten in de Koksijdse site zijn de mtDNA en Y-chromosomale profielen belangrijk voor volgende redenen:

- Om de reeds geobserveerde biologische verwantschappen beter te interpreteren; m.a.w. hebben twee verwanten in 1^{ste} graad eenzelfde mtDNA/Y-chromosomaal profiel zodat de mogelijke verwantschapsrelaties gelimiteerd worden?
- Om de bredere verwantschap tussen alle individuen op het grafveld te bepalen; m.a.w. behoren mannelijke individuen op het grafveld tot dezelfde paternale lijn? Of behoren individuen tot eenzelfde maternale lijn?
- Om de aanwezige diversiteit van de haplogroepen te interpreteren op basis van de huidige en historische verspreiding zodat de migratieachtergrond van elk individu op het grafveld beter in kaart gebracht kan worden.

Voor het mtDNA van de individuen opgegraven op de Koksijdse site vinden we volgende resultaten: in totaal werd de bepaling van de mtDNA haplogroep voor 32 individuen gerealiseerd (zie Tabel 3). Hieronder namen we 24 verschillende

haplogroepen waar, waarvan 19 haplogroepen slechts eenmaal voorkwamen en vijf haplogroepen bij meer dan één individu werden gevonden.

Tabel 3 Overzicht van de geobserveerde haplogroepen voor het mitochondriaal DNA (mtDNA) en het Y-chromosoom voor de sites van Koksijde en Wulpen. Bij vrouwelijke individuen werd geen Y-chromosoom aangetroffen ('-' in de tabel). Indien er bij mannelijke individuen geen haplogroepbepaling mogelijk was, werd dit met een '?' aangeduid in de tabel.

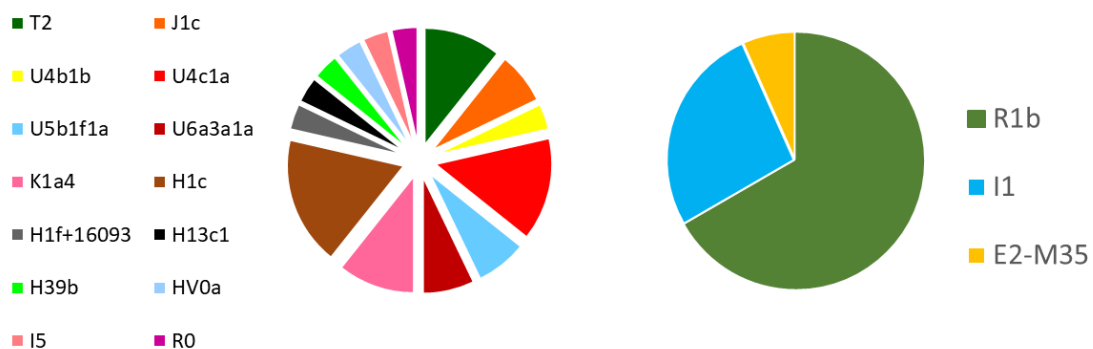
Site	Staalnaam in inventaris	Staalnaam in laboratorium	Haplogroep mtDNA	Haplogroep Y-chromosoom
Koksijde	S1	KOS001	T2a1a	-
Koksijde	S2	KOS002	T2e	I1a'f
Koksijde	S3	KOS003	J1c1	-
Koksijde	S4	KOS004A	U4c1a	?
Koksijde	S4B	KOS004B	U4c1a	?
Koksijde	S5	KOS005	K1a4a1	E2a-Z1919
Koksijde	S6	KOS006	H39b	R1b8-L257
Koksijde	S7	KOS007	H1c1	I1-M253
Koksijde	S8	KOS008C	U4b1b1	-
Koksijde	S9	KOS009	T2b3c	R1b6-S497
Koksijde	S11	KOS010	K1a4a1a	R1b-M269
Koksijde	S13	KOS022	U4c1a	-
Koksijde	S15	KOS011	K1a4a1	E2a1-V13
Koksijde	S20	KOS024	U4c1a	R1b-L151
Koksijde	S22	KOS026	H1f+16093	R1b-P312
Koksijde	S23	KOS012	U5b1f1a	I1
Koksijde	S24	KOS013	J1c7a	-
Koksijde	S24B	KOS027	U4c1a	?
Koksijde	S26	KOS028	H1bc	-
Koksijde	S31	KOS014	H1c3b	?
Koksijde	S34	KOS032	I5	R1b8-ZP139
Koksijde	S36	KOS016	HV0a	R1b5-S4268
Koksijde	S38	KOS033	J1c7a	-
Koksijde	S39	KOS034	U6a3a1a	-
Koksijde	S40	KOS035A	U6a3a1	-
Koksijde	S41	KOS036	U5b2a2b	-
Koksijde	S43	KOS038	H1c4	-
Koksijde	S50	KOS017	U4b1a3a	R1b5-S4268
Koksijde	S51	KOS039	R0	R1
Koksijde	S54	KOS040	H1c3b	-
Koksijde	S90	KOS018	U5b1f1a	?
Koksijde	S94	KOS015	H13c1	R1b7-FGC17465
Wulpen	49	WPK001A	H31a	R1b-M269
Wulpen	50	WPK002	H1ag1	R1b1-Y1232
Wulpen	54	WPK003	K1b2a	-
Wulpen	68	WPK004	K1c2	-
Wulpen	70	WPK005	H15a1	R1b6-L45
Wulpen	72	WPK006	H1	-

De twee skeletten die werden gevonden in graf S4 (individuen S4 en S4B) hebben dezelfde mtDNA haplogroep. Bovendien hebben de individuen binnen de drie

biologische verwantschapskoppels van 1^{ste} graad steeds dezelfde haplogroep (Figuur 17).

De meeste mtDNA haplogroepen die geobserveerd zijn in Koksijde zijn reeds gevonden in moderne als historische populaties in Europa (Figuur 15). Sommigen zijn wijdverspreid over het ganse Europees continent, waaronder R1a, H1bc, H13c1, U4b1b, etc. Velen (zelfs de helft) hebben een haplogroep dat vooral in huidig (!) Scandinavië veelvuldig voorkomt, waaronder H1c1, H1c2b, K1a4a1, U5b2a2b, etc. Ook zijn er ten minste zes individuen die een haplogroep hebben die meer voorkomen in huidig (!) Spanje en/of de zuidelijke Middellandse Zee-regio, namelijk I5, T2b3c, U6a3a1a, etc. Alle zes individuen uit de site van Wulpen hebben een verschillende mtDNA haplogroep (Tabel 3), die algemeen zijn in Europa.

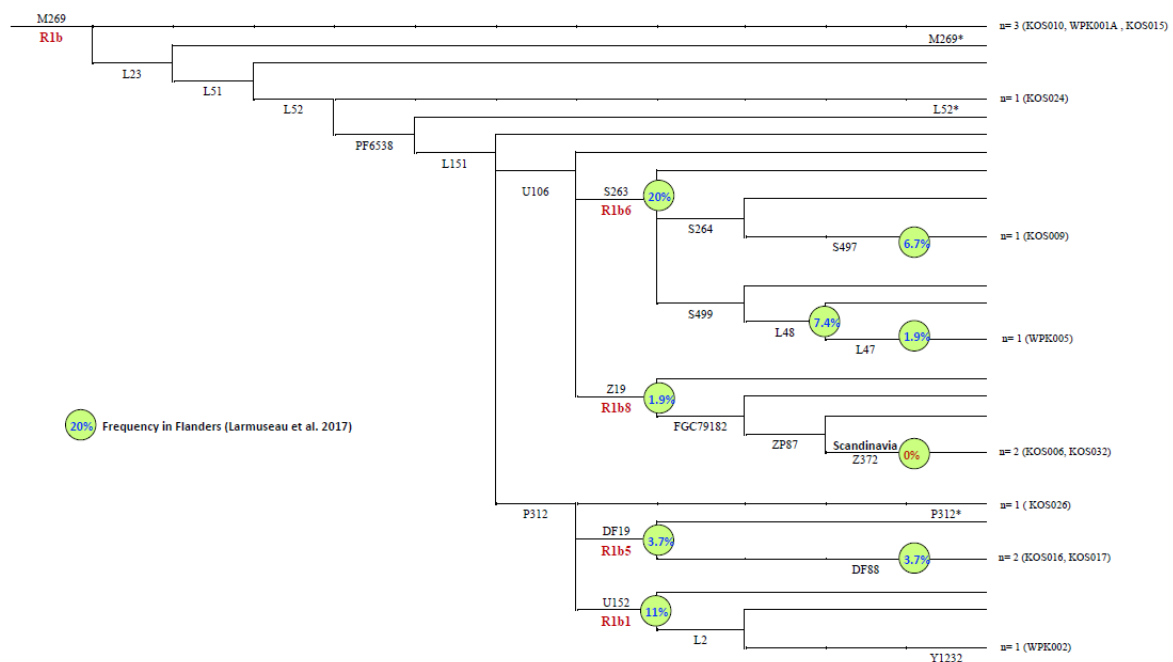
De grote diversiteit aan mtDNA haplogroepen binnen de sites van Koksijde en Wulpen komen overeen met de erg brede diversiteit die vandaag nog in de autochtone Vlaamse populatie aanwezig is, gemeten door het recente *citizen science* project MamaMito over voormoeders en mitochondriaal DNA (Larmuseau *et al.*, in prep).



Figuur 15 Overzicht van de algemene mtDNA en Y-chromosomale diversiteit die gevonden werd op de Koksijdse site.

Voor het mannelijke Y-chromosoom zijn de resultaten bij oudDNA-analyse complexer dan het mitochondriaal DNA. Bij de typisch lage genoom-coverage kunnen we immers slechts een klein deel van de Y-chromosomale diversiteit in kaart brengen. Bijgevolg is het geobserveerde fylogenetisch niveau verschillend tussen de individuen wat de onderlinge vergelijking moeilijk maakt. Voor de individuen opgegraven op de Koksijdse site vinden we volgende resultaten: in totaal werden drie hoofdhaplogroepen

waargenomen, namelijk R1b, I1 en E2, in eenzelfde frequentie als in de huidige autochtone Vlaamse bevolking (Larmuseau *et al.* 2015)⁹. Als we inzoomen in de haplogroep R1b-cluster zien we dat de meeste individuen tot een andere subhaplogroep binnen de cluster behoren. Het is uitgesloten dat er een paternale verwantschap is op een genealogische tijdschaal wanneer mannen tot verschillende subhaplogroepen binnen R1b behoren (Figuur 16). Bijgevolg zijn er weinig Y-chromosomale verwantschappen ondanks het feit dat de meerderheid tot haplogroep R1b behoort. Een interessante bevinding is de aanwezigheid van twee individuen die tot R1b8-Z372 behoren, namelijk S6 en S34. Deze lijn werd nog niet eerder vastgesteld in de huidige autochtone bevolking in Vlaanderen maar wel in het huidige Scandinavië.



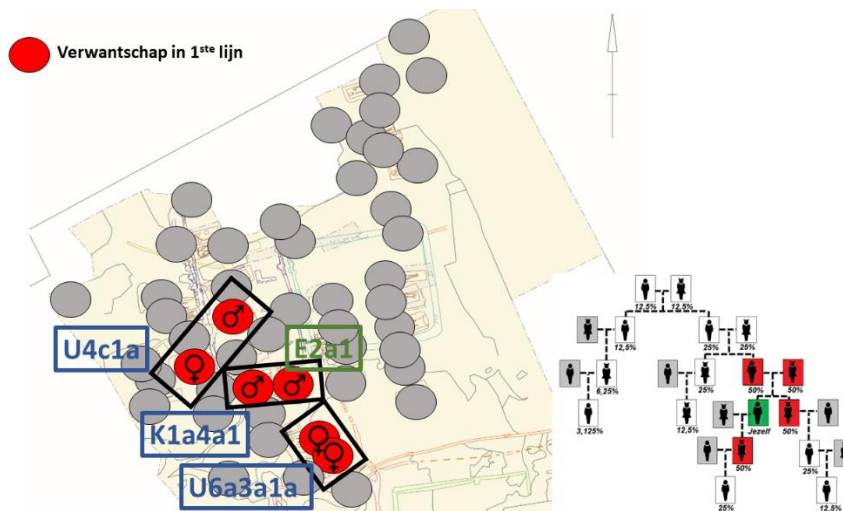
Figuur 16 Overzicht van de verschillende aanwezige subhaplogroepen binnen de R1b-cluster zowel voor de Koksijdse als de Wulpense sites. In het groen staat het percentage zoals gevonden in de huidige autochtone Vlaamse bevolking volgens Larmuseau *et al.* 2017¹⁰.

We stelden vast dat de twee Koksijdse mannen die biologisch verwant zijn in de eerste graad, tot dezelfde subhaplogroep behoren binnen haplogroep E, namelijk E2a1

⁹ Larmuseau M.H.D., *et al.* (2015) High Y-chromosomal diversity and low relatedness between paternal lineages on a communal scale in the Western European Low Countries during the surname establishment. *Heredity*, 115: 3-12.

¹⁰ Larmuseau M.H.D., *et al.* (2017) Defining Y-SNP variation among the Flemish population (Western Europe) by full genome sequencing. *Forensic Science International: Genetics*, 31: e12-e16.

(Figuur 17). Aangezien subhaplogroep E2a1 een weinig voorkomende haplogroep is en zij ook tot dezelfde mtDNA subhaplogroep behoren, gaat het hoogstwaarschijnlijk om twee broers die naast elkaar begraven zijn.



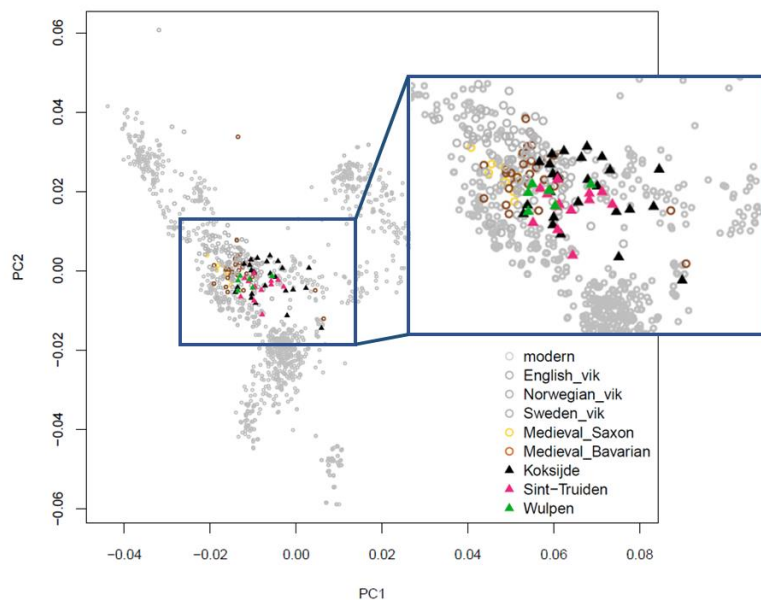
Figuur 17 De drie biologische verwantschapskoppels in de 1^{ste} graad hebben onderling steeds dezelfde mtDNA subhaplogroep (weergegeven in blauw). Het enige koppel van twee mannen vertoont ook eenzelfde Y-chromosomale subhaplogroep (weergegeven in groen).

4.f. Populatiegenetische analyse

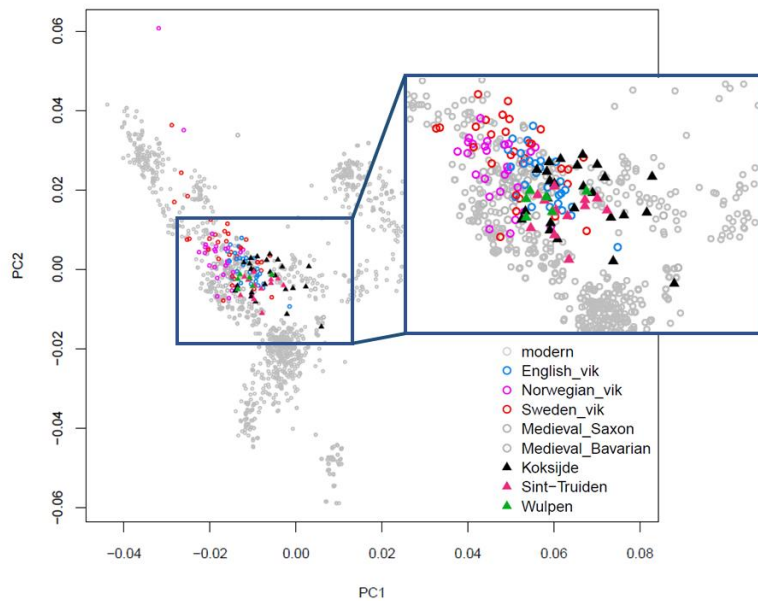
Om de algemene genetische diversiteit van de individuen in de sites van Koksijde en Wulpen onderling met elkaar te vergelijken, alsook met andere moderne en historische populaties, hebben we diverse admixture-analyses, PCA-methodes en F-statistics (inclusief F4-statistisch) verwezenlijkt. De meest – voor een breder publiek – toegankelijke resultaten worden bereikt met de hieronder weergegeven PCA-plotten (Figuur 18 en 19).

In Figuur 18 wordt de PCA-plot weergegeven met de focus op de genetische differentiatie tussen de individuen van de sites in Koksijde en Wulpen onderling, en de vergelijking met de genomen afkomstig van het laatmiddeleeuwse Sint-Truiden, het middeleeuwse Beieren (Bavaria) en de middeleeuwse Saksen (nog niet gepubliceerd

materiaal). In Figuur 19 wordt de PCA-plot weergegeven met de focus op de vergelijking met de genomen afkomstig van Scandinavische populaties ten tijde van de Viking-periode. Op de plots is duidelijk zichtbaar dat de individuen van Koksijde onderling het meest genetisch verschillend zijn van elkaar in vergelijking met de individuen uit Wulpen en Sint-Truiden die een meer homogeen karakter hebben. Dit wijst op een brede genetische diversiteit en heterogeniteit bij de Koksijdse individuen. Er is ook een duidelijke clustering tussen de Koksijdse stalen met de Middeleeuwse genomen uit Beieren (Bavaria) en de Saksen, en niet met de Scandinavische populaties en met zuiderse populaties zoals Frankrijk en Spanje.



Figuur 18 PCA-plot met focus op de genetische differentiatie tussen de individuen van de sites in Koksijde en Wulpen met de staalnames van laat-middeleeuwse Sint-Truiden, middeleeuws Beieren (Bavaria) en middeleeuwse Saksen (Saxon).



Figuur 19 PCA-plot met focus op de genetische differentiatie tussen de individuen van de sites in Koksijde en Wulpen met de staalnames van Vikingpopulaties in Engeland, Noorwegen en Zweden.

Ook via F3- en F4-statistiek werd vastgesteld dat er inderdaad significant meer genetische overeenkomst is met noordoostelijke populaties (Saksen, Beieren, ...) dan met Scandinavische of Zuid-Europese populaties (Frankrijk, Spanje, ...), zoals reeds duidelijk zichtbaar was in de PCA-plots. Hierdoor is deze observatie op diverse statistische methodes bevestigd.

In deze populatiegenetische analyse werden verschillende 'outliers' gevonden, dit zijn stalen die genetisch duidelijk verschillend waren van de meerderheid van individuen in Koksijde. Deze individuen zijn S1, S9, S11, S34 en S43. Zij clusterden niet samen met individuen uit andere populaties in de analyse, wat doet vermoeden dat zij eerder zouden clusteren met DNA-stalen uit de IJzertijd in Vlaanderen (die nog niet voorhanden zijn).

4.g. Pathogenen

Alle sequencing resultaten werden voor elk individu afzonderlijk ook onderworpen aan een brede 'mapping' op genomen van 35 mogelijke pathogenen. We kregen resultaten

bij elf individuen, die allemaal afkomstig waren uit de Koksijdse site. Bij deze elf individuen waren sporen terug te vinden van in totaal 19 pathogenen.

Dit waren de resultaten per individu:

S5 (KOS005) = *Erysipelothrix rhusiopathiae*

S7 (KOS007) = *Streptococcus pyogenes*

S8 (KOS008A) = *Fusobacterium nucleatum*; *Porphyromonas gingivalis*; *Streptococcus anginosus*; *Tannerella forsythia*; *Treponema denticola*; *Treponema putidum*

S9 (KOS009) = Hepatitis B virus

S13 (KOS022) = Hepatitis B virus

S22 (KOS026) = *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*; *Aggregatibacter aphrophilus*; *Aggregatibacter segnis*; *Capocytophaga sputigena*; *Fusobacterium nucleatum*; *Haemophilus parainfluenzae*; *Neisseria gorrhoeae*; *Neisseria meningitidis*; *Porphyromonas gingivalis*; *Streptococcus anginosus*; *Streptococcus gordonii*; *Streptococcus sanguinis*; *Treponema denticola*; *Treponema putidum*

S26 (KOS028) = Human endogenous retrovirus K113

S38 (KOS033) = *Erysipelothrix rhusiopathiae*

S39 (KOS034) = Human endogenous retrovirus K113

S40 (KOS035A) = *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*

S90 (KOS018) = *Erysipelothrix rhusiopathiae*

De overgrote meerderheid van de sporen van pathogenen zijn gelinkt met parodontitis (tandvleesontsteking) of zijn – vaak onschuldige – pathogenen die leven in tandplak/tandsteen; o.a. *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola*, *Fusobacterium nucleatum*, *Tannerella forsythia*, *Fusobacterium nucleatum*, *Capocytophaga sputigena*, De observatie van deze specifieke pathogenen is allesbehalve een grote verrassing bij het bemonsteren van tandstalen. We vonden deze pathogenen wel in sterke mate terug bij twee individuen, namelijk S8 en S22.

Daarnaast zijn er bij drie individuen ook sporen van *Erysipelothrix rhusiopathiae* teruggevonden, die een milde huidinfectie veroorzaakt. Eveneens zijn er verschillende sporen van streptokokken aangetroffen, maar dit kan enkel om dragerschap gaan en niet om een effectieve (agressieve) ziekte.

De meest opmerkelijke vaststelling van pathogenen voor het Koksijdse grafveld is dat er bij twee individuen sporen werden gevonden van besmettingen met hepatitis B. Deze individuen lagen bovendien ook naast elkaar op het grafveld, maar waren niet verwant aan elkaar. Hepatitis B kan leiden tot potentiële levensbedreigende leverinfecties en is relevante informatie over de gezondheidstoestand van de Koksijdse individuen.

Interessante sporen van relevante pathogenen zullen in de toekomst bij opvolgende studies verder bevestigd en bestudeerd worden via specifieke *capture* analyse. Bij *capture* worden alle sporen van welbepaalde pathogenen a.h.w. gefilterd uit de DNA library waardoor de aanwezigheid van het pathogeen én de variant kunnen onderzocht worden.

4h. Fenotypische predicties

Om fenotypische kenmerken van de Koksijdse individuen te achterhalen, waaronder oogkleur, lactase resistentie, vitamine metabolisme, etc, werd een uitgebreide imputatie-analyse uitgevoerd. Bij imputatie worden ontbrekende delen van het genoom ingeschat via vergelijking met genomen uit eenzelfde of verwante populatie. Dit kan enkel gebeuren wanneer er reeds een aanzienlijke genoom-coverage aanwezig is. Hierdoor kon de imputatie slechts voor 25 stalen uit Koksijde gerealiseerd worden, alsook voor alle zes stalen uit Wulpen.

In totaal werd een set van 114 SNP-loci onderzocht voor deze 25+6 stalen. Alle geselecteerde SNPs ('single nucleotide polymorphisms' of puntmutaties) zijn gelinkt aan een fenotypisch kenmerk binnen één van volgende categorieën: dieet (carbohydraat metabolisme, vetmetabolisme en vitamine metabolisme), immuniteit (met respons op pathogenen en auto-immuun ziekten), en pigmentatie. Ook werd daarbij de HIrisPlexS-analyse toegepast om de oogkleur, haarkleur en huidskleur van elk individu in te schatten¹¹.

¹¹ Chaitanya L., *et al.* (2018) The HIrisPlex-S system for eye, hair and skin colour prediction from DNA: Introduction and forensic developmental validation. *Forensic Science International: Genetics*, 35: 123-135.

De fenotypische predicties wijzen op geen opvallende resultaten voor de Koksijdse en Wulpense individuen. In Koksijde werden met grote zekerheid 17 (68%) individuen met blauwe ogen en acht (32%) met bruine ogen vastgesteld via de HIrisPlexS. De hoge frequentie aan blauwe ogen valt volledig binnen de verwachte frequentie van 60-70% in de huidige populaties binnen Vlaanderen en Nederland. Dit was tevens het geval voor haar- en huidskleur en de andere onderzochte SNPs in dieet en immuniteit. Hieronder valt ook de frequentie van de mutatie CCR5- Δ 32 die in de wetenschappelijke literatuur goed gekend is aangezien deze een beschermende factor biedt voor HIV¹².

Onder de onderzochte SNPs is de enige interessante afwijkende frequentie tussen de Koksijde populatie en de huidige Vlaamse en Nederlandse populatie, gevonden voor SNP ID: rs4988235. Deze SNP wordt vaak gebruikt als een predictor voor melkconsumptie in een populatie, aangezien het verantwoordelijk is voor lactase persistentie (het kunnen verteren van melk als volwassene) bij mensen van Europese afkomst¹³. Onder de 25 stalen voor Koksijde waren er zeven individuen zonder de genetische variant die verantwoordelijk is voor de lactase persistentie, dit in tegenstelling tot de stalen van Wulpen die allemaal minstens één kopie hadden van deze variant. Aangezien in de huidige bevolking van België slechts 15% (betrouwbaarheidsinterval 13-17%) van de individuen geen melk kan verteren op volwassen leeftijd¹⁴, is dit een indicatie dat er in de Koksijdse populatie (28%) meer individuen leefden zonder de mogelijkheid tot melkconsumptie dan er vandaag verwacht kan worden. Hoewel hier moet aangestipt worden dat de lactose (in)tolerantie een veel bredere genetische achtergrond kan hebben dan deze enkelvoudige SNP, biedt dit resultaat wel een erg interessante invalshoek voor toekomstig onderzoek met oudDNA-stalen uit Vlaanderen.

¹² Solloch U.V., *et al.* (2017) Frequencies of gene variant CCR5- Δ 32 In 87 countries based on next-generation sequencing of 1.3 million individuals sampled from 3 national DKMS donor centers. *Human Immunology*, 78: 710-717.

¹³ Chin E.L., *et al.* (2019) Association of lactase persistence genotypes (rs4988235) and ethnicity with dairy intake in a healthy U.S. population. *Nutrients*, 11: 1860

¹⁴ Storhaug C.L., Fosse S.K., Fadnes L.T. (2017) Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Gastroenterology Hepatology*, 2: 738-746

Finaal werd er in onze analyse ook nog extra aandacht geschonken aan genetische risicofactoren voor osteoarthrose. Osteoarthrose is op basis van het fysisch antropologisch onderzoek vrij veel aanwezig in de Koksijdse populatie, zoals veelvuldig vermeld in het onderzoeksrapport over de Koksijdse site¹⁵. Degeneratieve veranderingen rond de gewrichten werden geregistreerd voor 69% van de individuen en osteoarthrose voor 47%, wat relatief hoog is. Een gekende genetische risico factor voor osteoarthrose is SNP rs11096957. De frequentie van het allel voor een hogere risico factor is bij de populatie van Koksijde 68%, wat volledig binnen het betrouwbaarheidsinterval ligt voor de huidige West-Europese populatie¹⁶. Bijgevolg is er geen indicatie voor een hogere graad aan osteoarthrose in de populatie van Koksijde omwille van genetische factoren. We treden daarom de interpretatie in het onderzoeksrapport bij dat de individuen in deze populatie vermoedelijk waren blootgesteld aan mechanische stress, ook al is wellicht de relatief oudere leeftijd van verschillende individuen een gedeeltelijke verklaring.

¹⁵ Dewilde et al. (2019), zie eerder

¹⁶ Vrgoc G., *et al.* (2018) Interleukin-17 and toll-like receptor 10 genetic polymorphisms and susceptibility to large joint osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Research*, 36: 1684-1693

5. Extra stabiele isotopenanalyse binnen het syntheseproject

Omwille van het essentiële belang die genetici leggen op C14-dateringen bij oudDNA-studies, hebben we tien bijkomende C14-analyses laten uitvoeren. Ook al zijn er duidelijk archeologische aanwijzingen voor de datering van skeletten op basis van een reeds uitgevoerde subset aan C14-dateringen en de stratificatie, toch verkiezen genetici steeds direct gemeten dateringen. Om zeker te zijn dat internationale genetici de gegevens van de Koksijdse skeletten zullen willen meenemen in hun toekomstig onderzoek, zijn deze extra dateringen voor relevante stalen in de analyse onontbeerlijk. Na overleg met fysisch antropologe Katrien Van de Vijver, archeoloog Alexander Lehouck, en genetici Maarten Larmuseau en Toomas Kivisild, werden zeven extra stalen uit de Koksijdse site hiervoor geselecteerd, alsook drie extra stalen uit de Wulpense site die nog niet gedateerd waren. Alle resultaten zijn samengebundeld in Tabel 4. Hieruit blijkt dat de skeletten uit Wulpen geen uniforme tijdsdatering hebben ondanks dat dit archeologisch wel werd verwacht. In Koksijde werden geen verrassingen vastgesteld, tenzij enkele individuen met een iets jongere geschatte leeftijd dan voorafgaand verwacht (zie individuen S1 en S93). Dit zou erop kunnen wijzen dat de begraafplaats iets langer gebruikt is dan eertijds werd gedacht, maar hiervoor is geen bewijs gevonden.

Tabel 4 Alle C14-dateringen voor individuen uit de sites in Koksijde en Wulpen.

Site	Staalnaam in inventaris	Studie	C14-datering (omgerekend in tijdrekening; 95,4%)
Koksijde	S1	Deze studie	702-883
Koksijde	S2	Deze studie	667-820
Koksijde	S6	Deze studie	676-876
Koksijde	S12	Eerder	622-690
Koksijde	S20	Eerder	670-770
Koksijde	S36	Deze studie	671-822
Koksijde	S41	Deze studie	671-822
Koksijde	S50	Eerder	651-774
Koksijde	S51	Deze studie	672-774
Koksijde	S93	Deze studie	710-888
Wulpen	49	Eerder	1026-1162
Wulpen	50	Deze studie	1327-1432
Wulpen	54	Deze studie	1303-1403
Wulpen	70	Eerder	1020-1155
Wulpen	72	Deze studie	1021-1157

In het kader van het syntheseproject lieten we ook extra isotopenanalyses uitvoeren binnen het laboratorium van collega Prof. dr. Christophe Snoeck (VUB, Brussel). PhD-studente Rachèl Spros verrichtte reeds isotopenanalyse op 23 individuen van de Koksijdse grafveld en dit met volgende selectie van isotopen en elementanalyse: $\delta^{13}\text{C}_{\text{col}}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{P}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{ap}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{C}}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en [Sr]. De studie met de resultaten van deze 23 individuen is momenteel onder commissie in een internationaal vaktijdschrift. De resultaten gaven volgende resultaten aan:

- De hoge $\delta^{15}\text{N}$ -waarden geven aan dat de individuen vissen aten van hoog trofische niveau, m.a.w. mariene roofvissen. Dit suggereert dat er een intensieve exploitatie was van marien voedsel.
- De strontium isotoopratio's geven waarden aan die dicht leunen tegen het zeewater. Deze personen leefden dus langs de kustlijn. Een specifieke locatie kan daarbij niet aangegeven worden.
- Alle $\delta^{18}\text{O}$ -waarden zijn niet compatibel met de verwachte 'lokale' waarden voor de Vlaamse kust. Dit kan betekenen dat ofwel de volledige populatie van Koksijde een migratie heeft gekend vanuit een ver verwijderde regio (o.a. Spanje wordt daarbij voorgesteld), ofwel waren de 'lokale' isotoopwaarde toch anders dan verwacht en waren ze een populatie die steeds ter plaatse zijn gebleven.
- Enkel op basis van $\delta^{18}\text{O}$ en $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ waarden is het niet mogelijk om vast te stellen of de individuen in Koksijde een grote migratie hebben doorgemaakt of niet.

In uitbreiding van deze eerste analyse werden meer individuen toegevoegd in het kader van dit synthese-onderzoek. Dit liet ons toe om bepaalde vraagstellingen (zie sectie 3 van dit rapport) te kunnen beantwoorden. In totaal zijn er nu 47 individuen geanalyseerd uit Koksijde (41 tanden en 24 botfragmenten) en zes uit Wulpen (7 tanden en 6 botfragmenten). De beenfragmenten werden geanalyseerd voor koolstof en stikstof isotoopratio's in het collageen van het bot, terwijl koolstof, zuurstof en strontium isotoop ratio's gemeten werden op basis van het email van de tand. Deze nieuwe resultaten werden waargenomen:

- De $\delta^{13}\text{C}$ en $\delta^{15}\text{N}$ resultaten op basis van botfragmenten zijn sterk verschillend tussen de stalen uit Koksijde en de stalen uit Wulpen. De waarden hebben een veel breder bereik voor de individuen uit Koksijde dan die uit Wulpen. Dit betekent dat de individuen in Koksijde met hogere $\delta^{15}\text{N}$ waarden waarschijnlijk vis in hun dieet hadden, terwijl de $\delta^{15}\text{N}$ waarden in Wulpen aangaven dat zij allen waarschijnlijk een hoofdzakelijk terrestrisch dieet hadden.
- Het stabiele isotopenonderzoek ($\delta^{13}\text{C}$ en $\delta^{15}\text{N}$) blijft binnen de Koksijdse populatie twee groepen vertonen die gelinkt is aan verschillen in dieet, zoals eerder was vastgesteld op basis van een beperkt aantal individuen. Het blijft onduidelijk wat dit concreet betekende maar het toont wel aan dat er binnen de populatie gescheiden types van diëten aanwezig waren.
- De strontium resultaten op basis van het email van de tanden geven een gelijkaardige waarde aan voor Koksijde als voor Wulpen, die zeer dicht aanleunen bij de waarden van zeewater.
- Ook alle nieuwe $\delta^{18}\text{O}$ -waarden blijven niet compatibel aan de verwachte 'lokale' waarden voor de Belgische kust.

Met kennis van de genetische resultaten werd door het volledige team de opvallende $\delta^{18}\text{O}$ -waarden voor de Koksijdse Merovingen bestudeerd en bediscussieerd. Deze waarden zijn immers niet compatibel aan de verwachte 'lokale' waarden. De verklaring dat de volledige populatie van Koksijde gemigreerd was vanuit een andere ver verwijderde regio, wordt echter op basis van de genetische resultaten niet meer waarschijnlijk geacht. De hypothese dat de 'lokale' isotoopwaarde voor de kust toentertijd toch anders was dan de huidige modellen inschatten, heeft een veel grotere waarschijnlijkheid. Dit betekent dat de individuen op het grafveld van Koksijde tijdens hun leven geen grote migraties hebben uitgevoerd, ondanks dit wel in eerste instantie werd verkondigd op basis van de onverwachte $\delta^{18}\text{O}$ -waarden.

Finaal werden verschillende 'outliers' in de strontium- en zuurstof-resultaten vastgesteld en vergeleken met de 'outliers' in de populatiegenetische analyse. Voor de isotopen werden volgende outliers waargenomen: S1, S9, S23 en S43. Populatiegenetisch weken volgende stalen het meeste af van de meerderheid: S1, S9, S11, S34 en S43. Het is opvallend dat drie stalen, S1, S9 en S43 zowel outliers zijn bij de isotopen als de populatiegenetische analyse. Toekomstig onderzoek zal moeten

uitwijzen wat dit concreet betekent voor deze individuen, maar het is duidelijk dat de populatie Merovingers in Koksijde een heterogene groep was op basis van afkomst.

6. Antwoorden op de onderzoeksvragen van het syntheseproject

De uitgebreide genetische analyse biedt de mogelijkheid om op de vooraf opgestelde onderzoeksvragen van het syntheseproject te beantwoorden.

6.1. *Individu*

- Wat zijn de **geslachten** van de opgegraven individuen van het grafveld waarvoor dit niet kon bepaald worden door fysieke antropologisch onderzoek? Is er hierdoor een wijziging van de geobserveerde seks-ratio en een bewijs voor gendergerichte depositie van grafgiften (waaronder messen en aardewerk)?

De stoffelijke overblijfselen van de individuen op het grafveld in Koksijde waren zeer slecht bewaard waardoor de fysieke antropologische analyse slechts een beperkte geslachtsbepaling kon uitvoeren. Dankzij de genetische geslachtsbepaling zijn de geslachten van in totaal 32 individuen nu met zekerheid toegewezen. De verhouding tussen de geslachten is als volgt: 15 vrouwen en 17 mannen. Er is dus een goed evenwicht tussen de geslachten op het Koksijdse grafveld. Er wordt op basis van de geslachtsbepaling echter geen duidelijk patroon op het grafveld waargenomen, aangezien mannen en vrouwen door elkaar lijken te zijn begraven. Ook is er geen gendergerichte depositie van grafgiften duidelijk waarneembaar.

- Wat zijn de **fysieke kenmerken** van de opgegraven individuen van het grafveld? Hoe zagen ze fysiek eruit op basis van hun erfelijk materiaal?

De *genoom-coverage* van de bemonsterde individuen waren relatief laag. Om fysieke kenmerken af te kunnen leiden moest daarom gebruik gemaakt worden van imputatie. Met imputatie wordt op basis van de geobserveerde variatie in een individu samen met populatiegenetische gegevens een predictie gemaakt van fysieke kenmerken voor het individu. De imputatie werd gerealiseerd voor 25 individuen waarvoor de *genoom-coverage* voldoende was. Hierdoor werden heel wat fysieke kenmerken voor de Koksijdse Merovingers ingeschat, waaronder haar-, oog-, en huidskleur als meest gekende. Hieruit werden geen opmerkelijke vaststellingen verricht, aangezien steeds een gelijke verdeling van haar-, oog- en huidskleur werd bekomen als deze in de

huidige Vlaamse en Nederlandse populatie. Wel werd een afwijkende frequentie gevonden voor een genetische variant die verantwoordelijk is voor lactase persistentie. In de Koksijdse populatie werden significant meer personen gedetecteerd die de genetische variant voor het verteren van melkproducten als volwassene niet hebben. Verder oudDNA-onderzoek in Vlaanderen en omgeving zal moeten nagaan of dit fenomeen algemeen was in die periode en regio, of dat dit specifiek voor deze site wordt vastgesteld.

- Is er een **genetische aanleg voor ziekten** aanwezig bij de individuen van het grafveld? Is er een verband tussen een genetische aanleg en een fysisch antropologische vaststelling op het skelet?

Na de imputatie-analyse werd ook de genetische aanleg voor een lijst van ziekten onderzocht bij de 25 individuen waarbij de genoom-coverage voldoende was. Er werden geen concrete aanwijzingen gevonden voor een dergelijke aanleg bij deze individuen. Fysisch antropologisch werd vastgesteld dat osteoarthrose veelvuldig aanwezig was in de Koksijdse populatie. Hierdoor werd ook extra aandacht geschonken aan genetische risicofactoren voor osteoarthrose. Er werd echter geen indicatie voor een hogere graad aan osteoarthrose gevonden omwille van genetische factoren. We treden daarom de interpretatie in het onderzoeksrapport bij dat de individuen in deze populatie vermoedelijk waren blootgesteld aan mechanische stress, ook al is wellicht de relatief oudere leeftijd van verschillende individuen een gedeeltelijke verklaring.

- Zijn er sporen van **pathogenen** aanwezig? Hadden eventuele pathogenen invloed op de levenskwaliteit en/of doodsoorzaak van de Laat-Merovingische individuen in Koksijde?

Bij elf individuen werden sporen van pathogenen teruggevonden. In totaal werden 19 verschillende pathogenen vastgesteld. Het merendeel van deze pathogenen zijn geassocieerd met tandvleesontsteking en tandplak, en zijn dus orale pathogenen die we algemeen mogen verwachten bij tandstalen. Onverwacht was echter de aanwezigheid van sporen voor hepatitis B bij twee individuen, wat kan leiden tot

ernstige leverontstekingen. Dit heeft absoluut een invloed gehad op de levenskwaliteit en misschien zelfs rechtstreeks op de doodsoorzaak van deze individuen.

6.2. Grafveld

- Hoe zijn de individuen in de opgegraven populatie **biologisch verwant** aan elkaar? **Hoeveel familiale groepen** zijn er aanwezig in het opgegraven deel van het grafveld?

De belangrijkste vaststelling van de genetische analyse is de algemene lage verwantschap tussen de individuen op het laat-Merovingische grafveld. Verwacht werd dat dit individuen uit één of enkele familiale groepen afkomstig waren en dat er dus heel wat nauwe verwantschappen zouden geobserveerd worden. Tussen alle 27 individuen met voldoende oudDNA resultaten werden er in totaal slechts drie verwantschappen in 1^{ste} graad, twee in 2^{de} graad, en twee in 3^{de} graad geobserveerd. Dit betekent dat de overgrote meerderheid van de skeletten geen nauwe onderlinge verwantschap hadden.

Ook via mtDNA en Y-chromosoom werd verrassend heel wat diversiteit waargenomen. De vele verschillende subhaplogroepen wijzen er duidelijk op dat de bestudeerde individuen geen paternale of maternale verwantschap met elkaar hebben. Binnen de drie verwantschappen in 1^{ste} graad werd wel steeds dezelfde mtDNA haplogroepen gevonden tussen de individuen onderling, alsook dezelfde Y-chromosomale haplogroep werd vastgesteld bij de verwantschapskoppel bestaande uit twee mannen.

- Hoe verhoudt de verwantschap zich tussen individuen in **tweevoudige graven** onderling en met de begraven individuen rondom deze specifieke grafstructuren?

Er werd algemeen weinig verwantschap gevonden tussen de individuen. Jammer genoeg missen we bij de tweevoudige graven steeds de DNA-gegevens van één van de individuen ondanks vele pogingen om alsnog voldoende genetische data te verwezenlijken. Hierdoor zal deze vraag niet beantwoord kunnen worden.

- Is er een verband tussen familiale afkomst op basis van genetische informatie met het **dieet** en de **migratie-achtergrond** op basis van de stabiele isotopenwaarden?

Door de onverwachte lage frequentie van verwantschapsrelaties tussen de individuen werd er ook geen verband gevonden tussen familiale afkomst en het dieet of migratieachtergrond op basis van de stabiele isotopenwaarden. Wel vonden we een opvallende vaststelling bij de vrouwelijke individuen S39 en S40 die 1^{ste} graad verwant zijn en hetzelfde type mitochondriaal DNA hebben. Verrassend wordt S39 gezien als een *Sr outlier* terwijl S40 dit niet is.

- Is er een verband tussen de biologische verwantschap en de **positie** van de individuen in het grafveld zodat dit een beeld geeft over de **chronologische evolutie en sociale indeling van het grafveld**? Zijn de oudere familieleden eerder in het noorden te vinden dan in het zuiden van de bewoning?

Zeer opvallend is dat alle individuen binnen de drie verwantschapsrelaties van 1^{ste} graad naast elkaar begraven lagen op het grafveld. Ook de twee individuen van één van de twee verwantschapsrelaties van 2^{de} graad lagen naast elkaar. Dit lijkt allesbehalve toevallig. Hoewel er heel weinig nauwe verwantschappen werden vastgesteld op het grafveld, lagen ze dus wel samen begraven. Het is wel niet duidelijk of het al dan niet toevallig is dat alle drie verwantschapsrelaties van 1^{ste} graad zich in het zuidelijk deel van het grafveld bevinden.

6.3. Populatie

- Hoe verhoudt het Merovingisch grafveld in Koksijde zich **t.o.v. andere archeologisch opgegraven populaties in West-Europa** over de periodes van het mesolithicum tot de late middeleeuwen? Kan hier iets over hun afkomst teruggevonden worden?

De uitgebreide populatiegenetische analyse geeft duidelijk aan dat de individuen van het laat-Merovingisch grafveld genetisch meer overeen komen met de noordoostelijke populaties uit de vroege middeleeuwen (Beieren, Saksen, ...), dan met de Scandinavische Viking-populaties of met zuidelijke populaties (Frankrijk, Spanje, ...). Wel zijn er een vijftal individuen die afwijken van het algemene patroon binnen de Koksijdse populatie. Deze vijf individuen clusteren niet samen met andere populaties,

waardoor er verwacht wordt dat zij genetisch gelijkaardig zullen zijn aan individuen uit de IJzertijd in (huidig) Vlaanderen, waarvoor het nog ontbreekt aan genetische gegevens.

- Hoe verhoudt zich het Merovingisch grafveld **t.o.v. de huidige Vlaamse en West-Europese populatie**? Is er sprake van continuïteit of eerder breuk tussen de laat-Merovingische populatie met de huidige Vlaamse populatie?

Op grote schaal is er zeker continuïteit terug te vinden met de huidige Vlaamse en West-Europese populatie. De Koksijdse populatie is duidelijk geen compacte groep migranten uit het Noorden of Zuiden van Europa (wat eerst werd vermoed op basis van preliminaire isotooanalyses). De Merovingische populatie in Koksijde situeert zich als groep wel degelijk binnen de genetische profielen van het toenmalige en huidige West-Europa. Die continuïteit is ook terug te vinden op basis van het Y-chromosoom en mtDNA waarbij de algemene haplogroepen in dezelfde verhoudingen voorkomen als vandaag onder autochtone Vlamingen. Weliswaar zijn er wel mtDNA en Y-chromosomale haplogroepen die men eerder in het noorden of in het zuiden van Europa verwacht, en nog niet eerder in Vlaanderen werd vastgesteld. Als men dan ook dieper inzoomt binnen West-Europa, ziet men subtiele verschillen tussen de Koksijdse stalen met genetische profielen uit jongere periodes en de huidige populatie in Vlaanderen. Wanneer we genetische profielen uit de Merovingische periode in Koksijde vergelijken met profielen van latere periodes in Wulpen en van levende individuen uit huidig Vlaanderen, zijn er meer gelijkenissen te vinden met de Noordoostelijke regio's en de Engelse Saksen uit dezelfde tijdsperiode. Inzichten in deze processen zullen in de toekomst enkel toenemen naarmate meer oudDNA-analyses worden uitgevoerd in Vlaanderen.

- Hoe verhoudt zich het Merovingische grafveld t.o.v. **de oudste grafcontexten in de archeologische site van de Duinenabdij**?

Jammer genoeg zijn er bij de zes individuen uit de oudste grafcontexten van de Duinenabdij geen DNA-moleculen meer waargenomen, ondanks dat ze bewaard werden op twee verschillende plaatsen. Blijkbaar was de conservatiebehandeling in de jaren '50 negatief voor de bewaring van het oudDNA. Als alternatief werden zes

individuen geanalyseerd uit de oudste grafcontexten van de naburige parochie Wulpen¹⁷. Deze individuen komen uit de 11^{de} eeuw tot 14^{de} eeuw. Deze individuen zijn genetisch duidelijk minder divers/heterogeen dan deze van de Koksijdse site en geven het aparte karakter voor de Merovingen aan.

- Hoe genetisch homogeen zijn de individuen van het Merovingische grafveld in relatie tot de andere humane populaties in het West-Europa van die tijd? Is er hierbij sprake van een **uniforme of een heterogene populatie**?

De individuen van het Merovingische grafveld in Koksijde zijn duidelijk een heterogene populatie op basis van de populatiegenetische analyse waaronder de PCA-plots, admixture en F4-statistics, alsook op basis van de Y-chromosomale en mtDNA profielen. De individuen zijn dan ook genetisch veel heterogener dan huidige populaties in West-Europa en de referentiestalen in Wulpen. Eenzelfde heterogeniteit binnen de Koksijdse Merovingen werd ook vastgesteld bij de isotoopanalyses waarbij verschillende individuen afwijkende waarden hadden in vergelijking met de meerderheid van de groep.

¹⁷ Nijssen Emmy *et al.* (2018) Wulpen, Kerkwijk: een walgrachtsite en een begraafplaats bij de dorpskerk (Koksijde, W.-VI.). *Archaeologia Mediaevalis*, 41^{ste} Colloquium, Gent, 15-16/03/2018.

7. Nieuwe interpretatie van Merovingisch grafveld

Voordat we de genetische resultaten hadden gerealiseerd, interviewden we verschillende archeologen en historici *on tape*. We vroegen specifiek naar hun interpretatie van het opgegraven grafveld. Velen dachten aan een enkele familiale groep of hooguit een beperkt aantal families. Het beperkte aantal familiegroepen zouden dan eerder rond een centrale voorvader georiënteerd zijn. De leden zouden daar samen een drietal generaties hebben verbleven in naast elkaar staande hoeves en op het grafveld zijn begraven.



Figuur 20 De genetische resultaten resulteerden in een nieuwe interpretatie van de Koksijdse site. Foto: Kris Vandevorst, agentschap Onroerend Erfgoed.

De **waargenomen lage graad aan onderlinge verwantschappen** en de **hoge genetische diversiteit en heterogeniteit** binnen het Koksijdse grafveld zijn verrassende resultaten. Dat de begraafplaats voornamelijk werd gebruikt door personen die niet allemaal erg nauw aan elkaar verwant waren en ook geen gemeenschappelijke voorvader of voormoeder deelden - op basis van Y-chromosomaal en mtDNA onderzoek, respectievelijk - dwingt dus tot een nieuwe interpretatie van de archeologische site. Hoogstwaarschijnlijk werd ze destijds door bewoners van de ruimere omgeving en/of van een vrij grotere **gemeenschap** als vaste begraafplaats gebruikt. Dat moet zo zijn geweest voor een periode van minstens een eeuw lang. Dat de begraafplaats een grotere gemeenschap omvat, valt ook af te leiden

uit de seks-ratio en de willekeurige verspreiding van mannen en vrouwen op het grafveld. In combinatie met het isotopenonderzoek werd ook duidelijkheid geschept of deze Koksijdse groep al dan niet een verre migratie vanuit het Noorden (Scandinavië) of Zuiden (Spanje) hadden ondergaan, wat verondersteld werd op basis van de eerste isotopenresultaten. De synthese maakt duidelijk dat de populatie in Koksijde geen grote migratie tijdens hun leven hadden uitgevoerd en zodoende in de eigen regio waren gebleven.

MerovingerDNA is het eerste uitgebreide oudDNA-onderzoek in Vlaanderen. Het zet de toon voor het archeologisch onderzoek in de komende jaren. Er is duidelijk gemaakt dat vele opvallende resultaten en interpretaties onmogelijk te realiseren zijn zonder uitgebreid genetisch onderzoek. Hopelijk leiden deze resultaten niet alleen tot meer oudDNA-onderzoek maar ook tot een vernieuwde blik op het nut van skeletmateriaal bewaren na een archeologische opgraving. Bij middeleeuwse en vroegmoderne kerkhoven worden soms honderden tot duizenden skeletten opgegraven. Maar uit plaatsgebrek wordt bij depots/instellingen/archeologiebedrijven nog al te vaak voorgesteld om een zeer beperkt deel daarvan voor de toekomst te bewaren. De rest wordt vernietigd. Het oud-DNA-onderzoek toont aan dat we elk skelet als een **uniek archiefdocument** moeten beschouwen. Skeletmateriaal respectvol bewaren en analyseren is absoluut relevant voor toepassingen in de archeologie, antropologie, biologie en genetica.

8. Outreach

Tijdens de volledige duur van het syntheseproject werd voluit aandacht gegeven aan de publieke *outreach* naar professionele archeologen, academici, erfgoedmedewerkers, erfgoedvrijwilligers en het brede publiek. Aan de hand van verschillende initiatieven werd interactie met en participatie tussen de diverse doelgroepen gerealiseerd.

8.1. Website

Bij de start van het syntheseproject in oktober 2019 werd de website '<https://merovingerdna.be>' online beschikbaar gesteld door partner Histories vzw

(Figuur 21). De website geeft bewust niet enkel informatie over het syntheseproject en de partners, maar biedt een breder kader rond de Merovingische periode, het Merovingische grafveld in Koksijde, het oudDNA-onderzoek in archeologische context, etc. Tijdens de loop van het project werden ook de podcasts en de video's van de MerovingerDNA-conferentie aan deze website toegevoegd. Van zodra de resultaten gepubliceerd zijn in een peer-reviewed tijdschrift, zullen ook alle bevindingen van het genetisch onderzoek toegevoegd worden aan de website.



Figuur 21 Startpagina van de website rond het syntheseproject <https://merovingerDNA.be>

Op elke pagina van de website wordt er uitgebreid aandacht besteed aan de verschillende doelgroepen. Zo worden onderzoekers en erfgoedvrijwilligers aan het woord gelaten via citaten en geluidsfragmenten. Op de pagina over 'Merovingen' wordt een kaart van Vlaanderen weergegeven met alle musea waar Merovingische collecties openbaar te bezichtigen zijn (Figuur 22). Ook een breed overzicht van opmerkelijke Merovingische vondsten wordt aangereikt waarbij de eigenaars waaronder heemkundige kringen, metaaldetectoristen en collectiebeheerders, zelf aan het woord gelaten worden (Figuren 23 en 24). Een link wordt ook gemaakt met de MEDEA database waarin de informatie rond vondsten van metaaldetectoristen worden verzameld. Op deze manier wordt de passie voor de Merovingische periode zoveel mogelijk opgewekt bij erfgoedvrijwilligers en het grote publiek.



Figuur 22 Een kaart met alle openbare Merovingische collecties in Vlaanderen moet de interesse in de relatief onbekende periode aanwakkeren.

MEROVINGISCHE OBJECTEN IN DE KIJKER



© Jelle Wouters

"Archeologen legden twee Merovingische grafvelden bloot in Grobbendonk. Bij het eerste grafveld troffen ze ook grafgiften aan, waaronder dit Merovingisch potje. Onze archeologische werkgroep Mercurius staat in voor het beheer en de publiekswerking van de archeologische collectie, in opdracht van de gemeente."

Fons Suys
Vrijwilliger werkgroep Mercurius Archeologie Grobbendonk

► [Classificatie](#)

► [Waar te zien?](#)

Figuur 23 Een overzicht van Merovingische objecten heeft de mogelijkheid om een brede waaier aan archeologische vondsten uit die tijd voor te stellen aan het brede publiek.



© dieterjehs.com

Klik op de foto om de MEDEA vondstfiche te bekijken.

“Als metaaldetectorist gaan we de velden af op zoek naar iets tastbaar uit lang vervlogen tijden. Om dan zoiets te vinden, vervult een mens vol blijdschap en fierheid, net zoals de persoon die hier meer dan 1300 jaar geleden mee flaneerde langs die veldweg en zo het christelijke geloof verkondigde.”

Benjamin Brynckman
Metaaldetectorist

► [Classificatie](#)

► [Vondstverhaal](#)

Figuur 24 Een link met metaaldetectoristen en de MEDEA website wordt gemaakt om zoveel mogelijk contact te maken met vrijwilligerswerking en het brede publiek.

Eveneens bevat de website informatie over de archeologische site in Koksijde. Zo wordt een afbeelding van het grafveld weergegeven waarbij verschillende unieke grafvondsten worden voorgesteld (Figuur 25). Deze informatie zal verder aangevuld worden met genetische resultaten zodanig dat de ontsluiting van het syntheseproject vervolledigd zal worden.

ONTDEK HIER MEER OVER ENKELE UNIEKE GRAFVONDSTEN

- ▼ [Graf #6 - trauma](#)
- ▼ [Graf #9 - kledingaccessoires](#)
- ▼ [Graf #11 - sporen van geweld](#)
- ▼ [Graf #15 - grafheropening](#)
- ▼ [Graf #23 - zilveren muntje](#)
- ▲ [Graf #27 - juwelen](#)

Houten kist met skelet en drie giften, waaronder een **mantelspeld**, een korte **kralenketting** en een **gordelketting**. Hoewel de fysisch antropologische gegevens geen uitsluitel brengen, suggereren de vondsten een vrouwelijk skelet.

De kralenketting bestaat uit 15 kralen in glaspasta of barnsteen tussen twee zilveren cirkelvormige sluitingen. Het werd waarschijnlijk als mantelsluiting gebruikt en is gedateerd

Figuur 25 Overzicht van de archeologische site in Koksijde waarop de bezoeker van de website verschillende unieke grafvondsten kan ontdekken.

8.2. Podcast

Tijdens het project werden twee podcast-afleveringen over Merovingerdna gerealiseerd door Histories vzw. In de eerste aflevering 'Wie lag er begraven onder het politiekantoor?' werd de archeologische ontdekking en het onderzoek op het Koksijdse grafveld voorgesteld (Figuur 26). In de tweede aflevering 'De mysterieuze Merovingen vroeger en vandaag' werd er dieper ingegaan in de Merovingen en hoe we vandaag nog met het Merovingische erfgoed aan de slag kunnen gaan (Figuur 27). Voor beide afleveringen werden er steeds vier verschillende personen geïnterviewd waaronder zowel experts als erfgoedvrijwilligers.

De podcasts worden aangeboden op verschillende podcast-kanalen én zelfs op YouTube en dit specifiek voor de oudere generatie die de weg naar podcasts nog niet hebben gevonden. Verrassend genoeg kreeg de podcastafleveringen zelfs op YouTube relatief hoge luistercijfers: voor de eerste aflevering meer dan 1.650 views en voor de tweede meer dan 1.150 views. Bovendien werd de eerste aflevering ook aangeboden aan het programma van de 'Dag van de Wetenschap' op 22 november 2020 die omwille van corona volledig digitaal werd gehouden.

AFLEVERING 1: WIE LAG ER BEGRAVEN ONDER HET POLITIEKANTOOR?

Ben jij benieuwd naar **wie er precies begraven lag onder het politiekantoor in Koksijde?**

Drie jaar geleden troffen enkele bouwmannen tijdens de bouw van het nieuwe kantoor toevallig enkele tientallen skeletten aan. Wie waren deze mensen en hoe oud zijn ze? Is het mogelijk om zoveel eeuwen later hun identiteit te achterhalen, hun afkomst op te sporen en hun manier van leven te schetsen?

In deze podcast bieden archeologen en genetici een antwoord op deze vragen. Wat volgt is een spannend verhaal waarin we met verrassende plotwendingen meer te weten komen over onze eigen verre voorouders.



Figuur 26 De eerste aflevering van de podcast besprak de ontdekking van de archeologische site in Koksijde en het daaropvolgende wetenschappelijk onderzoek.

AFLEVERING 2: DE MYSTERIEUZE MEROVINGEN VROEGER EN VANDAAG



In deze nieuwe aflevering snuisteren we verder in de mysterieuze Merovingische geschiedenis. Metaaldetectie, archeologie en levende geschiedenis kunnen elk op hun eigen manier het verhaal van de Merovingische periode vertellen. Vier sprekers delen hun perspectief op de Merovingen en archeologie.

We gaan op stap met metaaldetectivist Kris Van den Berge, die van zijn hobby zijn beroep maakte en ooit een Merovingisch pronkstuk bovenhaalde. Archeologe Rica Annaert deelt haar expertise in de Merovingische periode. Gepensioneerd archeoloog Marc Dewilde weet als geen ander hoe een archeologische opgraving precies verloopt. En Bert Tessens maakt de vertaalslag naar vandaag door het vervaardigen en uittesten van Merovingische objecten en kledij.

Figuur 27 De tweede aflevering van de podcast focuste op de Merovingische geschiedenis, archeologie, metaaldetectie en levende geschiedenis.

Van zodra alle genetische resultaten voor de Koksijdse site gepubliceerd zal zijn (verwachting eind 2022), zal de derde – en laatste – aflevering van de podcast verschijnen. Op die manier zal de podcast-serie het volledige verhaal hebben verteld, startend met de ontdekking en eindigend met de nieuwe interpretatie van de site.

8.3. Conferentie

Op 19 november 2021 vond in cultuurcentrum CasinoKoksijde in Koksijde de conferentie “Het DNA van de Merovingen” plaats om de eerste resultaten van MerovingerDNA voor te stellen. Een tiental sprekers en meer dan 200 geïnteresseerden kwamen er samen om een antwoord te zoeken op de vele vragen omtrent die ‘duistere’ Merovingische periode en de opvallende vondst in het Koksijdse zand (Figuur 28). Het accent werd gelegd op de link met vandaag: wat kunnen we leren uit het (genetisch) onderzoek?



Figuur 28 De affiche van de MerovingerDNA-conferentie toonde de Friese sceatta die als grafvondst was meegegeven.

Het werd een bijzonder evenement. De unieke samenwerking tussen heemkundigen, erfgoedvrijwilligers, professionele archeologen en academici in het kader van de conferentie maakte duidelijk dat de Merovingen zoveel jaren later hun geheimen prijsgeven en ook inspirerend blijven werken (Figuur 29).



Figuur 29 Maximaal 200 personen mochten door de toenmalige coronamaatregelen toegelaten worden op het symposium. Het maximaal aantal inschrijvingen werd snel bereikt. ©Fotografie Lambert J. Derenette en Linda Renette



Figuur 30 Het onthaal op de conferentie werd verzorgd door Vlaamse erfgoedvrijwilligers die bedreven zijn in levend erfgoed en de Merovingische periode uitbeelden. ©Fotografie Lambert J. Derenette en Linda Renette

Het programma bestond uit zes lezingen en een debat. De sprekers waren experts uit uiteenlopende disciplines waaronder archeologie, DNA, isotopen, en erfgoedstudies:

13.15	Verwelkoming
Introductie Koksijde, een Merovingisch grafveld aan de Vlaamse kust!	
13.30	Dirk Vandlooster (ABDIJMUSEUM TEN DUINEN, B) <i>Inleidend woord</i>
	Anton Ervynck (AGENTSCHAP ONROEREND ERFGOED, B) <i>Het jaar 700, in een dorpje langs de Vlaamse kust</i>
Merovingen in West-Europa en Vlaanderen	
	Frans Theuws (UNIVERSITEIT LEIDEN, NL) <i>De rurale bevolking van Merovingisch Noord-Gallië als motor van de economie</i>
	(KOFFIE)PAUZE
	Rica Annaert (AGENTSCHAP ONROEREND ERFGOED, B) <i>Wat na de Romeinen? Een nieuwe kijk op de vroege middeleeuwen in Vlaanderen</i>
De genetische synthese: wat zijn de resultaten?	
	Rachèl Spros (VUB, B) <i>Merovingers in Koksijde ? Of niet?</i>
	Maarten Larmuseau (KU LEUVEN – UANTWERPEN – HISTORIES VZW, B) <i>DNA uit de vroege middeleeuwen: de resultaten van MerovingierDNA</i>
Debat – Panel Wat betekenen de Merovingen (en hun DNA) nog voor ons vandaag?	
	Debat/Panel Moderator: Olqa Van Oost (FARO, B) Panellleden: - Frans Theuws (UNIVERSITEIT LEIDEN, NL) - Maarten Larmuseau (KU LEUVEN – UANTWERPEN – HISTORIES VZW, B) - Marc Jacobs (UANTWERPEN – VUB, B) - Alexander Lehouck (ABDIJMUSEUM TEN DUINEN, B)
16.30	AFSLUITING

Om ook erfgoedvrijwilligers een podium te geven, toonden we op de conferentie een video getiteld 'De Merovingische microbe' (Figuur 31). De bedoeling van deze video was om aan te tonen dat er heel wat Vlaamse vrijwilligers zijn die gepassioneerd bezig blijven met het Merovingische erfgoed, waaronder levend erfgoed, metaaldetectie, het Merovingisch huis in Brugge, heemkundige kringen, etc. Deze video was dan ook een mooie inleiding op het debat over de relevantie van Merovingen en Merovingisch onderzoek, gemodereerd door Olga Van Oost (FARO).

DE MEROVINGISCHE MICROBE BIJ ERFGOEDVRIJWILLIGERS

De Middeleeuwen een duistere en oninteressante periode? Deze erfgoedvrijwilligers denken daar anders over! Maak kennis met vrijwilligers die gebeten zijn door de Merovingische microbe en ontdek hoe de mysterieuze periode vandaag erfgoedvrijwilligers blijft inspireren.



Figuur 31 Op de conferentie werd de video 'De Merovingische microbe' vertoond die door het projectteam was opgenomen aan het Merovingisch huis in Sint-Andries (Brugge) samen met erfgoedvrijwilligers die passioneel bezig zijn Merovingisch erfgoed.

Door de toenmalige coronamaatregelen mochten er tijdens de conferentie slechts maximum 200 personen in de zaal toegelaten worden. Omdat er veel meer inschrijvingen waren dan toegelaten, werd beslist om de lezingen digitaal op te nemen en de video's later ter beschikking te stellen via het YouTube-kanaal Histories vzw. Alsook de video over de Merovingische microbe bij de erfgoedvrijwilligers wordt aangeboden op hetzelfde kanaal.

8.4. Artikels

Verschillende artikels werden ondertussen geschreven, zowel voor archeologen als voor een breder geïnteresseerd publiek. In deze artikels werden de doelstellingen van het syntheseproject of de allereerste genetische resultaten van het oudDNA-onderzoek voorgesteld.

Deze artikels zijn reeds verschenen:

- Ex situ – Tijdschrift voor Vlaamse Archeologie: Larmuseau M.H.D. et al. (2021) MerovingerDNA. *Ex situ*, 2021-07: 42-45.
- EOS Wetenschap: Larmuseau M.H.D. (2022) Sporen van een vergeten periode – DNA-onderzoek naar Merovingen op een vroegmiddeleeuws grafveld. *EOS Wetenschap*, Maart 2022: 24-29.



- Vlaamse Stam: Larmuseau M.H.D. (2022) Verborgen in het DNA - Familieverwantschap onder Koksijdse Merovingen. *Vlaamse Stam*, 58: 131-136.

Reeds andere artikels zijn toegezegd voor o.a. 'Monumenten & Landschappen' (deadline eind 2022) en tevens zullen Engelstalige artikels aangeboden worden voor internationale tijdschriften van zodra de genetische resultaten gepubliceerd zijn in een wetenschappelijk artikel bij een vaktijdschrift.

8.5. Lezingen

Naast de conferentie op 19 november 2021 werden over de eerste genetische resultaten reeds een tiental lezingen gegeven voor archeologen, erfgoedwerkers en het brede publiek vanaf 15 februari 2022. Voor het brede publiek omvat dit een ruim assortiment waaronder: Davidsfonds Academie, Adoptievereniging Vlaanderen, Famillement Amsterdam, Rotaryclub Sint-Niklaas, Familiekunde Vlaanderen, etc.

Eveneens werd op volgende internationale wetenschappelijke conferenties reeds het project voorgesteld:

- Stefania Sasso *et al.* (2021) Ancient DNA perspective on the origins and structure of a Merovingian population in Belgium. IG conference, Institute of Genomics, University of Tartu, Estonia, 18-19th January 2021.
- Stefania Sasso *et al.* (2021) Ancient DNA perspective on the origins and structure of a Merovingian population in Belgium. EMBO|EMBL conference 'Reconstructing the human past: using ancient and modern genomics', Heidelberg (Duitsland), 13-16 September 2022.

8.6. Tentoonstelling Ten Duinenabdij

Het verhaal van het MerovingerDNA synthese­project wordt ook voorgesteld in de tijdelijke tentoon­stelling 'Merovingen in Koksijde' in het Abdij­museum Ten Duinen te Koksijde. De tentoon­stelling opende de deuren op 2 april 2022 en loopt nog tot 8 januari 2023. De site en het onderzoek wordt voorgesteld door de archeologische vondsten en prachtige bouw­werken uit LEGO ® bouw­stenen, gemaakt door David Vanhee *aka* Little Brickroom. Zie volgende website voor alle details over deze tijdelijke tentoon­stelling: <https://www.tenduinen.be/nl/merovingen-koksijde>



Figuur 32 Via bouw­werken met LEGO ® worden jong & oud aangesproken om archeologisch onderzoek en het synthese­project te leren kennen.

Op de archeologiedagen 20, 21 & 22 mei 2022 werden heel wat activiteiten verzorgd in de Ten Duinenabdij te Koksijde, georganiseerd door het museum­team en Histories vzw. Er waren rondleidingen in de tentoon­stelling, LEGO ® workshops, en

erfgoedvrijwilligers in levende geschiedenis kwamen op bezoek om de kledij en voorwerpen uit de Merovingische tijd aan het talrijke publiek te demonstreren.



Figuur 33 Hoe breng je de Merovingen én DNA-onderzoek tot leven? De tentoonstelling in Ten Duinen met LEGO ® bouwwerken slaagt met verve in deze opdracht op basis van de vele positieve reacties.

8.7. Media-aandacht

Heel wat media-aandacht werd reeds aan het syntheseproject MerovingerDNA gegeven, en dit zowel regionaal als nationaal.

- Bij de start van het project werden vooral regionale mediakanalen aangesproken: o.a. WTV Televisie, HLN, en het Nieuwsblad namen dit aanbod aan.

- Bij de bekendmaking van de eerste resultaten werden zowel regionale als nationale kanalen aangewend: o.a. De Standaard (“Wat 53 Merovingers te zoeken hadden onder een West-Vlaams politiekantoor”; https://www.standaard.be/cnt/dmf20211118_98000288), VRT.NWS (“DNA-onderzoek geeft geheimen prijs: wie waren de Merovingers onder het politiekantoor van Koksijde”; <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2021/11/19/dna-onderzoek-geeft-geheimen-prijs-wie-waren-de-merovingers-ond/>), Radio 2, Radio 1, WTV Televisie, Ook waren de onderzoeksresultaten veelvuldig een nieuwsitem op alle VRT-radiokanalen op 19 november 2021, de dag van de conferentie.

- Bij de opening in het Abdijmuseum Ten Duinen werd de tentoonstelling aangetoond als tip voor uitstappen tijdens de paasvakantie op VRT.NWS, alsook in tal van lokale mediakanalen werd aandacht gegeven aan deze opmerkelijke tentoonstelling.

Via al deze kanalen zijn we ervan overtuigd dat het MerovingerDNA project reeds heel wat visibiliteit in Vlaanderen heeft verwezenlijkt via diverse kanalen. Na de internationale wetenschappelijke publicatie zal er tevens ook buiten Vlaanderen aandacht worden gegeven aan dit synthese project.

9. Bijlage: Kort stappenplan voor oudDNA-analyse

Een kort vademecum werd opgesteld om archeologen de fundamentele moleculaire stappen van de oudDNA-analyse beknopt weer te geven.

DNA in archeologisch onderzoek

Wat leert DNA-onderzoek over ons eigen verleden?

Ieder van ons draagt via DNA een **uniek archiefdocument** met zich mee dat we van onze voorouders hebben overgeërfd. Genetisch onderzoek maakt het daardoor mogelijk om op basis van de DNA-sequentie meer te weten te komen over het verleden. Bovendien is er sinds verscheidene jaren een grote revolutie gaande om ook DNA uit archeologisch materiaal – het zogenaamde **oudDNA** – te bestuderen. De inzichten die de genetica voor archeologen bieden, handelen onder andere over de migratieachtergrond van mensen, dieren en planten, verwantschapsrelaties, pathogenen of ziektekiemen, geslachten, uiterlijke kenmerken, soortidentificatie, etc.

Geneticus Maarten Larmuseau legt in deze video van de ‘Universiteit van Vlaanderen’ uit welke nieuwe inzichten recent DNA-onderzoek op menselijk botmateriaal reeds heeft opgeleverd voor de archeologie:

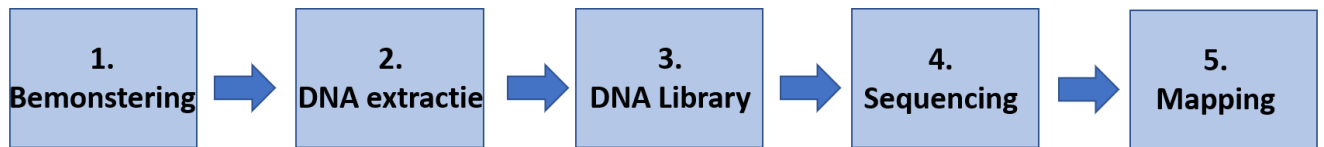


<https://www.youtube.com/watch?v=jcjuXwVhuVw&t=301s&ab>

Hoe verloopt zo'n DNA op humaan archeologisch materiaal?

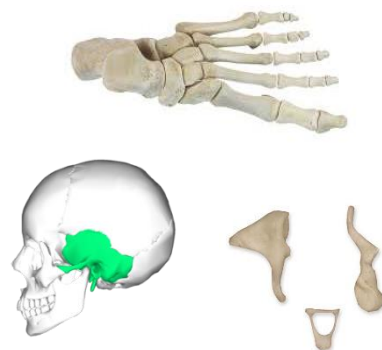
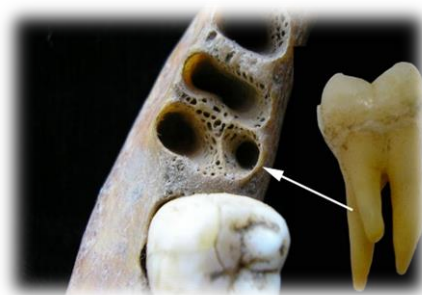
Het onderzoek van DNA uit archeologisch materiaal – oudDNA – verloopt sterk verschillend met een gewoon genetisch onderzoek op levende mensen op basis van speeksel of bloed. Uiteraard wordt oudDNA uit tanden of botweefsel gehaald maar de voornaamste redenen voor het verschillende protocol zijn de veel kortere aanwezige sequenties en de voorzorgen om het oudDNA niet te besmetten met eigen (modern) DNA.

De volgende fases vindt je bij de moleculaire analyse van oudDNA steeds terug:



1. Bemonstering

Voor elk skelet wordt op een zo steriel mogelijke wijze een **kies of maaltand** geselecteerd. Als alternatief kan een andere type tand, het rotsbeen (een dens bot in de schedel ter hoogte van de slaap), een voetwortelbeentje of een gehoorbeentje geselecteerd worden. Hoe sneller de bemonstering na de opgraving gebeurt, hoe hoger de succeschansen zullen zijn om de oudDNA-moleculen te kunnen analyseren. Let echter steeds op om de bemonstering enkel met steriele pakken, handschoenen en mondmaskers uit te voeren, alsook moet het werkoppervlak en het gebruikte materiaal voor elke aparte bemonstering met DNA-decontaminatie producten worden behandeld (zoals DNA Away ® van Thermo Fisher Scientific). De tanden of botfragmenten worden apart bewaard in een steriele tube en dit in de koelkast.



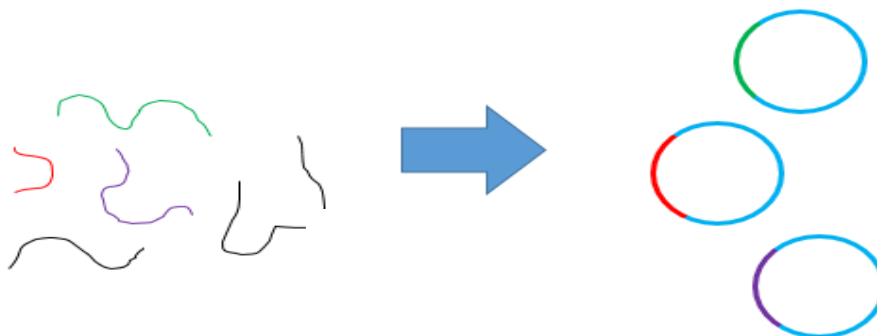
2. DNA-extractie

Dit is een cruciale fase tijdens het oudDNA-onderzoek: het weinige 'authentieke' DNA dat aanwezig is in een tand of bot moet zo steriel mogelijk worden verzameld en opgezuiverd worden. Dit moet gebeuren in een specifiek **extractieruimte** binnen een oudDNA-laboratorium. Vanaf juli 2022 is er een extractieruimte voorzien binnen het departement Menselijke Erfelijkheid aan de KU Leuven. Om een extractie uit te kunnen voeren, dient de onderzoeker eerst een lange en specifieke training te ondergaan.



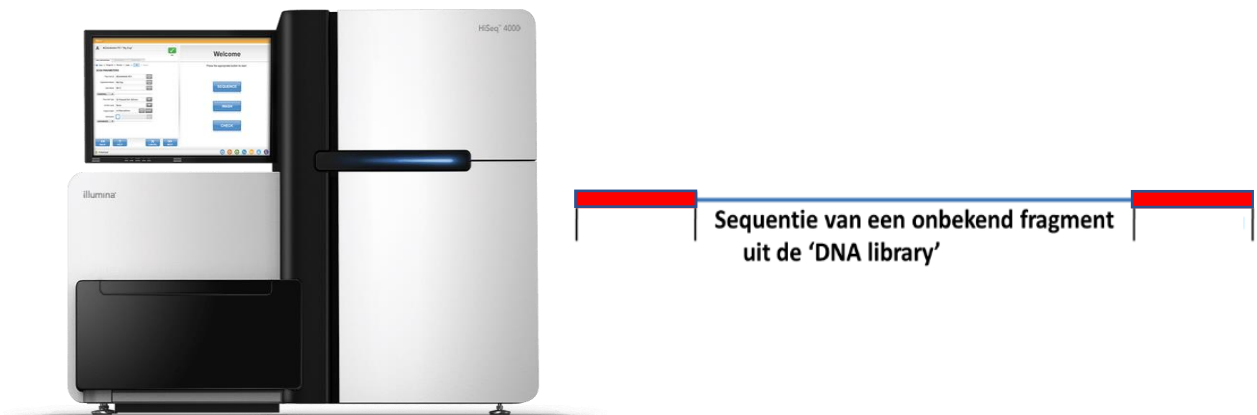
3. Aanmaak van een 'DNA library'

Nadat het oudDNA geëxtraheerd is, wordt een 'DNA library' of 'genoom **bibliotheek**' aangemaakt. Een DNA library is een collectie van het totale genomische DNA van een enkel staal, waarbij fragmenten opgeslagen worden in een populatie van micro-organismen. De kwaliteitsbepaling van deze library wordt dan een volgende cruciale stap in het onderzoek want dit is het materiaal dat gebruikt zal worden voor het sequencen van het aanwezige DNA.



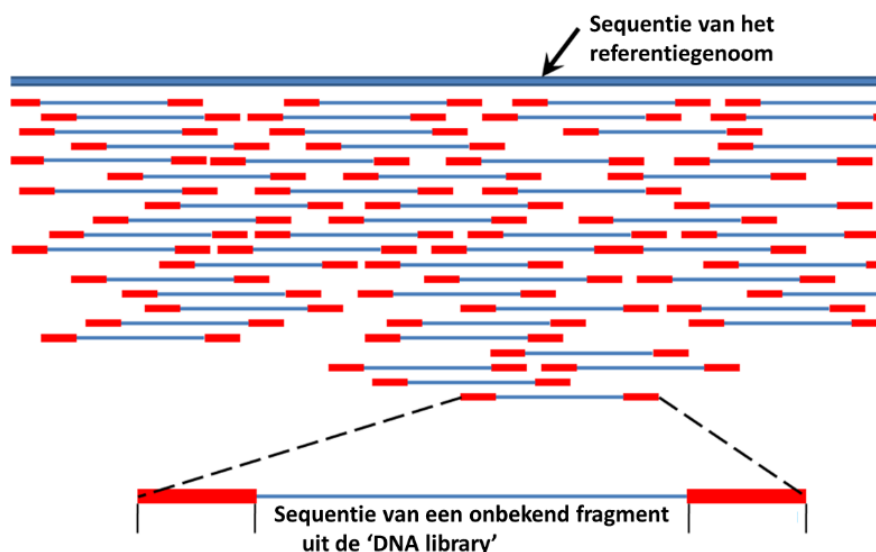
4. Sequencing

De DNA molecule bestaat uit basenparen en de erfelijke informatie zit vervat in de **volgorde van de basenparen** (weergegeven als A, C, T en G). In deze fase leest men met geavanceerde sequencing-toestellen hoe de basenparen waaruit de fragmenten in de 'DNA library' bestaat elkaar opvolgen. Voor elk staal dat onderzocht wordt, levert dit heel wat DNA sequenties op.



5. Mapping

De verkregen sequenties van de DNA-fragmenten moeten voor elk onderzocht individu in de juiste volgorde geplaatst worden aan de hand van een **referentiegenoom**. Na deze fase is het genoom voor elk skelet in de studie ontsloten en gereconstrueerd.



Figuur: Mapping (Bron Wikimedia met aanpassing Maarten Larmuseau)

